การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

A STUDY OF UTILIZATION FROM WASTE RECYCLING PROCESS IN CERAMIC INDUSTRY FOR COMMUNITY PRODUCT DESIGN

ภัทรพล เรืองศรี
PATTARAPOL RUENGSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-ED-M-222-057

การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

A STUDY OF UTILIZATION FROM WASTE RECYCLING PROCESS IN CERAMIC INDUSTRY FOR COMMUNITY PRODUCT DESIGN

ภัทรพล เรืองศรี
PATTARAPOL RUENGSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-ED-M-222-057

A STUDY OF UTILIZATION FROM WASTE RECYCLING PROCESS IN CERAMIC INDUSTRY FOR COMMUNITY PRODUCT DESIGN

PATTARAPOL RUENGSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL PRODUCT DESIGN
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017
KMITL-2017-ED-M-222-057

COPYRIGHT 2017

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน A Study of Utilization from Waste Recycling Process in Ceramic Industry for Community Product Design
นักศึกษา	นายภัทรพล เรืองศรี
รหัสประจำตัว	57603162
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์	เขียวมั่ง	
ผศ.ดร.จตุรงค์	เลาหะเพ็ญแสง	
รศ.ดร.ทรงวุฒิ	เอกวุฒิวงศา	
ผศ.ดร.ธเนศ	ภิรมย์การ	
ดร.สมชาย	เซะวิเศษ	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 13 มิถุนายน 2560 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง ค. 417 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงค์ มะโน)
คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน
นักศึกษา	นายภัทรพล เรืองศรี
รหัสประจำตัว	57603162
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ 2) เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และ 4) เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา มาทำการศึกษาและทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการนำวัสดุประสานมาช่วยในการขึ้นรูป ได้แก่ ซีเมนต์ น้ำยาเรซิ่น และน้ำยางพารา โดยใช้หลักทฤษฎีวัสดุเชิงวิศวกรรมในส่วนของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในการศึกษา

ผลการวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์ พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน โดยมีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.58) และสูตรที่เหมาะสม คือ สูตร PCS7 โดยนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่มีขนาดอนุภาค 11.65 ไมครอน มาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ในอัตราส่วน 70:30 และน้ำร้อยละ 20 โดยวัสดุดังกล่าวมีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 57.48 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นสูตรที่ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีซีเมนต์เป็นองค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์หลายประเภท โดยมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 0.66 บาท ต่อกิโลกรัม

ผลการวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ รูปแบบที่ 2 ซึ่งมีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) โดยมีความกว้าง 242 มิลลิเมตร ความยาว 260 มิลลิเมตร และความหนา 60 มิลลิเมตร

ผลการวิจัยและทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 ในส่วนของลักษณะทั่วไป มิติและการลบมุม ความได้ฉากและความต้านแรงอัด (มีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 996.25 เมกะปาสคาล) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่กำหนดไว้

ผลการวิจัยผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ พบว่า ในส่วนของกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46) โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ประมาณ 12.11 ตันต่อเดือน ในส่วนของกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44) และในส่วนของกลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37)

ผลการวิจัย พบว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ และเกิดเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่มีลักษณะพรุนตัวเล็กน้อย สามารถระบายน้ำได้ดี มีความแข็งแรงและทนทานสูง รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีรูปทรง พื้นผิว สีสันที่แปลกใหม่และน่าสนใจ และผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 สามารถนำไปใช้งานได้จริง และนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ได้เป็นอย่างดี

Thesis Title	A Study of Utilization from Waste Recycling Process In Ceramic Industry for Community Product Design
Student	Mr. Pattarapol Ruengsri
Student ID.	57603162
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Technology of Industrial Product Design
Year	2017
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Chaturong Louhapensang
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr. Songwut Egwutvongsa

ABSTRACT

This study aims to 1) study the utilization of residues in the ceramics industry 2) design community products from residues in the ceramics industry 3) assess the efficiency of ceramics composite materials by the Thai Industrial Standard and 4) assess the level of satisfaction on waste material products in the ceramics industry by using waste materials in the ceramics industry, such as the residues of post-burned ceramic tiles to study and experiment the forming by utilizing process of material coordinator such as cement, resin and rubber latex to assist in forming by using the theory of engineering materials in the field of ceramic composite materials in the study.

The results of the utilizing process showed that the most approproate utilizing process was the third process, which is porous ceramics forming process by compression molding that cement is a material coordinator. The assessment value was in the most appropriate level ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.58). The appropriate formula was PCS7 that ceramic residues with particle size of 11.65 micron were mixed with portland cement type 1 at a ratio of 70:30 and water of 20 percent. The material had the same compressive strength at 57.48 MPa, a formula that passes the Thai Industrail Standard in a field of cement is a major component of many types of products. Material cost was 0.66 baht per kilogram.

The results of the community product design showed that community products that were in line with the third utilizing process - porous ceramic molding processes are: interlocking concrete paving blocks products. The most appropriate product model was model 2, which had the most appropriate rating ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) with 242 mm width, 260 mm length and 60 mm thickness.

The results of the research and testing according to the industrial product standards showed that the community products in the type of interlocking concrete paving blocks from waste ceramic passed in accordance with the Thai Industrial Standard; No. 827-2531 in terms of general characteristics, dimension, and perpendicular chamfer. Compressive strength (with a compressive strength of 996.25

MPa), resulting in interlocking concrete paving blocks products from ceramic residues, are effective in accordance with the Thai Industrial Standard (TIS).

The result of the research on community products from ceramic waste found that the group of people who involved in the production system and residues in the ceramics industry, the assessment value was in the highest satisfaction level ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46). The community product - interlocking concrete paving blocks products from ceramic residues, can reduce the amount of waste in the ceramics industry by about 12.11 tons per month. In the group of manufacturers and distributors of interlocking concrete paving blocks products , the assessment value was in the highest level of satisfaction ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44). And in the consumer segment and those who are interested in interlocking concrete paving blocks products, the assessment value was in the highest level of satisfaction ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37).

The results of the research indicated that the residues in the ceramics industry – post-burned ceramic tile's residues, it could be applied to the third utilizing process that is the stage of porous ceramic molding process by the compression moulding method and formed a ceramic composite material with a slightly porous nature. It had good drainage, strength and durability, and can be applied in the design and creation of community products - interlocking concrete paving blocks products, to create interesting shapes, surface textures, colors and pass the Thai Industrial Standard; No. 827-2531. It can be used and applied as a way to efficiently reduce the amount of waste in the ceramic industry; case study of Kenzai Ceramics Industries Co., Ltd.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ โดยผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ ดร.สมชาย เซะวิเศษ และ ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย รวมถึงให้ความกรุณาในการช่วยตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์ และ ดร.ธนินทร์ รัตนโอฬาร ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขต่าง ๆ ให้มีความถูกต้อง และสามารถใช้เก็บข้อมูลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร และ ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ข้อมูล องค์ความรู้ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย จนได้แนวทางที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยให้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รศ.สุรพล สุวรรณ ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร และ ดร.มิยอง ซอ ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ข้อมูล องค์ความรู้ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย จนได้แนวทางที่มีความเหมาะสมในการนำมาศึกษาวิจัยได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยผู้จัดการบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด คุณชนัตก์ ตันติวัฒน์พานิช ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือในด้านของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รวมถึงให้ข้อมูลความรู้และแบ่งปันประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยได้อย่างดีเยี่ยม

ขอขอบพระคุณกลุ่มชุมชนผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น นางรินลตา ตั้งพงศ์ไพบูลย์ นายภูวนารถ ชูชม และ นายผล กล่อมสุนทร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ ให้ข้อมูลความรู้ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยได้อย่างดีเยี่ยม

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวเรืองศรี ที่ช่วยอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางในการทำความดี รวมถึงช่วยให้กำลังใจและให้มีความขยันหมั่นเพียร อดทน มุ่งมั่นในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีรายละเอียดต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย มีความถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์เป็นอย่างมาก

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ ญาติพี่น้องตระกูลเรืองศรีทั้งหลาย ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ภัทรพล เรืองศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
กิตติกรรมประกาศ.....V
สารบัญ.....VI
สารบัญตาราง.....VIII
สารบัญภาพ.....XIII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....3
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....5
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับในการวิจัย.....9
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมประเทศไทย.....12
2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....15
2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม.....19
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต.....44
2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์.....51
2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับปูนซีเมนต์.....55
2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติ.....61
2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต.....66
2.9 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์.....70
2.10 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดสระบุรี.....99
2.11 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์.....100
2.12 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....114
2.13 ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน.....122
2.14 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีความพึงพอใจ.....126
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....129

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....133
3.1 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....133
3.2 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....136
3.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....138
3.4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....144

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....151
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....151
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....185
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....226
4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....227

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....252
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน.....252
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....263
5.3 ข้อเสนอแนะ.....267

บรรณานุกรม.....270

ภาคผนวก.....273
ภาคผนวก ก หนังสือรับรองและหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย.....274
ภาคผนวก ข หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัย.....281
ภาคผนวก ค หนังสือรับรองผลการพิจารณาบทความวิจัย.....293
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....295
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์และทดสอบ.....322
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์.....334
ภาคผนวก ช ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย.....347

ประวัติผู้เขียน.....370

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ข้อมูลแสดงจำนวนโรงงานเซรามิกส์ในภาคกลาง.....15
2.2 แสดงขอมูลจังหวัดที่มีปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชทั้งหมด ที่ขออนุญาตนำออกนอกบริเวณโรงงานในป พ.ศ. 2550 (10 อันดับ).....20
2.3 ข้อมูลแสดงปริมาณกากของเสียและวัสดุไมใชแลวมากที่สุด 20 อันดับแรก ที่อนุญาตนำออกนอกบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ของพื้นที่จังหวัดสระบุรี (รหัส 4 หลัก).....21
2.4 ข้อมูลแสดงปริมาณกากของเสียและวัสดุไมใชแลวมากที่สุด 20 อันดับแรก ที่อนุญาตนำออกนอกบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ของพื้นที่จังหวัดสระบุรี (รหัส 6 หลัก).....22
2.5 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2551.....23
2.6 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552.....23
2.7 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2553.....24
2.8 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2554.....24
2.9 ข้อมูลแสดงวิธีการกำจัดกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ของอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งประเทศ ป 2550.....30
2.10 ข้อมูลแสดงวิธีการกำจัดกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ของอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่จังหวัดสระบุรี ป 2550.....31
2.11 ข้อมูลแสดงวิธีการจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใชทั้งประเทศแบงตาม 8 ประเภท.....36
2.12 ข้อมูลแสดงชนิดของเสียครัวเรือนที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน (กลุ่มของเสียทั่วไป).....40
2.13 ข้อมูลแสดงระยะเวลาในการบ่มขั้นต่ำของคอนกรีตที่นำไปใช้งานในแต่ละประเภท.....60
2.14 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์.....64
2.15 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 1.....74
2.16 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1.....74
2.17 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 2.....75
2.18 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2.....75
2.19 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 3.....76
2.20 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3.....76
2.21 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 4.....77
2.22 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4.....77
2.23 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 5.....78
2.24 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5.....78
2.25 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 6.....79
2.26 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6.....79
2.27 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 7.....80
2.28 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7.....80
2.29 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 8.....81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

2.30 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8.....81
2.31 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 9.....82
2.32 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9.....82
2.33 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ มีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์.....88
2.34 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว.....89
2.35 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก).....90
2.36 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่).....91
2.37 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว.....92
2.38 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่น (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก).....93
2.39 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่น (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่).....94
2.40 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์ - ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก).....95
2.41 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์ - เซรามิกส์ - ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่).....95
2.42 แสดงการวิเคราะห์คุณลักษณะของกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 1-5 ที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และดูแนวโน้มในการนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดสระบุรี.....97
2.43 ข้อมูลแสดงปริมาณของวัสดุที่ใช้ผสมมอร์ตาร์.....117
2.44 ข้อมูลแสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของอายุทดสอบ.....118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

2.45 ข้อมูลแสดงมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.....119
2.46 ข้อมูลแสดงแสดงแผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหนา ของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้ฉากของผลิตภัณฑ์.....121
3.1 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 1.....140
3.2 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 2.....140
3.3 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 3.....140
3.4 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 4.....141
3.5 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 5.....141
3.6 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 6.....141
3.7 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 7.....142
3.8 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 8.....142
3.9 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 9.....142
3.10 ข้อมูลแสดงการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต และผลิตภัณฑ์ชุมชน จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์.....148
4.1 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด.....154
4.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์.....156
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรม เซรามิกส์.....157
4.4 แสดงข้อมูลอัตราส่วนผสมของกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ทั้งหมด 5 กระบวนการ.....160
4.5 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1).....161
4.6 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2).....162
4.7 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3).....164
4.8 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4).....165
4.9 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5).....167
4.10 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ จากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5).....168
4.11 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ใน อุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1).....170
4.12 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ใน อุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2).....171

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.13 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3).....172

4.14 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4).....173

4.15 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5).....174

4.16 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ (ผลการทดสอบรายสูตร).....179

4.17 แสดงข้อมูลสรุปผลค่าเฉลี่ยการทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ.....180

4.18 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) กับกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 5 กระบวนการ ที่ผ่านตามมาตรฐานที่กำหนดไว้.....181

4.19 แสดงข้อมูลรายละเอียดกระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบและสูตรการทดลองที่ผ่านตามเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ.....181

4.20 แสดงข้อมูลต้นทุนจากการใช้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในการสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชน.....182

4.21 แสดงข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....184

4.22 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน.....186

4.23 แสดงข้อมูลสรุปความต้องการของผู้บริโภค และข้อกำหนดทางเทคนิค.....193

4.24 แสดงข้อมูลตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง (ความสามารถในการผลิต).....194

4.25 แสดงข้อมูลตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง (ความสะดวกในการใช้งาน).....194

4.26 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์จากแนวความคิดลวดลายเครื่องจักสาน....197

4.27 แสดงข้อมูลรายละเอียดการคัดเลือกแบบร่างจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน.....200

4.28 แสดงข้อมูลผลการประเมินแบบร่างจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน.....205

4.29 แสดงข้อมูลเกณฑ์ข้อกำหนดขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.....207

4.30 แสดงข้อมูลผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1.....213

4.31 แสดงข้อมูลผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 2.....226

4.32 แสดงข้อมูลผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 3.....219

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.33 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1, 2 และ 3.....222
4.34 แสดงข้อมูลผลสรุปการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 827-2531....227
4.35 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....235
4.36 แสดงข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับกระบวน การใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด.....237
4.37 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ที่สามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้.....238
4.38 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของ ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.....242
4.39 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของ ผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.....246
4.40 แสดงข้อมูลต้นทุนผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์.....249
ฉ.1 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในแหล่งพื้นที่ชุมชน.....344
ฉ.2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์.....345

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงเศษผงดินจากการลำเลียงเข้าสู่เครื่องผสม....26
2.2 แสดงเศษชิ้นงานหลังขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press ที่มีตำหนิ....26
2.3 แสดงเศษชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press หลังเผาที่มีตำหนิ....27
2.4 แสดงเศษชิ้นงานดินหลังขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ที่มีตำหนิ....27
2.5 แสดงเศษชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder หลังเผาที่มีตำหนิ....28
2.6 แสดงเศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟที่มีตำหนิ....28
2.7 แสดงเศษดิน กาก หรือตะกอนจากกระบวนการผลิต....29
2.8 แสดงเศษจากการเตรียมวัตถุดิบ....32
2.9 แสดงเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press....33
2.10 แสดงเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ก่อนเผา....33
2.11 แสดงเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder หลังเผา....34
2.12 แสดงเศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟ....34
2.13 แสดงเศษดิน กาก หรือตะกอนจากกระบวนการผลิต....35
2.14 แสดงหลักการการจัดการของเสียแบบผสมผสาน (Integrated Waste Management)....37
2.15 แสดงตัวอย่างการรณรงค์ให้แยกขยะหรือกากของเสีย....38
2.16 แสดงคุณลักษณะเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 5 มิติ 20 ด้าน....39
2.17 แสดงกระบวนการรีไซเคิลผลิตภัณฑ์เซรามิกส์....42
2.18 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยในวัสดุคอมโพสิต....46
2.19 แสดงการจำแนกประเภทของวัสดุเชิงประกอบตามชนิดของเมทริกซ์ และชนิดของส่วนเสริมแรง....47
2.20 แสดงการจำแนกโครงสร้างของวัสดุคอมโพสิตตามลักษณะของวัสดุเสริมแรง....47
2.21 แสดงลักษณะของวัสดุเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิต....48
2.22 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยในเมทริกซ์แบบต่างๆ (1) เส้นใยยาวต่อเนื่องและเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (2) เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่อง และเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน และ (3) เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่อง และเรียงตัวแบบกระจัดกระจาย....49
2.23 แสดงโครงสร้างตามลักษณะวัสดุเสริมแรงแบบ Laminar composites....50
2.24 แสดงโครงสร้างตามลักษณะวัสดุเสริมแรงแบบ Sandwich panels....50
2.25 แสดงการจำแนกชนิดต่าง ๆ ของเซรามิกส์....53
2.26 แสดงตัวอย่างปูนซีเมนต์ประเภทต่าง ๆ ที่ผลิตออกมาให้เหมาะกับการใช้งานที่แตกต่างกัน....56
2.27 แสดงวัสดุผสมและการเรียกชื่อในงานคอนกรีต....58
2.28 แสดงแผนผังประเภทของเส้นใยจากลักษณะทางชีวภาพ....62
2.29 แสดงตัวอย่างเส้นใยมะพร้าว....65
2.30 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1....73
2.31 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2....74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.32 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3.....75
2.33 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4.....76
2.34 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5.....77
2.35 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6.....78
2.36 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7.....79
2.37 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8.....80
2.38 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9.....81
2.39 แสดงตัวอย่างลายแม่บท ที่นำมาใช้ในเครื่องจักสาน.....105
2.40 แสดงตัวอย่างลายพัฒนา ที่นำมาใช้ในเครื่องจักสาน.....106
2.41 แสดงตัวอย่างลายประดิษฐ์ ที่นำมาใช้ในเครื่องจักสาน.....107
2.42 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1-4.....109
2.43 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 5-8.....109
2.44 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 9-12.....110
2.45 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 13-16.....110
2.46 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 17-18.....111
2.47 แสดงตัวอย่างแบบร่างผลิตภัณฑ์ (Preliminary sketch).....113
2.48 แสดงความเป็นมาและแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน.....123
2.49 แสดงหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืนในมิติต่าง ๆ.....125
3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรม เซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน.....149
3.2 แสดงแผนผังขั้นตอนการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....150
4.1 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1.....159
4.2 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2.....159
4.3 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3.....159
4.4 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4.....160
4.5 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5.....160
4.6 แสดงกระบวนการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการ ใช้ประโยชน์ ทั้งหมด 5 กระบวนการ เพื่อใช้ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด.....177
4.7 แสดงชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 50*50*50 มิลลิเมตร.....178
4.8 แสดงชิ้นตัวอย่างของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์แบบต่าง ๆ.....178
4.9 แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เหมาะสม (สูตร PCS7).....184
4.10 แสดงตัวอย่างรูปแบบการใช้งานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแบบต่าง ๆ.....191

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.11 แสดงการวิเคราะห์การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น....192
4.12 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 1....201
4.13 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 2....202
4.14 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 3....202
4.15 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 4....203
4.16 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 5....204
4.17 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบร่างที่ 24, 29 และ 30 ที่มีความเหมาะสมและผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญ....206
4.18 แสดงลักษณะการลบมุมของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (หน่วย : มิลลิเมตร)....207
4.19 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 24 (มุมมองด้านบน)....208
4.20 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 24 (มุมมองทัศนียภาพ)....208
4.21 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29 (มุมมองด้านบน)....209
4.22 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29 (มุมมองทัศนียภาพ)....209
4.23 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 30 (มุมมองด้านบน)....210
4.24 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 30 (มุมมองทัศนียภาพ)....210
4.25 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1-3 (มุมมองทัศนียภาพ)....211
4.26 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1 (มุมมองทัศนียภาพ)....211
4.27 แสดงลักษณะการเรียงประสานของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1....212
4.28 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2 (มุมมองทัศนียภาพ)....212
4.29 แสดงลักษณะการเรียงประสานของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2....212
4.30 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3 (มุมมองทัศนียภาพ)....213
4.31 แสดงลักษณะการเรียงประสานของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3....213
4.32 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นเท่าขนาดจริง (ขนาดอัตราส่วน 1:1) รูปแบบที่ 2 (มุมมองทัศนียภาพ)....225
4.33 แสดงแบบพิมพ์ยางซิลิโคนที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น....225
4.34 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จำนวน 5 ชิ้น สำหรับเตรียมส่งทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531....226
4.35 แสดงผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์....228
4.36 แสดงรูปแบบการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น....229
4.37 แสดงกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ด้วยแม่พิมพ์ซิลิโคน....231
4.38 แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบส่วนผสมของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7....232

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.39 แสดงขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคน....233
4.40 แสดงขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยวัตถุดิบดั้งเดิม ด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคน (สมาชิกกลุ่มชุมชนทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์)....239
4.41 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (วัตถุดิบดั้งเดิม) ที่ขึ้นรูปด้วยการใช้แม่พิมพ์ยางซิลิโคน....241
4.42 แสดงภาพถ่ายร่วมกับกลุ่มชุมชนผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีต บล็อกประสานปูพื้น จังหวัดสระบุรี....245
ฉ.1 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 1-8....335
ฉ.2 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 9-19....336
ฉ.3 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 20-30....337
ฉ.4 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือก จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1....338
ฉ.5 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือก จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2....339
ฉ.6 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือก จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3....340
ฉ.7 แสดงภาพเขียนแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์....341
ฉ.8 แสดงรูปแบบตัวเชื่อมขอบมุมผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (รูปแบบที่ 1, 2)....342
ฉ.9 แสดงรูปแบบตัวเชื่อมขอบมุมผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (รูปแบบที่ 3, 4)....343
ฉ.10 แสดงภาพจำลองสถานที่ตัวอย่างการติดตั้งและนำไปใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์คอนกรีต บล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์....346
ช.1 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลวัสดุเหลือใช้ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด....348
ช.2 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร) คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง....350
ช.3 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน) คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง....351
ช.4 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช) คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง....352

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ช.5 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (รศ.สุรพล สุวรรณ) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....353

ช.6 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....354

ช.7 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล) คณาจารย์ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....355

ช.8 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร) คณาจารย์ ภาควิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.....356

ช.9 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ดร.มิยอง ซอ) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.....357

ช.10 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ (รศ.สุรพล สุวรรณ) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....358

ช.11 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ (ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....359

ช.12 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ (ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล) คณาจารย์ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....360

ช.13 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ (ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.....361

ช.14 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ (ดร.มิยอง ซอ) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.....362

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ช.15 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก.....363
ช.16 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน.....364
ช.17 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก.....365
ช.18 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก (คุณรินลตา ตั้งพงศ์ไพบูลย์).....366
ช.19 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน (คุณภูวนารถ ชูชม).....367
ช.20 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก (คุณผล กล่อมสุนทร ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ).....368
ช.21 แสดงภาพถ่ายตัวแทนกลุ่มชุมชนที่ทำการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก ประสานปูพื้น ด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคนในการขึ้นรูป.....369

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพิ่มขึ้น โดยจากผลสรุปสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรมไทยในปัจจุบัน นับตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนกรกฎาคม ในปี 2558 มีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นจากปี 2557 แล้วประมาณ 2,453 โรงงาน ซึ่งจากสถิติดังกล่าวบ่งบอกว่าประเทศไทยในอนาคตมีแนวโน้มที่จะมีโรงงานอุตสาหกรรมเปิดตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีวัตถุดิบและทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตภาคอุตสาหกรรมและภาคการเกษตรมากมาย รวมถึงวัตถุดิบหรือสินค้าบางประเภทยังมีการผลิตเพื่อส่งออกและจัดจำหน่ายไปยังต่างประเทศด้วยส่วนหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นสินค้าเกี่ยวกับอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเครื่องแต่งกาย และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ล้วนเป็นสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หลักที่จะช่วยผลักดันเศรษฐกิจของประเทศไทยให้เติบโตขึ้นได้ทั้งสิ้น โดยสถิติประเภทอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด 3 อันดับแรกในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 คือ อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตผสมเสร็จ จำนวน 33 โรงงาน อันดับสอง ได้แก่ โรงงานซ่อมและเคาะพ่นสีรถยนต์ จำนวน 28 โรงงาน และอันดับสุดท้าย ได้แก่ โรงงานกลุ่มที่ทำเครื่องเรือน ทำเครื่องตกแต่งภายในอาคารจากไม้ จำนวน 23 โรงงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2558 : 6) และนอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมที่สำคัญและมีการขออนุญาตประกอบกิจการเพิ่มขึ้น โดยอ้างอิงข้อมูลสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี 2558 ตามลำดับดังนี้ คือ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อโลหะ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากพืช และอุตสาหกรรมแปรรูปไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2558 : 10)

ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ในปี 2558 มีโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ผลิตเกี่ยวกับวัสดุนั้นมีเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่ทำจากธรรมชาติหรือวัสดุที่เกิดจากการสังเคราะห์ล้วนเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แต่แนวโน้มในการเกิดโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวนั้นไม่ได้บ่งบอกว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาและเป็นแหล่งอุตสาหกรรมการผลิตที่สำคัญในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่านั้น แต่ยังสามารถบ่งบอกได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งทรัพยากรและวัตถุดิบทางธรรมชาติในการนำมาใช้ผลิตในระบบอุตสหกรรมมากมาย ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับพืช เช่น กลุ่มพืชไร่ กลุ่มพืชพลังงานทดแทน และกลุ่มพืชสวน เป็นต้น และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับวัสดุอโลหะและโลหะ เช่น กลุ่มแก้ว กลุ่มเครื่องปั้นดินเผา กลุ่มซีเมนต์ และกลุ่มเหล็ก เป็นต้น (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558 : 1) แต่ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมประเภทดังกล่าวยังไม่มีระบบการจัดการและบริหารหรือมีมาตรการในการกำจัดของเสียหรือของเหลือใช้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเท่าที่ควร แต่เป็นเพียงการนำเศษวัสดุหรือวัตถุดิบ (Waste) บางส่วนนำกลับมาใช้ในระบบการผลิตใหม่เท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับการนำวัตถุดิบหรือวัสดุใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตแต่ละวัน ส่งผลให้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบทางธรรมชาติมีของเสียหรือของ

เหลือใช้ (Waste) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตคงค้างเป็นจำนวนมาก และบางประเภทไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด จึงทำให้ต้องหาวิธีกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ แทน ดังเช่นในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาหรือผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ซึ่งจะมีเศษกระเบื้อง เศษแก้ว รวมถึงกากดินตะกอนต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตอยู่เป็นจำนวนมาก โดยในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวได้มีการนำของเสียต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์อยู่ 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่หนึ่ง คือ การนำเศษกระเบื้อง เศษแก้ว หรือเศษต่าง ๆ ที่ผ่านกระบวนการเผาแล้วนำมาบดละเอียดและนำมาใช้ผสมกับเนื้อดินหรือน้ำดินหล่อที่ใช้ในการขึ้นรูปใหม่ ซึ่งจะมีการนำมาใช้ในอัตราส่วนที่น้อยมาก และแนวทางที่สอง คือ การนำเศษกระเบื้อง เศษแก้ว รวมถึงกากดินตะกอนต่าง ๆ มาใช้ในการปรับปรุงพื้นที่หรือถนนต่าง ๆ ที่มีปัญหาหรือชำรุด โดยจะนำมาถมและทำการบดให้เรียบเสมอกับผิวถนน ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาใช้กับถนนที่มีขนาดเล็กและอยู่ในพื้นที่ต่างจังหวัดเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ทั้งสองแนวทางนี้ยังไม่ใช่แนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียดังกล่าวเท่าที่ควร (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558 : 4)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ พบว่า ในปัจจุบันของเสียหรือของเหลือใช้ (Waste) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีเป็นจำนวนมาก และบางประเภทนั้นไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือทำประโยชน์อื่น ๆ ได้มากเท่าที่ควร จึงทำให้ประเทศไทยในอดีตจนถึงปัจจุบันปี 2558 นี้มีของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และยังไม่มีแนวทางรวมถึงวิธีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าให้กับตัววัตถุดิบหรือวัสดุดังกล่าวได้มากเท่าที่ควร

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาแนวทางในการนำวัตถุดิบหรือวัสดุเหลือใช้ในภาคอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ รวมถึงเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบหรือวัสดุดังกล่าวให้มากขึ้น โดยแนวทางที่ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการศึกษาและทดลองในงานวิจัยคือการทดลองในเรื่องของวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite Materials) ประเภทของกลุ่ม Ceramic Matrix Composites (CMCs) หรือวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต โดยจะมีเนื้อพื้นหลักเป็นวัสดุกลุ่มเซรามิกส์และซีเมนต์ และมีส่วนเสริมแรงเป็นเส้นใยธรรมชาติ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 370) เนื่องจากประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่มีการทำวิจัยหรือศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผสมต่าง ๆ มากเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงต้องการนำแนวทางดังกล่าวนี้มาใช้ในการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมให้มากขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
2. เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
4. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการต่าง ๆ สามารถทำให้เกิดเป็นวัสดุผสมประเภทเซรามิกส์คอมโพสิตได้ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดี มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ รวมถึงสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้อย่างดี

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวความคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง ครอบคลุม และตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1.4.1 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดที่สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรมที่ส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) เพื่อเพิ่มความสามารถในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 4) ดังนี้

1. ลดการใช้หรือใช้น้อยเท่าที่จำเป็น (Reduce)
2. การใช้ซ้ำ (Reuse)
3. แปรรูปมาใช้ใหม่ (Recycle)

จากหลักการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) หรือหลัก 3Rs ข้างต้น งานวิจัยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับหลัก 3Rs ในเรื่องของการแปรรูปมาใช้ใหม่ (Recycle) เนื่องจากมีการนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาแปรรูปและนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้เป็นกรอบแนวความคิดเฉพาะในส่วนของ หลักการแปรรูปมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยมีการแบ่งเนื้อหาต่าง ๆ ดังนี้ (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 16)

1. ด้านวัสดุ
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป
3. ด้านการออกแบบและการนำไปใช้ประโยชน์
4. ด้านความปลอดภัย

1.4.2 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ในส่วนของเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 10) ดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย (Function)
2. ความปลอดภัย (Safety)
3. ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4. ความประหยัด (Economic)
5. วัสดุ (Materials)
6. โครงสร้าง (Construction)
7. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
8. ความสวยงาม (Aesthetics)
9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10. กรรมวิธีการผลิต (Production)
11. การซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance)
12. การขนส่ง (Transportation)

1.4.3 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุคอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์และข้อกำหนดในการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการต่าง ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำมาออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมิน ตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547 : 8)

1.4.4 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทั้งหมด 3 กลุ่ม โดยแบ่งตามประเภทของกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจหรือ EcoDesign โดยการประยุกต์นำหลักการของ 4R ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้ (สันทนา อมรไชย. 2552 : 31) เพื่อนำมาใช้พิจารณาในมุมมองของกลุ่มผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ดังนี้

1. การลด (Reduce)
2. การใช้ซ้ำ (Reuse)
3. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)
4. การซ่อมบำรุง (Repair)

กลุ่มที่ 2 ใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ในส่วนของเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม (พัณณิตา พิมพ์มาศ. 2550 : 3) เพื่อนำมาใช้พิจารณาในมุมมองกลุ่มของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ในแหล่งพื้นที่ชุมชน ดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย (Function)
2. ความปลอดภัย (Safety)

3. ความแข็งแรง (Construction)

4. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)

5. ความสวยงาม (Aesthetics)

6. ราคา (Cost)

7. วัสดุ (Materials)

8. กรรมวิธีการผลิต (Production)

9. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (Maintenance)

10. การขนส่ง (Transportation)

กลุ่มที่ 3 ใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีด้านการตลาด ตามหลักกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่หรือหลัก 4Cs (บ๊อบ ลูเทอบอร์น. 2533 : 26) เพื่อนำมาใช้พิจารณาในมุมมองกลุ่มของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. ความต้องการของผู้บริโภค (Consumer Wants and Needs)

2. ต้นทุนของผู้บริโภค (Consumer's Cost to Satisfy)

3. ความสะดวกในการซื้อ (Convenience to buy)

4. การสื่อสาร (Communication)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอขอบเขตของการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจะประกอบไปด้วยข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งถูกรวบรวมไว้ในบทที่ 2 (ดังแสดงในเนื้อหาส่วนที่ 2.1-2.15) ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมประเทศไทย

2. ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์

3. ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม

4. ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต

5. ข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์

6. ข้อมูลเกี่ยวกับปูนซีเมนต์

7. ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติ

8. ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต

9. ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์

10. ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดสระบุรี

11. ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

12. ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

13. ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน

14. ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีความพึงพอใจ

15. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ของวัสดุเหลือใช้

ผู้วิจัยจะขอกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย โดยสถานที่ที่ใช้ในการวิจัยในส่วนของวัสดุเหลือใช้นั้น ผู้วิจัยจะทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาทำการทดลองวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นวัสดุเหลือใช้ที่อยู่ในกลุ่มของเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้จะมีปริมาณมากในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เนื่องจากจังหวัดสระบุรีมีฐานอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ที่ใหญ่และมีหลายโรงงาน ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาและวิจัย ได้แก่ พื้นที่ชุมชนตำบลหนองไข่น้ำ จังหวัดสระบุรี ใช้เป็นกรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

2. ขอบเขตด้านพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ชุมชน

ผู้วิจัยจะขอกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในส่วนของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พื้นที่จังหวัดสระบุรีทั้งหมด 13 อำเภอ โดยจะทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องและเกี่ยวข้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นหลัก

1.5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ในการศึกษาวิจัย เพื่อศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผู้วิจัยได้กำหนดวัสดุหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ ได้แก่ กลุ่มวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา และกลุ่มที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นส่วนเสริมแรงในตัวของวัสดุ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว โดยวัสดุดังกล่าวจะมีการใช้วัสดุประสานเพื่อช่วยในการยึดเกาะและขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 น้ำยาเรซิ่น และน้ำยางพารา ซึ่งผู้วิจัยได้นำวัสดุดังกล่าวมาทดลองผสมและขึ้นรูป โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมแบบตาราง Line blend percentages มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้เป็นวัสดุผสมประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต

1.1 ประชากร คือ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

(1) กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จำนวน 6 คน

(2) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 3 คน

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ โดยมีการจำแนกเครื่องมือออกเป็นทั้งหมด 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที่ 3 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล คือ ใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. จากข้อมูลที่ได้ทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อเนื้อหาต่าง ๆ

1.4 ประเภทข้อมูลวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยใช้วิธีการสัมภาษณ์และแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยศึกษาจากเอกสารทางวิชาการ เช่น บทความ งานวิจัย วารสารวิชาการ ข้อมูลจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) รวมถึงข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวกับวัสดุศาสตร์และวัสดุเชิงวิศวกรรมเป็นหลัก (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 13)

2. วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

2.1 ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้วิจัยได้กำหนดผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยและตรงตามวัตถุประสงค์มากที่สุด จำนวน 5 คน ได้แก่

(1) คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 2 คน

(2) คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 1 คน

(3) คณาจารย์สาขาวิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 1 คน

(4) คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 1 คน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล คือ ใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. จากข้อมูลที่ได้ทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อเนื้อหาต่าง ๆ

2.4 ประเภทข้อมูลวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยใช้การสอบถามและแบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยศึกษาจากเอกสารข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นหลัก (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 17)

3. วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุคอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์หรือกระบวนการขึ้นรูปแบบต่าง ๆ ที่มีความสอดคล้องกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้หลัก ๆ ทั้งหมด 4 แนวทาง โดยสามารถทำการจำแนกประเภทออกเป็นกระบวนการใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด 9 กระบวนการ ตามประเภทของวัสดุประสานที่นำมาใช้ โดยกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวจะใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมของวัสดุแบบตารางเบลนหรือตารางแบบ Line blend percentages ซึ่งจะมีการเบลนอัตราส่วนผสมทั้งหมด 9 สูตรต่อกระบวนการใช้ประโยชน์

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 9 กระบวนการ เพื่อหาอัตราส่วนในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ที่เหมาะสม โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดี รวมถึงสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนมากที่สุด แล้วจึงทำการคัดเลือกกระบวนการใช้ประโยชน์และสูตรการทดลองที่เหมาะสมส่งทดสอบ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนและทำการประเมินประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล คือ ผู้วิจัยจะนำผลการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต มาทำการแจกแจงข้อมูลตามประเภทของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทดสอบ และนำข้อมูลผลการทดสอบมาเทียบเคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทต่าง ๆ ที่กำหนดไว้

3.2 ประเภทข้อมูลวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยดำเนินการส่งตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุและผลิตภัณฑ์ชุมชนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยทำการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิตและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รวมถึงเอกสารมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เป็นหลัก

4. วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4.1 ประชากร มีการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน และกลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

(1) กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จำนวน 6 คน

(2) กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 3 คน

(3) กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 50 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ โดยมีการจำแนกเครื่องมือออกเป็นทั้งหมด 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในมุมมองผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน

ชุดที่ 3 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชน

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล คือ ใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. จากข้อมูลที่ได้ทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อเนื้อหาต่าง ๆ

4.4 ประเภทข้อมูลวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยใช้แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยศึกษาจากเอกสารข้อมูลเกี่ยวกับหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EcoDesign) หลักการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม ทฤษฎีหลักกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่หรือ 4Cs และทฤษฎีความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เป็นหลัก (บ๊อบ ลูเทอบอร์น. 2533 : 24)

1.5.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น คือ ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

2. ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กลุ่มผู้ผลิต ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน และกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดประโยชน์ที่ได้รับในการศึกษาวิจัย ตามหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืนหรือ SD (Sustainable Development) ไว้ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสังคมและชุมชน ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2555 : 12)

1.6.1 ด้านสังคมและชุมชน

1. ทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ที่เป็นวัสดุประสานในตัวผลิตภัณฑ์ชุมชนได้
2. ทำให้ช่วยลดการใช้วัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ชุมชน เช่น หินฝุ่น และทรายได้
3. ทำให้ช่วยลดต้นทุนและสร้างกำไรในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ชุมชนได้
4. ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้

1.6.2 ด้านเศรษฐกิจ

1. ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถดำเนินกิจการและผลิตสินค้าได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้

2. ทำให้เกิดวัสดุคอมโพสิตที่มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้

3. ทำให้เกิดวัสดุคอมโพสิตรูปแบบใหม่ที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถนำมาใช้ทดแทนวัสดุบางประเภทได้

1.6.3 ด้านสิ่งแวดล้อม

1. ทำให้ช่วยลดมลพิษทางอากาศ เช่น ละอองฝุ่น และมลพิษทางเสียงที่เกิดจากกระบวนการกำจัด การกองเก็บ ฝังกลบ หรือบดย่อยกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้

2. ทำให้ช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากกระบวนการผลิตซีเมนต์ที่นำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุประสานในผลิตภัณฑ์ชุมชนได้

1.6.4 ด้านโรงงานอุตสาหกรรม

1. ทำให้ช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้
2. ทำให้ช่วยลดพื้นที่ในการกองเก็บกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้
3. ทำให้ช่วยลดพลังงานในกระบวนการกำจัดของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้
4. ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการกำจัดของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้
5. ทำให้สามารถนำกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. กระบวนการใช้ประโยชน์ หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการที่นำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาขึ้นรูปด้วยวัสดุประสาน โดยวิธีการหล่อแบบหรืออัดแบบ เพื่อเป็นการนำวัสดุมาใช้ให้เกิดประโยชน์ รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดประโยชน์รูปแบบอื่น ๆ ได้

2. วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ หมายถึง วัสดุที่เหลือทิ้ง เสีย หรือมีตำหนิจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และไม่มีการกำจัด นำมาใช้ซ้ำ หรือนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ในด้านอื่น ๆ ซึ่งในงานวิจัยหมายถึง เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

3. อุตสาหกรรมเซรามิกส์ หมายถึง การประดิษฐ์สิ่งของสำหรับออกจำหน่าย การนำเอาวัตถุดิบมาปรุงแต่งแปรสภาพด้วยแรงงานหรือเครื่องจักร เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเซรามิกส์ ซึ่งในงานวิจัยหมายถึง อุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

4. การออกแบบ หมายถึง การสรรค์สร้างงานของมนุษย์ด้วยปัญญา โดยอาศัยความรู้ความสามารถ ประสบการณ์และความคิดในหลาย ๆ ด้าน รวมถึงนำความรู้ในหลาย ๆ ศาสตร์เข้ามาช่วยในการศึกษา เพื่อให้สามารถทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ตรงตามรูปแบบหรือเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้มากที่สุด

5. ผลิตภัณฑ์ชุมชน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตและจำหน่ายอยู่ในพื้นที่ชุมชน โดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตหรือกระบวนการขึ้นรูปแบบต่าง ๆ โดยกลุ่มชุมชนมีส่วนร่วมและเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทต่าง ๆ

6. วัสดุผสม หรือวัสดุคอมโพสิต หมายถึง วัสดุที่ถูกสร้างขึ้นจากวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะงาน โดยไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการผสมกันของวัสดุเหล่านี้จะไม่เป็นเนื้อเดียวกันแต่จะแยกกันเป็นเฟสที่เห็นได้อย่างเด่นชัด

7. เมตริกซ์ หรือเนื้อพื้น หมายถึง ส่วนองค์ประกอบหลักเป็นส่วนที่มีความต่อเนื่อง และเมตริกซ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ พอลิเมอร์ โลหะ และเซรามิกส์ เป็นต้น

8. ส่วนเสริมแรง หมายถึง ส่วนที่ทำให้วัสดุผสมมีความแข็งแรงและเป็นส่วนที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นแผ่นอนุภาคเล็ก ๆ หรือเส้นใย โดยวัสดุเสริมแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เส้นใยแก้ว หรือ เส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัย หมายถึง เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

9. เซรามิกส์คอมโพสิต หมายถึง วัสดุผสมที่มีเซรามิกส์ แก้ว หรือซีเมนต์เป็นเนื้อพื้น และมีส่วนเสริมแรงเป็นเส้นใยแก้ว หรือ เส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เป็นเนื้อพื้นหลัก และใช้เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว เป็นส่วนเสริมแรง

10. เซรามิกส์พรุน หมายถึง วัสดุที่มีเนื้อผสมระหว่างวัสดุเซรามิกส์และวัสดุอื่นที่มีส่วนช่วยให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กในเนื้อวัสดุหลัก เช่น การเติมอินทรียวัตถุ โฟม หรือโซล-เจล เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 โดยใช้ปริมาณน้ำในการกำหนดความพรุนตัวของวัสดุเซรามิกส์พรุน

11. ขนาดอนุภาค หมายถึง ขนาดหรือความละเอียดโดยรวมของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบลักษณะทางกายภาพที่เป็นฝุ่น ผง หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็ก

12. คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายนอกที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าหรือการใช้เครื่องมือวัด โดยสามารถอธิบายได้ถึงรูปร่าง รูปทรง สี พื้นผิว น้ำหนัก ขนาด ความกว้าง ความยาว และความหนาได้ เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราส่วนผสมของวัสดุที่ทำการทดสอบ

13. คุณสมบัติเชิงกล หมายถึง เปนลักษณะคุณสมบัติที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของวัสดุเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำต่อวัสดุ ซึ่งคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรง ความแกร่ง ความเค้น ความอ่อนตัว ความยืดหยุ่น ความเปราะ และความเหนียว เป็นต้น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในพัฒนาวัสดุและออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นองค์ประกอบ ดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมประเทศไทย
2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์
2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต
2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์
2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับปูนซีเมนต์
2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติ
2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต
2.9 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์
2.10 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดสระบุรี
2.11 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์
2.12 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
2.13 ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน
2.14 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีความพึงพอใจ
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมประเทศไทย

2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเปนกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ สามารถสรางรายไดใหกับประเทศเปนอย่างมาก ซึ่งอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการดำเนินการในรูปแบบนิคมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ ซึ่งมีเปาหมายในการผลิตที่แตกตางกันตามวัตถุดิบในแตละพื้นที่ การเลือกทำเลที่ตั้งเพื่อสรางโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะตองคำนึงถึงปจจัยทางดานกายภาพ เศรษฐกิจและสังคมใหสอดคลองกับสภาพภูมิประเทศและทรัพยากรในแตละพื้นที่ การพัฒนาอุตสาหกรรมในปจจุบันจึงจำเปนที่ตองมีแผนแมบทเพื่อที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมใหสอดคลองไปกับการพัฒนาที่ยั่งยืนและสภาพเศรษฐกิจของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป และจำเปนจะตองทำการแกไขปญหาอุตสาหกรรมที่มีในปจจุบันใหลดลง

2.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมกับปญหาสภาวะแวดลอม

1. ปญหาสภาวะแวดลอม

ในประเทศอุตสาหรรมมีประชาชนที่ตองเสียชีวิตและปวยจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดลอม อันเนื่องมาจากโรงงานอุตสาหกรรมเปนจำนวนมากในประเทศไทยปญหาสภาวะแวดลอมกำลังมีความสำคัญขึ้นพรอมกับการขยายตัวดานอุตสาหกรรม ไดแก (ภาติยะ พัฒนาศักดิ์. 2558 : 295)

1.1 ปญหาดานเสียง โรงงานอุตสาหกรรมหลายแหงมีการผลิตที่ไดสงเสียงดังเกินกวาปกติ ซึ่งจะส่งผลใหแกผูที่อยูรอบขางหรือผูที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีจิตใจที่ไมปกติ และมีผลตอระบบประสาทในระยะยาวได

1.2 ปญหาด้านน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรมสวนใหญมีระบบบำบัดน้ำเสีย แตวายังไมเปนไปตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม จึงสงผลใหน้ำเสียที่โรงงานอุตสาหกรรมปลอยลงสูแมน้ำหรือปลอยลงทะเลมีสิ่งสกปรกเปนจำนวนมาก เชน สารที่เปนพิษ เศษ เหล็ก สารพิษที่ถูกปลอยลงสูแมน้ำหรือทะเลจะเขาไปอยูในสิ่งมีชีวิต เมื่อมนุษยนำพืชน้ำหรือสัตวน้ำมาบริโภค สารพิษก็จะเขาไปในรางกายทำใหอาจเปนโรคราย เชน โรคมินามาตะ โรคอิไตอิไต เปนตน

1.3 ปญหาด้านอากาศเปนพิษ โดยทั่วไปโรงงานหรือสถานประกอบการจะไมมีระบบกำจัดสารพิษทางอากาศ มีเฉพาะโรงงานขนาดกลางและขนาดใหญบางแหง แตสวนใหญใชวิธีตอปลองควันใหสูงขึ้น สารมลพิษจึงไมไดลดลงแตกระจายอยูทั่วไป

2. การขจัดมลภาวะอตสาหกรรม

ปจจุบันไดมีการนำของเสียหรือขยะอุตสาหกรรมมาใชในเชิงพาณิชยกันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแลว เชน ญี่ปุน แคนาดา สหรัฐอเมริกา และกลุมประเทศประชาคมยุโรป ซึ่งการนำมาใชซ้ำนั้น เปนการชวยลดมลพิษและประหยัดพลังงานและไดผลิตภัณฑที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิตไดอีกดวย ในการกำจัดกากของเสียที่มีอันตราย รัฐบาลมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังนี้

2.1 สนับสนุนใหใชเทคโนโลยีที่ลดปริมาณของเสียและนำของเสียมาใชประโยชน

2.2 กำจัดกากของเสียอยางถูกตองตามหลักวิชาการ โดยใชเอกชนลงทุนและใหความรูแกประชาชนในการเก็บรวบรวมมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล

2.3 สนับสนุนใหหนวยงานภาคปฏิบัติโดยเฉพาะระดับทองถิ่นจัดทำแผนการจัดการกากของเสียสำหรับอนาคต

2.4 จัดหาที่ดินฝงกองขยะมูลฝอยและพิจารณนำเตาเผามูลฝอยมาใช

2.5 ควบคุมและกวดขันใหมีการกำจัดกากของเสียอันตรายจากการเกษตรและอุตสาหกรรม รวมทั้งมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลอยางถูกวิธีและสรางระบบกำจัดของเสีย รวมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมหนาแนน

3. มาตรการการควบคุมโรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบการ

3.1 เขมงวดในการออกใบอนุญาตตั้งและประกอบกิจการโรงงาน และสถานประกอบการจะ ตองมีการควบคุมมลพิษทางอากาศ รวมทั้งในการตอใบอนุญาตดวย

3.2 การจัดวางผังเมือง เพื่อแยกอุตสาหกรรมออกจากชุมชน

3.3 สงเสริมใหโรงงานอุตสาหกรรมเขาไปตั้งในเขตนิคมอุตสาหกรรม

3.4 กำหนดใหมีพื้นที่สีเขียว โดยรอบนิคมอุตสาหกรรม

3.5 สงเสริมสนับสนุนใหใชเชื้อเพลิงที่มีมลพิษนอย เชน กาซธรรมชาติ

3.6 ดำเนินการตามกฎหมายอยางเขมงวดในกรณีเกิดเหตุเดือนร่อน

4. การดำเนินงานของกระทรวงอุตสาหกรรมเพื่อปองกันและแกไขปญหามลพิษ การปองกันและแกไขสามารถทำไดโดย

4.1 การยายโรงงานอุตสาหกรรมจากเขตชุมชนกรุงเทพฯ และสมุทรปราการไปอยูในนิคมอุตสาหกรรม เชน โรงงานฆาสัตว์และอาหารสัตว์ โรงงานฟอกยอมและพิมพผา

4.2 ควบคุมมลพิษในแมน้ำสายหลัก ไดแก แมน้ำเจาพระยา แมน้ำทาจีน แมน้ำแมกลอง แมน้ำบางปะกง โดยสงเจาหนาที่ตรวจสอบและตั้งระบบขจัดน้ำเสียตามจุดหลัก ๆ ของแมน้ำ

4.3 การสรางระบบบำบัดน้ำเสียรวม

4.4 การสรางศูนยบริการกำจัดกากอุตสาหกรรม

4.5 ปรับปรุงแกไขพระราชบัญญัติแรใหทันสมัยดานมาตรการและหลักเกณฑ์ในการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดลอมจากการประกอบอุตสาหกรรมเหมืองแรใหมีประสิทธิภาพนำไปสูการปฏิบัติได

4.6 พื้นฟูพื้นที่ที่ไดใชทำเหมืองแลว

4.7 จัดทำแผนแมบทดานสิ่งแวดลอมเพื่อพัฒนาทรัพยากรธรณีในเขตเศรษฐกิจแร เชน จังหวัดระนอง เลย อุดรธานีหนองคาย จันทบุรีตราด สระบุรี

2.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมไดมีการพัฒนาไปอยางมาก ทั้งประเภทการผลิตและคุณภาพของสินคาไปสูอุตสาหกรรมที่มีการผลิตที่ซับซอนมากขึ้น ทั้งนี้เพราะประเทศไทยไดมีการแขงขันและการรวมมือกับตางประเทศ ซึ่งประเทศไทยในปจจุบันยังประสบปญหาการขาดแคลนแรงงาน ขาดแคลนวัตถุดิบและการวิจัยและพัฒนา ระบบสาธารณูปการ พื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยังไมสามารถรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมไดอยางทันทวงที ดังนั้นรัฐบาลจึงไดจัดทำแผนแมบทเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรม โดยเปนแนวทางและเปนมาตรการเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมอยางชัดเจนและตอเนื่องจนถึงป พ.ศ.2555 โดยแบงออกเปน 4 กลุม ดังนี้

1. กลุมอุตสาหกรรมเพื่ออนาคต

กลุมอุตสาหกรรมเพื่ออนาคตคือกลุมที่มีความสามารถในการเพิ่มสวนแบงการตลาดในอนาคต สามารถยกระดับเทคโนโลยีคาจางแรงงานและสวัสดิการใหแกแรงงาน กลุมอุตสาหกรรมนี้ตองการเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ ไดแก อุตสาหกรรมยานยนตและผลิตชิ้นสวนรถยนตเครื่องใชไฟฟา เครื่องจักรอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นสวนอุตสาหกรรมแชแข็ง อุตสาหกรรมที่ใชเทคโนลียีชีวภาพ อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร อุตสาหกรรมโทรคมนาคม การขนสง และโฆษณา เป็นต้น

2. กลุมอุตสาหกรรมสากล

กลุมอุตสาหกรรมสากล คือ กลุมที่มีการสงออกสูง แตพบปญหาคาแรงต่ำ เพื่อใหสินคาสามารถแขงขันในตลาดสากลไดจึงตองเพิ่มสินคาที่ปราณีตขึ้น มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและยกระดับการออกแบบผลิตภัณฑและการจัดการใหเขากับมาตรฐานสากล กลุมอุตสาหกรรมนี้ ไดแก อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุงหม อัญมนีเครื่องประดับและเครื่องตกแตง รองเทา และชิ้นสวนเซรามิกส์

3. กลุมอุตสาหกรรมพื้นฐานและอุตสาหกรรมสนับสนุน

กลุมอุตสาหกรรมนี้ไมมีบทบาทดานการสงออกโดยตรง แตผลิตพลังงาน วัตถุดิบและสินคาขั้นกลางใหแกอุตสาหกรรมสองกลุมแรก อุตสาหกรรมนี้จะตองมีการปรับประสิทธิภาพใหสูงขึ้นเพื่อพัฒนาไปตามความตองการที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งตองไดรับการดูแลจากทางภาครัฐดานการใชเทคโนโลยีที่ไมเป็นมลพิษตอสิ่งแวดลอม กลุมอุตสาหกรรมนี้ ไดแก อุตสาหกรรมพลังงาน โลหะ และเครื่องจักร เคมี วัสดุก่อสราง บรรจุภัณฑ์ น้ำมันและผลิตภัณฑน้ำมัน ปโตรเลียม และผลิตภัณฑยาง

2.1.3.4 กลุมอุตสาหกรรมเพื่ออนาคตชนบทไทย

กลุมอุตสาหกรรมนี้เปนอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ชเทคโนโลยีที่อาศัยการผลิตจำนวนไมมาก และไมใชพลังงานมาก เปนอุตสาหกรรมที่สามารถกระจัดกระจายเขาไปในชนบทไดโดยตองให้ผู้ประกอบการรายยอยมีโอกาสเห็นตลาด รวมทั้งการใชความชวยเหลือดานตาง ๆ เชน การใหความรู้ด้านการตลาดการเขาถึงตลาดสินเชื่อ กลุมอุตสาหกรรมนี้ ไดแก่ อุตสาหกรรมสิ่งทอประเภทยอม เครื่องนุงหมและของชำรวย การเจียระไนพลอย การถนอมและแปรรูปการใชเครื่องเรือน

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์

2.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้แก่ กลุ่มเหมืองแร่ ดิน ทราย และเฟลสปาร์ กลุ่มผู้ผลิตนำเข้าวัตถุดิบสำเร็จรูป กลุ่มผู้ผลิตนำเข้าสี สารเคมี สารเคลือบสติกเกอร์ และปูนปลาสเตอร์ กลุ่มผู้ผลิตนำเข้าเครื่องจักรอุปกรณ์ และเครื่องมือวิเคราะห์ การผลิตเซรามิกส์ใช้วัตถุดิบและแรงงานในประเทศเป็นหลัก มีโรงงานกระจายตัวอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆ เช่น ลำปาง เชียงใหม่ ราชบุรี สระบุรี สมุทรสาคร นครราชสีมา และนนทบุรี (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558 : 15)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลแสดงจำนวนโรงงานเซรามิกส์ในภาคกลาง

จังหวัด	จำนวนโรงงาน	จังหวัด	จำนวนโรงงาน
1. ราชบุรี	68	8. ระยอง	10
2. สระบุรี	42	9. นนทบุรี	8
3. สมุทรสาคร	39	10. สุพรรณบุรี	3
4. นครปฐม	27	11. ลพบุรี	2
5. กรุงเทพมหานคร	22	12. สิงห์บุรี	2
6. ชลบุรี	21	13. ชัยนาท	2
7. ปทุมธานี	13	14. สมุทรสงคราม	1

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เซรามิกส์แบบดั้งเดิม (Traditional Ceramics) และเซรามิกส์สมัยใหม่ (New Ceramics) ซึ่งการผลิตเซรามิกส์ของไทยเกือบทั้งหมดยังเป็นการผลิตเซรามิกส์แบบดั้งเดิม โดยเซรามิกส์สามารถแบ่งตามกลุ่มการนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

1. กลุ่มกระเบื้องเซรามิกส์ ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น บุผนัง และโมเสค เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้เงินลงทุนสูงและเทคโนโลยีเข้มข้น โรงงานจะมีขนาดใหญ่และได้มาตรฐาน การผลิตจะเน้นเพื่อตอบสนองความต้องการของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศประมาณร้อยละ 85 ที่เหลือเพื่อการส่งออก ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 12 ราย มีกำลังการผลิตประมาณ 200 ล้านตารางเมตรต่อปี และมีการจ้างงานประมาณ 13,000 คน

2. กลุ่มเครื่องสุขภัณฑ์ ได้แก่ โถส้วม อ่างอาบน้ำ อ่างล้างหน้า และอื่นๆ เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้เงินลงทุนและเทคโนโลยีสูง โรงงานจะมีขนาดใหญ่และได้มาตรฐาน มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอย่างต่อเนื่อง การผลิตจะเน้นเพื่อตอบสนองความต้องการของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ

ประมาณร้อยละ 60 ที่เหลือเพื่อการส่งออก ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 8 ราย มีกำลังการผลิตประมาณ 160,000 ตันหรือ 13.5 ล้านชิ้นต่อปี และมีการจ้างงานประมาณ 9,000 คน

3. กลุ่มเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ได้แก่ ถ้วยชาม ชุดกาแฟ และหม้อเซรามิกส์ เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เน้นการใช้แรงงานและความสามารถในการออกแบบ การผลิตจะเน้นเพื่อการส่งออกประมาณร้อยละ 80 ที่เหลือเพื่อใช้ในประเทศ โดยมีโรงงานกระจายอยู่ในจังหวัดต่าง ๆ เช่น ลำปาง เชียงใหม่ สมุทรสาคร และจังหวัดอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่มีเงินลงทุนด้านเทคโนโลยีการผลิตสูง จึงมีความสามารถในการพัฒนารูปแบบ ลวดลาย และคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากกว่าโรงงานขนาดเล็ก ปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารขนาดกลางและขนาดใหญ่ประมาณ 68 ราย มีกำลังการผลิตประมาณ 126,000 ตันหรือ 250 ล้านชิ้นต่อปี และมีการจ้างงานประมาณ 20,000 คน

4. กลุ่มของชำร่วยและเครื่องประดับ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ตกแต่งภายในบ้านและตกแต่งสวน เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงงานจำนวนมาก ผลิตสินค้าโดยเน้นการออกแบบเป็นสำคัญ โรงงานส่วนใหญ่จะเป็นขนาดกลางและขนาดย่อม ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบ เช่น ลำปาง เชียงใหม่ และราชบุรีการผลิตจะเน้นเพื่อการส่งออกประมาณร้อยละ 80 ที่เหลือเพื่อใช้ในประเทศ ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 123 ราย มีกำลังการผลิตประมาณ 150,000 ตันต่อปี และมีการจ้างงานประมาณ 35,000 คน

5. กลุ่มลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีในการผลิตสูง จะผลิตเพื่อตอบสนองกิจการสาธารณูปโภคทางไฟฟ้าในประเทศประมาณร้อยละ 90 ที่เหลือเพื่อการส่งออก ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 10 ราย มีกำลังการผลิตประมาณ 32,400 ตันต่อปี และมีการจ้างงาน 2,000 คน

2.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การผลิตเซรามิกส์ที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ทั้งกระเบื้องปูพื้น บุผนัง และเครื่องสุขภัณฑ์ เติบโตตามการขยายตัวของเศรษฐกิจในประเทศ และการเติบโตของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ โดยกระเบื้องปูพื้นบุผนัง จะเติบโตมากกว่าเครื่องสุขภัณฑ์ เนื่องจากกระเบื้องปูพื้น บุผนัง จะอ้างอิงกับตลาดซ่อมแซมบ้านเก่าและตลาดบ้านใหม่ ที่มีอัตราส่วนร้อยละ 70 และ 30 ตามลำดับ ซึ่งเป็นตลาดที่กว้างกว่าเครื่องสุขภัณฑ์ที่จะอิงกับตลาดบ้านใหม่เพียงอย่างเดียวการผลิตเซรามิกส์ ในปี 2549 ถึงปี 2550 ทั้งกระเบื้องปูพื้น บุผนัง และเครื่องสุขภัณฑ์ ลดลงจากภาวะซบเซาของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาหลัก ๆ ได้แก่ การเมืองราคาวัตถุดิบ ราคาน้ำมัน และอัตราดอกเบี้ยที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเซรามิกส์เพิ่มสูงขึ้น ผู้ผลิตเซรามิกส์ต้องปรับแผนการผลิตเพื่อลดภาระต้นทุน โดยมีผู้ผลิตบางรายนำเข้าสินค้าที่มีราคาถูกจากจีนแทนการผลิตด้วยตัวเอง (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558 : 17)

การผลิตเซรามิกส์ในปี 2551 ถึงปี 2552 แม้ว่าจะได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่องจากภาวะซบเซาของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ แต่การผลิตเซรามิกส์สามารถเติบโตเพิ่มขึ้นจากการขยายตลาดส่งออกสำหรับปี 2553 การผลิตเซรามิกส์เริ่มมีแนวโน้มที่ดีขึ้นจากการปรับตัวของเศรษฐกิจในประเทศและการฟื้นตัวของตลาดอสังหาริมทรัพย์ โดยเฉพาะการผลิตเพื่อรองรับการเร่งโอนกรรมสิทธิ์จำนวนมากให้ทันกับมาตรการกระตุ้นอสังหาริมทรัพย์ที่สิ้นสุดในเดือนมิถุนายน 2553 ในขณะที่ปี 2554 การผลิตเซรามิกส์เติบโตน้อยกว่าปี 2553 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภาวะน้ำท่วมหนักในหลายพื้นที่ ทำให้เกิดความล่าช้าในการจัดส่งสินค้าและโรงงานบางส่วนไม่สามารถผลิตได้

2.2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการจำหน่ายและการใช้ในประเทศ

การจำหน่ายเซรามิกส์ที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ทั้งกระเบื้องปูพื้น บุผนัง และเครื่องสุขภัณฑ์ เติบโตตามการขยายตัวของเศรษฐกิจในประเทศ และการเติบโตของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการผลิต โดยกระเบื้องปูพื้น บุผนัง จะเติบโตมากกว่าเครื่องสุขภัณฑ์การจำหน่ายเซรามิกส์ ในปี 2549 ถึงปี 2550 ทั้งกระเบื้องปูพื้น บุผนัง และเครื่องสุขภัณฑ์ ได้รับผลกระทบจากปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ การเมือง ราคาน้ำมัน และอัตราดอกเบี้ยที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เศรษฐกิจในประเทศชะลอตัวลง และส่งผลให้ผู้บริโภคชะลอการใช้จ่ายและการตัดสินใจซื้อ ในขณะที่ราคาจำหน่ายเซรามิกส์ต้องปรับเพิ่มขึ้นตามภาระต้นทุนที่สูงขึ้น แต่ความต้องการใช้เซรามิกส์ในการก่อสร้างกลับลดลงจึงเกิดการแข่งขันอย่างรุนแรงทั้งจากสินค้าในประเทศและสินค้าที่นำเข้าโดยเฉพาะจากจีนที่มีต้นทุนต่ำกว่าไทย (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558 : 19)

2.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558 : 25)

1. ส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เทคนิคต่าง ๆ และการวิจัยพัฒนา เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การปรับปรุงเตาเผา การวิจัยพัฒนาวัสดุทนไฟ การวิจัยพัฒนาสูตรดินและเคลือบเพื่อลดอุณหภูมิในการเผา

2. ปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิกส์ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์เพื่อประกาศใช้ให้เป็นมาตรฐานบังคับ

3. ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบหลากหลายและมีเอกลักษณ์โดยการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการออกแบบและกระบวนการผลิต

4. สร้างเอกลักษณ์เมืองหัตถกรรมเซรามิก พัฒนามาตรฐานสินค้าหัตถกรรมเซรามิกด้วยการใช้เครื่องหมายการค้าท้องถิ่น (Local Brand)

2.2.5 ข้อมูลการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในพื้นที่จังหวัดสระบุรี

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้นำเสนอมาเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสำรวจรายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แบบดั้งเดิม ในพื้นที่จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่นำร่องในโครงการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจากพื้นที่โรงงานในประเทศไทย (สถาบันสิ่งแวดลอมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแหงประเทศไทย. 2550 : 6) โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในกลุ่มของกระเบื้องที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดสระบุรีไว้ทั้งหมด 11 บริษัท ดังนี้

1. บริษัท สหโมเสคอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน)
2. บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด
3. บริษัท ไดนาสตี้ เซรามิค จำกัด (มหาชน)
4. บริษัท ไทล์ท้อป อินดัสตรี้ จำกัด (มหาชน)
5. บริษัท เดอะ สยาม เซรามิค กรุ๊ป อินดัสทรี่ส์ จำกัด
6. บริษัท โสสุโก้ เซรามิค จำกัด
7. บริษัท ไทย - เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี่ จำกัด (มหาชน)
8. บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

9. บริษัท บีเซน จำกัด

10. บริษัท โรแยลซีรามิค อุสาหกรรม จำกัด (มหาชน)

11. บริษัท ที.ที.เซรามิค จำกัด (มหาชน)

ทั้งนี้จากบัญชีรายชื่อบริษัทที่ทำเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กลุ่มกระเบื้องเซรามิกส์ข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับบริษัทดังกล่าว จึงพบว่ามีบางบริษัทที่มีปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจากพื้นที่โรงงานในปริมาณมาก และยังไม่มีมาตรการในการนำไปกำจัดหรือนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ มากเท่าที่ควร ซึ่งได้แก่ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งในปัจุบันทางบริษัทมีกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ คือ เศษกระเบื้องแกรนิต เศษกระเบื้องแกรนิตโต้ เศษกระเบื้องรีด และเศษวัสดุทนไฟ เช่น อุปกรณ์รองเผา และอิฐทนไฟ เป็นต้น

จากรายละเอียดดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเศษวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านของการพัฒนาวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต เพื่อการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ชุมชน และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณของเสียในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ รวมถึงเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาเพิ่มมูลค่าหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้ในอนาคต

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ใช้ในการทำวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิกส์ ได้แก่ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งอยู่ในพื้นที่อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี โดยมีข้อมูลเกี่ยวกับบริษัท ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตและส่งออกกระเบื้องเซรามิกส์ปูพื้นและผนังภายนอก โดยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2542 บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ได้ขยายการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ อินเดีย กาตาร์ สิงคโปร์ เป็นต้น และมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาสินค้าให้มีคุณภาพเป็นธรรมชาติและคงทนเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าสูงสุด ซึ่งผลิตภัณฑ์ของ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ได้ผ่านการตรวจสอบมาตรฐาน ASTM จากประเทศสหรัฐอเมริกา และ EN87 จากประเทศอิตาลี

2. ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และการออกแบบ

บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีการผลิตสินค้าอยู่ 2 ประเภท ดังนี้

2.1 กระเบื้องปูพื้นและผนัง จะมีทั้งหมด 11 รูปแบบ ได้แก่

(1) รุ่นแกรนิตโต้ ไทล์
(2) รุ่นนาโปลี สโตน
(3) รุ่นโอลด์ คันทรี่
(4) รุ่นเปอร์เซีย
(5) รุ่นไอซ์เบิร์ก
(6) รุ่นยิปซี
(7) รุ่นอาร์มสโตน
(8) รุ่นแกรไนท์ ไทล์
(9) รุ่นฟลอเรนซ์ ไทล์
(10) รุ่นแบ็ควูดส์
(11) รุ่นเอ็กซ์ทรูด ไทล์

2.2 กระเบื้องปูผนัง จะมีทั้งหมด 10 รูปแบบ ได้แก่

(1) รุ่นฮาร์โมนี
(2) รุ่นโคโลราโด้
(3) รุ่นลาวา สโตน
(4) รุ่นโคโลเนี่ยล
(5) รุ่นโมนาลิซ่า
(6) รุ่นร๊อคกี้
(7) รุ่นมารีน่า
(8) รุ่นวิคตอเรีย
(9) รุ่นทัสคานี
(10) รุ่นอิตาเลี่ยน โมเดิร์น ดีไซน์

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรมไดกำหนดนโยบายและถือเปนภารกิจที่สำคัญในการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ให้มีความคล่องตัวในการดำเนินการและพัฒนาธุรกิจให้มีการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมไปพรอม ๆ กัน จึงไดมอบหมาย ให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม และสำนักงานอตุสาหกรรมจังหวัดทั่วประเทศส่งเสริมและสนับสนุนให้มีอุตสาหกรรม ให้บริการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วให้ครอบคลุมทั่วประเทศเพื่อรองรับการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมอย างถูกตองและเหมาะสม และกำกับดูแลโรงงานจัดการกากอุตสาหกรรมเหลานี้อยางใกลชิด เพื่อปองกันผลกระทบตอสิ่งแวดลอมและชุมชนและเพื่อใหผูบริการและสาธารณชนเกิดความมั่นใจในคุณภาพการให้บริการ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้พัฒนามาตรฐานการจัดการและการใหบริการบำบัดและกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมตามหลักวิชาการ สอดคลองกับขอกำหนดของกฎหมาย โดยมุ่งหวังให้โรงงานบำบัดและกำจัดกากอุตสาหกรรมก้าวเข้าสู้มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ดี ดำเนินกิจการถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมายภายใต้พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เกิดการยอมรับจากทุกภาคส่วน ลดปญหาขอรองเรียน ลดภาระคาใชจายของภาครัฐในการกำกับดูแลและตรวจสอบ ประการสำคัญเพื่อให ผู้ก่อเกิดกากของเสียอุตสาหกรรมสามารถคัดเลือกผู้ให้บริการได้อย่างเหมาะสมมากที่สุด (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556 : 1)

2.3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ ของเสียและกากอุตสาหกรรม

1. ภาพรวมของกากอุตสาหกรรม

จากการรวบรวมขอมูลพื้นฐานภาพรวมของสถานการณกากอุตสาหกรรม การจัดการ และศักยภาพการใชประโยชน ที่เกิดขึ้นของประเทศไทยและในจังหวัดพื้นที่ศึกษานำรองที่จะจัดตั้งเมืองอุตสาหกรรมนิเวศนจากแหลงขอมูลตาง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดลอมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแหงประเทศไทย. 2550 : 1)

2. ภาพรวมของกากอุตสาหกรรมของประเทศไทย

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุเหลือใช พ.ศ.2548 ไดกำหนดและจำแนกรหัสกากของเสียและวัสดุเหลือใชจากอุตสาหกรรมประเภทตาง ๆ ไวเปน 916 รหัสกาก และจากฐานขอมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ปริมาณกากของเสีย และวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกนอกโรงงาน พบวา มีประมาณ 18 ลานตัน แบงออกเปน กากของเสียและวัสดุเหลือใชที่เปนอันตรายประมาณ 2 ลานตัน และกากของเสียและวัสดุเหลือ ใชที่ไมเปนอันตรายประมาณ 16 ลานตัน และจากปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจากโรงงานมีลักษณะการกระจายตัวของกากของเสียอยูทั่วประเทศ

โดยพบวาภาคตะวันออกมีขออนุญาตนำกากของเสียเหลือใชออกนอกโรงงานมากที่สุดคิดเปนร้อยละ 30 รองลงมาคือ ภาคกลางคิดเปนร้อยละ 22 ภาคเหนือคิดเปนร้อยละ 18 กรุงเทพฯและปริมณฑล (นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร สมุทรปราการ และนครปฐม) คิดเปนร้อยละ 17 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเปนร้อยละ 12 และภาคใตคิดเปนร้อยละ 1 ตามลำดับ จากปริมาณกากของเสียเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกนอกโรงงานทั้งประเทศ

สวนจังหวัดที่มีการขออนุญาตนำกากของเสียและวัสดุเหลือใชออกนอกโรงงานมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ จังหวัดระยองมีปริมาณ 3.33 ลานตัน รองลงมาคือ จังหวัดลำปางมีปริมาณ

2.88 ลานตัน อันดับสาม คือ จังหวัดชลบุรีมีปริมาณ 1.49 ลานตัน อันดับสี่ คือ จังหวัดชัยภูมิมีปริมาณ 0.97 ลานตัน และอันดับหา คือ จังหวัดสมุทรปราการ มีปริมาณ 0.92 ลานตัน โดยจังหวัดดังกลาวมีสัดสวนมากกวารอยละ 50 ของปริมาณการนำกากฯ ที่ขออนุญาตออกนอก โรงงานทั้งประเทศ (สถาบันสิ่งแวดลอมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแหงประเทศไทย. 2550 : 2)

ตารางที่ 2.2 แสดงขอมูลจังหวัดที่มีปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชทั้งหมดที่ขออนุญาตนำออกนอกบริเวณโรงงานในป พ.ศ. 2550 (10 อันดับ)

ลำดับ	จังหวัด	ปริมาณกากของเสีย (ตัน)
1	ระยอง	3,332,377
2	ลำปาง	2,880,007
3	ชลบุรี	1,491,121
4	ชัยภูมิ	974,537
5	สมุทรปราการ	929,586
6	นครราชสีมา	890,017
7	ปราจีนบุรี	829,268
8	สระบุรี	710,342
9	กาญจนบุรี	684,514
10	ปทุมธานี	648,112

3. สถานการณของกากอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษานำรอง

สถานการณปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจากพื้นที่โรงงานในพื้นที่นำรองที่ทำการศึกษา ไดแก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดสระบุรี และจังหวัดระยอง (สถาบันสิ่งแวดลอมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแหงประเทศไทย. 2550 : 6)

ทั้งนี้เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ จะทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์และอุตสาหกรรมการเกษตรที่จังหวัดสระบุรีเป็นหลัก เพราะฉะนั้นในเนื้อหาส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลเฉพาะในส่วนของจังหวัดสระบุรีเท่านั้น ซึ่งรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ จะขอนำเสนอไว้ดังนี้

จังหวัดสระบุรีตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลาง มีลักษณะประเภทอุตสาหกรรมที่ ประกอบกิจการในพื้นที่เกี่ยวกับ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต โรงโมและอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ วัสดุกอสราง เปนตน จากฐานขอมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ปริมาณกากของเสีย และวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจากโรงงานมีประมาณ 710,342 ตัน โดยสามารถแบงวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจากโรงงานไว้ดังนี้ ได้แก่ กากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ไมเปนอันตราย มีประมาณ 642,204 ตัน และกากของเสียและวัสดุเหลือใช ที่เปนอันตราย มีประมาณ 68,138 ตัน (สถาบันสิ่งแวดลอมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแหงประเทศไทย. 2550 : 9)

โดยกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตนำออกจาก โรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุด 5 อันดับแรก ในป 2550 ไดแก

3.1 ของเสียจากการผลิตสินคาเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑสำหรับงานกอสราง (รหัสกาก 10 12) มีปริมาณ 259,511 ตัน

3.2 ของเสียจากการแปรรูปผลไม ผัก ธัญพืช น้ำมันที่บริโภคได โกโก กาแฟ และยาสูบ ของเสียจากการผลิต การเตรียมและหมักน้ำตาล (รหัสกาก 02 03) มีปริมาณ 145,334 ตัน

3.3ของเสียจากการผลิตปูนซีเมนต ปูนขาว และปูนปลาสเตอร รวมทั้งผลิตภัณฑจากปูนดังกลาว (รหัสกาก 10 13) มีปริมาณ 53,315 ตัน

3.4 ของเสียจากการบำบัดอากาศเสียการผลิต (รหัสกาก 19 80) มีปริมาณ 37,474 ตัน

3.5 ของเสียจากการหลอมหลอโลหะเหล็ก (รหัสกาก 10 09) มีปริมาณ 34,720 ตัน

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลแสดงปริมาณกากของเสียและวัสดุไมใชแลวมากที่สุด 20 อันดับแรก ที่อนุญาตนำออกนอกบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 พื้นที่จังหวัดสระบุรี (รหัส 4 หลัก)

อันดับที่	รหัส 6 หลัก	รายการ	ปริมาณ (ตัน)
1	10 01 99	ของเสียอื่นที่มิใช่ ของเสียรหัส 10 01 01 ถึง ของเสียรหัส 10 01 26	593,840
2	12 01 01	เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียรหรือการกลึง	443,978
3	07 01 99	ของเสียอื่นที่มิใช่ 07 01 01 ถึง 07 01 12	234,180
4	10 02 07	ของเสียที่เป็นของแข็งจากการบำบัดก๊าซที่ปนเปื้อนสารอันตราย	181,400
5	10 09 03	ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ	115,240
6	07 02 13	ของเสียจำพวกพลาสติก	114,223
7	02 03 04	วัสดุที่ไม่เหมาะสมสำหรับการบริโภคหรือแปรรูปต่อไป	109,028
8	10 02 10	สะเก็ดหรือเปลือกสนิมจากโรงรีด	105,916
9	10 01 01	เถ้าหนัก ตะกรัน และฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ไม่ใช่ เถ้าลอยและฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	100,130
10	10 01 02	เถ้าลอยจากการเผาไหม้ถ่านหิน	66,000
11	15 01 03	ของเสียประเภทบรรจุภัณฑ์ที่เป็นไม้	56,332
12	10 09 09	ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อมที่มีสารอันตราย	51,000
13	16 10 02	น้ำเสียที่ไม่ใช่ น้ำเสียที่มีสารอันตราย	44,815
14	19 08 13	กากตะกอนที่มีสารอันตรายจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม	40,975
15	11 01 05	กรดต่างๆ ที่ใช้ในการขจัดคราบสกปรก	38,916
16	15 01 01	ของเสียบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ หรือกระดาษแข็ง	38,638
17	19 08 14	กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยวิธีอื่นๆ ที่ไม่ใช่ กากตะกอนที่มีสารอันตรายจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม	37,167
18	19 02 04	ของเสียผสมรวมที่มีสารอันตรายอย่างน้อยหนึ่งชนิดผสมอยู่	36,446
19	15 02 02	วัสดุดูดซับ วัสดุตัวกรอง ผ้าสำหรับเช็ด และชุดป้องกันที่ปนเปื้อนสารอันตราย	31,285
20	17 09 04	ของเสียที่ปะปนกันจากงานก่อสร้างและการรื้อทำลายสิ่งก่อสร้างที่ไม่ใช่ ของเสียจากงานก่อสร้างและการรื้อทำลายสิ่งก่อสร้างที่มีสารปรอท ของเสียจากงานก่อสร้างและการรื้อทำลายสิ่งก่อสร้างที่มีสารโพลีครอริเนทเด็ดไบฟีนิลและของเสียจากงานก่อสร้างและการรื้อทำลายสิ่งก่อสร้างที่มีสารอันตราย	29,973

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลแสดงปริมาณกากของเสียและวัสดุไม่ใช้แล้วมากที่สุด 20 อันดับแรก ที่อนุญาตนำออกนอกบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2550 พื้นที่จังหวัดสระบุรี (รหัส 6 หลัก)

อันดับที่	รหัส 6 หลัก	รายละเอียด	ปริมาณ (ตัน)
1	02 03 01	ตะกอนจากการล้าง การทำความสะอาด การปอกเปลือก การเหวี่ยงแยก และการแยก	138,214
2	10 12 08	ของเสียที่เป็นเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน)	130,130
3	10 12 01	ของเสียจากการเตรียมวัตถุดิบก่อนกระบวนการใช้ความร้อน	51,510
4	10 13 14	เศษและกากคอนกรีต	50,315
5	10 12 03	ฝุ่นละอองจากการผลิตเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง	35,000
6	10 12 06	แบบหล่อที่ใช้งานแล้ว	34,900
7	19 80 02	ของเสียในรูปของแข็ง เช่น ฝุ่นจากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ Baghouse ESP Cyclone Scrubber	30,004
8	10 01 01	เถ้าหนัก ตะกรัน และฝุ่นจากหม้อไอน้ำ	24,160
9	17 05 06	ตะกอนจากการขุดลอกที่ไม่มีสารอันตราย	20,250
10	10 09 09	ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย	18,600
11	12 01 03	เศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียรหรือการกลึง	17,557
12	17 04 05	เหล็กและเหล็กกล้า	11,626
13	02 02 02	เศษเนื้อเยื่อสัตว์	10,816
14	10 09 08	แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว	9,000
15	19 80 01	ของเสียในรูปของแข็ง เช่น ฝุ่นจากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ Baghouse ESP Cyclone Scrubber ที่มีสารอันตราย	7,470
16	10 09 03	ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ	7,120
17	19 12 01	กระดาษ และกระดาษแข็ง	6,994
18	10 12 13	กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย	6,570
19	02 03 05	กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	6,000
20	19 07 02	น้ำชะจากหลุมฝังกลบที่มีสารอันตราย	5,000

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ปีพ.ศ. 2551

รหัสของเสีย	ประเภทของเสีย ปี พ.ศ. 2551	ปริมาณรวม (ตัน)
12 01 01	เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	1,890,617.49
10 01 99	ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น	1,831,479.60
10 01 01	เถ้าหนัก ตะกรัน และฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ไม่ใช่	701,108.00
10 01 02	เถ้าลอยจากการเผาไหม้ถ่านหิน	624,555.00
03 03 01	ของเสียประเภทเปลือกไม้ และเนื้อไม้	562,500.00
10 02 02	ตะกรันที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปรับคุณภาพ	437,255.00
10 12 08	ของเสียที่เป็นเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว)	411,558.26
10 09 03	ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ	350,923.00
12 01 03	เศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	303,240.32
10 13 14	เศษและกากคอนกรีต	298,211.00
15 01 01	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ หรือกระดาษแข็ง	239,781.10
10 02 10	สะเก็ดหรือเปลือกสนิมจากโรงรีด	232,717.27
16 03 04	ของเสียประเภทสารอนินทรีย์ ที่ไม่ใช่ 16 03 03	223,630.63
07 02 13	ของเสียจำพวกพลาสติก	219,457.66
15 01 02	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก	150,004.43
10 01 05	กากแคลเซียมในรูปของแข็งซึ่งได้จากกระบวนการกำจัดกำมะถันในไอเสีย	139,135.00
15 01 03	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นไม้	136,530.68
15 01 10	บรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อน หรือมีเศษสารอันตรายคงค้าง	132,025.38
03 03 10	เศษเส้นใย กากตะกอนเส้นใย สารเพิ่มเนื้อและสารเคลือบผิวจากการแยกเชิงกล	129,886.00
10 09 09	ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย	127,910.50
10 02 07	ของเสียที่เป็นของแข็งจากการบำบัดก๊าซที่ปนเปื้อนสารอันตราย	116,112.00
03 03 09	กากปูนขาว	101,500.00
17 04 05	เหล็ก หรือเหล็กกล้า	100,326.53
15 02 02	วัสดุดูดซับ วัสดุตัวกรอง (รวมทั้งไส้กรองน้ำมันที่ไม่ใช่ 16 01 07) ผ้าสำหรับเช็ด และชุดป้องกันที่ปนเปื้อนสารอันตราย	97,806.62

ของเสียอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อยู่ในลำดับที่ 7

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ปีพ.ศ. 2552

รหัสของเสีย	ประเภทของเสีย ปี พ.ศ.2552	ปริมาณรวม (ตัน)
10 01 99	ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น	2,977,641.10
12 01 01	เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	1,903,509.96
10 02 02	ตะกรันที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปรับคุณภาพ	999,298.00
03 01 05	ขี้เลื่อย เศษไม้จากการตัดแต่งขึ้นรูปและตัดชิ้นไม้ ไม้อัดและไม้ปาร์ติเกิ้ล ที่ไม่ใช่ 03 01 04	816,116.59
10 12 08	ของเสียที่เป็นเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว)	639,477.50
10 01 01	เถ้าหนัก ตะกรัน และฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ไม่ใช่	589,528.25
15 01 01	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ หรือกระดาษแข็ง	401,161.66
10 13 14	เศษและกากคอนกรีต	386,692.00
12 01 03	เศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	296,266.90
10 09 03	ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ	237,246.50
03 03 01	ของเสียประเภทเปลือกไม้ และเนื้อไม้	230,000.00
07 02 13	ของเสียจำพวกพลาสติก	225,026.96
10 02 10	สะเก็ดหรือเปลือกสนิมจากโรงรีด	224,757.00
03 03 10	เศษเส้นใย กากตะกอนเส้นใย สารเพิ่มเนื้อและสารเคลือบผิวจากการแยกเชิงกล	218,648.50
10 01 05	กากแคลเซียมในรูปของแข็งซึ่งได้จากกระบวนการกำจัดกำมะถันในไอเสีย	203,120.00
15 01 02	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก	200,046.04
03 01 01	ของเสียประเภทเปลือกไม้ และไม้ก๊อก	186,000.00

ของเสียอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อยู่ในลำดับที่ 5

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ปีพ.ศ. 2553

รหัสของเสีย	ประเภทของเสีย ปี พ.ศ. 2553	ปริมาณรวม (ตัน)
10 01 99	ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น	3,211,839.60
12 01 01	เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	1,972,516.25
10 02 02	ตะกรันที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปรับคุณภาพ	1,258,550.00
10 01 01	เถ้าหนัก ตะกรัน และฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ไม่ใช่	925,608.87
10 12 08	ของเสียที่เป็นเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว)	398,937.00
12 01 03	เศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	371,856.09
15 01 10	บรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อน หรือมีเศษสารอันตรายคงค้าง	360,881.41
15 01 01	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ หรือกระดาษแข็ง	356,148.48
10 13 14	เศษและกากคอนกรีต	341,281.00
10 02 10	สะเก็ดหรือเปลือกสนิมจากโรงรีด	298,595.00
03 01 01	ของเสียประเภทเปลือกไม้ และไม้ก๊อก	236,000.00
10 09 03	ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ	227,449.50
03 03 10	เศษเส้นใย กากตะกอนเส้นใย สารเพิ่มเนื้อและสารเคลือบผิวจากการแยกเชิงกล	224,006.00
15 01 02	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก	223,246.18
03 03 09	กากปูนขาว	219,224.00
07 02 13	ของเสียจำพวกพลาสติก	206,307.97
10 01 05	กากแคลเซียมในรูปของแข็งซึ่งได้จากกระบวนการกำจัดกำมะถันในไอเสีย	196,020.00
10 09 09	ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย	187,720.00
03 03 01	ของเสียประเภทเปลือกไม้ และเนื้อไม้	182,200.00
15 01 03	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นไม้	160,482.27
12 01 05	เศษพลาสติกจากการปาด/กลึง	132,609.00
17 04 05	เหล็ก หรือเหล็กกล้า	128,715.75
16 10 01	น้ำเสียที่มีสารอันตราย	128,027.41
04 02 99	ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น	124,592.20

ของเสียอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อยู่ในลำดับที่ 5

ตารางที่ 2.8 ข้อมูลแสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ปีพ.ศ. 2554

รหัสของเสีย	ประเภทของเสีย ปี พ.ศ. 2554	ปริมาณรวม (ตัน)
10 01 99	ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น	2,727,278.30
12 01 01	เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	2,279,555.97
10 02 02	ตะกรันที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปรับคุณภาพ	1,059,500.00
10 01 01	เถ้าหนัก ตะกรัน และฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ไม่ใช่ 10 01 04	800,258.69
10 12 08	ของเสียที่เป็นเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว)	553,805.50
12 01 03	เศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	449,843.38
15 01 01	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ หรือกระดาษแข็ง	397,459.86
15 01 10	บรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อน หรือมีเศษสารอันตรายคงค้าง	370,649.47
10 13 14	เศษและกากคอนกรีต	320,201.00
03 01 01	ของเสียประเภทเปลือกไม้ และไม้ก๊อก	263,100.00
15 01 02	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก	244,708.27
17 04 05	เหล็ก หรือเหล็กกล้า	244,261.84

ของเสียอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อยู่ในลำดับที่ 5

จากตารางที่ 2.5-2.8 แสดงปริมาณของเสียอุตสาหกรรมจำนวน 100 ชนิด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปีพ.ศ.2554 จะเห็นว่ามีปริมาณของเสียอุตสาหกรรม รหัสของเสีย 10 12 08 ประเภทเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ควมร้อนแล้ว) มากอยู่ในลำดับต้น ๆ ของบัญชีรายชื่อของเสียอุตสาหกรรม โดยผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมรวมในแต่ละปีไว้ดังนี้

1. ในปีพ.ศ. 2551 มีปริมาณของเสียรวม 411,558.26 ตัน (อยู่ในลำดับที่ 7)

2. ในปีพ.ศ. 2552 มีปริมาณของเสียรวม 639,477.50 ตัน (อยู่ในลำดับที่ 5)

3. ในปีพ.ศ. 2553 มีปริมาณของเสียรวม 398,93700 ตัน (อยู่ในลำดับที่ 5)

4. ในปีพ.ศ. 2554 มีปริมาณของเสียรวม 553,805.50 ตัน (อยู่ในลำดับที่ 5)

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ประเภทเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว) นั้นมีปริมาณมากถึงเฉลี่ย 500,944.56 ตันต่อปี จึงทำให้ของเสียเหล่านี้มีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ และอาจจะกลายเป็นปัญหาที่สำคัญให้กับประเทศไทยได้ในอนาคต

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้เห็นปัญหาเกี่ยวกับปริมาณของเสียดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ประเภทเซรามิกส์ อิฐ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้าง (ที่ผ่านกระบวนการให้ควมร้อนแล้ว) มาทำการทดลองและพัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต เพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ให้กับชุมชนในลำดับต่อไป

โดยเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลในส่วนของเสียประเภทกระเบื้องเซรามิกส์เหลือใช้หรือเศษกระเบื้องต่าง ๆ ที่ไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร มาใช้ในการทดลองวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต และได้กำหนดขอบเขตด้านพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยของเสียดังกล่าว ได้แก่ พื้นที่ชุมชนตำบลหนองไข่น้ำ จังหวัดสระบุรี บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด โดยสถานที่ที่ใช้ในการวิจัยในส่วนของวัสดุเหลือใช้นั้น ผู้วิจัยจะทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาทำการทดลองวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต โดยวัสดุดังกล่าวจะใช้เป็นวัสดุเหลือใช้หรือของเสียที่อยู่ในกลุ่มของกระเบื้องเซรามิกส์ ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้จะมีปริมาณมากในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เนื่องจากจังหวัดสระบุรีมีฐานอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ที่ใหญ่ และมีหลากหลายโรงงาน จึงทำให้ปริมาณของเสียประเภทกระเบื้องเซรามิกส์มีปริมาณมาก ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอข้อมูลในส่วนของวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์ของบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ไว้ดังนี้

4. ข้อมูลของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

ในปัจจุบันบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใช้จากการผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้พื้นที่ภายในโรงงานส่วนหนึ่งต้องแบ่งออกมาเพื่อไว้สำหรับจัดเก็บกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว โดยปกติแล้วทางบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จะมีการจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ อยู่ 2 วิธี ได้แก่

4.1 นำกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากการผลิตมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ได้แก่ เศษกระเบื้องแกรนิต เศษกระเบื้องแกรนิตโต้ และเศษผงดินจากการอัดขึ้นรูปแผ่นกระเบื้อง โดยจะมีการนำมาบดให้ได้ความละเอียดตามที่กำหนดไว้ แล้วนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใหม่ในอัตราส่วนร้อยละ 5-25 ต่อสูตร (แล้วแต่ประเภทของเศษของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ที่นำมาใช้ในสูตร)

4.2 มีการแยกพื้นที่สำหรับจัดเก็บกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ เพื่อนำไปจำหน่ายหรือสำหรับผู้อื่นที่มาติดต่อขอซื้อออกไปใช้งานหรือประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น ถมที่ดิน ซ่อมถนน และเป็นวัสดุตกแต่ง เป็นต้น

ซึ่งบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ได้มีการกำหนดประเภทของเสียและวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ไว้ทั้งหมด 7 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 กลุ่มของเศษจากการเตรียมวัตถุดิบ

1. เศษผงดินจากการลำเลียงเข้าสู่เครื่องผสม มีลักษณะเป็นฝุ่นและผงละเอียด

ภาพที่ 2.1 แสดงเศษผงดินจากการลำเลียงเข้าสู่เครื่องผสม
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ประเภทที่ 2 กลุ่มของเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press

1. เศษผงดินจากการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน มีลักษณะเป็นเศษผงดินส่วนเกินที่เหลือจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ก่อนเผา

2. เศษชิ้นงานหลังขึ้นรูป (มีตำหนิ) มีลักษณะที่มีการขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ เช่น แตก หัก บิ่น และร้าว เป็นต้น

ภาพที่ 2.2 แสดงเศษชิ้นงานหลังขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press ที่มีตำหนิ
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ประเภทที่ 3 กลุ่มของเศษชิ้นงานหลังเผา (มีตำหนิ)

ภาพที่ 2.3 แสดงเศษชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press หลังเผาที่มีตำหนิ
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ประเภทที่ 4 กลุ่มของเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder

1. เศษดินส่วนที่เหลือจากการขึ้นรูป มีลักษณะเป็นเศษดินที่เป็นชิ้นหรือเป็นเส้นเล็ก ๆ

2. เศษชิ้นงานดินหลังขึ้นรูป (มีตำหนิ) มีลักษณะที่มีการขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ เช่น ฉีกขาด บิดเบี้ยว หรือมีเศษหรือผงอื่น ๆ เข้ามาปะปนในตัวชิ้นงาน เป็นต้น

ภาพที่ 2.4 แสดงเศษชิ้นงานดินหลังขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ที่มีตำหนิ
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ประเภทที่ 5 กลุ่มของเศษชิ้นงานหลังเผา (มีตำหนิ)

ภาพที่ 2.5 แสดงเศษชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder หลังเผาที่มีตำหนิ
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ประเภทที่ 6 กลุ่มของเศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟ
1. เศษอุปกรณ์รองเผา (มีตำหนิ) มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนที่เสียรูปทรง เช่น แตก หัก บิ่น ร้าว
2. เศษอิฐทนไฟ (มีตำหนิ) มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนที่เสียรูปทรง เช่น แตก หัก บิ่น และร้าว

ภาพที่ 2.6 แสดงเศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟที่มีตำหนิ
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ประเภทที่ 7 กลุ่มของเศษดิน กาก หรือตะกอนจากกระบวนการผลิต

ภาพที่ 2.7 แสดงเศษดิน กาก หรือตะกอนจากกระบวนการผลิต
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

2.3.2 การจัดการของกากอุตสาหกรรม

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุเหลือใช้ พ.ศ.2548 ได้กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการในการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ไว้ 8 ประเภท และกำหนดวิธีการกำจัดไว้ 33 วิธี โดยรายละเอียดการจัดการของเสียและวัสดุเหลือใช้มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2550 : 15)

1. การจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ของประเทศไทย

ปัจจุบันการจัดการและการกำจัดกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ที่ขออนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมประกอบด้วยวิธีการหลัก ๆ 8 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 คือ การคัดแยก
ประเภทที่ 2 คือ การนำกลับมาใช้ซ้ำ
ประเภทที่ 3 คือ การนำกลับคืนมาใหม่
ประเภทที่ 4 คือ การกำจัด
ประเภทที่ 5 คือ การกักเก็บในภาชนะบรรจุ
ประเภทที่ 6 คือ การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก
ประเภทที่ 7 คือ การบำบัด
ประเภทที่ 8 คือ และการจัดการด้วยวิธีอื่น

และจากฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ที่กำจัดด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ขออนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมทั้งประเทศมากที่สุด 5 อันดับ ซึ่งจะแสดงไว้ดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2550 : 15)

1.1 การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ คิดเป็นร้อยละ 29.76
1.2 การคัดแยกเพื่อจำหน่ายต่อ คิดเป็นร้อยละ 12.83
1.3 การนำไปทำอาหารสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 7.55
1.4 การฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล คิดเป็นร้อยละ 7.28
1.5 การนำไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทน คิดเป็นร้อยละ 7.19

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลแสดงวิธีการกำจัดกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ของอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งประเทศ ปี 2550

ลำดับที่	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	ร้อยละ
1	การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่นๆ (49)	5,372,292	29.76
2	การคัดแยกเพื่อจำหน่ายต่อ (11)	2,316,455	12.83
3	ทำอาหารสัตว์ (84)	1,363,540	7.55
4	ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (71)	1,314,594	7.28
5	เป็นเชื้อเพลิงทดแทน (41)	1,298,003	7.19
6	ถมทะเลหรือที่ลุ่ม (82)	1,045,608	5.79
7	นำกลับมาใช้ซ้ำด้วยวิธีอื่นๆ (39)	1,010,323	5.60
8	หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดิน (83)	914,108	5.06
9	เป็นวัตถุดิบทดแทนในเตาเผาปูนซีเมนต์ (44)	895,262	4.96
10	รวบรวมและส่งออกนอกประเทศ (81)	584,914	3.24
11	เผาทำลายร่วมในเตาเผาปูนซีเมนต์ (76)	414,315	2.29
12	เผาทำลายในเตาเผาทั่วไป (73)	353,558	1.96
13	ทำเชื้อเพลิงผสม (42)	275,162	1.52
14	เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ (52)	248,288	1.38
15	เป็นวัตถุดิบทดแทน (31)	179,137	0.99
16	เผาเพื่อเอาพลังงาน (43)	158,017	0.88
17	บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (65)	132,006	0.73
18	เข้ากระบวนการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (51)	44,098	0.24
19	บำบัดด้วยวิธีชีวภาพ (61)	39,036	0.22
20	ส่งกลับผู้ขายเพื่อนำไปกลับบรรจุใหม่หรือใช้ซ้ำ (33)	32,814	0.18
21	ฝังกลบอย่างปลอดภัย (72)	24,093	0.13
22	เผาทำลายในเตาเผาขยะทั่วไป (74)	9,397	0.05
23	บำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ (63)	9,010	0.05
24	เข้าระบบบำบัดน้ำเสียรวม (66)	6,234	0.03
25	อัดฉีดลงบ่อ ใต้ดิน หรือชั้นดินใต้ทะเล (77)	5,000	0.03
26	นำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วอื่นๆ กลับคืนมาใหม่ (59)	3,764	0.02
27	เผาทำลายในเตาเผาเฉพาะสำหรับของเสียอันตราย (75)	2,570	0.01
28	ส่งกลับผู้ขายเพื่อกำจัด (32)	1,167	0.01
29	กำจัดด้วยวิธีอื่นๆ (79)	178	0.00
30	กักเก็บในภาชนะบรรจุ (21)	163	0.00
31	เข้ากระบวนการคืนสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา (54)	50	0.00
32	บำบัดด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (64)	12	0.00
33	บำบัดด้วยวิธีทางเคมี (62)	6	0.00
รวมทั้งหมด		**18,053,174**	**100**

2. การจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใชในพื้นที่นำรอง

สถานการณการจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่นำรองที่ทำการศึกษา ไดแก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดสระบุรี และจังหวัดระยอง

ทั้งนี้เนื่องจากโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์และอุตสาหกรรมการเกษตรที่จังหวัดสระบุรีเป็นหลัก เพาะฉะนั้นในเนื้อหาส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลเฉพาะในส่วนของจังหวัดสระบุรีเท่านั้น ซึ่งรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ จะขอนำเสนอไว้ดังนี้

จังหวัดสระบุรี จากฐานขอมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตกำจัดดวยวิธีการตาง ๆ ในพื้นที่จังหวัดสระบุรีมากที่สุด 5 อันดับ ดังนี้

2.1 ถมทะเลหรือที่ลุม คิดเปนรอยละ 44

2.2 เปนวัตถุดิบทดแทนในเตาเผาปูนซีเมนต คิดเปนรอยละ 12

2.3 หมักทำปุยหรือสาร ปรับปรุงคุณภาพดิน คิดเปนรอยละ 9

2.4 นำไปทำอาหารสัตว์ คิดเปนรอยละ 8

2.5 ฝงกลบตามหลักสุขาภิบาล คิดเปนรอยละ 7

ข้อมูลข้างต้นเป็นข้อมูลที่คิดจากปริมาณของวัสดุเหลือใชในพื้นที่จังหวัดสระบุรี โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดลอมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแหงประเทศไทย. 2550 : 18)

ตารางที่ 2.10 ข้อมูลแสดงวิธีการกำจัดกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ของอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่จังหวัดสระบุรี ป 2550

อันดับที่	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	ร้อยละ
1	ถมทะเลหรือที่ลุ่ม (82)	309,315	43.54
2	เป็นวัตถุดิบทดแทนในเตาเผาปูนซีเมนต์ (44)	87,589	12.33
3	หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดิน (83)	63,300	8.91
4	ทำอาหารสัตว์ (84)	59,990	8.45
5	ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (71)	47,432	6.68
6	การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่นๆ (49)	34,854	4.91
7	เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ (52)	25,175	3.54
8	เป็นวัตถุดิบทดแทน (31)	22,760	3.20
9	การคัดแยกเพื่อจำหน่ายต่อ (11)	22,564	3.18
10	เผาทำลายร่วมในเตาเผาปูนซีเมนต์ (76)	9,690	1.36
11	เผาทำลายในเตาเผาทั่วไป (73)	9,167	1.29
12	บำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ (63)	9,000	1.27
13	เป็นเชื้อเพลิงทดแทน (41)	5,065	0.71

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

อันดับที่	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	ร้อยละ
14	ทำเชื้อเพลิงผสม (42)	3,081	0.43
15	รวบรวมและส่งออกนอกประเทศ (81)	640	0.09
16	ส่งกลับผู้ขายเพื่อนำไปกลับบรรจุใหม่หรือใช้ซ้ำ (33)	301	0.04
17	เข้ากระบวนการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (51)	150	0.02
18	เผาเพื่อเอาพลังงาน (43)	120	0.02
19	นำกลับมาใช้ซ้ำด้วยวิธีอื่นๆ (39)	113	0.02
20	บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (65)	27	0.00
21	เผาทำลายในเตาเผาเฉพาะสำหรับของเสียอันตราย (75)	9	0.00
22	ส่งกลับผู้ขายเพื่อกำจัด (32)	1	0.00
รวมทั้งหมด		**710,341**	**100.00**

3. การจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใช บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

ในปจจุบันการจัดการและการกำจัดกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ขออนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีแนวทางในการจัดการอยู่ 4 ประเภท ดังนี้

3.1 การจัดการประเภทที่ 1 คือ การคัดแยก โดยมีการคัดแยกอยู่ทั้งหมด 5 ประเภท ดังนี้

(1) เศษจากการเตรียมวัตถุดิบ

ภาพที่ 2.8 แสดงเศษจากการเตรียมวัตถุดิบ (เป็นผงหรือฝุ่นละเอียดของวัตถุดิบ)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

(2) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press

ภาพที่ 2.9 แสดงเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press (มีลักษณะแตก บิ่น ร้าว)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

(3) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder

ภาพที่ 2.10 แสดงเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ก่อนเผา (มีลักษณะที่ฉีกขาด)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ภาพที่ 2.11 แสดงเศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder หลังเผา (มีลักษณะแตก บิ่น ร้าว)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

(4) เศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟ

ภาพที่ 2.12 แสดงเศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟ (มีลักษณะที่เสียรูปทรง เช่น แตก บิ่น ร้าว)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

(5) เศษดิน กาก หรือตะกอนจากกระบวนการผลิต

ภาพที่ 2.13 แสดงเศษดิน กาก หรือตะกอนจากกระบวนการผลิต (เป็นตะกอนเปียก)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

3.2 การจัดการประเภทที่ 2 คือ การนำกลับมาใชซ้ำ โดยมีอยู่ 2 ประเภท ดังนี้

(1) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press ได้แก่ เศษชิ้นงานหลังขึ้นรูป

(2) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ได้แก่ เศษดินส่วนที่เหลือจากการขึ้นรูป เศษชิ้นงานดินหลังขึ้นรูป (มีตำหนิ)

3.3 การจัดการประเภทที่ 3 คือ การนำกลับมาใชประโยชนอีก โดยมีอยู่ 3 ประเภท ดังนี้

(1) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press ได้แก่ เศษชิ้นงานหลังเผา (มีตำหนิ)

(2) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ได้แก่ เศษชิ้นงานหลังเผา (มีตำหนิ)

(3) เศษชิ้นส่วนวัสดุทนไฟ ได้แก่ เศษอุปกรณ์รองเผาและเศษอิฐทนไฟ

3.4 การจัดการประเภทที่ 4 คือ การนำกลับคืนมาใหม โดยมีอยู่ 2 ประเภท ดังนี้

(1) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Press ได้แก่ เศษชิ้นงานหลังเผา (มีตำหนิ)

(2) เศษจากการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Extruder ได้แก่ เศษชิ้นงานหลังเผา (มีตำหนิ)

ในปจจุบันกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่มีศักยภาพสามารถนำกลับมาใชประโยชนใหม่ โดยประเมินจากการจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใชตามหลักการ 3Rs ไดแก

1. การนำกลับมาใชซ้ำ (Reuse)
2. การนำกลับมาใชประโยชนอีก (Recycle)
3. การนำกลับคืนมาใหม่ (Recovery)

ซึ่งจากฐานขอมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม ป 2550 ปริมาณการขออนุญาตกำจัดกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่สามารถนำกลับใชประโยชนไดใหมทั้งประเทศมีประมาณ 11,834,832 ตัน และปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่ไมสามารถนำกลับใชประโยชนไดใหมมีประมาณ 6,218,342 ตัน ซึ่งปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใชที่สามารถนำกลับมาใชใหมมีปริมาณ มากกว่าครึ่งของปริมาณที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปจจุบัน (ดังแสดงในตารางที่ 2.11)

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลแสดงวิธีการจัดการกากของเสียและวัสดุเหลือใชแบงตาม 8 ประเภท

วิธีการจัดการ	สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้	ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้
ประเภทที่ 1 การคัดแยก (Sorting)	2,316,455	-
ประเภทที่ 2 การกักเก็บในภาชนะบรรจุ (storage)	-	163
ประเภทที่ 3 การนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse)	1,223,441	-
ประเภทที่ 4 การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก (Recycle)	7,998,736	-
ประเภทที่ 5 การนำกลับคืนมาใหม่ (Recovery)	296,200	-
ประเภทที่ 6 การบำบัด (Treatment)	-	186,304
ประเภทที่ 7 การกำจัด (Disposal)	-	2,123,705
ประเภทที่ 8 การกำจัดด้วยวิธีอื่นๆ	-	3,908,170
รวม	**11,834,832**	**6,218,342**

2.3.3 หลักการ 3Rs กับการจัดการของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม

หลักการ 3Rs เป็นหลักที่มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. R1-Reduce คือ การลดหรือใช้น้อยเท่าที่จำเป็น
2. R2-Reuse คือ การใช้ซ้ำ
3. R3-Recycle คือ การแปรรูปมาใช้ใหม่

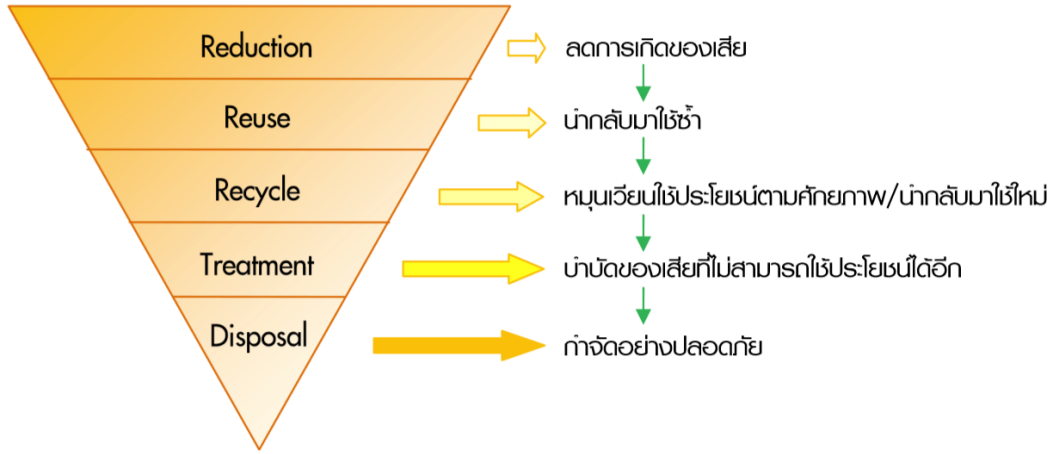
ในด้านการประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการของเสีย 3Rs ถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการของเสียแบบผสมผสาน (Integrated Waste Management) ซึ่งเป็นการจัดการของเสียโดยใช้หลากหลายวิธีในการดำเนินการร่วมกัน ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง รวมทั้งคำนึงถึงเหตุปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 13)

โดยหลักการ 3Rs เป็นการดำเนินการจัดการของเสียที่เหมาะสมกับลักษณะสมบัติของของเสีย ด้วยการคำนึงถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงาน รวมทั้งการป้องกันรักษาสิ่งแวดล้อมให้มีคุณภาพที่ดีอย่างยั่งยืน

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการจัดการของเสียที่ดีภายในโรงงานตามหลัก 3Rs อาจมีการปรับปรุงที่กระบวนการผลิต หรือมีการปรับปรุงเครื่องจักร หรือมีการปรับปรุงวิธีการทำงานแล้วแต่ความเหมาะสม (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 14)

การจัดการ “ของเสีย” ตามหลัก 3Rs หมายถึง การจัดการของเสียที่ใหความสำคัญในการลดการเกิดของเสียใหเหลือนอยที่สุดเปนลำดับแรก โดยมุงเนนการใชวัตถุดิบหรือทรัพยากรการผลิตอยางมีประสิทธิภาพ ตอมาเมื่อเกิดของเสียแลวตองพยายามหาแนวทางการนำกลับไปใชซ้ำหรือใชใหมใหไดมากที่สุด โดยพิจารณาถึงศักยภาพการใชประโยชนของของเสียแตละประเภทและ

กฎหมายที่เกี่ยวของ เพื่อใหเหลือของเสียที่จะตองบำบัดหรือกำจัดในปริมาณนอยที่สุด โดยเลือกใช วิธีการกำจัดของเสียเปนวิธีสุดทาย (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 7)



ภาพที่ 2.14 แสดงหลักการจัดการของเสียแบบผสมผสาน (Integrated Waste Management)
ที่มา : สำนักบริหารจัดการกากอตุสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555 : 4)

ทั้งนี้จากข้อมูลกากอุตสาหกรรมที่มีการขออนุญาตต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำออกนอกบริเวณโรงงาน ระหว่างปี 2549 ถึง 2551 พบว่า ในแต่ละปี มีของเสียที่ขออนุญาตนำไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบประมาณร้อยละ 7-10 กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ส่งเสริมให้มีการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ และส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้หลัก 3Rs อย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณของเสียที่ถูกส่งไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบลดลงอย่างต่อเนื่อง เช่นกัน โดยข้อมูลในปี 2554 พบว่า มีของเสียที่ขออนุญาตนำไปกำจัดด้วย วิธีฝังกลบประมาณร้อยละ 5 แม้ว่าสัดส่วนปริมาณของเสียที่ถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบจะลดลง แต่ก็ยังมีปริมาณกว่าล้านตัน ซึ่งของเสียดังกล่าวยังมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 9)

ทั้งนี้เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์และอุตสาหกรรมการเกษตรที่เป็นหลัก โดยจะนำหลักการ 3Rs มาใช้ในการทำวิจัยด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งหลักการที่นำมาใช้นั้นจะเป็นในส่วนของ การนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมดังกล่าวไปใชประโยชนใหม (Recycle) เพราะฉะนั้นในเนื้อหาส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวกับการนำของเสียที่เกิดจากภาคการผลิตไปใชประโยชนใหม (Recycle) เท่านั้น ซึ่งรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ จะขอนำเสนอไว้ดังนี้

1. หลักการและประโยชน์จากการนำของเสียไปใช้

การนำของเสียที่เกิดจากภาคการผลิตและการบริโภคไปแปรรูปเพื่อนำกลับไปใชประโยชนใหม (Recycle) เปนแนวทางหลักหนึ่งใน 3Rs ที่มีเปาหมายเพื่อ การอนุรักษและใชประโยชนทรัพยากรธรรมชาติใหคุมคามากที่สุด และสงเสริมให การผลิตและการบริโภคเปนไปอยางยั่งยืน ขณะเดียวกันการนำของเสียไปแปรรูปเพื่อ นำกลับมาใชใหม (Recycle) ยังชวยลดปริมาณของเสียที่

จะตองถูกบำบัดและกำจัด ใหเหลือนอยที่สุดอีกดวย (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2556 : 4)

1.1 หลักการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle)

เปนการจัดการวัสดุเหลือใชที่กำลังจะกลายเปนขยะหรือของเสียที่จะตองถูกกำจัด โดยนำไปผานกระบวนการแปรสภาพ เพื่อใหเปนวัสดุใหมแลวนำกลับมาใชไดอีก โดยวัสดุที่ผานการแปรสภาพนั้นอาจจะเปนผลิตภัณฑเดิมหรือผลิตภัณฑใหมก็ได และอาจนำไปใชเปนวัตถุดิบหรือแหลงพลังงานก็ได

1.2 ประโยชน์จากการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle)

(1) ลดปริมาณการใชทรัพยากรธรรมชาติ

(2) ลดการใช้พลังงานโดยเฉพาะจากแหลงฟอสซิล

(3) ลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัดและฝงกลบ

(4) ลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก

อยางไรก็ตาม การนำของเสียไปใชประโยชนในรูปแบบใด ๆ นั้น ยังมีขอจำกัดในทางปฏิบัติอื่น ๆ นอกเหนือจากขอจำกัดดานลักษณะสมบัติของเสียที่ตอง สอดคลองกับรูปแบบหรือวัตถุประสงคของการนำไปใชประโยชน เชน ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแตละวัน และความสามารถในการเก็บรวบรวมกอนนำไปใชประโยชน ตลอดจนผลกระทบจากการนำผลผลิตที่ไดจากของเสียไปใชประโยชน สำหรับประเด็นสำคัญที่ตองพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อใหสามารถนำของเสียไปใชประโยชนไดอยางมีประสิทธิภาพ ดังนี้ (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556 : 11)

2. ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำของเสียไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีดังนี้

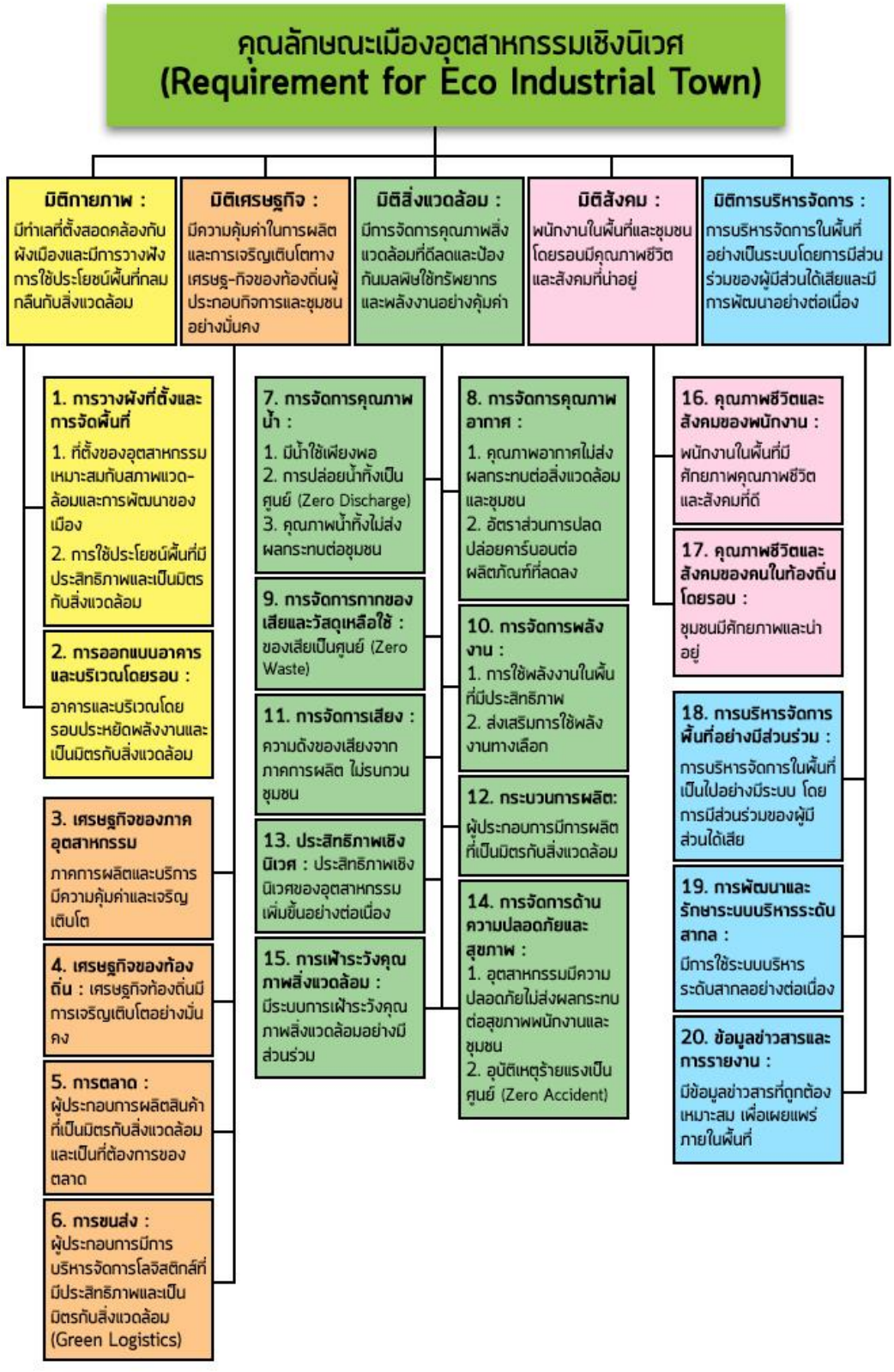
(1) องคประกอบทางเคมีของของเสียและผลตอกระบวนการที่นำไปใช

(2) คุณคาทางเศรษฐกิจของของเสียและความคุมคากับการปรับเปลี่ยนกระบวนการเพื่อใหสามารถนำของเสียนั้นมาใชประโยชน

(3) ปริมาณ ความสม่ำเสมอ และความสามารถในการรวมของเสียที่นำมาใชประโยชน

(4) ผลกระทบทางดานสิ่งแวดลอมจากการปรับกระบวนการผลิต และการใชงานผลผลิต

ภาพที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการรณรงค์ให้แยกขยะหรือกากของเสีย
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.prd.go.th



ภาพที่ 2.16 แสดงคุณลักษณะเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม 5 มิติ 20 ด้าน
ที่มา : สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2556 : 8)

2.3.4 ชนิดของเสียครัวเรือนที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน (กลุ่มของเสียทั่วไป)

ตารางที่ 2.12 ข้อมูลแสดงชนิดของเสียครัวเรือนที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน (กลุ่มของเสียทั่วไป)

ประเภทของเสีย	ชนิดของเสีย	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิล
	15.ผลิตภัณฑ์เหล็กเคลือบดีบุก	เศษเหล็ก แท่งดีบุก
	16.ผลิตภัณฑ์เหล็กเคลือบสังกะสี	เศษเหล็ก สังกะสี
	17.ผลิตภัณฑ์ทองแดง	เกล็ดทองแดง
	18.ผลิตภัณฑ์สแตนเลส	แท่งและแผ่นสแตนเลส
แก้ว	19.ผลิตภัณฑ์ขวดแก้ว	ขวดแก้ว
	20.เศษแก้วผสม	กระเบื้อง
ยาง	21.ผลิตภัณฑ์ยาง	ยางรีเคลม (Reclaim rubber)[2]
สิ่งทอ	22.ผลิตภัณฑ์พรมไนลอน	เม็ดไนลอน
	23.ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้าย	เส้นใยฝ้าย
	24.ผลิตภัณฑ์ผ้าโพลีเอสเตอร์	เส้นใยโพลีเอสเตอร์
ยานพาหนะ	26.ยางยานพาหนะ	แผ่นยาง เม็ดยาง ยางเหลว
	27.ซากรถยนต์	เหล็ก อะลูมิเนียม สังกะสี ตะกั่ว แคดเซียม ยางรถ แบตเตอรี่ ตัวเร่งปฏิกิริยา
น้ำมัน	28.น้ำมันจากการประกอบอาหาร	กลีเซอรีน (Glycerine) ไบโอดีเซล (Biodiesel)
	29.น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว	น้ำมันเบา (เช่น น้ำมันเบนซิน พาราฟิน) น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ยางมะตอย
ของเสียอินทรีย์	30.เศษวัสดุจากการตกแต่งสวน	ผลิตภัณฑ์ไม้ เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) ปุ๋ยหมัก
	31.ผลิตภัณฑ์ไม้ธรรมชาติ	ไม้เอ็นจิเนียร์ (Engineer wood)[3] แก๊สชีวภาพ (Biogas) น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) น้ำมันดิน (Tar)
	32.ผลิตภัณฑ์เศษไม้ธรรมชาติผสมเศษไม้อัด	ไม้อัด
ของเสียจากการก่อสร้าง	33.แผ่นยิปซัมอัด	ผงยิปซัม
ของเสียอื่นๆ		
กระดาษเคลือบพลาสติก	34.กล่องเครื่องดื่ม	เยื่อเวียนทำใหม่ (Recycled pulp)[1] กรีนบอร์ด (Green board)[4]
พลาสติกเคลือบโลหะ	35.แผ่นซีดีและแผ่นดีวีดี	เม็ดพลาสติกโพลีคาร์บอเนต สารประกอบอะลูมิเนียม
เซรามิก	36.ผลิตภัณฑ์เซรามิก	ผลิตภัณฑ์เซรามิก

จากตารางข้างต้น จะเห็นว่ามีประเภทของเสียที่เป็นกลุ่มของเซรามิกส์รวมอยู่ในบัญชีของเสียดังกล่าวด้วย ซึ่งจัดอยู่ในลำดับที่ 36 และชนิดของของเสียเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม ได้มีการนำมารีไซเคิลใหม่เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีการผสมของเสียผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผ่านการบดและไม่ปนเปื้อนด้วยสิ่งเจือปนต่าง ๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์รีไซเคิลที่มีคุณภาพดี และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ใช้ทำเซรามิกส์ได้

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอแนวทางในการนำของเสียผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มารีไซเคิล โดยกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม ไว้ดังนี้ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2556 : 109)

1. ลำดับของเสียที่ 36 ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1.1 ประเภทของเสีย : เซรามิกส์

1.2 ชนิดของเสีย : ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1.3 ตัวอย่างของเสีย : แจกัน แก้วน้ำ จานชาม ฯลฯ

2. องค์ประกอบหลักของเสียผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ได้แก่

2.1 ดินขาว (Kaolin หรือ China clay) เป็นส่วนผสมหลัก

(1) อะลูมิเนียมออกไซด์หรืออะลูมินา (Al_2O_3) : ร้อยละ 39.8

(2) ซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิกา (SiO_2) : ร้อยละ 46.3

(3) น้ำ : ร้อยละ 13.9

2.2 ดินเหนียวดำ (Ball clay)

(1) อะลูมิเนียมออกไซด์หรืออะลูมินา (Al_2O_3) : ร้อยละ 30.0

(2) ซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิกา (SiO_2) : ร้อยละ 40.0-60.0

(3) น้ำ (ในผลึกอินทรีย์สาร) : ร้อยละ 10.0

(4) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) : มีปริมาณเล็กน้อย

2.3 หินฟันม้า (Feldspar)

(1) โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) : ร้อยละ 3.3-13.1

(2) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) : ร้อยละ 1.9-12.9

(3) เหล็กออกไซด์ (FeO) : ร้อยละ 0.04-0.2

3. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

3.1 ความเหนียว : ต่ำ

3.2 ความแข็งแรง : สูง

3.3 ความเปราะ : สูง (จึงแตกง่ายเมื่อโดนแรงกระแทก)

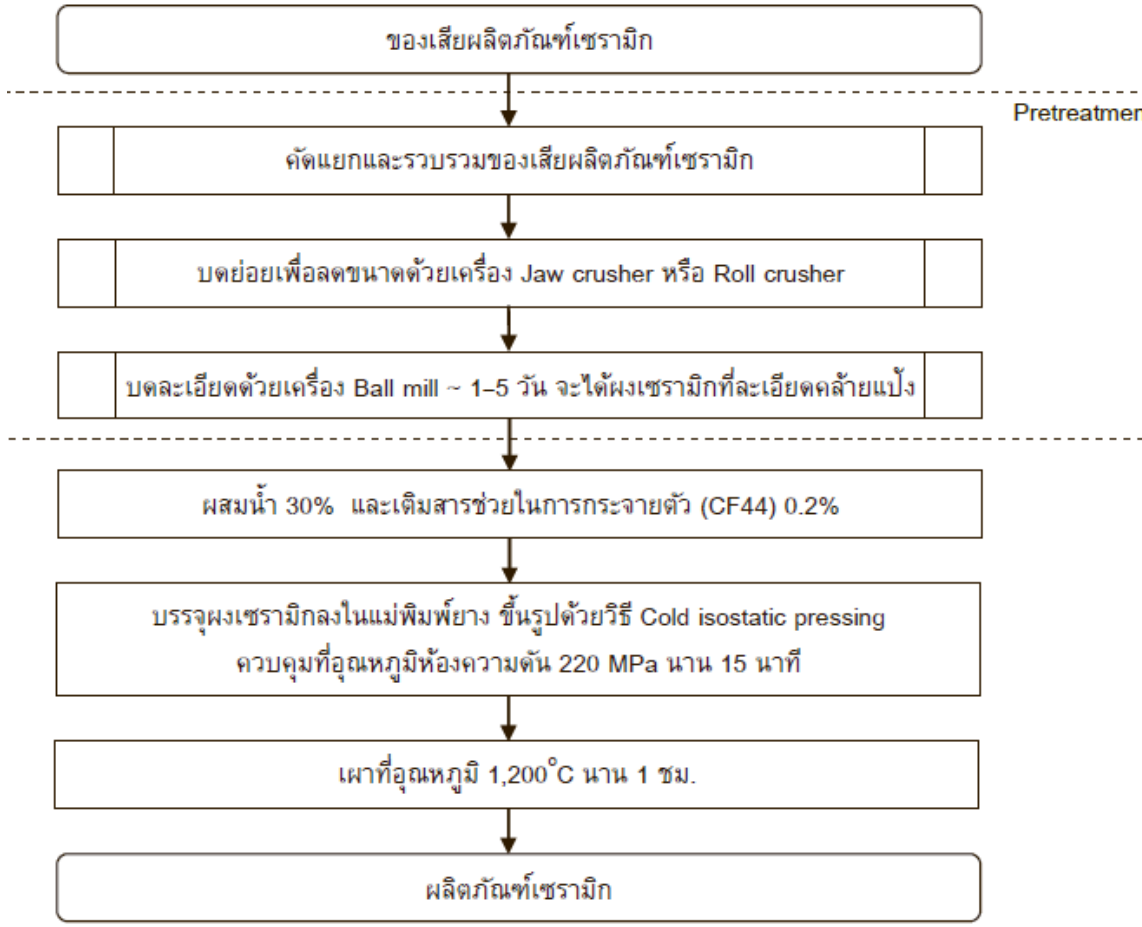
3.4 การนำไฟฟ้า : ต่ำ (เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี)

3.5 ความทนทาน : ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation reaction)

4. คุณสมบัติของของเสียสำหรับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล

ของเสียผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ไม่ปนเปื้อนด้วยสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น เศษอาหาร คราบเลือด คราบน้ำมันหรือสารเคมีอันตราย

5. กระบวนการรีไซเคิล



ภาพที่ 2.17 แสดงกระบวนการรีไซเคิลผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
ที่มา : กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (2556 : 109)

6. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิล : ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

7. ลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ : วัตถุดิบทดแทน (Alternative raw material)

8. ประเภทอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการรีไซเคิล

ลำดับที่ 106 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงานมาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่

9. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 และฉบับที่ 2 พ.ศ.2550

2.3.5 ภาพรวมกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากอุตสาหกรรม

กฎหมายที่ควบคุมเกี่ยวกับการจัดการกากอุตสาหกรรมของโรงงานผู้ก่อกำเนิด (Waste generator : WG) มีทั้งกฎหมายภายใต้พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 แต่กฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องโดยตรงจะอยู่ภายใต้พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ได้แก่ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2548 และพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 ได้แก่ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ.2547 แต่ยังมีกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนการดำเนินงานตามประกาศทั้งสองฉบับดังกล่าวด้วย (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556 : 13)

ซึ่งในเนื้อหาส่วนนี้ ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากอุตสาหกรรมตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องที่ออกความตามพระราชบัญญัติ ซึ่งรวมถึงข้อบังคับมาตรฐานและอนุสัญญาและมาตรการระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด

โดยกฎหมายที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดการกากอุตสาหกรรม จะอยู่ภายใต้พระราชบัญญัติ 2 ฉบับหลัก ได้แก่ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558 : 9)

1. พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535
2. พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535

โดยมีโครงสร้างของกฎหมายตาม พ.ร.บ. ทั้ง 2 ฉบับดังกล่าว หากพิจารณากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากอุตสาหกรรมตามความใน พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ.2535 จะประกอบด้วยกฎหมายสำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรง จำนวน 6 ฉบับ และเมื่อพิจารณากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับของเสียเคมีวัตถุและการขนส่งเคมีวัตถุเพื่อการจัดการกากอุตสาหกรรมตามความใน พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ.2535 จะประกอบด้วยกฎหมายสำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรง จำนวน 9 ฉบับ

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลในส่วนของพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เพียงส่วนเดียวเท่านั้น เพื่อให้ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโครงการวิจัยดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.3.6 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ถือเป็นกฎหมายที่สำคัญโดยตรงสำหรับผู้ที่ประกอบกิจการ โรงงานทุกประเภทและทุกลำดับจำพวกควรทราบและปฏิบัติตามตั้งแต่เริ่มตั้งโรงงานดำเนินการผลิตสินค้า รวมทั้งกำหนดมาตรฐานและวิธีการควบคุมการปล่อยของเสียหรือมลพิษใด ๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสนับสนุนให้ผู้ประกอบการสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ โดยการกำหนดหลักเกณฑ์ที่ผู้ประกอบการจะต้องปฏิบัติการขอรับใบอนุญาตเพื่อประกอบกิจการและเลิกประกอบกิจการ การโอนหรือการให้เช่าโรงงาน การขอต่อใบอนุญาตการขอขยายโรงงาน รวมถึงการควบคุม และกำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงาน และบทกำหนดโทษ เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ปรับปรุงจากตำราระบบการจัดการมลพิษกากอุตสาหกรรม 2548. 2558 : 10)

2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต

2.4.1 ความหมายของวัสดุคอมโพสิต (Composites material)

วัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต เป็นวัสดุที่ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่เป็นส่วนผสมขององค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันของวัสดุ 2 ชนิดหรือมากกว่ารวมกันอยู่ในโครงสร้างระดับอะตอม โดยที่องค์ประกอบเหล่านั้นอาจมีรูปร่างและองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน โดยที่เนื้อของวัสดุทั้ง 2 ชนิดจะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะมีการแยกกันเป็นเฟสที่เห็นได้ชัด 2 เฟส ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 363)

เฟสที่ 1 คือ เนื้อหลัก (matrix) โดยจะอยู่ด้วยกันอย่างต่อเนื่อง และเป็นตัวช่วยรองรับวัสดุเสริมแรงให้อยู่ในรูปร่างที่กำหนด

เฟสที่ 2 คือ วัสดุเสริมแรง (reinforcement) โดยจะกระจายอยู่ในเนื้อของวัสดุเนื้อหลัก ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นเส้น ก้อน อนุภาค หรือเกล็ด และเป็นตัวช่วยเพิ่มหรือปรับปรุงสมบัติเชิงกลของวัสดุเนื้อหลักให้มีคุณสมบัติที่สูงขึ้น

โดยผลของการรวมวัสดุต่างชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้วัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิตมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงที่สูงขึ้นกว่าวัสดุดั้งเดิมที่เป็นอยู่โดยลำพัง

ทั้งนี้วัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต จะมีสมบัติเด่นกว่าการใช้งานวัสดุดั้งเดิมเพียงสารเดียวในหลาย ๆ ด้าน เช่น (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 365)

1. มีค่าความแกร่งและแข็งแรงสูง (High Stiffness & Strength)
2. มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ (Low Density)
3. มีน้ำหนักเบาเทียบกับความแข็งแกร่งต่อน้ำหนัก (ประมาณร้อยละ 20 เทียบกับเหล็ก)
4. นำไปขึ้นรูปได้ง่าย และติดตั้งประกอบได้ง่าย
5. มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมหรือทนต่อสารเคมีกัดกร่อน
6. มีอายุใช้งานทนทาน ราคาคุ้มค่า

ทั้งนี้การออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต เป็นเรื่องที่ต้องใช้ความรู้จากหลาย ๆ ด้านมาประกอบเข้าด้วยกัน เช่น

1. ด้านคุณภาพที่สูงของวัสดุแต่ละชนิด
2. ด้านความเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน
3. ด้านการใช้เทคโนโลยีที่ถูกต้องและเหมาะสมกับวัสดุที่ใช้
4. ด้านรูปร่างผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม
5. ด้านความคุ้มค่าด้านราคา
6. ด้านอายุการใช้งานในระยะยาว

ซึ่งในปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีสถาบันการศึกษาของรัฐทั้งระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาหลายแห่งที่เปิดสอนและค้นคว้าวิจัยในสาขาวัสดุคอมโพสิต ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์วัสดุคอมโพสิตใหม่ ๆ ออกมาพัฒนาประเทศอยู่ตลอดเวลา รวมถึงหน่วยงานของรัฐ เช่น ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้บริการเผยแพร่ สนับสนุนและทำการค้นคว้าวิจัยอยู่ตลอดเวลา

2.4.2 สวนประกอบของวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต

สวนประกอบของวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 364)

1. สวนเมตริกซหรือเนื้อพื้น (Matrix phase)

สวนเมตริกซหรือเนื้อพื้น คือ เป็นเนื้อวัสดุที่มีปริมาณมากที่สุดในองค์ประกอบทั้งหมดของวัสดุคอมโพสิต มีหน้าที่ห่อหุ้มหรือยึดจับวัสดุเสริมแรงให้ฝังตัวอยู่ได้ แต่จะมีสมบัติที่ด้อยกว่าวัสดุเสริมแรง สมบัติที่ดีของเนื้อหลัก (Matrix) ต้องไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับวัสดุเสริมแรง และต้องไม่เปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพหรือระเหยได้ในภายหลัง รวมถึงจะต้องยอมให้วัสดุเสริมแรงเข้าไปยึดเกาะได้และมีพันธะที่แข็งแรง ต้องมีความเหนียวและทนทานสูง

ซึ่งสวนเมตริกซหรือเนื้อพื้นจะเปนองค์ประกอบหลักของวัสดุ และเปนสวนที่มีความตอเนื่อง (Continuous phase) โดยเมตริกซที่นิยมใช คือ พอลิเมอร โลหะ และเซรามิกส์ เปนตน ซึ่งหน้าที่ในสวนของเมตริกซ (Matrix phase) ได้แก่

1.1 ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวและยึดเกาะตามทิศทางที่ต้องการ

1.2 ช่วยป้องกันไม่ให้เส้นใยเกิดความเสียหาย เนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก

1.3 ช่วยทำหน้าที่ถ่ายเทแรงที่มากระทำจากภายนอกไปสู่เส้นใยหรืออนุภาค

1.4 ช่วยเชื่อมต่อกับตัวเสริมแรง (Reinforcement phase)

1.5 ช่วยกำหนดรูปร่างของวัสดุผสม

2. ส่วนเสริมแรง (Reinforcement phase)

ส่วนเสริมแรง คือ เป็นวัสดุที่มีปริมาณน้อยเมื่ออยู่ในวัสดุคอมโพสิต แต่มีสมบัติที่ดีกว่าวัสดุเนื้อหลัก (Matrix) และกระจายตัวหรือฝังตัวอยู่ในวัสดุเนื้อหลัก หรืออาจอยู่ในลักษณะอัดซ้อนทับกับวัสดุเนื้อหลัก สมบัติที่ดีของวัสดุเสริมแรง คือ ต้องมีสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรง ความแข็งความแกร่ง ความยืดหยุ่น ความเหนียว ที่ดีกว่าวัสดุเนื้อหลัก ต้องทนทานต่อสารเคมีและการกัดกร่อนได้ดี ต้องมีรูปร่างและขนาดที่เกาะยึดกับวัสดุเนื้อหลักได้ดี รวมถึงวัสดุเสริมแรงที่นำมาใช้กับวัสดุเนื้อหลักจะต้องมีน้ำหนักเบา

ซึ่งส่วนเสริมแรงเปนสวนที่ทำใหวัสดุผสมมีความแข็งแรง มักเปนสวนที่ไมต่อเนื่อง (Discontinuous phase) ซึ่งอาจมีลักษณะเปนแผนอนุภาคเล็ก ๆ หรือเสนใยก็ได้ โดยวัสดุเสริมแรงที่นิยมใช ไดแก่ เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน เส้นลวดโลหะ เส้นใยธรรมชาติ เปนตน

โดยลักษณะของเส้นใยที่เป็นตัวเสริมแรงที่ดีมีดังต่อไปนี้ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเล็ก อัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าสูง และมีความโค้งงอรวมถึงความยืดหยุ่นสูง ซึ่งหน้าที่ในส่วนของส่วนเสริมแรง (Reinforcement phase) ได้แก่

2.1 ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุ

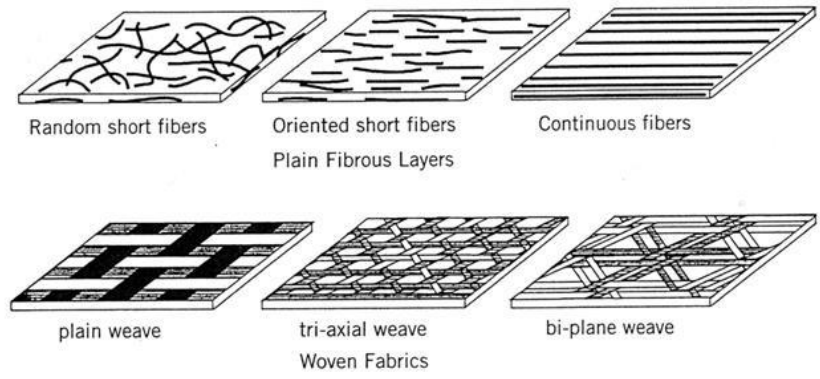
2.2 สามารถรับแรงกระแทกจากภายนอกที่กระทำต่อวัสดุได้ โดยช่วยทำให้ไม่เกิดการเสียสภาพหรือการผิดรูปภายใต้แรงกระทำนั้น ๆ ซึ่งแรงกระทำนั้นจะถูกถ่ายทอดไปตามเส้นใย

โดยการจัดเรียงตัวของเส้นใยต่าง ๆ ในวัสดุคอมโพสิต สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่

(1) การจัดเรียงตัวแบบสุ่ม (Random Reinforcement)

(2) การเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (Regularly Reinforcement)

การจัดเรียงตัวของเส้นใยจะขึ้นอยู่กับกระบวนการในการผลิตวัสดุคอมโพสิต กล่าวคือในการเสริมแรงด้วยเส้นใยขนาดยาวสามารถควบคุมการจัดเรียงตัวของเส้นใยและสามารถคาดเดาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต เช่น ความแข็งเกร่ง (Stiffness) และความแข็งแรง (Strength) ได้ แต่ในทางกลับกันเมื่อใช้เส้นใยขนาดสั้นและกระบวนการผลิตวัสดุคอมโพสิตไม่สามารถควบคุมการจัดเรียงตัวของเส้นใยได้ ส่งผลให้มีคาดเดาสมบัติของวัสดุคอมโพสิตได้ยาก และสมบัติของวัสดุคอมโพสิตในแต่ละจุดอาจมีความแตกต่างกันด้วย (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 373)



ภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยในวัสดุคอมโพสิต
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.engineeringcivil.com

2.4.3 ประเภทของวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต (Composites material)

1. วัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต (Composites material) แบ่งตามประเภทของเมตริกซ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 365)

1.1 พอลิเมอร์คอมโพสิต (polymer matrix composites - PMC’s)

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นได้ง่ายของคอมโพสิตกลุ่มนี้คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก ไฟเบอร์กลาส ต่าง ๆ พอลิเมอร์คอมโพสิตมีพอลิเมอร์ซึ่งอาจจะเป็นพลาสติก หรือยางเป็นเนื้อหลักและใช้วัสดุเสริมแรงได้หลายชนิด เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน เส้นลวดโลหะ เป็นต้น ซึ่งข้อดีคือ มีน้ำหนักเบา และข้อเสียคือ มีความแข็งแรงต่ำ ทนความร้อนสูงไม่ได้ ไม่นำไฟฟ้า

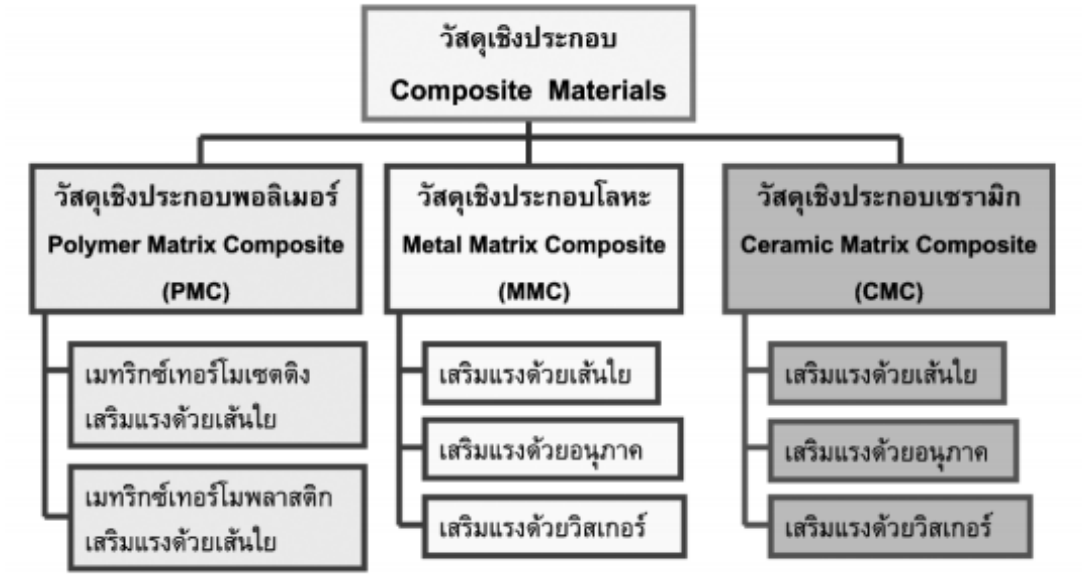
1.2 เซรามิกส์คอมโพสิต (ceramic matrix composites - CMC’s)

เป็นวัสดุคอมโพสิตที่ประกอบด้วยเนื้อหลักและวัสดุเสริมแรง ซึ่งเป็นวัสดุจำพวกเซรามิกส์เฟสของวัสดุเสริมแรงที่เติมลงไป เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านความเปราะและเสริมความเหนียวช่วยลดการแตกร้าวโดยวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่รู้จักกันดี คือ คอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีปูนซีเมนต์เพสต์เป็นเนื้อหลัก ส่วนเฟสของวัสดุเสริมแรงจะมีความแข็งแรงกว่าเฟสเนื้อหลัก เช่น หิน กรวด ทราย และเหล็กเส้น เป็นต้น ซึ่งเป็นตัวแทนที่พบเห็นได้ทั่วไปของวัสดุกลุ่มนี้ และอาจจะมีวัสดุเสริมแรงเพิ่มเติม เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน เป็นวัสดุผสมในเนื้อหลักหรือใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวเพื่อป้องกันการเสียดสี สภาพแวดล้อม และเสริมกำลังหรือซ่อมแซมผิวที่ชำรุด เป็นต้น

1.3 โลหะคอมโพสิต (metal matrix composites - MMC’s)

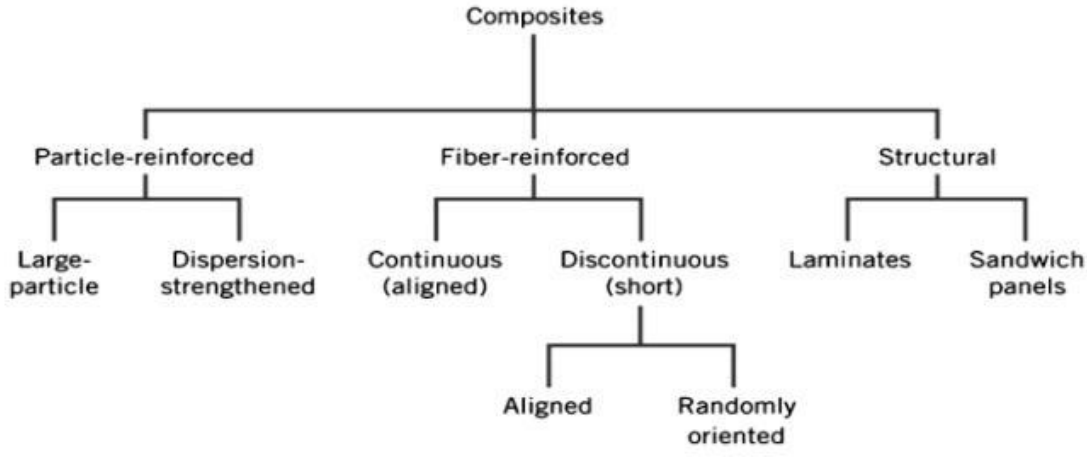
คอมโพสิตกลุ่มนี้พบมากในผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ โลหะคอมโพสิตมีโลหะเป็นเนื้อหลัก เช่น อะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับวัสดุเสริมแรงของคอมโพสิตกลุ่มนี้เป็นวัสดุเซรามิกส์

เช่น กลุ่มคาร์ไบด์ และกลุ่ม ไนไตรด์ เป็นต้น ซึ่งข้อดีคือ โลหะจะมีความแข็งแรง และมีความเหนียวสูง แก๊สสามารถซึมผ่านเนื้อโลหะได้ยาก รวมถึงมีการนำไฟฟ้าและสามารถนำความร้อนได้ดี และข้อเสีย คือ เป็นสนิมได้ง่าย และมีน้ำหนักมาก

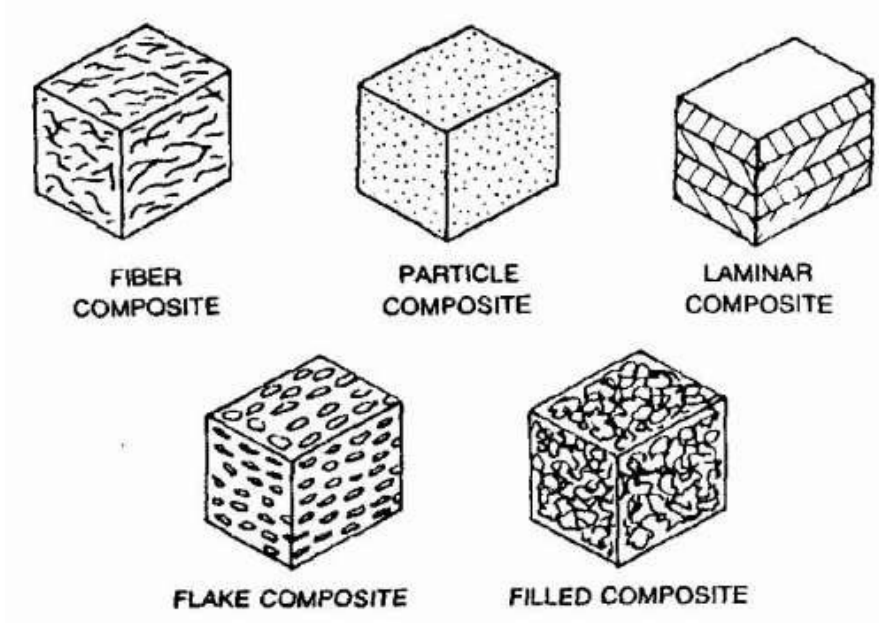


ภาพที่ 2.19 แสดงการจำแนกประเภทของวัสดุเชิงประกอบตามชนิดของเมทริกซ์และส่วนเสริมแรง
ที่มา : หฤทภัค กีรติเสวี (2553 : 22)

2. โครงสร้างวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต (Composites) สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของวัสดุเสริมแรงได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 371)



ภาพที่ 2.20 แสดงการจำแนกโครงสร้างของวัสดุคอมโพสิตตามลักษณะของวัสดุเสริมแรง
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.engineeringcivil.com



ภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะของวัสดุเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิต
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.pluscomposites.eu

2.1 วัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นอนุภาค (Particle reinforced composites) คือ เป็นวัสดุ คอมโพสิตที่ประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ ของส่วนเสริมแรงกระจายอยู่ทั่วไปในเมตริกซ์ ซึ่งอนุภาคเหล่านี้อาจมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันออกไป (ดังแสดงในภาพที่ 2.21-2.22)

ทั้งนี้วัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นอนุภาค สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

(1) อนุภาคที่มีขนาดชิ้นใหญ่ กระจายอยู่ในวัสดุคอมโพสิต คือ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ เฟสของอนุภาคจะมีความแข็งแรงและแกร่งกว่าเฟสของเนื้อหลัก เนื้อหลักทำหน้าที่ส่งผ่านความเค้นไปยังอนุภาค ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตจะขึ้นอยู่กับการยึดเกาะระหว่างอนุภาคกับเนื้อหลัก

(2) อนุภาคที่มีขนาดชิ้นเล็ก กระจายอยู่ในวัสดุคอมโพสิต คือ อนุภาคที่มีขนาดระหว่าง 0.01-0.1 ไมครอน กระจายอยู่ในวัสดุคอมโพสิต และทำให้เกิดความแข็งแรงในระดับอะตอมหรือโมเลกุล โลหะและโลหะผสมมีความแข็งแรงได้นั้น เนื่องมาจากอนุภาคขนาดเล็กที่กระจายอย่างสม่ำเสมออยู่ทั่วไปในเนื้อหลัก

2.2 วัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous reinforced composites) คือ วัสดุคอมโพสิตที่ประกอบด้วยเส้นใยเสริมแรงเชื่อมติดอยู่กับเมตริกซ์ โดยเส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาวของเส้นใย ส่วนเสริมแรงนี้จะมีความแข็งแรงสูงเมื่อถูกกระทำภายใต้แรงดึงในแนวยาว โดยทั่วไปแล้วเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเล็กลง จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเส้นใยกระจายไปทั่วเมตริกซ์มากขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 2.21-2.22)

ความยาวของเส้นใยมีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงและความแข็งตึงของคอมโพสิต และเพื่อให้วัสดุคอมโพสิตมีสมบัติดังกล่าวที่ดี เส้นใยที่นามาเสริมแรงควรมีค่าความยาววิกฤติค่าหนึ่ง ค่าความยาววิกฤตินี้ขึ้น อยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ค่าความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate strength) หรือความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าความแข็งแรงของพันธะระหว่างเมทริกซ์กับเส้นใยหรือค่าความแข็งแรงเฉือน(shear yield strength) ของเมทริกซ์ แล้วแต่ว่า

ค่าใดน้อยกว่ากัน ความสัมพันธ์ระหว่างความยาววิกฤติของเส้นใย เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ความต้านทานแรงดึงของเส้นใย และความแข็งแรงของพันธะระหว่างเมทริกซ์กับเส้นใย

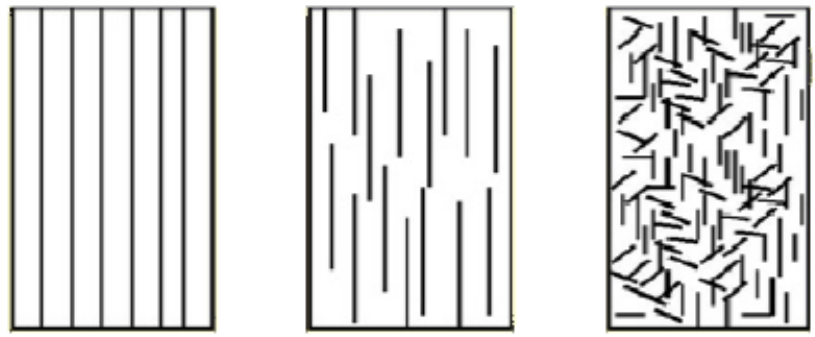
ทั้งนี้วัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นเส้นใย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

(1) เส้นใยยาวต่อเนื่อง และเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (Continuous fiber) คือ เป็นวัสดุเสริมแรงที่มีความยาวตลอดที่อยู่ในดเนื้อหลัก (Matrix) ของวัสดุคอมโพสิต ปริมาณสูงสุดของเส้นใย ที่ช่วยให้เกิดความแข็งแรงและความแกร่งไม่ควรเกินร้อยละ 80 ของเนื้อหลัก และเนื้อหลักจะต้องสามารถห่อหุ้มเส้นใยได้อย่างทั่วถึง

(2) เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous fiber) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

แบบเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน คือ เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่อง แต่เรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน โดยเส้นใยจะต้องมีความสั้นไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร และมีทิศทางไหลไปตามแนวของเรซิ่นของวัสดุคอมโพสิตนั้น แต่จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวัสดุเสริมแรงแบบเส้นใยยาว เช่น เส้นใยแก้วสั้น เส้นใยคาร์บอนสั้น และเส้นใยอะรามิดสั้น เป็นต้น

แบบเรียงตัวแบบกระจัดกระจาย คือ เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่อง แต่เรียงตัวแบบกระจัดกระจาย โดยเส้นใยมักจะมีความยาวไม่เกิน 1 เซนติเมตร จะมีความแข็งแรงลดลงประมาณร้อยละ 20-30 เมื่อเทียบกับเส้นใยยาวต่อเนื่อง ซึ่งง่ายต่อการผสมเข้ากับเนื้อหลัก และนำไปผลิตเป็นวัสดุชิ้นบางได้



(1) (2) (3)

ภาพที่ 2.22 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยในเมทริกซ์แบบต่างๆ (1) เส้นใยยาวต่อเนื่องและเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (2) เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่องและเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน และ (3) เส้นใยสั้นไม่ต่อเนื่อง และเรียงตัวแบบกระจัดกระจาย

ที่มา : กวี หวังนิเวศน์กุล (2558 : 374)

2.3 วัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นชั้นโครงสร้าง (Structural reinforced composites) คือ วัสดุคอมโพสิตที่เมตริกซ์และส่วนเสริมแรงเชื่อมและซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ สลับกันไป วัสดุคอมโพสิตในกลุ่มนี้รวมถึงแบบแซนวิชและแบบรังผึ้ง

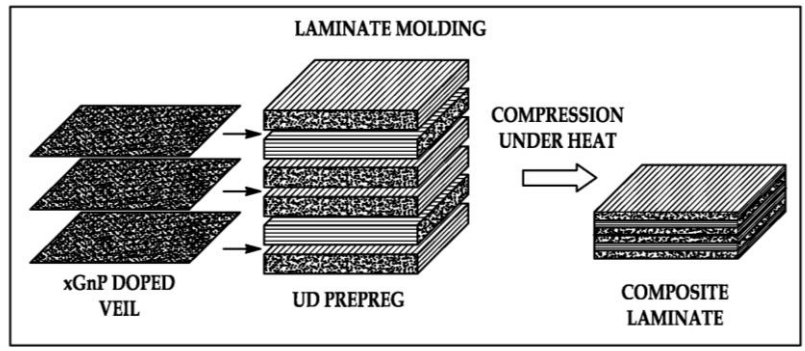
โดยลักษณะวัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นชั้นโครงสร้างนี้ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยวัสดุที่เหมือนกันและวัสดุที่ผสมกัน คุณสมบัติของแต่ละสิ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับสมบัติขององค์ประกอบวัสดุเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับรูปทรงที่ออกแบบใช้งาน รูปแบบของการซ้อนทับบาง (Laminar) และการ

ซ้อนทับหนา (Sandwich) ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบเห็นได้มากในวัสดุคอมโพสิตแบบนี้ (ดังแสดงในภาพที่ 2.23-2.24)

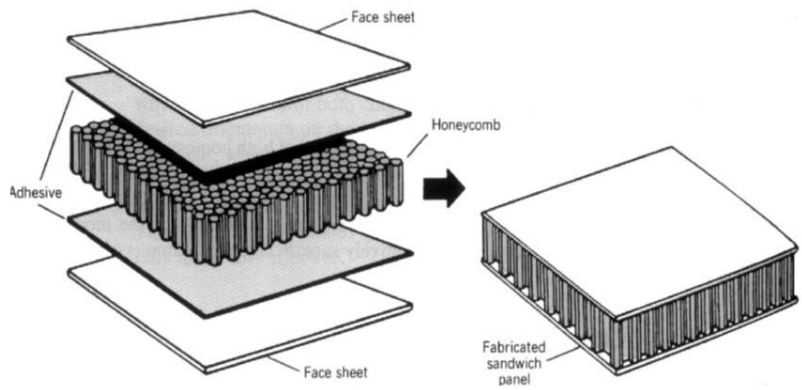
ทั้งนี้วัสดุเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นชั้นโครงสร้าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

(1) Laminar composites คือ เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะของวัสดุแผ่นบางวางซ้อนทับกันสลับไปมาในสองทิศทาง และมีความแข็งแรงสูงในแต่ละทิศทาง ซึ่งเราจะพบเห็นได้ทั่วไป เช่น ไม้ หรือแผ่นพลาสติกที่เสริมเส้นใยยาวต่อเนื่อง โดยในแต่ละชั้นของแผ่นบางจะวางซ้อนกันและถูกยึดเหนี่ยวเข้าด้วยกัน ส่วนความแข็งแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเกาะยึดในแต่ละชั้นด้วยเทอร์โมเซ็ตติ้งเรซิ่น เช่น แผ่นไม้อัดสลับชั้นจะมีการวางทิศทางของเส้นใยเยื่อไม้สลับกันในแต่ละชั้น ซึ่งการวางซ้อนสลับชั้น (Laminations) อาจสร้างขึ้นเป็นวัสดุประกอบ เช่น เส้นใย Cotton แผ่นกระดาษ เส้นใยแก้วที่เกาะยึดอยู่ในเนื้อหลักของพลาสติก

(2) Sandwich panels คือ เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะของวัสดุแผ่นบางด้านนอกสองแผ่นที่มีความแข็งแรงมากกว่าวัสดุที่เป็นไว้กลาง โดนวัสดุที่เป็นไส้กลางมักมีความแข็งแรงหรือแข็งแกร่งต่ำกว่าวัสดุผิวนอก แต่จะมีข้อดีด้านอื่น เช่น เป็นฉนวน กันความร้อน และเก็บเสียง เป็นต้น วัสดุที่เป็นผิวนอกมักเป็นวัสดุผสม เช่น แผ่นอลูมิเนียม แผ่นเส้นใยเสริมในพลาสติก แผ่นไทเทเนียม แผ่นเหล็กเคลือบหรือแผ่นไม้อัด เป็นต้น



ภาพที่ 2.23 แสดงโครงสร้างตามลักษณะวัสดุเสริมแรงแบบ Laminar composites
ที่มา : Choongyong Kwag and Chen-Shih Wang (2011 : 1)



ภาพที่ 2.24 แสดงโครงสร้างตามลักษณะวัสดุเสริมแรงแบบ Sandwich panels
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.sixty360.wordpress.com

2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์

2.5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์เบื้องต้น

คชินท์ สายอินทวงศ์ (2551 : 1) ได้อธิบายความหมายของเซรามิกส์ (ceramic) ว่า Ceramic มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า keramos มีความหมายว่า ความร้อน คำจำกัดความของคำว่าเซรามิกส์ คือ วัสดุที่เกิดจากการรวมกันของสารอนินทรีย์ (inorganic) ที่อุณหภูมิสูงและสำหรับคำจำกัดความตาม ASTM คือ วัสดุที่เริ่มต้นจาก สารอนินทรีย์ มาประกอบกันเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง เกิดการ Sintering และทำให้โครงสร้างผลึกเปลี่ยนไปจากเดิม (Sintering หมายถึง การที่อนุภาคของวัสดุเกิดการรวมชิดติดกันจนเกิดเป็นอนุภาคขนาดเปลี่ยนไปหรือเกิดเฟสใหม่ขึ้น)

ทั้งนี้เมื่อพูดถึงคำว่าเซรามิกส์ คนทั่วไปมักจะนึกถึงผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของเรา เช่น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารได้แก่ถ้วยกาแฟ จานชาม เหยือก พวกสุขภัณฑ์อ่างล้างหน้า ที่ใส่สบู่ แก้วน้ำ กระเบื้องปูพื้นและบุผนัง กระเบื้องหลังคาเซรามิก โอ่ง กระถาง และของตกแต่งต่าง ๆ แต่ในความเป็นจริงแล้วจากนิยามของคำว่าเซรามิกส์เราจะพบว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้นมีมากกว่าที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หลายคนคงไม่นึกว่าสิ่งของที่เราใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน เช่น อุปกรณ์อิเลคโทรนิคต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ โทรทัศน์ วิทยุ รถยนต์ อุปกรณ์ในเครื่องจักร อุปกรณ์ทางด้านการแพทย์ กระดูกเทียม จะมีส่วนที่เป็น เซรามิกส์ประกอบอยู่ด้วย เกือบทั้งสิ้น

กวี หวังนิเวศน์กุล (2558 : 307) ได้อธิบายความหมายของเซรามิกส์ (ceramic) ว่า เซรามิกส์ (Ceramics) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุหลักที่เป็นสารอนินทรีย์ คือ ดินเหนียว ไปผ่านกระบวนการเผาด้วยวิธีต่าง ๆ โดยมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยอะตอมที่เป็นธาตุโลหะและอโลหะที่มีการยึดเหนียวกันแบบพันธะไอออนิกและโคเวเลนซ์ร่วมกัน

ทั้งนี้เซรามิกส์มีวัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์และมีผลึกที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยาที่มีแร่ธาตุอยู่ในดินกว่าร้อยละ 90 เช่น ออกซิเจน ซิลิกอนและอลูมิเนียม (อยู่ในรูปของ Aluminum Silicates) ซึ่งก็คือ ดินเหนียว ซึ่งโดยทั่วไปดินเหนียว จะมีขนาดเม็ดละเอียดประมาณ 10-200 ไมครอน แต่ถ้านำไปใช้งานในกลุ่มของเซรามิกส์ขั้นสูงที่ต้องการความบริสุทธิ์มาก จะมีขนาดเม็ดละเอียดน้อยกว่า 1 ไมครอน ซึ่งผลึกของสารประกอบเซรามิกส์โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของผสมระหว่างโลหะและอโลหะ เช่น อลูมิเนียมกับออกซิเจน เรียกว่า อลูมินาออกไซค์ หรือซิลิกอนกับไนโตรเจน เรียกว่า ซิลิกอนไนไตร์ด (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 308)

2.5.2 โครงสร้างผลึกพื้นฐานของเซรามิกส์

เซรามิกส์ เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างผลึกที่เป็นได้ทั้งสารประกอบอย่างง่ายและเป็นโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อน แต่ส่วนใหญ่มักเป็นโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมากกว่าประเภทแรก เพราะมีการรวมตัวกันของอะตอมธาตุโลหะและอโลหะที่มีขนาดแตกต่างกันค่อนข้างมากและต้องให้ผลึกมีความเป็นกลางทางไฟฟ้าด้วย ซึ่งโครงสร้างผลึกแข็งหลาย ๆ ชนิดเกิดจากการยึดเหนี่ยวแบบไอออนิก ไอออนในหน่วยเซลล์จะอยู่ในแลตทิซที่มีการยึดเหนี่ยวจัดเรียงประสานอยู่บนแกนอ้างอิง โดยรูปแบบต่างๆของโครงสร้างออกไซค์ของเซรามิกส์ เช่น CaO MgO MnS NiO MnO FeO และ HfN เป็นโครงสร้างของโซเดียมคลอไรค์ โดยสามารถแบ่งรูปแบบของโครงสร้างผลึกของเซรามิกส์ได้ทั้งหมด 4 ลักษณะ ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 308)

1. Perovskite structure คือ เป็นลักษณะที่พบได้ในเซรามิกส์ที่สำคัญหลาย ๆ อย่าง เช่น การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ด้านไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์

2. Corundum structure คือ เป็นลักษณะที่พบได้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทวัสดุทนไฟ ฉนวนไฟฟ้า วัสดุขัดถู เป็นต้น

3. Spinel structure คือ เป็นลักษณะที่พบได้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เกี่ยวกับด้านยไฟฟ้าและวัสดุแม่เหล็ก

4. Graphite structure คือ เป็นลักษณะที่พบได้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทวัสดุทนไฟ พื้นเบ้าหลอมโลหะ วัสดุหล่อลื่น และเส้นใยไฟเบอร์ เป็นต้น

2.5.3 ประเภทของวัสดุเซรามิกส์

วัสดุประเภทเซรามิกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 313)

1. วัสดุเซรามิกส์พื้นฐาน (Tradition Ceramic) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินเหนียว ดินขาว ดินดำ เฟลสปาร์ แร่ควอทซ์ และดินทนไฟ เป็นหลัก ซึ่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์พื้นฐาน ได้แก่ จานชาม สุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า กระเบื้องปูพื้นและบุผนัง กระเบื้องหลังคา วัสดุทนไฟ อิฐก่อสร้าง กระถางต้นไม้ โอ่ง กระจกและแก้ว ปูนซีเมนต์ ยิปซั่ม ปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น ซึ่งทำมาจากวัสดุหลักคือ ดินดำ ดินขาว ดินแดง หินฟันม้า ทราย หินปูน หินผุ ควอตซ์ และแร่อื่น ๆ

โดยผลิตภัณฑ์ประเภทเซรามิกส์พื้นฐาน สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของเนื้อดินที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ๆ ดังนี้

1.1 Earthen ware เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่สูงมาก อยู่ในช่วงประมาณ 900-1,100 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงต่ำ การดูดซึมน้ำสูงประมาณร้อยละ 10-20 ตัวอย่างเช่น กระเบื้องบุผนัง กระเบื้องหลังคา ตุ๊กตาและของตกแต่ง กระถางเทอร์ราคอตตา

1.2 Stone ware เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาปานกลาง อยู่ในช่วงประมาณ 1,150-1,200 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงต่ำกว่าพวก porcelain โดยจะมีการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 3-5 ตัวอย่างเช่น กระเบื้องปูพื้น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร

1.3 Porcelain เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไป มีความแข็งแรงสูงมาก มีการดูดซึมน้ำต่ำมาก (ใกล้เคียงศูนย์) ยกตัวอย่างเช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า กระเบื้องแกรนิต ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร (ราคาแพง) สุขภัณฑ์ มีคำเรียกอีกอย่างว่า Vitreous china

1.4 Bone china เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเถ้ากระดูก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงความแข็งแรงปานกลาง การดูดซึมน้ำต่ำ

2. วัสดุเซรามิกส์วิศวกรรม (Engineering Ceramic) หรืออาจเรียกว่า เซรามิกส์ขั้นสูง (Advanced Ceramic) โดยเซรามิกส์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ต้องใช้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการมาแล้วเพื่อให้มีความบริสุทธิ์ของสารประกอบออกไซด์ ไนไตรด์ และคาร์ไบด์ของโลหะสูง และได้รับการควบคุมองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างจุลภาค (microstructure) อย่างแม่นยำ เช่น อลูมินัมออกไซด์ ซิลิกอนไนไตรด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ เซอร์โคเนียม และไทเทเนียม เป็นต้น

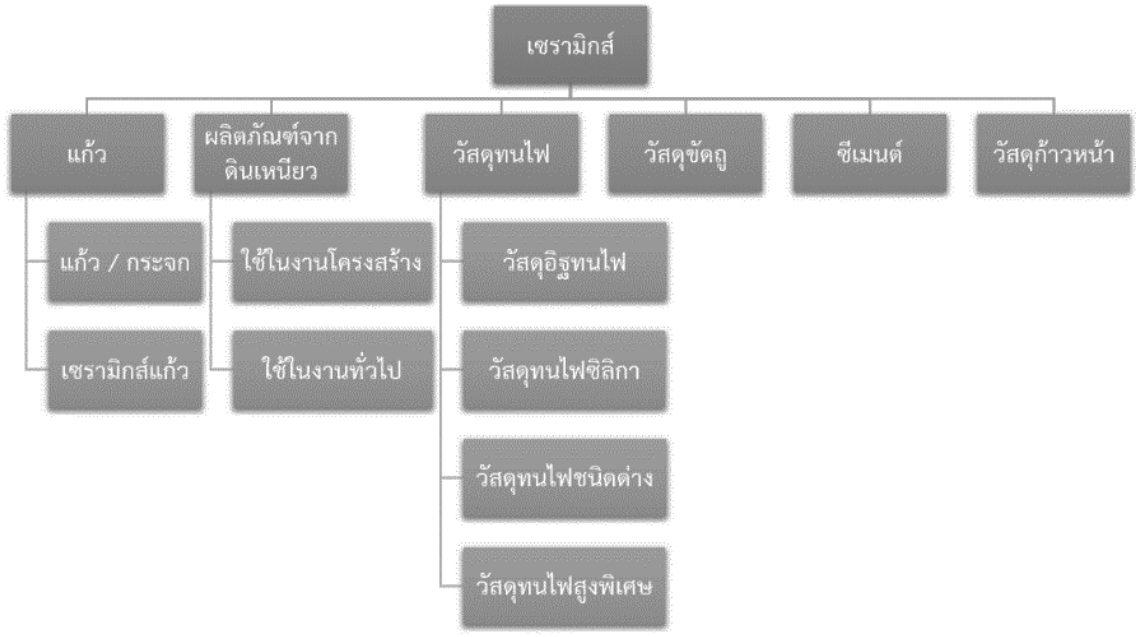
โดยผลิตภัณฑ์ประเภทวัสดุเซรามิกส์วิศวกรรมหรือเซรามิกส์ขั้นสูง สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของเนื้อดินที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ ดังนี้ (คชินท์ สายอินทวงศ์. 2551 : 3)

2.1 เซรามิกส์สำหรับงานโครงสร้าง (Structural ceramics) เป็นกลุ่มที่ใช้ในงานที่ต้องการสมบัติทางกลที่ดี มีความแข็งแรง ทนทานในที่อุณหภูมิสูง ทนต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ดี

ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ดี เป็นฉนวนความร้อน ตัวอย่างเซรามิกส์ที่ใช้สำหรับงานโครงสร้าง เช่น ซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide : SiC) สำหรับใช้ทำวัสดุสำหรับตัดแต่งหัวพ่นไฟ (Burner) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ สำหรับใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์กลไก สำหรับใช้ทำแผ่นรองวงจรสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น กรรไกรและมีดเซรามิกส์ที่ทำด้วยเซอร์โคเนีย (ZrO_2) ซึ่งเป็นมีดเซรามิกส์ที่มีความคมมาก และไม่ต้องลับเนื่องจากเซอร์โคเนียมีความแข็งสูง และไม่สึกกร่อนง่ายจึงไม่ทำให้มีดทื่อ

2.2 เซรามิกส์สำหรับงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electro - ceramics) เป็นกลุ่มที่ใช้สมบัติทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ แม่เหล็ก แสง เป็นหลัก อิเล็กโทรเซรามิกส์นั้นเป็นกลุ่มเซรามิกส์ที่มีมากหลายชนิด และมีสมบัติด้านต่าง ๆ หลายอย่าง ได้แก่ ไฟฟ้า แม่เหล็ก และความร้อน เป็นต้น

2.3 เซรามิกส์สำหรับงานทางด้านการแพทย์ (Bio - ceramics) เป็นกลุ่มที่ผลิตขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ทดแทนกับชิ้นกระดูกในร่างกายมนุษย์เท่านั้น โดยเป็นเซรามิกส์ที่มีสมบัติที่ร่างกายไม่ปฏิเสธ ซึ่งนำมาใช้เกี่ยวกับทางการแพทย์เฉพาะทาง เช่น พวกกระดูกเทียม ฟันปลอม ข้อต่อเทียม ตัวอย่างเช่น วัสดุที่เรียกว่าไฮดรอกซีอาพาไทต์ ซึ่งทำมาจากกระดูกวัว หรือกระดูกควายที่ผ่านการเผาแบบ Calcine เพื่อไล่สารอินทรีย์ภายในและนำมาบดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานรูปร่างต่าง ๆ เช่น กระดูก และนำไปเผาแบบ Sinter อีกครั้ง



ภาพที่ 2.25 แสดงการจำแนกชนิดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
ที่มา : กวี หวังนิเวศน์กุล (2558 : 310)

2.5.4 คุณสมบัติของเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีคุณสมบัติเด่นที่ดีในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 310)

1. มีความแข็งแรงสูง แกร่ง และทนทาน (High hardness)
2. สามารถทนทานต่อการเสียดสี การขัดถู และการสึกหรอได้ (Wear resistant)

3. สามารถทนต่อความร้อนและทนไฟได้ดี (Refractory)

4. สามารถใช้เป็นฉนวนความร้อนได้ (Thermal insulators)

5. สามารถใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ (Electrical insulators)

6. ไม่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก (Non - magnetic)

7. เป็นวัสดุเฉื่อยไม่มีปฏิกิริยาทางเคมีต่อการออกซิเดชั่น (Chemical inertness)

8. ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน (Thermal shock resistant)

ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สามารถแบ่งออกตามลักษณะของคุณสมบัติต่าง ๆ และการนำไปใช้งานได้ทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 317)

1. สมบัติทางกลของเซรามิกส์ สามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภท ดังนี้

1.1 ความแข็งแรงอัด (Compressive strength) คือ พันธะเคมีระหว่างอะตอมหรือไอออนภายในโครงสร้างของวัสดุประเภทเซรามิกส์เป็นพันธะแบบไอออนิก – โคเวเลยซ์ซึ่งมีการยึดกันอย่างแข็งแรงมาก สามารถรับแรงกดอัดได้มาก

1.2 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) คือ เซรามิกส์โดยทั่วไปจะมีความเปราะ ความเหนียวต่ำ และมีแรงดัดต่ำ เมื่อนำไปเทียบกับความแข็งแรงอัดจะมีแรงต้านทานเพียงประมาณร้อยละ 5-10 เท่านั้น ซึ่งการนำไปใช้งานในด้านนี้จะต้องประยุกต์ใช้เป็นวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิตเพื่อให้เกิดการเสริมแรงในด้านสมบัติที่ด้วยในส่วนของความแข็งแรงดึงนี้

1.3 จุดหลอมเหลวที่สูง (High melting point) คือ เซรามิกส์ต้องเผาจนถึงจุดหลอมที่สูงมากถึง 1,000-4,000 องศาเซลเซียส ทำให้มีคุณสมบัติที่ทนร้อนได้ดีสามารถใช้เป็นวัสดุเคลือบกันความร้อน ใช้เคลือบเตาเผา ใช้เคลือบอุปกรณ์เครื่องยนต์ หรือแผ่นเซรามิกส์ทนร้อน เป็นต้น

1.4 ทนทานต่อการเสียดสี (Wear resistant) คือ จากสมบัติที่แข็งและเนื้อแน่น รวมถึงมีความคมของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสม จึงนำไปเป็นวัสดุขัดถูได้ดี (Abrasive material) เช่น หินเจียร หินขัด ล้อเคลือบผิวเซรามิกส์ กระบอกลูกสูบ ลูกกลิ้งสายพาน เป็นต้น

2. สมบัติทางไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ของวัสดุประเภทเซรามิกส์ สามารถนำมาใช้งานได้ทั้งหมด 4 ลักษณะ ดังนี้

2.1 ใช้เป็นฉนวน (Insulators) เซรามิกส์มีสมบัติเป็นวัสดุเฉื่อย อิเล็กตรอนไม่มีการเคลื่อนที่จึงเหมาะในการนำมาใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี

2.2 ใช้เป็นตัวเก็บประจุ (Capacitors) คือ เซรามิกส์นำไปใช้เป็นวัสดุไดอิเล็กทริก (Dielectric) เป็นตัวเก็บประจุหรือใช้บอกระดับพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ

2.3 ใช้เป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) คือ เซรามิกส์มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน ถ้ามีความร้อนมากพอจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดไปจากพันธะทำให้เกิดที่ว่างขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้สารกึ่งตัวนำสามารถนำไฟฟ้าได้ โดยสารประกอบเซรามิกส์บางชนิดจะมีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำได้และสำหรับใช้เตือนภัยต่าง ๆ เช่น เครื่องตรวจจับสัญญาณเพลิงไหม้ Resistor ใช้เป็นอุปกรณ์ต้านทานกระแสไฟฟ้าหรือใช้ในการควบคุมหรือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น

2.4 ใช้เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic ceramics) คือ เซรามิกส์มีคุณสมบัติเป็นวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้าได้ โดยเป็นเซรามิกส์ที่มีสภาพขั้วไฟฟ้าถาวร ถึงแม้ว่าจะไม่มีสนามไฟฟ้า เนื่องจากความอสมมาตรของประจุบวกและประจุลบภายในโครงสร้างผลึก โดยแม่เหล็กถาวรในอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า รีเลย์ มอเตอร์ เป็นต้น

3. สมบัติทางความร้อนของเซรามิกส์ สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

3.1 มีค่าการนำความร้อนต่ำ (Thermal conductivities) คือ เซรามิกส์มีจุดหลอมเหลวสูง ตั้งแต่ 1,000-4,000 องศาเซลเซียส และพันธะภายในโครงสร้างเป็นพันธะแบบไอออนิก-โคเวเลยซ์ จึงทำให้มีความแข็งแรงทนทานต่อความร้อนได้ดี

3.2 มีความทนร้อน (Thermal resistant) คือ จากคุณสมบัติที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ วัสดุเซรามิกส์จึงใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี เช่น กระติกเก็บน้ำร้อน ฉนวนหัวเทียน ลูกถ้วยไฟฟ้า ฟิวส์ลูกถ้วย เป็นต้น

3.3 มีความทนไฟ (Refractory) คือ เซรามิกส์มีความแข็งแรงสูงและขยายตัวน้อยที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำ มีความหนาแน่นสูงประมาณ 2-3 กรัม/ลบ.ซม. และมีรูพรุนในเนื้อวัสดุน้อย จึงสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเตาเผา เช่น อิฐทนไฟ กระเบื้องเคลือบทนไฟ รวมถึงเซรามิกส์ขั้นสูง เช่น นำไปติดโดยรอบกระสวยอวกาศ เพื่อป้องกันความร้อนและทนไฟอย่างสูงได้ถึง 1,600 องศาเซลเซียส โดยมีน้ำหนักเบาและทนทานต่อแรงกระแทกจากเศษอุกกาบาต

4. สมบัติทางด้านการแพทย์ของเซรามิกส์

จากคุณสมบัติที่ดีหลายด้านของเซรามิกส์ จึงถูกนำไปพัฒนาใช้ในวงการแพทย์ได้และเรียกว่า ไบโอเซรามิกส์ (Bio - ceramics) โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการนำไปใช้งาน ดังนี้

4.1 จากคุณสมบัติที่เฉื่อยและไม่ตอบสนองต่อปฏิกิริยาทางด้านเคมี จึงสามารถอยู่ภายในร่างกายมนุษย์ได้โดยไม่มีปฏิกิริยาต่อต้านจากร่างกาย

4.2 เซรามิกส์มีความทนทานต่อการสึกกร่อน มีความแข็งแรงอัดที่ดี จึงสามารถนำไปประดิษฐ์เป็นชิ้นส่วนทดแทนกระดูกที่ชำรุดเสียหายของร่างกายได้ เช่น ชิ้นส่วนข้อต่อกระดูก ชิ้นส่วนกระดูกแขนและขา ฟันปลอม และสารอุดฟัน เป็นต้น

4.3 เซรามิกส์มีข้อด้อย คือ ความเปราะ (Brittleness) ฉะนั้นชิ้นส่วนใดที่ต้องรับแรงบิด แรงกระแทก แรงดึง ต้องมีการออกแบบให้เป็นลักษณะของวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต ด้วยโลหะหรือพอลิเมอร์ เพื่อให้เกิดการเสริมแรงกันและกันของชิ้นงานนั้น

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับปูนซีเมนต์

2.6.1 ข้อมูลเกี่ยวกับปูนซีเมนต์เบื้องต้น

ปูนซีเมนต์ คือ ผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ซิลิกา อะลูมินา และออกไซด์จากเหล็กในสัดส่วนที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,450 องศาเซลเซียส จนเกิดการรวมตัวกันสุกพอดี เมื่อนำปูนซีเมนต์มาผสมกับน้ำจะจับตัวแข็งและมีกำลังอัดสูง จึงใช้เป็นตัวประสานวัสดุ (เฉลิม สุจริต. 2540 : 58)

คำว่า ซีเมนต์ (Cement) มาจากภาษาละติน ซึ่งแปลว่า ตัด โดยใช้เรียกหินปูน ที่ตัดเป็นชิ้น ๆ เพื่อจะนำมาเผาเป็นปูนขาว (Lime) (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 24. 2542 : 4)

วิธีการผลิตปูนซีเมนต์ ถูกค้นพบโดยช่างก่อสร้างชาวอังกฤษ ชื่อ Joseph Aspdin ซึ่งได้นำเอาผงหินปูนที่เผาแล้วผสมกับผงดินเหนียว แล้วนำไปเผาในเตา จากนั้นนำผงมาบดให้ละเอียด จะได้ผงซีเมนต์มีสีเหลืองเทาคล้ายกับหินในเกาะเมืองปอร์ตแลนด์เขาจึงตั้งชื่อว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และได้ทำการจดทะเบียนลิขสิทธิ์ในปี พ.ศ. 2367 (เฉลิม สุจริต. 2540 : 58)

2.6.2 ชนิดของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ 4 ชนิด ดังนี้

1.ชนิดที่ 1 คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมีลักษณะเป็นผงสีเทาอ่อนต้องผสมน้ำในปริมาณมากพอสมควร แล้วทิ้งไว้ให้แห้งจึงจะแข็งตัว นิยมใช้ในการก่อสร้าง โดยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมีการแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ 5 ประเภท ดังนี้ (เฉลิม สุจริต. 2540 : 58)

1.1 ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากที่สุด

1.2 ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง ใช้ในงานคอนกรีตที่มีเนื้อหนามาก ๆ หรืองานคอนกรีตในบริเวณที่มีซัลเฟตมาก ๆ

1.3 ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงทุกชนิดที่ต้องการให้รับน้ำหนักได้ดีและถอดแบบได้เร็ว

1.4 ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ เหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างคอนกรีตหนา เช่น งานรากฐานขนาดใหญ่เนื่องจากเป็นปูนซีเมนต์ที่คายความร้อนต่ำ

1.5 ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดต้านทานซัลเฟต เหมาะสำหรับงานก่อสร้างในทะเลหรือพื้นที่ใกล้เคียง

2. ชนิดที่ 2 คือ ปูนซีเมนต์ผสม

ปูนซีเมนต์ผสม มีชื่อเรียกทางวิชาการว่า ซิลิก้าซีเมนต์ เป็นการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผสมกับทรายหรือหินบดละเอียด ประมาณร้อยละ 25-30

3. ชนิดที่ 3 คือ ปูนซีเมนต์ขาว

ปูนซีเมนต์ขาว เป็นปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสมหลัก คือ หินปูนและวัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีปริมาณของแร่เหล็กน้อยกว่าร้อยละ 1 ลักษณะของผงสีปูนที่ได้จะเป็นสีขาว

4. ชนิดที่ 4 คือ ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ

ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ เป็นปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสมเฉพาะ ใช้สำหรับงานที่มีลักษณะแตกต่างจากงานทั่วไป

ภาพที่ 2.26 แสดงตัวอย่างปูนซีเมนต์ประเภทต่าง ๆ ที่ผลิตออกมาให้เหมาะกับการใช้งาน
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.scgbuildingmaterials.com

2.6.3 องค์ประกอบของปูนซีเมนต์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์จะมีการแบ่งออกได้เป็น 4 องค์ประกอบหลัก ๆ ดังนี้ (เฉลิม สุจริต. 2540 : 59)

1. วัตถุดิบเนื้อปูน

วัตถุดิบเนื้อปูนจะมีปริมาณมากถึงร้อยละ 80 ในส่วนผสมก่อนการเผาคือวัตถุดิบที่ประกอบด้วยแร่แคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ สำหรับโรงงานปูนซีเมนต์ในประเทศไทยใช้หินปูนเป็นวัตถุดิบเนื้อปูน

2. วัตถุดิบเนื้อดิน

วัตถุดิบเนื้อดินจะมีปริมาณประมาณร้อยละ 15-18 ของส่วนผสมวัตถุดิบก่อนการเผา และมีส่วนประกอบหลักเป็น ซิลิกา อลูมินาและมีสนิมเหล็กปนอยู่เล็กน้อย วัตถุดิบในกลุ่มนี้ ได้แก่ หินดินดานหรือดินเหนียว

3. วัตถุดิบปรับคุณภาพ

วัตถุดิบปรับคุณภาพเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของเนื้อปูน อะลูมินา ซิลิกา หรือสนิมเหล็กสูง ใช้เติมส่วนผสมของวัตถุดิบหลักสองตัวแรกในกรณีที่วัตถุดิบทั้งสองมีองค์ประกอบไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น มีอะลูมินาต่ำเกินไป ต้องเติมตัวปรับคุณภาพที่เป็นแร่บอกไซต์ หรือถ้าเหล็กต่ำก็เติมแร่เหล็กหรือเศษเหล็กลงไป เพื่อให้ส่วนผสมมีองค์ประกอบตามเกณฑ์ที่กำหนด

4. สารเติมแต่ง

สารเติมแต่งคือวัตถุดิบที่เติมลงในปูนเม็ดภายหลังการเผาเพื่อปรับคุณสมบัติ เช่น แร่ยิปซัม เพื่อหน่วงเวลาแข็งตัวของปูนให้ช้าลงเมื่อมีการผสมน้ำลงไปเพื่อใช้งาน ปริมาณของยิปซัมที่ใช้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 3-5 โดยน้ำหนักของปูนเม็ด ในบางกรณีการเติมสารเติมแต่งลงไปก็เพียงเพื่อเพิ่มเนื้อปูน เช่น การเติมหินปูนบดสามารถทำได้โดยไม่มีผลกระทบกับคุณภาพของปูนซีเมนต์

2.6.4 คุณสมบัติของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ตามความหมายในเชิงของส่วนวิศวกรรมโยธาได้มีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้ดังนี้ (เฉลิม สุจริต. 2540 : 60)

1. บิทูมินัส (Bituminous) ได้แก่ ยางมะตอย และน้ำมันดิน โดยปกติได้มีการใช้บิทูมินัสซีเมนต์ผสมกับหิน ทราย ราดทำผิวถนน เรียกส่วนผสมนี้ว่า แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete)

2. นันบิทูมินัส (Non Bituminous) ได้แก่ อะลูมินาซีเมนต์ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีลักษณะเป็นผงสีเทาอ่อนต้องผสมน้ำในปริมาณมากพอสมควร แล้วทิ้งไว้ให้แห้งจึงจะแข็งตัว โดยจะนิยมเรียกซีเมนต์ชนิดนี้ว่า ไฮดรอลิกซีเมนต์ (Hydraulic Cement)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์แต่ละชนิดไว้ดังนี้ ได้แก่

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีคุณสมบัติคือแรงที่เกิดขึ้นจะสม่ำเสมอ แรงจะมากขึ้นหรือน้อยลงตามสัดส่วนของน้ำและปูนซีเมนต์ที่ผสมในคอนกรีต

1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง มีคุณสมบัติคือเมื่อผสมกับน้ำจะคายความร้อนออกมาน้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา และมีความต้านทานต่อสารที่เป็นด่างได้

1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว มีคุณสมบัติคือเนื้อปูนมีความละเอียดทำให้คอนกรีตแข็งตัวและรับแรงได้เร็วกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่หนึ่ง

1.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตพิเศษในเชิงเคมี มีคุณสมบัติคือ เกิดความร้อนขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อผสมเป็นคอนกรีต

1.5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่มีความต้านทานต่อซัลเฟตสูง มีคุณสมบัติคือเมื่อผสมเป็นคอนกรีต จะมีความแกร่งไม่สึกกร่อนหรือสลายตัวเมื่ออยู่ในน้ำเค็ม

2. ปูนซีเมนต์ผสม มีคุณสมบัติแข็งตัวช้า ไม่ยืดหดมาก การแข็งตัวดีพอ ความยืดหดของปูนซีเมนต์มีน้อย

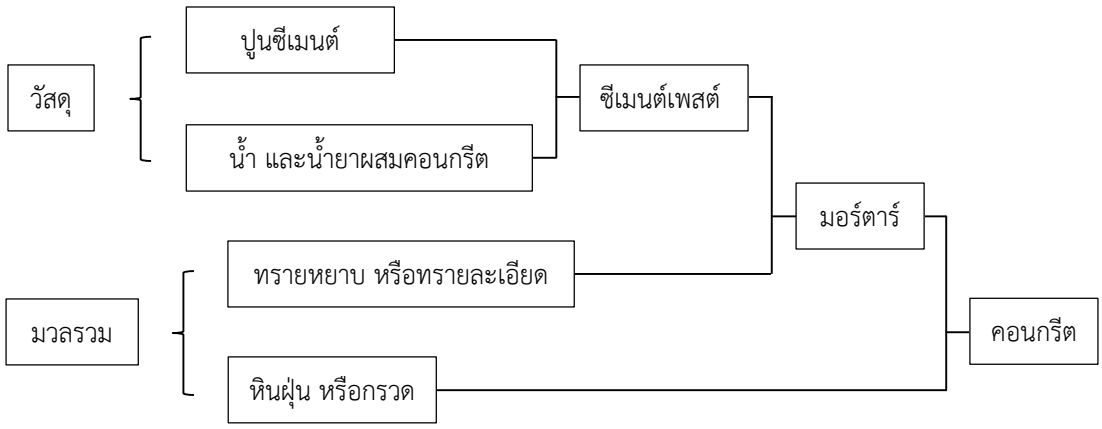
3. ปูนซีเมนต์ขาว มีคุณสมบัติเหมือนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แต่มีสีขาว

4. ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ตามวัตถุประสงค์ที่ผลิตออกมาเพื่อใช้ในงานแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าปูนซีเมนต์มีหลากหลายประเภทและหลากหลายชนิดแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการนำมาใช้ให้เหมาะกับงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากที่สุด ได้แก่ ปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ธรรมดา โดยปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะเหมาะสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น ทำผิวถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ เป็นต้น

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกประเภทและชนิดของปูนซีเมนต์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิตที่มีปูนซีเมนต์เป็นองค์ประกอบ และช่วยเป็นวัสดุประสานอยู่ภายใน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ชนิดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เนื่องจากเป็นปูนซีเมนต์ที่มีการใช้งานที่หลากหลายในส่วนของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งปูนซีเมนต์ชนิดนี้จะมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถรับแรงได้ดีและแรงที่เกิดขึ้นจะสม่ำเสมอ จึงทำให้ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงมีความเหมาะสมในการนำมาทดลองวัสดุผสมหรือหรือวัสดุคอมโพสิตดังกล่าว

ทั้งนี้เมื่อได้ประเภทและชนิดของปูนซีเมนต์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมในส่วนขององค์ประกอบและการเรียกชื่อวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ มอร์ต้าและคอนกรีต ไว้ดังนี้



ภาพที่ 2.27 แสดงวัสดุผสมและการเรียกชื่อในงานคอนกรีต
ที่มา : พงศ์พิชญ์ พิมพิไสย (2554 : 1)

2.6.5 ข้อมูลเกี่ยวกับการบ่มคอนกรีต

การบ่ม (Curing) คือ วิธีการที่ช่วยให้ปฏิกริยาไฮเดรชั่นของซิเมนต์ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นวิธีการทำโดยให้น้ำแก่คอนกรีตหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว โดยหน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ ดังนี้ (สำเริง รักซ้อน. 2557 : 18)

1. ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต

2. รักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

ทั้งนี้วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตหลัก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเด็นหลัก ๆ คือ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน และเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยการบ่มคอนกรีตจะช่วยให้สามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และช่วยลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุดได้

ทั้งนี้วิธีการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับสภาพของงานคอนกรีตนั้น ๆ เป็นหลัก โดยลักษณะของการบ่มคอนกรีตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ การเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การป้องกันการเสียน้ำของคอนกรีตและการเร่งกำลัง โดยมีรายละเอียดดังนี้ (วินิต ช่อวิเชียร. 2557 : 80)

1. การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การบ่มลักษณะนี้จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารทำได้หลายวิธี ดังนี้

1.1 การขังหรือหล่อน้ำ เป็นการทำนบกั้นน้ำไม้ให้น้ำไหลออกมักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้นหรือถนน เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำทำนบอาจจะเป็นดินเหนียว หรืออิฐก็ได้ ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ คือ ต้องระวังอย่าให้ทำนบกั้นน้ำพัง และหลังจากบ่มเสร็จแล้ว อาจจะต้องทำความสะอาดผิวหน้าคอนกรีตหลังบ่มด้วย

1.2 การฉีดน้ำหรือรดน้ำ เป็นการฉีดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีตทั้งในแนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเอียง ข้อควรระวัง คือต้องฉีดน้ำให้ทั่วถึงทุกส่วนของคอนกรีตและแรงดันน้ำต้องไม่แรงเกินไปจนชะเอาผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดีออก วิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมาก และต้องอาศัยที่ที่มีแรงดันน้ำมากพอ

1.3 การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวดิ่ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่อมน้ำ ข้อควรระวัง คือวัสดุที่คลุมต้องเปียกชุ่มอยู่เสมอ การคลุมต้องคลุมให้วัสดุคลุมเหลื่อมกัน วัสดุที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่ราดน้ำจะต้องทำเป็นประจำ

2. การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต วิธีการนี้ใช้การผนึกผิวของคอนกรีตเพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

2.1 การบ่มในแบบหล่อ แบบหล่อไม้ที่เปียก และแบบหล่อเหล็ก สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี วิธีนี้จัดได้ว่าง่ายที่สุด เพียงแค่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

2.2 การใช้กระดาษกันน้ำซึม เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึม ปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้มักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมนี้ เป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว มีคุณสมบัติในการยืดหดตัวไม่มากนักเวลาที่เปียกและแห้ง ข้อควรระวังในการใช้กระดาษ คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นจะต้องผนึกให้แน่นด้วยกาวหรือเทป และกระดาษต้องไม่มีร่อยรอยฉีกขาด หรือชำรุด

2.3 การใช้แผ่นผ้าพลาสติกคลุม วิธีการนี้จะเหมือนกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่แผ่นผ้าพลาสติกจะมีน้ำหนักเบากว่ามาก จึงสะดวกในการใช้มากกว่า สามารถใช้กับงานโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวังก็เช่นเดียวกับกระดาษกันน้ำ คือ รอยต่อและการชำรุดหรือฉีกขาด และเนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงต้องระวังเรื่องการผูกยึด ป้องกันลมพัดปลิวด้วย

2.4 การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบาง ๆ คลุมผิวคอนกรีตป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีนี้ทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายจะสูง จึงมักใช้กับงานที่บ่มด้วยวิธีอื่นได้ลำบาก การพ่นสารเคมีนี้ต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ และต้องพ่นให้ทั่วถึง ข้อที่ควรทราบ คือสารเคมีประเภทนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะเทใหม่เสียไป จึงไม่ควรใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องต่อเติมหรือฉาบปูนในภายหลัง และหากใช้สารเคมีฉีดพ่นแล้ว ไม่ควรฉีดน้ำซ้ำ เพราะน้ำจะไปชะล้างสารเคมีออก ควรชี้แจงให้คนที่ทำงานทราบถึงประเด็นนี้ เพื่อจะได้ไม่ฉีดชะล้างสารเคมีออกโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

3. การบ่มด้วยการเร่งกำลัง เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ โดยให้ความชื้นและความร้อนกับคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ ๆ วิธีนี้จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็วช่วยลดการหดตัวและเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยวิธีนี้สามารถทำได้สองวิธีคือ การบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันต่ำ และการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันสูง การบ่มด้วยการเร่งกำลังนิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

ตารางที่ 2.13 แสดงข้อมูลระยะเวลาในการบ่มขั้นต่ำของคอนกรีตที่นำไปใช้งานในแต่ละประเภท

ประเภทของงาน	ระยะเวลาขั้นต่ำในการบ่มคอนกรีต		
	ปูนซีเมนต์ผสม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3
1. งานธรรมดา			
- เสา คาน และกำแพง	7 วัน	7 วัน	4 วัน
- พื้นบ้าน พื้นถนนในบ้าน ฯลฯ	8 วัน	8 วัน	4 วัน
- ถนนชั้นหนึ่ง ลานจอดหรือทางขึ้นของเครื่องบิน	-	14 วัน	7 วัน
- เสาเข็มสำหรับจะนำไปตอกเป็นฐานราก	21 วัน	14 วัน	7 วัน
2. งานพิเศษ			
- แผ่นพื้นบางๆ	14 วัน	14 วัน	7 วัน
- รูปหล่อที่เล็กบาง (ซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ผสมมาก)	-	21 วัน	7 วัน

2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติ

ทั้งนี้เนื่องจากโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยใช้เส้นใยธรรมชาติจากอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีอยู่ในจังหวัดสระบุรีมาเป็นส่วนผสมในการทดลองเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต เพราะฉะนั้นในเนื้อหาส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลเฉพาะในส่วนของเส้นใยจากธรรมชาติเป็นหลัก ส่วนเนื้อหาเกี่ยวกับเส้นใยประเภทอื่น ๆ จะขอยกมาเสนอเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ จะขอนำเสนอไว้ดังนี้

2.7.1 ความหมายของเส้นใย

เส้นใย (Fiber) หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียว องค์ประกอบของเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส เกิดจากการรวมตัวของพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ของกลูโคส (glucose) ซึ่งโมเลกุลของเซลลูโลสเรียงตัวกันในผนังเซลล์ของพืชเป็นหน่วยเส้นใยขนาดเล็กมาก เกิดการเกาะจับตัวกันเป็นเส้นใยขึ้น (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC). 2547 : 2)

2.7.2 ประเภทของเส้นใย

1. เส้นใยจากธรรมชาติ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1 เส้นใยจากพืช ได้แก่ เส้นใยจากเซลลูโลส เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ป่าน ปอ ลินิน ใยสับปะรด ใยมะพร้าว ฝ้าย นุ่น ศรนารายณ์ เป็นต้น เซลลูโลส เป็นโฮโมพอลิเมอร์ ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสจำนวนมาก มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขา

1.2 เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน เช่น ขนสัตว์ ไหม ผม เล็บ เขา ใยไหม เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้มีสมบัติ คือ เมื่อเปียกน้ำความเหนียวและความแข็งแรงจะลดลง ถ้าสัมผัสแสงแดดนาน ๆ จะสลายตัว

1.3 เส้นใยจากสินแร่ เช่น แร่ใยหิน ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ทนไฟ ไม่นำไฟฟ้า

2. เส้นใยสังเคราะห์ แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1 เส้นใยพอลิเอสเตอร์ เช่น เทโทรอน ใช้บรรจุในหมอน

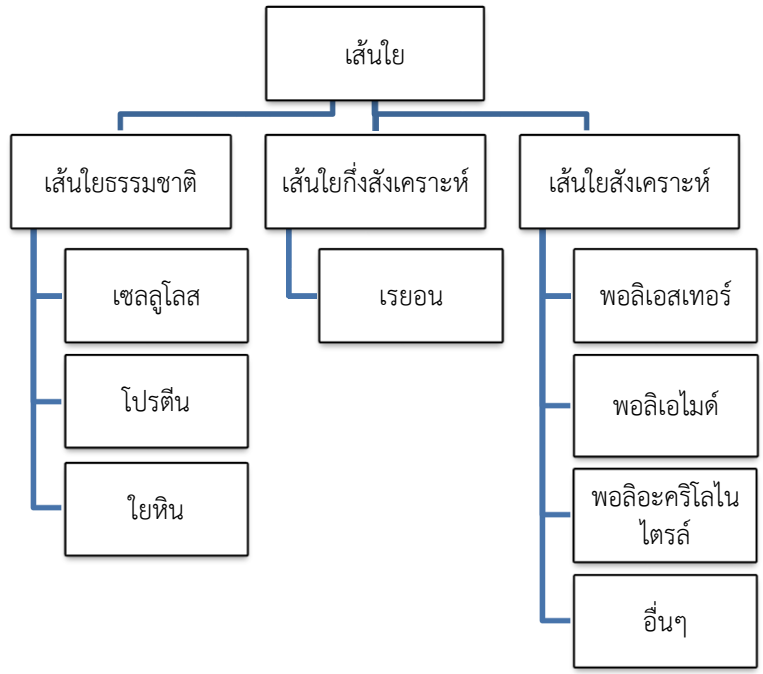
2.2 เส้นใยพอลิเอไมด์ เช่น ไนลอน ใช้ในการทำเสื้อผ้า ถุงเท้า ถุงน่อง ขนแปรงต่าง ๆ สายกีต้าร์ สายเอ็น ไม้แร็กเก็ต เป็นต้น

2.3 เส้นใยอะคริลิก เช่น ออร์ ใช้ในการทำเสื้อผ้า ผ้านวม ผ้าขนแกะเทียม ร่มชายหาด หลังคากันแดด ผ้าม่าน พรม เป็นต้น

2.4 เซลลูโลสแอซีเตด เป็นพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับกรดอซิติกเข้มข้น การใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสอะซีเตด เช่น ผลิตเป็นแผ่นพลาสติกที่ใช้ทำแผงสวิตช์และหุ้มสายไฟ

3. เส้นใยกึ่งสังเคราะห์

เป็นเส้นใยที่ได้จากการนำสารจากธรรมชาติ มาปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ นำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเส้นใยธรรมชาติ ตัวอย่างเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น วิสคอสเรยอง แบมเบอร์กเรยอง เป็นต้น



ภาพที่ 2.28 แสดงแผนผังประเภทของเส้นใยจากลักษณะทางชีวภาพ
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.vcharkarn.com

2.7.3 สมบัติของเส้นใย

โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการเรียงตัวของโมเลกุลของเส้นใย เป็นสมบัติ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าที่ทำขึ้นจากเส้นใยนั้น ๆ เส้นใยโดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีความแข็งแรงและทนทาน (strength and durability)
2. สามารถปั่นได้ (can be spun)
3. มีความสามารถในการดูดซับดี (absorbency)

โดยทั่วไปผ้าที่ผลิตจากเส้นใยที่แข็งแรงจะมีความแข็งแรงทนทานตามไปด้วย หรือผ้าที่ผลิตขึ้นจากเส้นใยที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ผ้าสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในส่วนที่มีการสัมผัสกับผิวและดูดซับน้ำ เช่น ผ้าเช็ดตัว ผ้าอ้อม เป็นต้น ดังนั้นการทราบสมบัติของเส้นใย จะทำให้สามารถทำนายสมบัติของผ้าที่มีเส้นใยนั้น ๆ ได้และทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดของผลิตภัณฑ์ประเภทได้ถูกต้องตามความต้องการที่จะนำไปใช้งาน

เส้นใยแต่ละชนิดจะมีสมบัติของเส้นใย (Fiber Properties) แตกต่างกัน ประกอบไปด้วยสมบัติด้านต่าง ๆ ดังนี้ (ศรันยา เกษมบุญญากร. 2554 : 5)

1. สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

1.1 ปฏิกิริยาต่อเปลวเพลิง เส้นใยแต่ละชนิดจะมีปฏิกิริยาต่อเปลวเพลิง และเคมีแตกต่างกัน ทำให้สามารถจำแนกชนิดของเส้นใยได้ จากการเผาไหม้ โดยสังเกตุจากปฏิกิริยาของเส้นใยเมื่อเข้าใกล้เปลวเพลิง เมื่ออยู่ในเปลวเพลิง เมื่อนำออกจากเปลวเพลิง และลักษณะของเถ้าถ่าน

1.2 ปฏิกิริยาต่อตัวทำละลาย เส้นใยต่างชนิดกันจะสามารถละลายด้วยเคมีต่างชนิดกัน เคมีบางชนิดจะไม่สามารถเปลี่ยนลักษณะของเส้นใยได้ แต่เคมีบ้างชนิดไม่เพียงแต่เปลี่ยนลักษณะ ยังอาจ

ทำลายหรือละลายเส้นใยได้ที่เดียว นอกจากนี้สมบัติทางเคมีของเส้นใยยังสามารถทดสอบได้จากการย้อมติดสีที่แตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองจะใช้สีย้อมมาตรฐาน ในการทดสอบและเทียบกับผ้า Miltifiber ที่ทราบชนิดเส้นใยแล้ว (ศรันยา เกษมบุญญากร. 2554 : 5)

2. สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

สมบัติทางกายภาพที่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏของเส้นใยที่สามารถพิจารณาเห็นได้จากกล้องจุลทัศน์หรือตาเปล่า ได้แก่ (ศรันยา เกษมบุญญากร. 2554 : 8)

2.1 สี (Color) โดยทั่วไปสีของเส้นใยธรรมชาติจะมีต่าง ๆ กัน เช่น ฝ้ายมีทั้งสีขาวนวล ขาวเหลือง สีเขียว และสีน้ำตาล ขนแกะมีสีหลากหลายตั้งแต่ขาวถึงดำ ส่วนสีของเส้นใยจากกระบวนการผลิตโดยส่วนใหญ่จะทำให้มีสีขาวนวล หรือขาวเหลือง ส่วนใยคาร์บอนจะมีสีดาเงาคล้ายไส้ดินสอหรือเส้นผม

2.2 ความยาว (Length) เส้นใยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) เส้นใยสั้น (Staple) เส้นใยธรรมชาติเกือบทั้งหมดเป็นเส้นใยสั้นยกเว้นไหม และเส้นใยจากกระบวนการผลิตสามารถผลิตให้เป็นเส้นใยสั้นได้โดยการตัดหรือดึงฟ่อนใยให้ขาดจากกันเส้นใยที่จัดเป็นเส้นใยสั้นมีความยาวประมาณ 0.75 นิ้ว ถึง 18 นิ้ว โดยแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

(1.1) เส้นใยสั้นแบบสั้น (Short staple fibers)

(1.2) เส้นใยสั้นแบบยาว (Long aple fibers)

(2) เส้นใยยาว (Filament) ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติเพียงชนิดเดียวที่อยู่ในรูปเส้นใยยาวและเส้นใยทุกชนิดจากกระบวนการผลิตสามารถผลิตให้เป็นเส้นใยยาวได้เท่าที่ต้องการ ดังนั้นเส้นใยยาวจึงมีหน่วยวัดเป็นหลาหรือเป็นเมตร

2.3 ภาคตัดขวาง (Cross-section shape) หรือรูปร่างหน้าตัดของเส้นใย เป็นสมบัติที่ส่งผลต่อความมัน ความด้าน ความสามารถในการเกาะกลุ่ม ความแข็ง และความรู้สึกสัมผัส

2.4 ผิวภายนอกเส้นใย (Surface contour) หรือลักษณะตามยาว (Longitudinal appearance) โดยเส้นใยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันสามารถพิจารณาได้ดังนี้

(1) ความเรียบ ความสม่ำเสมอ โดยปกติเส้นใยธรรมชาติจะมีรูปร่างหน้าตัดและขนาดไม่สม่ำเสมอส่งผลต่อลักษณะผิวเส้นใยภายนอกที่ไม่สม่ำเสมอด้วย

(2) เกล็ด ใยขนสัตว์เป็นใยชนิดเดียวที่มีรูปลักษณะภายนอกมีเกล็ดเรียงซ้อนกันเหมือนเกล็ดปลา หรือบางชนิดมีรอยแตกเป็นทางยาว

(3) ข้อปล้อง ใยธรรมชาติจากพืชบางชนิดโดยเฉพาะจากลำต้นสามารถมองเห็นรอยขีดตามขวางของข้อปล้องผ่านกล้องจุลทรรศน์ได้

(4) ร่องเงาดำ เนื่องจากรูปร่างหน้าตัดของใยบางชนิด โดยเฉพาะใยที่ผลิตขึ้นมีรูปร่างหน้าตัดที่หยักโค้ง ทำให้เกิดรองเว้าที่ลักษณะหน้าตัดซึ่งเมื่อมองตามแนวยาวที่ผิวของใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วจะมองเห็นเป็นร่องเงาดำ

(5) จุดสีดำ ในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์หรือใยสังเคราะห์ สามารถควบคุมความลดความเงามันของเส้นใยโดยใช้สารไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ดังนั้นเมื่อมองตามแนวยาวที่ผิวของใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วจะมองเห็นจุดสีดาทึบแสงกระจายอยู่ทั่วไป

2.5 ความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย (Diameter) เป็นค่าที่บอกขนาดของเส้นใย ซึ่งเส้นใยที่เล็กละเอียดจะมีความนุ่มบาง ส่วนเส้นใยที่ใหญ่จะมีความหยาบและแข็งกระด้าง ความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางมีหน่วยเป็นไมครอน (Micron)

2.6 ความหยิก (Crimp) ใยธรรมชาติจะมีความหยิงงอ หรืออาจมีการบิดเกลียว ไม่เป็นเส้นตรง เช่น ขนสัตว์และฝ้าย เนื่องจากโดยธรรมชาติ ฝ้ายมีการบิดตัว ส่วนขนสัตว์จะหยิกงอมากกว่า

2.7 ลักษณะสัมผัส (Hand) ลักษณะสัมผัสหรือผิวสัมผัสของเส้นใยคือความรู้สึกที่มีต่อเส้นใยนั้น เส้นใยที่มียาวกว่าจะมีสัมผัสที่เรียบลื่นกว่าเส้นใยสั้น ใยที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีลักษณะสัมผัสอ่อนนุ่มในขณะที่เส้นใยที่มีขนาดใหญ่จะแข้งกระด้าง เส้นใยที่หยิกงอจะอ่อนนุ่มมากกว่าเส้นใยที่เรียบ

2.8 ความเงามัน (Luster) ความเงามันคือแสงทั้งหมดที่สะท้อนออกจากเส้นใย ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีความเงามันสูง และใยที่ผลิตขึ้นสามารถควบคุมความเงามันได้

ตารางที่ 2.14 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์

ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติ	ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติ
1. สวมใส่สบาย	1. อายุการใช้งานค่อนข้างสั้น
2. ย่อยสลายง่าย	2. ไม่ทนต่อการซักล้าง
3. ย้อมติดสีง่าย	3. มีข้อจำกัดในการใช้งาน
4. ระบายอากาศได้ดี	4. ปรับปรุงสมบัติได้น้อย
ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติ	ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติ
1. นำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย	1. สวมใส่แล้วร้อน
2. ทนต่อการซักล้าง	2. ย่อยสลายยาก
3. สามารถปรับปรุงสมบัติได้หลากหลาย	3. ระบายอากาศได้น้อย

ทั้งนี้ในส่วนของเส้นใยธรรมชาติที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น ผู้วิจัยจะใช้เป็นเส้นใยธรรมชาติที่มาจากพืช (fiber plants) มาใช้เป็นตัวช่วยในส่วนเสริมแรงของวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต ซึ่งเส้นใยประเภทนี้สามารถพบได้ทั่วไปตามพื้นถิ่นที่มีการการทำไร่ ปลูกพืชหรือทำการเกษตร ซึ่งในจังหวัดสระบุรีมีอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นจำนวนมาก เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกเส้นใยประเภทนี้มาใช้ในการศึกษา ทดลองและวิจัย ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและสะดวกในการนำมาใช้ โดยรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ผู้วิจัยจะขอนำเสนอไว้ดังนี้

2.7.4 ข้อมูลเกี่ยวกับพืชเส้นใย

พืชเส้นใย (fiber plants) หมายถึง พืชที่มีเซลล์ที่เรียกว่า fiber จำนวนมาก พอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยไม่คำนึงว่าเส้นใยจะเกิดจากส่วนใดของพืช โดยพืชแต่ละชนิดมีเส้นใยในส่วนต่าง ๆ ที่แตกต่างกันและมีปริมาณไม่เท่ากัน (ดรรชนี พัทธวรากร. 2555 : 16)

ทั้งนี้เนื่องจากโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในการทดลองเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต เพื่อช่วยในส่วนของส่วนเสริมแรงและโครงสร้างให้กับวัสดุดังกล่าว ซึ่งในส่วนของเส้นใยธรรมชาตินี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและคัดเลือกเส้นใยที่จะนำมาใช้ในการทำวิจัย ได้แก่ เส้นใยและขุยมะพร้าว เนื่องจากเส้นใยประเภทนี้ไม่ต้องมีการนำไปปั่นเป็นเส้นใยหรือแปรรูปโดยใช้กระบวนการแยกหรือผลิตที่ซับซ้อนเหมือนเส้นใยประเภทอื่น ๆ และเส้นใยดังกล่าวสามารถหาได้ง่ายในพื้นที่จังหวัดสระบุรีเพราะฉะนั้นในเนื้อหาส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลในส่วนของเส้นใยมะพร้าว ซึ่งรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ จะขอนำเสนอไว้ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยมะพร้าว

มะพร้าวนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่พบมากในประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งพบมากในบริเวณจังหวัดริมชายฝั่งทะเล โดยมะพร้าวเป็นพืชตระกูลปาล์ม ซึ่งเส้นใยแข็งที่ได้มาจากกาบมะพร้าว จะเรียกว่า ใยมะพร้าว ด้วยเส้นใยที่มีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่หยุ่นเหนียว แข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงสามารถทำลายได้ง่าย ดังนั้นใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม (ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. 2555 : 115)

เส้นใยมะพร้าวแบ่งได้เป็น 2 ประเภท โดยเส้นใยจากลูกมะพร้าวสีน้ำตาล ซึ่งเป็นลูกมะพร้าวที่เติบโตเต็มที่ หากนำไปล้างผ่านน้ำประมาณ 10 ครั้ง เส้นใยที่ได้จะมีสีขาวกว่าและผิวเส้นใยที่ละเอียดกว่าเส้นใยที่ได้จากลูกมะพร้าวสีเขียวที่ยังเจริญไม่เต็มที่ เส้นใยมะพร้าวทั่วไปมีความยาวประมาณ 350 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12-0.25 มิลลิเมตร ความหนาแน่นเส้นใยเท่ากับ 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงและรับแรงดึงได้ดี เนื่องจากมีลิกนินในองค์ประกอบเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพืชชนิดอื่นนอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการต้านทานปฏิกิริยาจากจุลินทรีย์ และการกัดกร่อนจากน้ำเค็มได้ดี

ภาพที่ 2.29 แสดงตัวอย่างเส้นใยมะพร้าว
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.manager.co.th

2. ข้อมูลเกี่ยวกับขุยมะพร้าว

ขุยมะพร้าว คือ เปลือกมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออกหรือปั่นให้ใยละเอียด เป็นขุยละเอียดประมาณเม็ดทรายและแห้งสนิท เป็นเศษเหลือของโรงงานทำเส้นใยมะพร้าวซึ่งได้ทุบกาบมะพร้าวเพื่อนำเส้นใยไปทำเบาะนั่ง เศษเหลือเหล่านี้เป็นผง ๆ โดยขุยมะพร้าวจะมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี มีน้ำหนักเบาและเก็บความชื้นได้นาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558 : 3)

ทั้งนี้ขุยมะพร้าวยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำขุยมะพร้าวไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ โดยผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อมูลไว้ดังนี้

(1) ใช้สำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้ดอก เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและสามารถเก็บความชื้นได้ดี

(2) ใช้สำหรับผสมดินหรือวัสดุปลูก ช่วยให้ดินปลูกต้นไม้มีความชื้น ต้นไม้เจริญเติบโต

(3) ใช้สำหรับเพาะกล้า ตอนกิ่ง ทาบกิ่งและเป็นวัสดุชำกิ่ง

2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยวัสดุคอมโพสิตที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยจะประกอบไปด้วยวัสดุทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 และเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของวัสดุดังกล่าวทั้ง 3 ประเภท เพื่อนำมาใช้ในการทดลองวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต ซึ่งผู้วิจัยจะขอนำเสนอไว้ดังนี้

2.8.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกระเบื้องเซรามิกส์

เซรามิกส์มีสมบัติเฉพาะตัวหลายอย่างที่โดดเด่น เช่น มีจุดหลอมเหลวที่สูงมากและมีการขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ต่ำ ด้วยเหตุนี้เซรามิกส์จึงถูกนำไปใช้งานเป็นวัสดุทนความร้อน ไม่ว่าจะในอุตสาหกรรมหลอมโลหะ หรือ งานอบชุบด้วยความร้อน สมบัติทางกลที่เซรามิกส์มีอยู่ คือ มีความแข็งและเปราะ ซึ่งทำให้เกิดการแตกร้าวได้ง่าย ความทนทานต่อแรงดึงค่อนข้างต่ำ แต่ความแข็งแรงเมื่อรับแรงอัดนั้นมีสูงมาก เมื่อเทียบกับความต้านทานแรงดึงแล้ว อาจมีค่าสูงกว่าถึง 5-10 เท่า สมบัติทางไฟฟ้าที่สำคัญของเซรามิกส์ คือ มีค่าการนำ ไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นเซรามิกส์หลายชนิดจึงถูกนำไปใช้งานเป็นฉนวนไฟฟ้าและตัวเก็บประจุต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็ก (วรพงษ์ เทียมสอน. 2555 : 28)

วัสดุเซรามิกโดยทั่วไป จะแข็งและเปราะ มีความต้านทานแรงดึงต่ำ แต่มีความต้านทานแรงอัดที่สูงและมีความต้านทานการแตกหัก เนื่องจากมีความเหนียวต่อการแตกหักที่ต่ำ

1. กระเบื้องบุผนัง เป็นกระเบื้องที่ใช้สำหรับบุผนังของบ้านหรืออาคาร สามารถนำมาใช้งานได้ในทุกพื้นที่ของบ้านหรืออาคาร ซึ่งข้อดีของการใช้กระเบื้องบุผนังทดแทนการทาสีหรือการใช้วอลล์เปเปอร์ กระเบื้องจะมีความทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ทำความสะอาดง่ายกว่าวัสดุอื่น ๆ การเผากระเบื้องชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะทำการเผา 2 ครั้ง คุณลักษณะที่โดดเด่น คือ มีการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 14-16 โดยกระเบื้องบุผนังจะต้องมีลักษณะภายนอกสมบูรณ์ไม่บิดเบี้ยว บิ่นแตกหรือมีรอยร้าว

2. กระเบื้องปูพื้น จุดประสงค์หลักของกระเบื้องชนิดนี้คือใช้สาหรับปูพื้นเพื่อให้เกิดความสวยงาม มีความคงทน และทำความสะอาดง่าย คุณลักษณะของกระเบื้องปูพื้นจึงมักจะต้องมีผิวหน้าของสีเคลือบด้านหรือขรุขระเล็กน้อย เพื่อป้องกันมิให้เกิดการลื่นไถลเวลาเดิน ขณะเดียวกันตัวกระเบื้องจะต้องมีความแข็งแกร่ง เพราะพื้นอาคารจะต้องมีการรับน้ำหนักจากการวางสิ่งของหรือมีของแข็งตกกระแทกพื้น นอกจากนั้นผิวเคลือบจะต้องทนแรงเสียดสีจากการใช้งานได้สูง ทำให้อายุการใช้งานยาวนาน กระเบื้องปูพื้นโดยทั่วไปจะต้องมีการดูดซึมน้ำต่ำระหว่างร้อยละ 0-6 ซึ่งขึ้นอยู่กับชั้นคุณภาพของกระเบื้อง

กระเบื้องปูพื้นจะมีเนื้อที่แข็งกว่ากระเบื้องบุผนัง เพื่อสามารถทนรับน้ำหนักที่กดลงบนตัวกระเบื้องได้และทนต่อการขีดข่วน โดยจะมีพื้นผิวสัมผัสแตกต่างกันออกไป สามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการของสถานที่ โดยทั่วไปจะมีการระบุชนิดของกระเบื้องไว้ที่ด้านหลังกระเบื้องที่ข้างกล่องกระเบื้อง บุผนังมักจะมีผิวมันและมี Footing เพื่อให้ยึดกำแพงได้ ที่สำคัญกระเบื้องปูพื้นสามารถ

นำมาปูผนังได้ แต่กระเบื้องบุผนัง ไม่ควรนำมาปูพื้นโดยเด็ดขาด เพราะกระเบื้องบุผนังไม่มีความทนทานต่อการขูดขีดและไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับน้ำหนักมาก ๆ ถ้าหากนำมาใช้ผิดวัตถุประสงค์จะทำให้มีอายุการใช้งานต่ำกว่าความเป็นจริง (วรพงษ์ เทียมสอน. 2555 : 30)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ผสมอยู่ในเนื้อกระเบื้องเซรามิกส์ไว้ดังนี้

1. ดินขาว (Kaolin) ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเดิม (residual clay) เป็นดินที่มีขนาดเม็ดหยาบจึงมีความเหนียวน้อย ประกอบด้วยแร่ เกาลินไนท์ (kaolinite) มากกว่าชนิดอื่น ดินขาวที่มีคามบริสุทธิ์สูง เมื่อเผาแล้วจะได้สีขาวบริสุทธิ์ นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ปอร์ซเลนโบนไชนา และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีเนื้อขาวทุกชนิด สามารถอัดขึ้นรูปได้ง่าย ไม่บิ่น แตกร้าว

2. ดินดำ (Ball clay) หรือดินเหนียวขาวเกิดขึ้นจากดินขาวซึ่งย้ายถิ่นไปตกตะกอนสะสมในแหล่งดินดาเป็นดินที่มีขนาดเม็ดละเอียดมาก อนุภาคของดินยึดเกาะกันได้ดีมากมีอินทรีย์สารเป็นโครงสร้างคล้ายกับที่พบในถ่านหินลิกไนต์เจือปนอยู่ จึงช่วยให้ดินมีความเหนียวและทำให้มีสีเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำ ดินดำประกอบด้วยแร่เกาลินไนท์เป็นส่วนใหญ่ โดยมีองค์ประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเผาแล้วเนื้อดินจะมีสีขาวหรือครีมอินทรีย์สารต่าง ๆ จะถูกเผาไหม้หมดไปจากดิน ดินดำทั่วไปมีทรายเจือปนอยู่ค่อนข้างมาก ใช้ทำเนื้อดินขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ทำท่อน้ำดินเผา หรือผสมในเนื้อดินผสมกระเบื้องปูพื้น

3. ดินแดง (red clay) พบในแหล่งธรรมชาติทั่วไปแต่จะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันโดยบางแหล่งมีทรายปนในเนื้อดิน บางแหล่งมีความเหนียวและเนื้อละเอียด ปริมาณแร่ธาตุในแต่ละแหล่งแตกต่างกันไป ซึ่งเมื่อภายหลังการเผาจะมีสีที่แตกต่างกัน เช่น สีเหลือง สีส้มนวล สีแดง สีแดงเข้ม และน้ำตาลเข้ม ถ้าในเนื้อดินแดงมีปริมาณของหินปูนมากกว่าร้อยละ 30 เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส ดินแดงจะยุบตัวหลังการเผา เนื่องจากแคลเซียมเกิดการสลายตัวในรูปผลึกที่อุณหภูมิดังกล่าว ดังนั้นเพื่อป้องกันปฏิกิริยาการยุบตัวของผลิตภัณฑ์ ควรเผาในอุณหภูมิ 900-1,050 องศาเซลเซียส

4. หินฟันม้า (Feldspar) เป็นตัวหลอมละลายในเนื้อดิน คือเป็นวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายลดอุณหภูมิการเผา การใช้ตัวหลอมละลายผสมในเนื้อดิน เพื่อให้ดินสุกตัวในอุณหภูมิที่ต้องการตัวหลอมละลายจะทาหน้าที่ประสานผลึกของวัตถุดิบต่าง ๆ ให้หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยดินที่มีการผสมตัวหลอมละลาย จะหลอมตัวก่อนแล้วดึงเอาวัตถุดิบรอบ ๆ มาหลอมเข้าด้วยกัน ทำให้ช่องว่างที่มีอยู่ระหว่างเนื้อดินหายไป และแน่นคล้ายแก้ว เช่น หินฟันม้า (feldspar) หินควอร์ต (quartz) เป็นต้น

2.8.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

ปูนซีเมนต์ คือ ผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ซิลิกา อะลูมินา และออกไซด์จากเหล็กในสัดส่วนที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,450 องศาเซลเซียส จนเกิดการรวมตัวกันสุกพอดี เมื่อนำปูนซีเมนต์มาผสมกับน้ำจะจับตัวแข็งและมีกำลังอัดสูง จึงใช้เป็นตัวประสานวัสดุ โดยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากที่สุด ซึ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดังกล่าว มีคุณสมบัติคือแรงที่เกิดขึ้นจะสม่ำเสมอ โดยแรงจะมากขึ้นหรือน้อยลงตามสัดส่วนของน้ำและปูนซีเมนต์ที่ผสมในคอนกรีต (เฉลิม สุจริต. 2540 : 58)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ส่วนใหญ่ จะนำไปใช้กับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น ทำผิวถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง จึงไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องสัมผัสกับด่างจากดินหรือน้ำ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเคมี

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ผสมอยู่ในเนื้อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไว้ดังนี้

1. แคลเซียมออกไซด์ ได้แก่ หินปูน

หินปูน หรือ limestone จะเป็นตัวที่ให้ CaO ซึ่งเป็น phase หลักใน cement โดยในเม็ดปูนจะมี main phase อยู่ 4 phase (อาจเรียกว่าเป็น potential phase) ซึ่ง phase เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำ (Hydration) ทำให้ปูนซีเมนต์มีคุณสมบัติที่เราต้องการ เช่น ความแข็งแรง ความร้อนที่คายออกมาขณะเกิดปฏิกิริยา ความทนทานต่อสารเคมี (คชินท์ สายอินทวงศ์. 2551 : 2)

โดยปฏิกิริยาเคมีของแคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อผสมดินและความชื้น มีอยู่ 3 ลักษณะ ดังนี้ (สยามเคมี หมวดเคมีอุตสาหกรรม. 2558 : 1)

1.1 Hydration คือ ปูนขาวในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อสัมผัสน้ำในดินจะเกิดทันที ทำให้เกิดการเชื่อมแน่นของเม็ดดินทำให้โครงสร้างดินมีความแข็งแรงมากขึ้น ลดการซึมน้ำ และการรวมตัวของมวลดิน รวมถึงต้านทานต่อการเสื่อมสภาพจากความชื้นโดยรอบ

1.2 Flocculation คือ เป็นกระบวนการจับตัวกันของเม็ดดิน โดยอนุภาคของดินเหนียวจะเกิดการรวมตัวเกาะกลุ่มกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้เม็ดดินมีโครงสร้างที่แข็งแรง มั่นคงมากขึ้น

1.3 Cementation (Pozzolanic Reaction) คือ เป็นการเชื่อมประสานจากสารซิลิกา (SiO_2) และ/หรืออลูมิน่า (Al_2O_3) ที่ถูกชะออกมาจากดิน ทำหน้าที่เชื่อมประสานตัวซึ่งกันและกันของเม็ดดิน สารเหล่านี้เกิดหลังการเติมปูนขาวเมื่อค่าความเป็นด่างของดินสูงขึ้น ทำให้มีการชะละลายของ Silica และ Alumina ในดินออกมา และทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} เกิดเป็นสารประกอบใหม่ ได้แก่ Calcium Silicate Hydrate (CSH) และ Calcium Aluminate Hydrate (CAH) ซึ่งจะแข็งตัวและเชื่อมประสานเม็ดดินทำให้ดินมีกำลังสูงขึ้น (สยามเคมี หมวดเคมีอุตสาหกรรม. 2558 : 1)

2. อะลูมิโนและซิลิเกต ได้แก่ ดินเหนียวหรือดินดาน

2.1 ดินเหนียว (Ball clay) มีสมบัติเด่นในการนำมาขึ้นรูปคือ มีความเหนียว และเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังแห้งมีความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อแห้ง ดินเหนียวมักมีการหดตัวสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าว ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้เนื้อดินเหนียวล้วน ๆ ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แต่ต้องมีการผสมวัสดุที่ไม่มีความเหนียว เช่น ดินเชื้อ หรือทราย เพื่อลดการดึงตัวและหดตัว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าว เนื่องจากการหดตัวของดินได้ ดินเหนียวหลายชนิด มีช่วงอุณหภูมิที่จะเปลี่ยนไปเป็นเนื้อแก้วกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือ ช่วยปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาให้ดีขึ้น (ปรีดา พิมพ์ขาขำ. 2547 : 8)

2.2 หินดินดาน (Shale) เป็นหินที่ประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดละเอียดเป็นส่วนใหญ่ หินดินดาน ที่เหมาะสำหรับใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ควรเป็นหินที่มีอะลูมินา ตั้งแต่ประมาณร้อยละ 25 ขึ้นไป มีซิลิกาน้อยกว่าร้อยละ 60 และมีเหล็กออกไซด์อยู่ในปริมาณเล็กน้อย โรงงานปูนซีเมนต์บางแห่งใช้ดินเหนียวท้องนาเป็นวัตถุดิบด้วย เพื่อเพิ่มปริมาณอะลูมินาที่มาจากแร่ดินให้กับส่วนผสม การกำเนิดหินดินดานอาจตกตะกอนได้ในสภาพแวดล้อมที่มีพลังงานของน้ำซึ่งเป็นตัวกลางในการพัดพาต่ำหลายบริเวณ ทั้งในทะเลและบนพื้นทวีป หินดินดานซึ่งใช้กันแพร่หลายในการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศมักจะอยู่ใกล้กับแหล่งหินปูน โดยส่วนมากจะเป็นช่วงชั้นที่รองรับหรือแทรกสลับหินปูนอยู่

ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการตกตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไปมาในช่วงเวลานั้นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดได้แก่ ลำดับชั้นในหินยุคเพอร์เมียนตอนกลางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่จังหวัดสระบุรีและบริเวณใกล้เคียง หรือบริเวณจังหวัดลำปาง ซึ่งโรงงานปูนซีเมนต์มีหน้าเหมืองหินปูนและหินดินดานอยู่ในบริเวณเดียวกัน

3. เฟอร์ริกออกไซด์ ได้แก่ แร่เหล็ก หรือ ศิลาแลง

ธาตุเหล็กนั้นมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ fe เหล็กนั้นมีประโยชน์อย่างมากในปัจจุบันเป็นธาตุที่พบเห็นได้ในทุกวัน โดยเฉพาะในการก่อสร้าง ในโรงงานอุตสาหกรรมอีกทั้งยังเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการสร้างบ้าน อาคาร ต่าง ๆ เหล็กจึงเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้แล้วยังใช้ในการทำเป็นวัสดุต่าง ๆ ทำเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักร และอื่น ๆ อีกมากมาย (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 56)

เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างวัสดุ จึงเรียกรูปแบบการผสมวัสดุคอมโพสิตลักษณะนี้ว่า ปูนมอร์ต้าร์ หรือเรียกได้อีกชื่อว่า ปูนทราย โดยมีส่วนผสมหลัก คือ ปูนซีเมนต์ ทราย (ในที่นี้ใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์แทน) และน้ำ (กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558 : 359)

2.8.3 ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

มะพร้าวนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่พบมากในประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งพบมากในบริเวณจังหวัดริมชายฝั่งทะเล โดยมะพร้าวเป็นพืชตระกูลปาล์ม ซึ่งเส้นใยแข็งที่ได้มาจากกาบมะพร้าว เรียกว่า ใยมะพร้าว ด้วยเส้นใยที่มีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่หยุ่นเหนียว แข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันเป็นส่วนใหญ่ (ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. 2555 : 115)

เส้นใยมะพร้าว คือ ส่วนที่ถูกแกะออกมาจากด้านในของเปลือกมะพร้าว ซึ่งสามารถแกะออกมาได้ด้วยมือ หรือใช้เครื่องช่วยแกะ และเป็นเส้นใยที่มีการนำมาผสมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างมากที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุธรรมชาติที่ไม่มีสารพิษ มีปริมาณมาก ราคาต่ำและสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ ซึ่งส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เหมาะสม เส้นใยมะพร้าวแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เส้นใยจากลูกมะพร้าวสีน้ำตาล ซึ่งเป็นลูกมะพร้าวที่เติบโตเต็มที่ และเส้นใยจากลูกมะพร้าวสีเขียวที่ยังเจริญไม่เต็มที่ เส้นใยมะพร้าวทั่วไปมีความยาวประมาณ 350 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12-0.25 มิลลิเมตร ความหนาแน่นเส้นใยเท่ากับ 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงและรับแรงดึงได้ดี เนื่องจากมีลิกนินในองค์ประกอบเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพืชชนิดอื่นนอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการต้านทานปฏิกิริยาจากจุลินทรีย์และการกัดกร่อนจากน้ำเค็มได้ดี

ขุยมะพร้าว คือ เปลือกมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออกหรือปั่นให้ใยละเอียด มีลักษณะเป็นเศษใยมะพร้าวเส้นสั้น ๆ เป็นขุย ๆละเอียดประมาณเม็ดทรายและแห้งสนิท เป็นเศษเหลือของโรงงานทำเส้นใยมะพร้าว ซึ่งได้ทุบกาบมะพร้าวเพื่อนำเส้นใยไปทำเบาะนั่ง เศษเหลือเหล่านี้เป็นผง ๆ โดยขุยมะพร้าวจะมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี น้ำหนักเบาและเก็บความชื้นไว้ได้นาน

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอคุณสมบัติของสารที่อยู่ในเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวไว้ดังนี้

ลิกนิน คือ เป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบที่โมเลกุลเป็นวงแหวน และจัดเป็นสารประกอบที่มีความซับซ้อนมากที่สุด ในวัสดุแต่ละชนิดมักพบลิกนินเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 20-35 โดยทำหน้าที่รวมมัดของเส้นใยของพอลิแซ็กคาไรด์ไว้ด้วยกัน

การที่ลิกนินอยู่รวมกับเซลลูโลสในเนื้อไม้ ทำให้โครงสร้างของพืชมีความแข็งแรงได้ตามธรรมชาติ รวมทั้งยังทำให้จุลินทรีย์และเอนไซม์ไม่สามารถทำลายโครงสร้างพืชได้ง่าย โดยโครงสร้างที่ลิกนินอยู่รวมกับเซลลูโลสจะมีพันธะโควาเลนท์เชื่อมระหว่างลิกนินและเฮมิเซลลูโลสดังนั้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์จากวัสดุกลุ่มลิกโนเซลลูโลสมีมากขึ้น จึงต้องใช้การปรับสภาพวัสดุเหล่านี้ก่อน และป้องกันผลเสียที่เกิดจากลิกนิน รวมทั้งให้เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558 : 14)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์หรือกระบวนการขึ้นรูปแบบต่างๆที่มีความสอดคล้องกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้หลักๆทั้งหมด 4 แนวทาง โดยสามารถทำการจำแนกประเภทออกเป็นกระบวนการใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด 9 กระบวนการ ตามประเภทของวัสดุประสานที่ใช้ โดยกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวจะใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมของวัสดุแบบตารางเบลน หรือตารางแบบ Line blend percentages ซึ่งจะมีการเบลนอัตราส่วนผสมทั้งหมด 9 สูตร ต่อกระบวนการใช้ประโยชน์

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 9 กระบวนการ เพื่อหาอัตราส่วนในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการต่างๆที่เหมาะสม โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดี รวมถึงสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนมากที่สุด แล้วจึงทำการคัดเลือกกระบวนการใช้ประโยชน์และสูตรการทดลองที่เหมาะสมส่งทดสอบเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนและทำการประเมินประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

2.9 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์

2.9.1 ข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปในส่วนของวัสดุทั่วไป (Forming Processses) วัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต และวัสดุเหลือใช้รูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยสามารถบรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยในส่วนของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ได้ทั้งหมด 5 แนวทาง โดยแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ และวิธีการขึ้นรูปของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตได้ดังนี้

1. แนวทางที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์
2. แนวทางที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใย
3. แนวทางที่ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตพรุน
4. แนวทางที่ 4 คือ กระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยาเรซิ่น
5. แนวทางที่ 5 คือ กระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยางพารา

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์หรือกระบวนการขึ้นรูปของวัสดุ (Forming Processses) ในรูปแบบหรือแนวทางข้างต้นทั้ง 5 แนวทางไว้ดังนี้

1. แนวทางที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์

กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์หรือเรียกได้อีกชื่อว่า ปูนทราย เป็นกระบวนการขึ้นรูปที่อาศัยวัตถุดิบในการขึ้นรูปวัสดุหรือผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ซีเมนต์และทราย เป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานหลัก ๆ คือ ใช้สำหรับงานก่ออิฐ งานฉาบปูน งานเทปรับระดับพื้น รวมถึงงานซ่อมแซมพื้นผิวปูนต่าง ๆ ในพื้นที่ทั้งภายนอกและภายในบ้านหรืออาคาร เป็นต้น

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ ผู้วิจัย พบว่า มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าวไว้มากมาย (ดังแสดงไว้ในข้อ 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) โดยส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบของการนำวัสดุเหลือใช้ กากของเสีย หินฝุ่น เถ้าลอย เถ้าหนัก เถ้าชีวมวล ฯลฯ มาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการทดแทนซีเมนต์หรือทรายในตัววัสดุมอร์ต้าร์เดิม และนำมาทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานจริงได้

2. แนวทางที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใย

กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยหรือเรียกได้อีกชื่อว่า ไฟเบอร์ซีเมนต์ เป็นกระบวนการขึ้นรูปที่อาศัยวัตถุดิบในการขึ้นรูปวัสดุหรือผลิตภัณฑ์อยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ซีเมนต์ ทราย และเส้นใยเป็นหลัก ซึ่งการนำเส้นใยมาใช้กับซีเมนต์มอร์ต้าร์ เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรง (Reinforcement phase) ให้กับเนื้อวัสดุหลัก (Matrix phase) ที่มีซีเมนต์และทรายเป็นส่วนผสม และเพื่อให้ซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่เป็นวัสดุตั้งต้นเดิมมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีมากขึ้นด้วยส่วนหนึ่ง โดยกระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานหลัก ๆ คือ นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์สำหรับกันเสียง แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ แผ่นกระเบื้องหลังคา แผ่นฉนวนกันความร้อน และวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใย ผู้วิจัย พบว่า มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าวไว้ส่วนหนึ่ง (ดังแสดงไว้ในข้อ 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) โดยส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบของการนำวัสดุประเภทเส้นใยลักษณะต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับซีเมนต์มอร์ต้าร์ เช่น เส้นใยมะพร้าว เส้นใยปาล์ม เส้นในสับปะรด เส้นใยชานอ้อย เส้นใยผักตบชวา และเส้นใยจากขนสัตว์ เป็นต้น โดยนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจริงได้ ซึ่งจากผลการศึกษากระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยนี้จะได้เป็นวัสดุผสมที่มีวัสดุหลักเป็นวัสดุเซรามิกส์ ซึ่งเรียกว่า เซรามิกส์คอมโพสิต

3. แนวทางที่ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตพรุน

กระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตพรุน เป็นกระบวนการขึ้นรูปที่อาศัยวัตถุดิบในการขึ้นรูปวัสดุหรือผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่นหรือหินกรวด เป็นหลัก โดยคอนกรีตพรุนเป็นคอนกรีตที่มีสมบัติแตกต่างจากคอนกรีตทั่วไป คือ ยอมให้น้ำและอากาศสามารถไหลผ่านเข้า-ออกได้ ซึ่งได้จากการเตรียมส่วนผสมระหว่างมวลรวมหยาบกับซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่เหมาะสม และอาจมีการใช้ทรายในปริมาณที่น้อยมากหรืออาจไม่นำมาใช้เลย ทำให้ได้คอนกรีตพรุนที่มีโพรงหรือช่องว่างจำนวนมากที่ต่อเนื่องกันภายในโครงสร้างมากกว่าคอนกรีตธรรมดาทั่วไป โดยกระบวนการขึ้นรูปคอนกรีต

พรุนมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานหลัก ๆ คือ ใช้สำหรับงานปูผิวถนนหรือพื้นทางเดิน หรือนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทบล็อกปูพื้น เป็นต้น

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตพรุน ผู้วิจัย พบว่า มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าวไว้มากมาย (ดังแสดงไว้ในข้อ 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) โดยส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบของการนำวัสดุประเภทต่างๆมาประยุกต์ใช้ร่วมกับคอนกรีตพรุน หรือเพื่อนำมาทดแทนซีเมนต์ เช่น กะลาปาล์มน้ำมัน เถ้าถ่านหิน ปูนซีเมนตสังเคราะห์จากขยะอุตสาหกรรม วัสดุใยสังเคราะห์เสริมแรง เศษคอนกรีต เศษอิฐมอญ เป็นต้น โดยนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์จริงได้ ซึ่งจากผลการศึกษากระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตพรุนนี้จะได้วัสดุหลักเป็นซีเมนต์ แต่เนื่องจากในการศึกษาวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผู้วิจัยได้นำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาเป็นวัสดุหลักในกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าว จึงจะต้องมีการเรียกชื่อกระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตพรุนใหม่ว่า กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน

4. แนวทางที่ 4 คือ กระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยาเรซิ่น

กระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยาเรซิ่นหรือเรียกได้อีกชื่อว่า พอลิเมอร์คอมโพสิต เป็นกระบวนการขึ้นรูปที่อาศัยวัตถุดิบในการขึ้นรูปวัสดุหรือผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุทั่วไปที่มีลักษณะเป็นเม็ดหรือผงละเอียดและน้ำยาเรซิ่นเป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานหลัก ๆ คือ นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เทียม ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกและของตกแต่ง รวมถึงการนำมาใช้พัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างบางประเภท การนำน้ำยาเรซิ่นมาเคลือบแบบหล่อคอนกรีตเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบบไม้และการนำมาพัฒนาเพื่อลดปริมาณการใช้เรซิ่นที่เป็นวัสดุหลักในการหล่อแบบหรือชิ้นงานในการขึ้นรูป เป็นต้น

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยาเรซิ่น ผู้วิจัย พบว่า มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าวไว้ส่วนหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการแพร่หลายเท่าที่ควร (ดังแสดงไว้ในข้อ 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) โดยส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบของการนำวัสดุประเภททราย หินกรวด หินฝุ่น ฯลฯ มาประยุกต์ใช้ร่วมหรือช่วยลดปริมาณการใช้น้ำยาเรซิ่นซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่าง ๆ เช่น ทดสอบกำลังรับแรงอัด ความทนแรงดึง และความทนแรงกระแทก เป็นต้น เพื่อหาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์จริงได้

5. แนวทางที่ 5 คือ กระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยางพารา

กระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยางพารา เป็นกระบวนการขึ้นรูปที่อาศัยวัตถุดิบในการขึ้นรูปวัสดุหรือผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ น้ำยางพารา และสารตัวเติม (additive) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัว เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต และผงถ่าน เป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานหลัก ๆ คือ ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกและของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์ประเภทหมอน ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น วัสดุหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ สายยางยืด ผลิตภัณฑ์รองพื้น เช่น กระเบื้องยางปูพื้น แผ่นรองพื้น และวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานพื้น เช่น ใช้ผสมกับยางมะตอยหรือวัสดุอื่น ๆ รวมถึงนำมาพัฒนาเป็นแผ่นวัสดุดูดซับเสียง เป็นต้น

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำยางพารา ผู้วิจัย พบว่า มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าวไว้ส่วนหนึ่ง (ดังแสดงไว้ในข้อ 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) โดยส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบของการนำวัสดุประเภทเส้นใย ผงหรือฝุ่นมาใช้ร่วมกับน้ำยางพารา เช่น ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และเส้นใยมะพร้าว เป็นต้น โดยนำมาทดสอบคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม มีคุณสมบัติที่ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์จริงได้

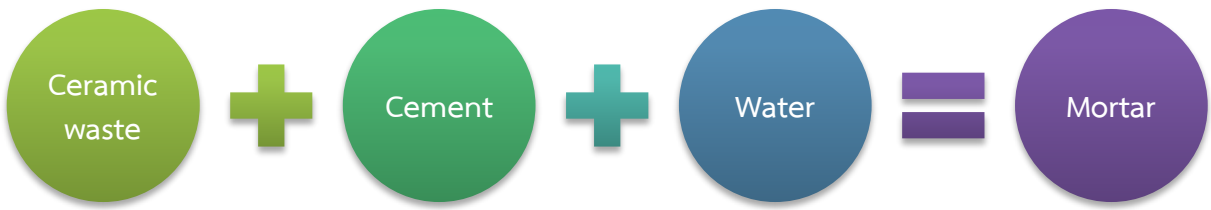
2.9.2 ข้อมูลการทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ (ดังแสดงรายละเอียดในข้อ 2.9.1) โดยการนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยวัสดุหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาและทดลองครั้งนี้ ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา (เนื้อเซรามิกส์ประเภทแกรนิตโต้) และกลุ่มที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นส่วนเสริมแรงในตัวของวัสดุ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในแหล่งพื้นที่ชุมชนจังหวัดสระบุรี โดยทั้งสองกลุ่มนี้จะมีการใช้วัสดุประสานเพื่อช่วยในการยึดเกาะและขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์แบบต่าง ๆ ทั้งหมด 9 กระบวนการ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

1. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 วัสดุประสานที่ใช้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
2. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 และ 7 วัสดุประสานที่ใช้ ได้แก่ น้ำยาเรซิ่น
3. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8 และ 9 วัสดุประสานที่ใช้ ได้แก่ น้ำยางพารา

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำวัสดุดังกล่าวมาทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์แบบต่าง ๆ ทั้งหมด 9 กระบวนการ โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมแบบตาราง Line blend percentages มาใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาวัสดุและดูแนวโน้มผลลัพธ์จากกระบวนการใช้ประโยชน์ รวมถึงเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแต่ละกระบวนการเพื่อใช้ในการคัดเลือกกระบวนการใช้ประโยชน์และสูตรการทดลองที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ในลำดับต่อไป โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดการทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ไว้ดังนี้

1. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์



ภาพที่ 2.30 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1

ตารางที่ 2.15 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 1

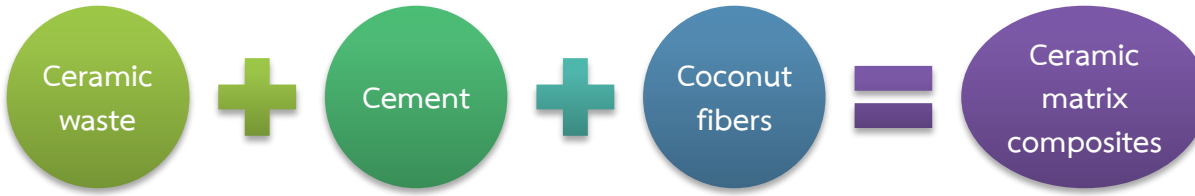
วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
น้ำบริสุทธิ์	35	35	35	35	35	35	35	35	35

ตารางที่ 2.16 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 1		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	CW 1	สีเทาเข้ม	115	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
2	CW 2	สีเทาเข้ม	110	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
3	CW 3	สีเทาเข้ม	103	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
4	CW 4	สีเทาอ่อน	98	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
5	CW 5	สีเทาอ่อน	94	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
6	CW 6	สีเทาอ่อน	91	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
7	CW 7	สีน้ำตาล	85	ผิวบิ่น	ขึ้นรูปได้	-
8	CW 8	สีน้ำตาล	80	ผิวร่อน	ขึ้นรูปได้	-
9	CW 9	สีน้ำตาล	76	ผิวร่อน	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 1 สามารถสรุปได้ว่า สูตร CW1-CW9 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ พื้นผิวเรียบ ไม่บิ่นหรือหลุดร่อนมีทั้งหมด 6 สูตร ได้แก่ สูตร CW1-CW6 โดยสูตรดังกล่าวจะมีพื้นผิวแตกต่างกันเล็กน้อย รวมถึงมีเฉดสีโทนสีเทาเข้มถึงโทนสีเทาอ่อน และแสดงให้เห็นเม็ดสีแดงที่เกิดจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ทำให้มีความน่าสนใจมากขึ้น ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ ได้แก่ สูตร CW1, CW2, CW3, CW4, CW5 และ CW6

2. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าว และขุยมะพร้าว



ภาพที่ 2.31 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2

ตารางที่ 2.17 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 2

วัตถุดิบ 4 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ใยมะพร้าว	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
ขุยมะพร้าว	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
น้ำบริสุทธิ์	35	35	35	35	35	35	35	35	35

ตารางที่ 2.18 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 2		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	CWF 1	สีเทา	73	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
2	CWF 2	สีเทา	65	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
3	CWF 3	สีเทา	61	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
4	CWF 4	สีน้ำตาล	57	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
5	CWF 5	สีน้ำตาล	53	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
6	CWF 6	สีน้ำตาล	49	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
7	CWF 7	สีน้ำตาล	46	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
8	CWF 8	สีน้ำตาล	43	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
9	CWF 9	สีน้ำตาล	40	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปไม่ได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า สูตร CWF1-CWF8 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ พื้นผิวเรียบ ไม่บิ่นหรือหลุดร่อนมีทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตร CWF1-CWF5 โดยสูตรดังกล่าวจะมีสีและลวดลายที่แตกต่างกัน รวมถึงยังมีการแสดงให้เห็นเม็ดสีแดงที่เกิดจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ทำให้มีความน่าสนใจมากขึ้น ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร CWF1, CWF2, CWF3, CWF4 และ CWF5

3. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

ภาพที่ 2.32 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3

ตารางที่ 2.19 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 3

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
น้ำบริสุทธิ์	20	20	20	20	20	20	20	20	20

ตารางที่ 2.20 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 3		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	PCS 1	สีเทาเข้ม	110	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
2	PCS 2	สีเทาเข้ม	109	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
3	PCS 3	สีเทาเข้ม	110	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
4	PCS 4	สีน้ำตาล	107	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
5	PCS 5	สีน้ำตาล	105	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
6	PCS 6	สีน้ำตาล	102	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
7	PCS 7	สีน้ำตาล	96	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
8	PCS 8	สีแดง	91	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
9	PCS 9	สีแดง	85	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สามารถสรุปได้ว่า สูตร PCS1-PCS9 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ มีการยึดเกาะกันแน่น พื้นผิวไม่หลุดร่อนมีทั้งหมด 8 สูตร ได้แก่ สูตร PCS1-PCS8 โดยสูตรดังกล่าวจะมีการแสดงพื้นผิว ลวดลายและเฉดสีแตกต่างกัน จึงทำให้มีความหลากหลายและความน่าสนใจมากขึ้น ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร PCS1, PCS2, PCS3, PCS4, PCS5, PCS6, PCS7 และ PCS8

4. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

ภาพที่ 2.33 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4

ตารางที่ 2.21 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 4

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
น้ำบริสุทธิ์	20	20	20	20	20	20	20	20	20

ตารางที่ 2.22 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 4		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	PCL 1	สีเทาเข้ม	111	ผิวเป็นขุย	ขึ้นรูปได้	-
2	PCL 2	สีเทาเข้ม	108	ผิวเป็นขุย	ขึ้นรูปได้	-
3	PCL 3	สีเทาเข้ม	104	ผิวเป็นขุย	ขึ้นรูปได้	-
4	PCL 4	สีเทาเข้ม	102	ผิวเป็นขุย	ขึ้นรูปได้	-
5	PCL 5	สีเทา	99	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
6	PCL 6	สีเทา	96	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
7	PCL 7	สีเทา	94	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
8	PCL 8	สีเทาอ่อน	92	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
9	PCL 9	สีเทาอ่อน	87	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า สูตร PCL1-PCL9 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ มีการยึดเกาะกันแน่น รวมถึงมีลักษณะพื้นผิวไม่หลุดร่อนหรือเป็นขุยมีทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตร PCL5-PCL8 โดยสูตรดังกล่าวจะมีการแสดงพื้นผิว ลวดลายและความพรุนตัวแตกต่างกัน ดังนั้น สูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร PCL5, PCL6, PCL7 และ PCL8

5. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

ภาพที่ 2.34 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5

ตารางที่ 2.23 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 5

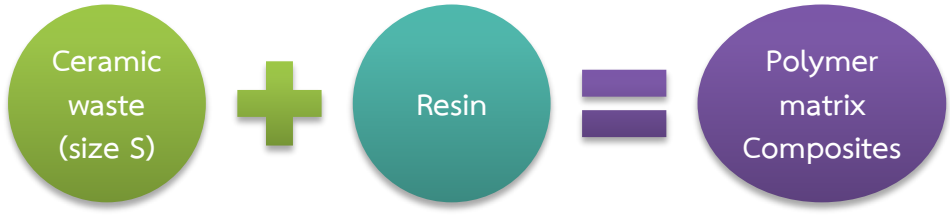
วัตถุดิบ 4 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ใยมะพร้าว	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ขุยมะพร้าว	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
น้ำบริสุทธิ์	25	25	25	25	25	25	25	25	25

ตารางที่ 2.24 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 5		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	PCF 1	สีเทา	82	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
2	PCF 2	สีเทา	76	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
3	PCF 3	สีเทา	73	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
4	PCF 4	สีน้ำตาล	72	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
5	PCF 5	สีน้ำตาล	70	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
6	PCF 6	สีน้ำตาล	68	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
7	PCF 7	สีแดงอ่อน	68	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
8	PCF 8	สีแดงอ่อน	66	ผิวเป็นขุย	ขึ้นรูปได้	-
9	PCF 9	สีแดงอ่อน	64	ผิวเป็นขุย	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 5 สามารถสรุปได้ว่า สูตรที่มีความสมบูรณ์ พื้นผิวไม่หลุดร่อนและเป็นขุยมีทั้งหมด 6 สูตร ได้แก่ สูตร PCF1-PCF6 และสูตรดังกล่าวจะให้เฉดสีที่มีความแตกต่างกัน โดยจะมีตั้งแต่โทนสีเทาจนถึงโทนสีน้ำตาล ซึ่งสามารถเลือกนำมาใช้ได้หลากหลาย ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร PCF1, PCF2, PCF3, PCF4, PCF5 และ PCF6

6. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 คือ กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิตด้วยวิธีการหล่อแบบและการอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่น (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)



ภาพที่ 2.35 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6

ตารางที่ 2.25 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 6

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยาเรซิ่น	90	80	70	60	50	40	30	20	10

ตารางที่ 2.26 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 6		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	CPS 1	สีแดงอ่อน	77	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
2	CPS 2	สีแดงอ่อน	80	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
3	CPS 3	สีแดงอ่อน	86	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
4	CPS 4	สีแดง	92	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
5	CPS 5	สีแดง	100	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
6	CPS 6	สีแดง	107	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-
7	CPS 7	สีแดงเข้ม	115	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-
8	CPS 8	สีแดงเข้ม	121	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-
9	CPS 9	สีแดงเข้ม	128	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 สามารถสรุปได้ว่า สูตร CPS1-CPS9 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ มีพื้นผิวเรียบ และไม่มีฟองอากาศมีทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตร CPS1-CPS5 แต่เนื่องจากสูตร CPS4 และ CPS5 มีการแสดงให้เห็นลวดลายที่เกิดจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์น้อย ทำให้สูตร CPS4 และ CPS5 ยังไม่มีความน่าสนใจเท่าที่ควร ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร CPS1, CPS2 และ CPS3

7. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7 คือ กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิตด้วยวิธีการหล่อแบบและการอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่น (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

ภาพที่ 2.36 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7

ตารางที่ 2.27 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 7

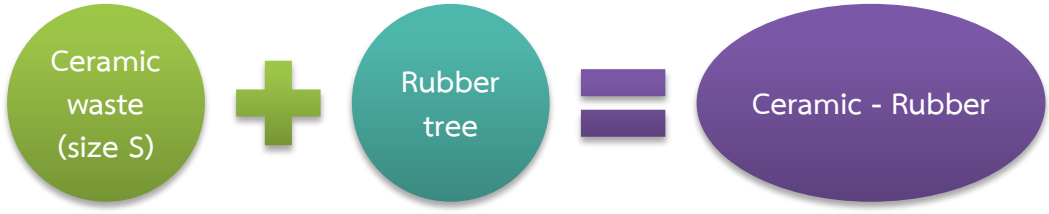
วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยาเรซิ่น	90	80	70	60	50	40	30	20	10

ตารางที่ 2.28 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 7		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	CPL 1	สีน้ำตาล	81	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
2	CPL 2	สีน้ำตาล	86	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
3	CPL 3	สีน้ำตาล	89	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
4	CPL 4	สีน้ำตาล	92	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
5	CPL 5	สีน้ำตาล	95	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
6	CPL 6	สีน้ำตาล	99	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
7	CPL 7	สีแดง	95	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-
8	CPL 8	สีแดง	92	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-
9	CPL 9	สีแดง	84	มีฟองอากาศ	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า สูตร CPL1-CPL9 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ มีพื้นผิวเรียบ และไม่มีฟองอากาศมีทั้งหมด 6 สูตร ได้แก่ สูตร CPL1-CPL6 แต่เนื่องจากสูตร CPL1 และ CPL2 มีการใช้วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่น้อย ทำให้มีพื้นผิวบางส่วนมีการเรียงตัวของลวดลายได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้ทั้งสองสูตรดังกล่าวยังไม่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร CPL3, CPL4, CPL5 และ CPL6

8. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์ - ยางพาราด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)



ภาพที่ 2.37 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8

ตารางที่ 2.29 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 8

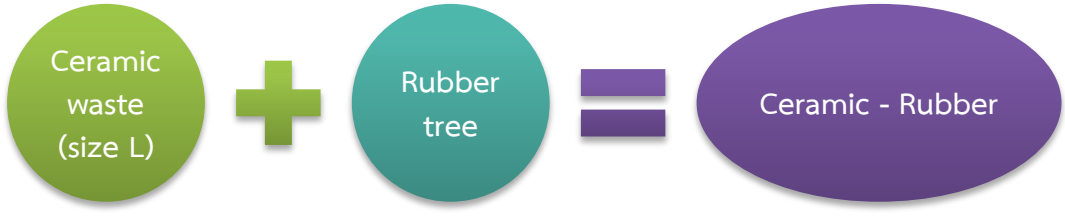
วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยางพารา	90	80	70	60	50	40	30	20	10

ตารางที่ 2.30 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 8		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	CRS 1	สีแดง	8	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
2	CRS 2	สีแดง	18	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
3	CRS 3	สีแดง	22	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
4	CRS 4	สีน้ำตาล	27	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
5	CRS 5	สีน้ำตาล	36	บิดเบี้ยว	ขึ้นรูปได้	-
6	CRS 6	สีน้ำตาล	44	บิดเบี้ยว	ขึ้นรูปไม่ได้	-
7	CRS 7	สีน้ำตาล	46	ผิวฉีกขาด	ขึ้นรูปไม่ได้	-
8	CRS 8	สีน้ำตาล	31	ผิวฉีกขาด	ขึ้นรูปไม่ได้	-
9	CRS 9	สีน้ำตาล	20	ผิวฉีกขาด	ขึ้นรูปไม่ได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 8 สามารถสรุปได้ว่า สูตร CRS1-CRS5 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ มีพื้นผิวเรียบ ไม่บิดเบี้ยว และฉีกขาดมีทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตร CRS1-CRS4 แต่เนื่องจากสูตร CRS3 และ CRS4 มีพื้นผิวบางส่วนขรุขระ ไม่เรียบและมีฟองอากาศเล็กน้อย ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร CRS1 และ CRS2

9. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์ - ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)



ภาพที่ 2.38 แสดงรูปแบบกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9

ตารางที่ 2.31 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 9

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยางพารา	90	80	70	60	50	40	30	20	10

ตารางที่ 2.32 ข้อมูลแสดงผลการทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9

กระบวนการขึ้น รูปแบบที่ 9		ลักษณะทางกายภาพหลังขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง				
สูตรที่	ชื่อสูตร	สี	น้ำหนัก	พื้นผิว	การขึ้นรูป	หมายเหตุ
1	CRL 1	สียางพารา	8	ผิวฉีกขาด	ขึ้นรูปไม่ได้	-
2	CRL 2	สียางพารา	11	ผิวฉีกขาด	ขึ้นรูปไม่ได้	-
3	CRL 3	สียางพารา	20	ผิวฉีกขาด	ขึ้นรูปไม่ได้	-
4	CRL 4	สียางพารา	23	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
5	CRL 5	สียางพารา	26	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
6	CRL 6	สียางพารา	32	ผิวเรียบ	ขึ้นรูปได้	-
7	CRL 7	สียางพารา	47	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
8	CRL 8	สียางพารา	52	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-
9	CRL 9	สียางพารา	58	ผิวขรุขระ	ขึ้นรูปได้	-

จากการทดลองขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9 สามารถสรุปได้ว่า สูตร CRL4-CRL9 สามารถทำการขึ้นรูปได้ โดยสูตรที่มีความสมบูรณ์ มีพื้นผิวเรียบ และไม่ฉีกขาดมีทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ สูตร CRL4-CRL6 แต่เนื่องจากสูตร CRL6 มีพื้นผิวบางส่วนเสี่ยงต่อการฉีกขาดเล็กน้อย จึงทำให้ไม่เหมาะในการนำมาใช้ ดังนั้นสูตรที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ได้แก่ สูตร CRL4 และ CRL5

จากผลการทดลองการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ ทั้งหมด 9 กระบวนการข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองในกระบวนการต่าง ๆ เป็นรายกระบวนการและรายสูตรการทดลอง เพื่อใช้ในการพิจารณาและประเมินผลในด้านคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของสี น้ำหนัก พื้นผิว และลักษณะภายนอกหลังทำการขึ้นรูป เพื่อใช้ในการคัดเลือกสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติที่ดี มีความเหมาะสม และสามารถนำมาต่อยอดในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สามารถใช้งานจริงได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ได้ทำการวิเคราะห์ สรุปผล และคัดเลือกสูตรที่มีความเหมาะสมในแต่ละกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการต่าง ๆ เพื่อใช้ในการส่งทดสอบประสิทธิภาพเชิงกลในส่วนของขนาด น้ำหนัก และกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่สอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ในแต่ละกระบวนการ เพื่อคัดเลือกสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณบัติเชิงกลที่เหมาะสมที่สุด ในการนำมาใช้ออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนไว้ดังนี้

1. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ตาร์ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CW1, CW2, CW3, CW4, CW5 และ CW6 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ : ซีเมนต์ คือ อัตราส่วน 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40

2. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CWF1, CWF2, CWF3, CWF4 และ CWF5 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ต่อซีเมนต์ : เส้นใยมะพร้าว : ขุยมะพร้าว คือ อัตราส่วน 10:90:2.5:2.5, 20:80:2.5:2.5, 30:70:2.5:2.5, 40:60:2.5:2.5 และ 50:50:2.5:2.5

3. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร PCS1, PCS2, PCS3, PCS4, PCS5, PCS6, PCS7 และ PCS8 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) : ซีเมนต์ คือ อัตราส่วน 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20

4. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร PCL5, PCL6, PCL7 และ PCL8 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) : ซีเมนต์ คือ อัตราส่วน 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20

5. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร PCF1, PCF2, PCF3, PCF4, PCF5 และ PCF6 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) : ซีเมนต์ : เส้นใยมะพร้าว : ขุยมะพร้าว คือ อัตราส่วน 10:90:1.5:1.5, 20:80:1.5:1.5, 30:70:1.5:1.5, 40:60:1.5:1.5, 50:50:1.5:1.5 และ 60:90:1.5:1.5

6. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 คือ กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยมีน้ำยาเรซิ่น (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CPS1 CPS2 และ CPS3 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) : น้ำยาเรซิ่น คือ อัตราส่วน 10:90, 20:80 และ 30:70

7. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7 คือ กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยมีน้ำยาเรซิ่น (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CPL3 CPL4 CPL5 และ CPL6 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) : น้ำยาเรซิ่น คือ อัตราส่วน 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40

8. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CRS1 และ CRS2 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) : น้ำยางพารา คือ อัตราส่วน 10:90 และ 20:80

9. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา โดยมีน้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

- สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CRL4 และ CRL5 โดยเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) : น้ำยางพารา คือ อัตราส่วน 40:60 และ 50:50

2.9.3 ข้อมูลการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จากข้อมูลการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ทั้งหมด 9 กระบวนการ ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลและคัดเลือกสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (ดังแสดงในรายละเอียดข้อ 2.9.2)

ทั้งนี้จากการสรุปผลคุณสมบัติข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 9 กระบวนการ เพื่อใช้วิเคราะห์รูปแบบ ลักษณะทางกายภาพของวัสดุ รูปแบบทางการตลาด รูปแบบเทคโนโลยีที่ใช้ และรูปแบบหรือประเภทผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ในแต่ละกระบวนการ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

1.1 รูปแบบทางการตลาด คือ การขึ้นรูปวิธีนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของสินค้าชุมชน โดยพัฒนาและออกแบบให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้ ของตกแต่ง และผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

1.2 รูปแบบของสูตรทดลอง คือ เป็นการนำซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุประสาน โดยการนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และน้ำ เพื่อทำการขึ้นรูปตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

1.3 รูปแบบลักษณะเด่นของวัสดุ คือ

(1) มีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัดและแรงดึงได้ดี

(2) มีพื้นผิว ลวดลายและสีที่ดูเป็นธรรมชาติ ให้ความน่าสนใจ

1.4 รูปแบบของเทคโนโลยี คือ ผสมและขึ้นรูปโดยการใช้พิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ พิมพ์ยางพารา พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์เหล็ก และพิมพ์พลาสติกในการหล่อแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

1.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม ได้แก่

(1) กลุ่มกระถาง

(2) กลุ่มแผ่นปูพื้น

(3) กลุ่มคอนกรีตบล็อก

(4) กลุ่มประติมากรรม

(5) กลุ่มของตกแต่ง

(6) กลุ่มของโต๊ะ, เก้าอี้

2. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

2.1 รูปแบบทางการตลาด คือ การขึ้นรูปวิธีนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของสินค้าชุมชน โดยพัฒนาและออกแบบให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้ ของตกแต่ง และผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

2.2 รูปแบบของสูตรทดลอง คือ เป็นการนำซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุประสาน โดยการนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าว ขุยมะพร้าวและน้ำ เพื่อทำการขึ้นรูปตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

2.3 รูปแบบลักษณะเด่นของวัสดุ คือ

(1) มีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัดและแรงดึงได้ดี

(2) มีน้ำหนักเบา สามารถระบายความร้อนได้ดี

(3) สามารถดูดซับน้ำและเสียงได้ดี

(4) มีพื้นผิว ลวดลาย และสีที่ให้ความแปลกใหม่ น่าสนใจ

2.4 รูปแบบของเทคโนโลยี คือ ผสมและขึ้นรูปโดยการใช้พิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ พิมพ์ยางพารา พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์เหล็ก และพิมพ์พลาสติกในการหล่อแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

2.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลตและมีเส้นใยเป็นส่วนผสม ได้แก่

(1) กลุ่มกระถาง

(2) กลุ่มแผ่นปูพื้น

(3) กลุ่มคอนกรีตบล็อก

(4) กลุ่มประติมากรรมลอยตัว, นูนสูง-นูนต่ำ

(5) กลุ่มของตกแต่ง

(6) กลุ่มของโต๊ะ, เก้าอี้

(7) กลุ่มวัสดุกันความร้อน

(8) กลุ่มวัสดุกันเสียง

(9) กลุ่มวัสดุดูดซับน้ำ

3. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็กและอนุภาคขนาดใหญ่) ตามลำดับ

3.1 รูปแบบทางการตลาด คือ การขึ้นรูปวิธีนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของสินค้าชุมชน โดยพัฒนาและออกแบบให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้ ของตกแต่ง และผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

3.2 รูปแบบของสูตรทดลอง คือ เป็นการนำซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุประสาน โดยการนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และใช้น้ำปริมาณน้อย ผสมให้เข้ากันตามระยะเวลาที่กำหนด และทำการอัดวัสดุเพื่อทำการขึ้นรูปตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

3.3 รูปแบบลักษณะเด่นของวัสดุ คือ

(1) มีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัดและแรงดึงได้ดี

(2) มีน้ำหนักเบา สามารถระบายความร้อนได้ดี

(3) มีความพรุนตัว และสามารถระบายน้ำได้ดี

(4) มีพื้นผิว ลวดลาย และสีที่ให้ความแปลกใหม่ น่าสนใจ

3.4 รูปแบบของเทคโนโลยี คือ ผสมและขึ้นรูปโดยการใช้พิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ พิมพ์ยางพารา พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์เหล็ก และพิมพ์พลาสติกในการอัดแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

3.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลตเป็นส่วนผสม ได้แก่

(1) กลุ่มแผ่นปูพื้น

(2) กลุ่มคอนกรีตบล็อก

(3) กลุ่มประติมากรรมนูนสูง-นูนต่ำ

(4) กลุ่มของตกแต่ง

4. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

4.1 รูปแบบทางการตลาด คือ การขึ้นรูปวิธีนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของสินค้าชุมชน โดยพัฒนาและออกแบบให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้ ของตกแต่ง และผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

4.2 รูปแบบของสูตรทดลอง คือ เป็นการนำซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุประสาน โดยการนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว โดยมีการใช้น้ำปริมาณน้อย ผสมให้เข้ากันตามระยะเวลาที่กำหนด และทำการอัดวัสดุเพื่อทำการขึ้นรูปตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

4.3 รูปแบบลักษณะเด่นของวัสดุ คือ

(1) มีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัดและแรงดึงได้ดี

(2) มีน้ำหนักเบา สามารถระบายความร้อนได้ดี

(3) มีความพรุนตัว และสามารถระบายน้ำได้ดี

(4) สามารถดูดซับเสียงได้ดี

(5) มีพื้นผิว ลวดลาย และสีที่ให้ความแปลกใหม่ น่าสนใจ

4.4 รูปแบบของเทคโนโลยี คือ ผสมและขึ้นรูปโดยการใช้พิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ พิมพ์ยางพารา พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์เหล็ก และพิมพ์พลาสติกในการอัดแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

4.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลตและมีเส้นใยเป็นส่วนผสม ได้แก่

(1) กลุ่มแผ่นปูพื้น

(2) กลุ่มคอนกรีตบล็อก

(3) กลุ่มของตกแต่ง

(4) กลุ่มประติมากรรมนูนสูง-นูนต่ำ

(5) กลุ่มวัสดุระบายความร้อน

(6) กลุ่มวัสดุดูดซับน้ำ

5. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 และ 7 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและการอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็กและอนุภาคขนาดใหญ่) ตามลำดับ

5.1 รูปแบบทางการตลาด คือ การขึ้นรูปวิธีนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของสินค้าชุมชน โดยพัฒนาและออกแบบให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้และของตกแต่ง

5.2 รูปแบบของสูตรทดลอง คือ เป็นการนำน้ำยาเรซิ่นมาใช้เป็นวัสดุประสาน โดยการนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผสมให้เข้ากันและทำการหล่อแบบตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

5.3 รูปแบบลักษณะเด่นของวัสดุ คือ

(1) มีความแข็งแรง สามารถทนความร้อน ทนแรงกระแทกได้ดี

(2) มีพื้นผิว ลวดลายและสีที่ให้ความแปลกใหม่ น่าสนใจ

(3) สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความซับซ้อนมากได้

5.4 รูปแบบของเทคโนโลยี คือ ผสมและขึ้นรูปโดยการใช้พิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ พิมพ์ยางพารา พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์เหล็ก และพิมพ์พลาสติกในการหล่อแบบและอัดแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

5.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีเรซิ่นเป็นส่วนผสมในชิ้นงาน ได้แก่

(1) กลุ่มกระถางขนาดเล็ก

(2) กลุ่มของตกแต่ง

(3) กลุ่มประติมากรรมนูนสูง-นูนต่ำ

6. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8 และ 9 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็กและอนุภาคขนาดใหญ่) ตามลำดับ

6.1 รูปแบบทางการตลาด คือ การขึ้นรูปวิธีนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของสินค้าชุมชน โดยพัฒนาและออกแบบให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้และของตกแต่ง

6.2 รูปแบบของสูตรทดลอง คือ เป็นการนำน้ำยางพาราชนิดหล่อแบบมาใช้เป็นวัสดุประสาน โดยการนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และผสมให้เข้ากัน จึงนำมาทำการหล่อแบบตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ โดยจะต้องมีการควบคุมปริมาณน้ำยางพาราและความหนาที่ใช้ให้เหมาะสม

6.3 รูปแบบลักษณะเด่นของวัสดุ คือ

(1) มีเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี

(2) ทนต่อแรงอัด แรงดัดและแรงดึงได้ดี

(3) มีพื้นผิวและสีที่ให้ความแปลกใหม่ น่าสนใจ

6.4 รูปแบบของเทคโนโลยี คือ ผสมและขึ้นรูปโดยการใช้พิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ พิมพ์ยางพารา พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์เหล็ก และพิมพ์พลาสติกในการหล่อแบบและอัดแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

6.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มียางสังเคราะห์หรือยางพาราธรรมชาติเป็นส่วนผสมในชิ้นงาน ได้แก่

(1) กลุ่มแผ่นตกแต่งผนังนูนต่ำ

(2) กลุ่มแผ่นปูพื้นหรือรองพื้นภายใน และภายนอก

(3) กลุ่มแผ่นรองภาชนะ

2.9.4 การวิเคราะห์ จุดเด่น จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (SWOT) ของกระบวนการใช้ประโยน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 2.33 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในวัสดุจะทำให้วัสดุดังกล่าวมีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัด และแรงดึงได้ดี	1. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในปริมาณที่มากเกินไป ทำมีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในปริมาณน้อย
2. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่ดี มีคุณภาพนิยมนำมาใช้งานหลากหลายในอุตสาหกรรม	2. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในสูตรทำให้เป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิต
3. ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีราคาไม่แพง สามารถหาซื้อได้ตามร้านค้าวัสดุก่อสร้าง	3. การใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรจะทำให้วัสดุดังกล่าวไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง
4. ใช้วิธีการขึ้นรูปที่ง่าย สะดวก มีขั้นตอนในการทำไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน	4. การใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรไม่สามารถใช้กับสินค้าที่ต้องสัมผัสกับซัลเฟตได้
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้	1. ผลลัพธ์ของวัสดุที่ได้ไม่มีความน่าสนใจเท่าที่ควร มีลักษณะของพื้นผิวเหมือนคอนกรีตธรรมดาทั่วไป
2. สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีอยู่ในปริมาณมากได้	2. มีวิธีการขึ้นรูปอื่นที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน ที่มีการใช้วัสดุน้อยกว่า เช่น การใช้ซีเมนต์อย่างเดียว
3. สามารถนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ร่วมกับซีเมนต์ที่เป็นวัสดุประสานได้	3. รูปแบบและลักษณะของวัสดุไม่สามารถสร้างแรงดึงดูดหรือสร้างมูลค่าให้กับวัสดุได้ดีเท่าที่ควร
	4. มีวัสดุอื่นๆที่น่าสนใจ และมีคุณสมบัติเชิงกลทางกายภาพที่ดีกว่า

ตารางที่ 2.34 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในวัสดุจะทำให้วัสดุดังกล่าวมีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัด และแรงดึงได้ดี	1. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในปริมาณที่มากเกินไป ทำมีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในปริมาณน้อย
2. เมื่อมีการนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ร่วมในการขึ้นรูปวัสดุ ทำให้มีน้ำหนักเบามาก	2. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในสูตรทำให้เป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิต
3. การนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ในการขึ้นรูปจะช่วยในการเสริมโครงสร้าง และเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต	3. การใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรทำให้วัสดุดังกล่าวไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง และไม่สามารถนำมาใช้กับสินค้าที่สัมผัสกับซัลเฟตได้
4. วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่ได้มีพื้นผิว ลวดลายที่น่าสนใจ	4. การนำเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวมาใช้ในการขึ้นรูปจะต้องทำการต้มเพื่อปรับสภาพก่อนใช้
5. การนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้จะสามารถช่วยให้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตคลายความร้อนได้	5. การนำเส้นใยมะพร้าวมาใช้จะต้องทำการตัดและกำหนดความยาวที่ต้องการ ทำให้มีขั้นตอนในการเตรียมวัสดุค่อนข้างซับซ้อน
6. การนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้จะสามารถช่วยให้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตดูดซับเสียงได้ดี	6. การนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ในการขึ้นรูปจะทำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตอุ้มและดูดซับน้ำ
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้	1. มีวิธีการขึ้นรูปอื่นที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันและมีคุณสมบัติที่ดีกว่า เช่น ไฟเบอร์ซีเมนต์ ฯลฯ
2. สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีอยู่ในปริมาณมากได้	2. เส้นใยและขุยมะพร้าว ไม่สามารถนำมาใช้งานได้เลย ทำให้ต้องใช้เครื่องมือในการเตรียมมาก
3. สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมมะพร้าวที่มีอยู่ในปริมาณมากได้	3. เส้นใยมะพร้าวที่มีขายทั่วไปในปัจจุบัน มีราคาค่อนข้างสูง และมีคุณภาพแตกต่างกัน
4. วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตดังกล่าวเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจ สามารถเพิ่มมูลค่าของตัววัสดุได้	4. ใช้วัสดุทั้งหมด 4 ชนิด ทำให้มีต้นทุนในการผลิตหรือขึ้นรูปวัสดุที่มากกว่าวัสดุคอมโพสิตอื่นๆ
5. สามารถนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ร่วมกับซีเมนต์ เส้นใยและขุยมะพร้าวได้	

ตารางที่ 2.35 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะทำให้อนุภาคของวัสดุทั้ง 2 ชนิด มีช่องว่างขนาดเล็ก น้ำสามารถผ่านได้	1. วิธีการขึ้นรูปแบบนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ชอบน้ำหรือไม่ต้องการสัมผัสกับน้ำ
2. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ทำให้ชิ้นงานหรือวัสดุมีพื้นผิว สี และลวดลายที่แปลกใหม่ น่าสนใจและไม่ซ้ำกัน	2. จะต้องมีการควบคุมส่วนผสมของวัสดุให้มีความถูกต้อง แม่นยำ เพราะอาจส่งผลต่อคุณสมบัติได้
3. ชิ้นงานหรือวัสดุเซรามิกส์พรุนมีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัด และแรงดึงได้ดี	3. การใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรทำให้วัสดุดังกล่าวไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง และไม่สามารถนำมาใช้ในการสัมผัสกับซัลเฟตได้
4. เป็นการแสดงถึงลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ในส่วนของพื้นผิวที่ยึดเกาะกันแน่น	4. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในสูตรทำให้เป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิต
5. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้สามารถนำวัสดุที่มีอนุภาคแตกต่างกันมาใช้ เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นได้	5. ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำอย่างรุนแรงอาจจะทำให้เนื้อของเซรามิกส์พรุนแตกหรือบิ่นได้ง่าย
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้	1. มีวิธีการขึ้นรูปอื่นที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันและมีคุณสมบัติที่ดีกว่า เช่น การผลิตอิฐบล็อก ฯลฯ
2. สามารถนำวัสดุอื่นๆเข้ามาใช้ร่วมกับการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน เพื่อให้มีความน่าสนใจมากขึ้นได้	2. การนำวัสดุต่างๆมาใช้ในการขึ้นรูปจะต้องมีการกำหนดขนาดอนุภาคของผงเซรามิกส์ก่อน
3. วัสดุเซรามิกส์พรุนสามารถนำไปใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแสดงพื้นผิวแปลกใหม่ได้	3. ในกรณีที่ทำการผสมไม่เข้ากันอาจทำให้คุณสมบัติของวัสดุเกิดความคลาดเคลื่อนได้
4. เซรามิกส์พรุนสามารถนำไปผลิตชิ้นงานที่สามารถรองรับน้ำหนักหรือสัมผัสกับน้ำได้	4. ในกรณีที่ทำการอัดวัสดุเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ถ้ามีการอัดตัวไม่แน่นจะทำให้ชิ้นงานเกิดหลุดร่อนได้

ตารางที่ 2.36 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะทำให้อนุภาคของวัสดุทั้ง 2 ชนิด มีช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้น้ำสามารถผ่านได้	1. วิธีการขึ้นรูปแบบนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ชอบน้ำหรือไม่ต้องการสัมผัสกับน้ำ
2. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ทำให้ชิ้นงานหรือวัสดุมีพื้นผิว สี และลวดลายที่แปลกใหม่ น่าสนใจและไม่ซ้ำกัน	2. จะต้องมีการควบคุมส่วนผสมของวัสดุให้มีความถูกต้อง แม่นยำ เพราะอาจส่งผลต่อคุณสมบัติได้
3. ชิ้นงานหรือวัสดุเซรามิกส์พรุนมีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงอัด แรงดัด และแรงดึงได้ดี	3. การใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรทำให้วัสดุดังกล่าวไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง และไม่สามารถนำมาใช้ในการสัมผัสกับซัลเฟตได้
4. เป็นการแสดงถึงลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ในส่วนของพื้นผิวที่ยึดเกาะกันแน่น	4. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในสูตรทำให้เป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจากการผลิต
5. ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะมีน้ำหนักเบา และสามารถถ่ายเทความร้อนออกจากตัววัสดุได้ง่าย	5. ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำอย่างรุนแรงอาจจะทำให้เนื้อของเซรามิกส์พรุนแตกหรือบิ่นได้ง่าย
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้	1. มีวิธีการขึ้นรูปอื่นที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันและมีคุณสมบัติที่ดีกว่า เช่น การผลิตอิฐบล็อก ฯลฯ
2. วัสดุเซรามิกส์พรุนเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับตัวชิ้นงานหรือวัสดุได้	2. การนำวัสดุต่างๆมาใช้ในการขึ้นรูปจะต้องมีการกำหนดขนาดอนุภาคของผงเซรามิกส์ก่อน
3. สามารถนำวัสดุอื่นๆเข้ามาใช้ร่วมกับการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน เพื่อให้มีความน่าสนใจมากขึ้นได้	3. ในกรณีที่ทำการผสมไม่เข้ากันอาจทำให้คุณสมบัติของวัสดุเกิดความคลาดเคลื่อนได้
4. เซรามิกส์พรุนสามารถนำไปผลิตชิ้นงานที่สามารถรองรับน้ำหนักหรือสัมผัสกับน้ำได้	4. ในกรณีที่ทำการอัดวัสดุเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ถ้ามีการอัดตัวไม่แน่นจะทำให้ชิ้นงานเกิดหลุดร่อนได้

ตารางที่ 2.37 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ทำให้ชิ้นงานหรือวัสดุมีพื้นผิว สี และลวดลายที่แปลกใหม่ น่าสนใจและไม่ซ้ำกัน	1. วิธีการขึ้นรูปแบบนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ชอบน้ำหรือไม่ต้องการสัมผัสกับน้ำ
2. เป็นการแสดงลักษณะคุณสมบัติของผงเซรามิกส์ เส้นใยและขุยมะพร้าวในส่วนของโครงสร้าง	2. จะต้องมีการควบคุมส่วนผสมของวัสดุให้มีความถูกต้อง แม่นยำ เพราะอาจส่งผลต่อคุณสมบัติได้
3. เมื่อมีการนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ร่วมในการขึ้นรูปวัสดุ ทำให้มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงมากขึ้น	3. การใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรทำให้วัสดุดังกล่าวไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง และไม่สามารถนำมาใช้ในการสัมผัสกับซัลเฟตได้
4. ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะสามารถถ่ายเทความร้อนออกจากตัววัสดุได้ง่าย	4. การใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในสูตรทำให้เป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิต
5. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้สามารถนำวัสดุที่มีอนุภาคแตกต่างกันมาใช้ เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นได้	5. การนำเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวมาใช้ในการขึ้นรูปจะต้องทำการต้มเพื่อปรับสภาพก่อนนำมาใช้งานทุกครั้ง เพื่อให้วัสดุเซรามิกส์พรุนมีคุณสมบัติที่ดีและไม่เปลี่ยนแปลงง่าย
6. การนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้จะช่วยให้วัสดุสามารถดูดซับเสียงได้	6. การนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ในการขึ้นรูปจะทำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตอุ้มและดูดซับน้ำ
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้	1. มีวิธีการขึ้นรูปอื่นที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันและมีคุณสมบัติที่ดีกว่า เช่น การผลิตอิฐบล็อก การผลิตแผ่นกันความร้อน แผ่นดูดซับเสียง ฯลฯ
2. วัสดุเซรามิกส์พรุนเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับตัวชิ้นงานหรือวัสดุได้	2. มีการใช้วัสดุทั้งหมด 4 ชนิด ทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่มากกว่าวัสดุผสมอื่นๆ จึงทำให้ต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัสดุให้คงที่
3. สามารถนำวัสดุอื่นๆเข้ามาใช้ร่วมกับการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน เพื่อให้มีความน่าสนใจและมีคุณสมบัติอื่นที่ดีขึ้นได้	3. ในกรณีที่ทำการผสมไม่เข้ากันอาจทำให้คุณสมบัติของวัสดุดังกล่าวเกิดความคลาดเคลื่อนและเปลี่ยนแปลงได้
4. สามารถนำมาผลิตชิ้นงานที่ดูดซับเสียง คลายความร้อนและอมน้ำได้	4. ในกรณีที่ทำการอัดวัสดุเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ถ้ามีการอัดตัวไม่แน่นจะทำให้ชิ้นงานเกิดหลุดร่อนได้

ตารางที่ 2.38 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การขึ้นรูปโดยใช้เรซิ่นเป็นวัสดุประสานทำให้สามารถขึ้นรูปในผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนได้	1. เมื่อมีการนำเรซิ่นมาใช้ในสูตรปริมาณมากจะทำให้ผงเซรามิกส์จมลงบนแบบหล่อ และเห็นลวดลายได้เฉพาะส่วนที่สัมผัสกับแบบเท่านั้น
2. นอกจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์แล้ว ยังสามารถนำวัสดุอื่นๆนำมาใช้ร่วมกันได้	2. การขึ้นรูปหรือทำการหล่อเรซิ่นผสมผงเซรามิกส์อาจมีริ้วรอยหรือตำหนิเกิดขึ้นหลังหล่อได้
3. ให้ลักษณะของสี ลวดลาย และพื้นผิวที่เป็นเอกลักษณ์ ลักษณะเฉพาะของผิวเรซิ่นผสมวัสดุ	3. เป็นวิธีการขึ้นรูปที่มีอยู่ทั่วไป ไม่มีความแปลกใหม่หรือความน่าสนใจมากขึ้นเท่าที่ควร
4. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้สามารถนำวัสดุอื่นมาใช้ร่วมกับวัสดุให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้นได้	4. เมื่อมีการนำผงเซรามิกส์อนุภาคขนาดเล็กมาใช้กับเรซิ่น ทำให้ไม่เห็นลวดลายนอกจากสีวัสดุ
5. สามารถเลือกลักษณะการขึ้นรูปในแต่ละสูตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับผลิตภัณฑ์แบบต่างๆได้	5. ชิ้นงานหรือวัสดุที่มีเรซิ่นเป็นส่วนผสมจะให้พื้นผิวของชิ้นงานมีความด้าน พื้นผิวไม่สวยงาม
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ร่วมกับเรซิ่น เพื่อให้เกิดประโยชน์มากขึ้น	1. ในปัจจุบันวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเรซิ่นยังไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร
2. เป็นการเปลี่ยนรูปแบบการขึ้นรูปชิ้นงานหรือวัสดุประเภทเรซิ่น โดยมีผงเซรามิกส์เป็นส่วนผสม	2. เมื่อทำการขึ้นรูปเสร็จแล้ว ถ้ามีปัจจัยภายนอกมากระทบอาจทำให้พื้นผิวเสียหายได้ง่าย
	3. การนำเรซิ่นมาใช้ในการขึ้นรูปอาจมีตำหนิประเภทฟองอากาศกับตัวผิวชิ้นงานหรือวัสดุได้
	4. เมื่อทำการขึ้นรูปเสร็จแล้ว ในกรณีที่ต้องการตกแต่งผิวนั้น จะทำได้ยากและใช้ระยะเวลามาก

ตารางที่ 2.39 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 7 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. การขึ้นรูปโดยใช้เรซิ่นเป็นวัสดุประสานทำให้สามารถขึ้นรูปในผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนได้	1. เมื่อมีการนำเรซิ่นมาใช้ในสูตรปริมาณมากจะทำให้ผงเซรามิกส์จมลงบนแบบหล่อ และเห็นลวดลายได้เฉพาะส่วนที่สัมผัสกับแบบเท่านั้น
2. นอกจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์แล้ว ยังสามารถนำวัสดุอื่นๆนำมาใช้ร่วมกันได้	2. การขึ้นรูปหรือทำการหล่อเรซิ่นผสมผงเซรามิกส์อาจมีริ้วรอยหรือตำหนิเกิดขึ้นหลังหล่อได้
3. ให้ลักษณะของสี ลวดลาย และพื้นผิวที่เป็นเอกลักษณ์ ลักษณะเฉพาะของผิวเรซิ่นผสมวัสดุ	3. เป็นวิธีการขึ้นรูปที่มีอยู่ทั่วไป ไม่มีความแปลกใหม่หรือความน่าสนใจมากขึ้นเท่าที่ควร
4. การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้สามารถนำวัสดุอื่นมาใช้ร่วมกับวัสดุให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้นได้	4. ชิ้นงานหรือวัสดุที่มีเรซิ่นเป็นส่วนผสมจะให้พื้นผิวของชิ้นงานมีความด้าน พื้นผิวไม่สวยงาม
5. สามารถเลือกลักษณะการขึ้นรูปในแต่ละสูตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับผลิตภัณฑ์แบบต่างๆได้	
6. เมื่อมีการนำผงเซรามิกส์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่มาใช้ ทำให้มีลวดลายและพื้นผิวน่าสนใจมากขึ้น	
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ร่วมกับเรซิ่น เพื่อให้เกิดประโยชน์มากขึ้น	1. ในปัจจุบันวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเรซิ่นยังไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร
2. เป็นการเปลี่ยนรูปแบบการขึ้นรูปชิ้นงานหรือวัสดุประเภทเรซิ่น โดยมีผงเซรามิกส์เป็นส่วนผสม	2. เมื่อทำการขึ้นรูปเสร็จแล้ว ถ้ามีปัจจัยภายนอกมากระทบอาจทำให้พื้นผิวเสียหายได้ง่าย
3. เมื่อนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่มาใช้ ทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆที่ให้ความน่าสนใจและเป็นเอกลักษณ์เฉพาะได้	3. การนำเรซิ่นมาใช้ในการขึ้นรูปอาจมีตำหนิประเภทฟองอากาศกับตัวผิวชิ้นงานหรือวัสดุได้
	4. เมื่อทำการขึ้นรูปเสร็จแล้ว ในกรณีที่ต้องการตกแต่งผิวนั้น จะทำได้ยากและใช้ระยะเวลามาก

ตารางที่ 2.40 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 8 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์ - ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่ใช้น้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานทำให้มีความยืดหยุ่นสูง	1. การนำน้ำยางพารามาใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจะทำให้ส่วนที่เป็นยางเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้
2. เมื่อนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ร่วมกับน้ำยางพาราทำให้วัสดุมีสีสันที่น่าสนใจ	2. น้ำยางพาราที่นำมาใช้ในสูตรจะต้องมีการควบคุมปริมาณและคุณภาพให้เหมาะสม
	3. เมื่อมีการนำน้ำยางพารามาใช้ในการขึ้นรูป ถ้าผสมไม่เข้ากันจะทำให้มีบางส่วนจับตัวเป็นก้อน
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และน้ำยางพารามาใช้ให้เกิดประโยชน์	1. การนำน้ำยางพารามาใช้เป็นวัสดุประสานจะไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความหนามากๆได้
2. สามารถนำน้ำยางพารามาใช้ร่วมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้	2. มีวัสดุประสานประเภทยางอื่นๆที่มีคุณสมบัติดีกว่าการใช้น้ำยางพาราธรรมชาติ เช่น ยางสังเคราะห์ เป็นต้น

ตารางที่ 2.41 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 9 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์ - ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพารา (ชนิดหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

จุดเด่น (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
1. วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่ใช้น้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานทำให้มีความยืดหยุ่นสูง	1. การนำน้ำยางพารามาใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจะทำให้ส่วนที่เป็นยางเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้
2. เมื่อนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ร่วมกับน้ำยางพาราทำให้วัสดุมีสีสันที่น่าสนใจ	3. น้ำยางพาราที่นำมาใช้ในสูตรจะต้องมีการควบคุมปริมาณและคุณภาพให้เหมาะสม
3. เมื่อมีการนำผงเซรามิกส์ที่มีอนุภาคใหญ่มาใช้ในการขึ้นรูป ทำให้มีพื้นผิวที่แปลกใหม่และน่าสนใจ	4. เมื่อมีการนำน้ำยางพารามาใช้ในการขึ้นรูป ถ้าผสมไม่สม่ำเสมอจะทำให้มีบางส่วนจับตัวเป็นก้อน
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และน้ำยางพารามาใช้ให้เกิดประโยชน์	1. การนำน้ำยางพารามาใช้เป็นวัสดุประสานจะไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความหนามากๆได้
2. สามารถนำน้ำยางพารามาใช้ร่วมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้	2. มีวัสดุประสานประเภทยางอื่นๆที่มีคุณสมบัติดีกว่าการใช้น้ำยางพาราธรรมชาติ เช่น ยางสังเคราะห์ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะของกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยกระบวนการใช้ประโยชน์บางกระบวนการสามารถนำมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ตามลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด โดยมีผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำกระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ทั้งหมด 8 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทกลุ่มกระถาง ได้แก่ กระถางขนาดเล็ก-ขนาดใหญ่

2. ประเภทกลุ่มชุดโต๊ะและเก้าอี้ ได้แก่ โต๊ะ, เก้าอี้ และชุดเก้าอี้สนาม

3. ประเภทกลุ่มแผ่นปูพื้นภายในและภายนอก ได้แก่ แผ่นปูพื้นและแผ่นรองพื้น

4. ประเภทกลุ่มอิฐบล็อก ได้แก่ อิฐบล็อกปูพื้นและอิฐบล็อกประสาน

5. ประเภทกลุ่มประติมากรรม ได้แก่ ประติมากรรมตกแต่งลอยตัว และนูนสูง-นูนต่ำ

6. ประเภทกลุ่มของตกแต่ง ได้แก่ แผ่นตกแต่งผนัง, โคมไฟตกแต่ง, ของที่ระลึก และของประดับตกแต่งภายในหรือภายนอก

7. ประเภทกลุ่มแผ่นวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ แผ่นกั้นผนัง, แผ่นหลังคา, แผ่นกันความร้อนและแผ่นดูดซับเสียง

8. ประเภทกลุ่มแผ่นรองภาชนะ ได้แก่ แผ่นรองแก้ว และแผ่นรองภาชนะต่าง ๆ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในรูปแบบหรือวิธีการต่าง ๆ นั้น สามารถนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนดังที่ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นประเภทผลิตภัณฑ์กลุ่มต่าง ๆ ไว้ รวมถึงยังสามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และมีคุณสมบัติที่ดีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่และผลิตภัณฑ์ชุมชนเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ พิจารณาและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพ และเพื่อให้มีความสอดคล้องกับศักยภาพและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของชุมชน โดยโครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยในส่วนของพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ชุมชนไว้ คือ พื้นที่ชุมชนในจังหวัดสระบุรี เพื่อให้ชุมชนสามารถนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ง่ายและสะดวก รวมถึงเป็นนำวัสดุเหลือใช้ภายในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยส่วนหนึ่ง

ซึ่งพื้นที่ชุมชนที่สามารถนำกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนได้มีทั้งหมด 5 กลุ่ม ดังนี้

1. พื้นที่ชุมชนอำเภอแก่งคอย ผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้แก่ คอนกรีตบล็อก โดยวัสดุหลักที่ใช้ได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย

2. พื้นที่ชุมชนอำเภอหนองแค ผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้แก่ แผ่นปูพื้น และคอนกรีตบล๊อก โดยวัสดุหลักที่ใช้ ได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย

3. พื้นที่ชุมชนอำเภอพระพุทธบาท ผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้แก่ กระถาง, แผ่นปูพื้น, คอนกรีตบล๊อก ประติมากรรม และของตกแต่ง โดยวัสดุหลักที่ใช้ ได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย

4. พื้นที่ชุมชนอำเภอเสาไห้ ผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้แก่ คอนกรีตบล็อก โดยวัสดุหลักที่ใช้ ได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย

5. พื้นที่ชุมชนอำเภอมวกเหล็ก ผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้แก่ กระถาง, แผ่นปูพื้น, คอนกรีตบล็อก ประติมากรรม และของตกแต่ง โดยวัสดุหลักที่ใช้ ได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่า จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เก็บข้อมูล และลงพื้นที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนที่จะสามารถนำกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ขอบเขตของการวิจัยจังหวัดสระบุรีได้นั้น มีอยู่ทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระถาง, ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น, ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล๊อก และผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ คือ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย เท่านั้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ชุมชนและวัสดุดังกล่าวมีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 เนื่องจากมีวิธีการขึ้นรูปที่คล้ายกัน ได้แก่ การหล่อแบบ และการอัดแบบ รวมถึงวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่นำมาใช้เป็นวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์และซีเมนต์ เป็นหลัก จึงทำให้กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรีได้อย่างดี ส่งผลให้กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 6-9 จึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ดังกล่าวได้

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้น พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในแต่ละกระบวนการนั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนได้หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยเสนอข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.42 แสดงการวิเคราะห์คุณลักษณะของกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 1-5 ที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และดูแนวโน้มในการนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

กระบวนการใช้ประโยชน์	กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน	ภูมิปัญญาและทักษะในชุมชน	วัตถุดิบหลักที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ชุมชน	เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ชุมชน	ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้	ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องกับชุมชน
กระบวนการที่ 1	วัสดุเหลือใช้ ✚ ซีเมนต์	1. งานเตรียมวัตถุดิบ 2. งานหล่อแบบ 3. งานอัดแบบ 4. งานเคลือบ 5. งานตกแต่ง	1. ซีเมนต์ 2. หินฝุ่น 3. ทรายหยาบ 4. ทรายละเอียด 5. สีฝุ่น	1. พิมพ์เหล็กหล่อแบบ 2. เครื่องผสมวัตถุดิบ 3. เครื่องขัดผิวชิ้นงาน 4. อุปกรณ์ตกแต่งสีและลวดลายผลิตภัณฑ์	1. กลุ่มกระถาง 2. กลุ่มแผ่นปูพื้น 3. กลุ่มคอนกรีตบล็อก 4. กลุ่มประติมากรรม 5. กลุ่มของตกแต่ง 6. กลุ่มของโต๊ะ, เก้าอี้	1. กลุ่มกระถาง 2. กลุ่มแผ่นปูพื้น 3. กลุ่มของตกแต่ง
กระบวนการที่ 2	วัสดุเหลือใช้ ✚ ซีเมนต์ ✚ เส้นใยมะพร้าว ✚ ขุยมะพร้าว	1. งานเตรียมวัตถุดิบ 2. งานหล่อแบบ 3. งานอัดแบบ 4. งานเคลือบ 5. งานตกแต่ง	1. ซีเมนต์ 2. หินฝุ่น 3. ทรายหยาบ 4. ทรายละเอียด 5. สีฝุ่น	1. พิมพ์เหล็กหล่อแบบ 2. เครื่องผสมวัตถุดิบ 3. เครื่องขัดผิวชิ้นงาน 4. อุปกรณ์ตกแต่งสีและลวดลายผลิตภัณฑ์	1. กลุ่มกระถาง 2. กลุ่มแผ่นปูพื้น 3. กลุ่มคอนกรีตบล็อก 4. กลุ่มประติมากรรมลอยตัว, นูนสูง-นูนต่ำ 5. กลุ่มของตกแต่ง 6. กลุ่มของโต๊ะ, เก้าอี้ 7. กลุ่มวัสดุกันความร้อน 8. กลุ่มวัสดุกันเสียง 9. กลุ่มวัสดุดูดซับน้ำ	1. กลุ่มกระถาง 2. กลุ่มแผ่นปูพื้น 3. กลุ่มของตกแต่ง

ตารางที่ 2.42 (ต่อ)

กระบวนการใช้ประโยชน์	กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน	ภูมิปัญญาและทักษะในชุมชน	วัตถุดิบหลักที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ชุมชน	เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ชุมชน	ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้	ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องกับชุมชน
กระบวนการที่ 3 และ 4	วัสดุเหลือใช้ + ซีเมนต์	1. งานเตรียมวัตถุดิบ 2. งานหล่อแบบ 3. งานอัดแบบ 4. งานเคลือบ 5. งานตกแต่ง	1. ซีเมนต์ 2. หินฝุ่น 3. ทรายหยาบ 4. ทรายละเอียด 5. สีฝุ่น	1. พิมพ์เหล็กอัดแบบ 2. เครื่องผสมวัตถุดิบ 3. เครื่องอัดแบบผง	1. กลุ่มแผ่นปูพื้น 2. กลุ่มคอนกรีตบล็อก 3. กลุ่มประดิมากรรมนูนสูง-นูนต่ำ 4. กลุ่มของตกแต่ง	1. กลุ่มแผ่นปูพื้น 2. กลุ่มคอนกรีตบล็อก 3. กลุ่มของตกแต่ง
กระบวนการที่ 5	วัสดุเหลือใช้ + ซีเมนต์ + เส้นใยมะพร้าว + ขุยมะพร้าว	1. งานเตรียมวัตถุดิบ 2. งานหล่อแบบ 3. งานอัดแบบ 4. งานเคลือบ 5. งานตกแต่ง	1. ซีเมนต์ 2. หินฝุ่น 3. ทรายหยาบ 4. ทรายละเอียด 5. สีฝุ่น	1. พิมพ์เหล็กอัดแบบ 2. เครื่องผสมวัตถุดิบ 3. เครื่องอัดแบบผง	1. กลุ่มแผ่นปูพื้น 2. กลุ่มคอนกรีตบล็อก 3. กลุ่มประดิมากรรมนูนสูง-นูนต่ำ 4. กลุ่มของตกแต่ง 5. กลุ่มวัสดุระบายความร้อน 6. กลุ่มวัสดุดูดซับน้ำ	1. กลุ่มแผ่นปูพื้น 2. กลุ่มคอนกรีตบล็อก 3. กลุ่มของตกแต่ง

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีกระบวนการที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรีทั้งหมด 5 กระบวนการ ได้แก่

1. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

2. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

3. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

4. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

5. กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ ข้างต้น ผู้วิจัย พบว่า มีผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรีที่สามารถนำกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เกิดความแปลกใหม่ และน่าสนใจ ด้วยการประยุกต์ใช้วัสดุในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประเภทวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตได้อย่างดี โดยมีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กลุ่มกระถาง, ผลิตภัณฑ์กลุ่มแผ่นปูพื้น, ผลิตภัณฑ์กลุ่มคอนกรีตบล็อก และผลิตภัณฑ์กลุ่มของตกแต่ง

2.10 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดสระบุรี

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยพบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรี มีทั้งหมด 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ทั้งนี้จากการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรี พบว่า มีผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สามารถนำกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้

2.10.1 ผลิตภัณฑ์กลุ่มกระถาง

1. โดยผลิตภัณฑ์กระถางที่มีการผลิตและจำหน่ายในพื้นที่ชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่

1.1 กระถางตั้งพื้น
1.2 กระถางตั้งโต๊ะ
1.3 กระถางแขวน

2. วัสดุที่ใช้ผลิตกระถางในพื้นที่ชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่

2.1 เซรามิกส์
2.2 ซีเมนต์
2.3 พลาสติก

2.10.2 ผลิตภัณฑ์กลุ่มแผ่นปูพื้น

1. โดยผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นที่มีการผลิตและจำหน่ายในพื้นที่ชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่

1.1 แผ่นปูพื้นภายใน คือ กระเบื้องหินขัดชั้นเดียว และกระเบื้องหินขัดสองชั้น
1.2 แผ่นปูพื้นภายนอก คือ กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น

2. วัสดุที่ใช้ผลิตแผ่นปูพื้นในพื้นที่ชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่

2.1 ซีเมนต์
2.2 คอนกรีต

2.10.3 ผลิตภัณฑ์กลุ่มคอนกรีตบล็อก

1. โดยผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกที่มีการผลิต จำหน่ายในชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่

1.1 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
1.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก
1.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2. วัสดุที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่ชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 1 ประเภท ได้แก่

2.1 คอนกรีต

2.10.4 ผลิตภัณฑ์กลุ่มของตกแต่ง

1. โดยผลิตภัณฑ์ของตกแต่งที่มีการผลิตและจำหน่ายในชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ของตกแต่งภายใน คือ ประติมากรรมลอยตัว นูนสูง-นูนต่ำ ชนิดเคลือบผิว

1.2 ของตกแต่งภายนอก คือ ประติมากรรมลอยตัว นูนสูง-นูนต่ำ ชนิดไม่เคลือบผิว

2. วัสดุที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่ชุมชนมีอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่

2.1 เซรามิกส์

2.2 ซีเมนต์

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากข้อมูลเอกสาร และทำการลงพื้นที่เพื่อสำรวจแหล่งชุมชนที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เช่น มีการผลิตและจำหน่ายในพื้นที่ชุมชน พบว่า มีแหล่งหรือกลุ่มชุมชนที่มีความเกี่ยวกับและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทั้ง 4 ประเภท ทั้งหมด 5 กลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

1. กลุ่มพื้นที่ชุมชนอำเภอแก่งคอย โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายภายในชุมชน ได้แก่ คอนกรีตบล็อก

2. กลุ่มพื้นที่ชุมชนอำเภอหนองแค โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายภายในชุมชน ได้แก่ แผ่นปูพื้น และคอนกรีตบล็อก

3. กลุ่มพื้นที่ชุมชนอำเภอพระพุทธบาท โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายภายในชุมชน ได้แก่ กระถาง, แผ่นปูพื้น, คอนกรีตบล๊อก ประติมากรรม และของตกแต่ง

4. กลุ่มพื้นที่ชุมชนอำเภอเสาไห้ โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายภายในชุมชน ได้แก่ คอนกรีตบล็อก

5. กลุ่มพื้นที่ชุมชนอำเภอมวกเหล็ก โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายภายในชุมชน ได้แก่ กระถาง, แผ่นปูพื้น, คอนกรีตบล็อก, ประติมากรรม และของตกแต่ง

2.11 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.11.1 ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการออกแบบอุตสาหกรรม

การออกแบบ (Design) หมายถึง การสรรค์สร้างงานของมนุษย์ด้วยปัญญาโดยอาศัยความรู้ความสามารถ ประสบการณ์และความคิด โดยงานออกแบบแต่ละคนจะมีความเป็นเฉพาะบุคคลเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ อันเนื่องจากงานออกแบบเป็นการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ ตลอดจนอุปนิสัยของคนทำงาน ดังนั้นงานต่าง ๆ ที่นักออกแบบนำเสนอออกมาจึงเป็นรูปแบบเฉพาะนอกจากความรู้ ความสามารถและประสบการณ์แล้ว นักออกแบบหลายๆคนก็มีพรสวรรค์อันเกิดจากสายเลือดได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ และเป็นเรื่องเฉพาะบุคคลซึ่งมีขีดจำกัดในการพัฒนาความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยอาศัยการศึกษาและปัญญาทำให้สามารถที่จะพัฒนาได้ดีกว่า ซึ่งในปัจจุบันนักออกแบบต้องอาศัยองค์ความรู้หลาย ๆ ด้านและหลายศาสตร์เข้ามาช่วยในการศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบมากขึ้น เช่น ความรู้ทางด้านจิตวิทยาอุตสาหกรรม ความรู้พฤติกรรมของมนุษย์ว่าด้วยเรื่องต่าง ๆ สภาพแวดล้อม เศรษฐกิจสังคม และวัฒนธรรมของคนแต่ละกลุ่มแต่ละประเทศ ซึ่งการออกแบบเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วมาก เพราะการสื่อสาร การพัฒนาระบบเทคโนโลยีการสื่อสารในปัจจุบันมีเครือข่ายถึงกันหมด จึงทำให้มีการแข่งขันสูง เพราะฉะนั้นการออกแบบจึงต้องอาศัย

ข้อมูลที่ทันสมัยตลอดเวลา จนสามารถจะสรุปได้ว่า ยุคของการออกแบบในปัจจุบันเป็นยุคสารสนเทศ (Information Technology) (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 17)

การออกแบบที่ดีจำเป็นต้องมีการวางแผน ศึกษา เพื่อหาวิธีดำเนินการเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์และได้ผลงานที่มีคุณภาพ รวมถึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งกระบวนการทั้งหมดจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลและปัญหาต่าง ๆ การวางแผนงานจึงจำเป็นต้องรู้วิธีการค้นหา ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลหรือปัญหาให้ชัดเจน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบ

ดังนั้นเมื่อต้องสืบค้นปัญหาจำเป็นจะต้องเข้าใจลักษณะธรรมชาติของข้อมูลปัญหาว่ามีความความชัดเจนและความน่าเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด หากพบว่ามีข้อบกพร่องและไม่ตรงชัดเจนก็จะจำเป็นต้องสืบค้นต่อไปจนมีความแน่ใจและเชื่อถือได้ เพื่อใช้เป็นข้อกำหนดเกณฑ์และการตัดสินใจในการออกแบบต่อไป (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 18)

การออกแบบทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบต้องพิจารณาด้านต่าง ๆ ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 10)

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย (Function) คือ การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทำหน้าที่ได้ตามวัตถุประสงค์ โดยจะต้องมีความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยและการใช้งาน

2. ด้านความปลอดภัย (Safety) คือ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องด้วยความปลอดภัยทั้งการใช้งานและหลังการใช้งาน ไม่สร้างมลพิษให้กับสังคมโลก นักออกแบบต้องคำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยรวม

3. ด้านความแข็งแรง ทนทาน (Durability) คือ ต้องมีความตอบสนองต่อหน้าที่ได้เป็นเวลานานตามที่กำหนดไว้ในคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

4. ด้านความประหยัด (Economic) คือ สามารถที่จะผลิตได้ในระบบการเศรษฐศาสตร์ โดยจะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัดและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานโดยที่ราคาไม่แพง มันจะเป็นการสูญเปล่าที่จะนำสิ่งของให้มีความทนทานมากกว่าหน้าที่ของมัน ความต้องการของงานทางด้านการประหยัดนั้นต้องการวัสดุที่หาง่าย ผลิตได้ง่ายและสามารถถอดประกอบเข้าด้วยกันได้

5. ด้านวัสดุ (Materials) คือ ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานที่มีความทนทานและประหยัด โลหะแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างกันไป มีความสวยงามในตัวมันเองและมีพื้นผิวงามตามธรรมชาติ ก่อนนำโลหะมาใช้จะต้องแน่ใจว่ามีวิธีการนำไปใช้ การขึ้นรูป การเชื่อม การดัดรูปร่างให้เป็นแบบต่าง ๆ มีความเหมาะสมกับวัสดุที่เลือกใช้มากน้อยเพียงใด

6. ด้านโครงสร้าง (Construction) คือ วิธีการทำโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดควรมีการกำหนดและออกแบบให้เหมาะสมกับงาน โดยจะต้องคำนึงถึงความทนทาน ความประหยัด และมีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

7. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics) คือ ต้องคำนึงถึงขนาดและสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้งานของผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ โดยจะต้องมีการกำหนดขนาด สัดส่วน ความกว้าง ความยาว ความสูงและความหนา ที่สอดคล้องกับหน้าที่ใช้สอยหรือลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เป็นหลัก

8. ด้านความสวยงาม (Aesthetics) คือ เมื่อผลิตภัณฑ์มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว อาจจะมีลักษณะอื่น ๆ เพิ่มเติมที่สามารถสร้างความงามให้กับผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น เช่น รูปร่าง รูปทรง ลักษณะของลวดลายหรือพื้นผิว เป็นต้น

9. ด้านมีลักษณะเฉพาะ (Personality) คือ การที่ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเฉพาะตัวนั้น สามารถสร้างความแตกต่างหรือความแปลกใหม่ให้กับตัวผลิตภัณฑ์เดิมได้ ซึ่งเมื่อนักออกแบบได้วิเคราะห์ปัญหาอย่างจริงจังแล้วจะสามารถเพิ่มคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะให้กับผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและความน่าสนใจมากขึ้น

10. ด้านกรรมวิธีการผลิต (Production) คือ เมื่อทำการออกแบบแล้ว จะต้องสามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อน รวมถึงมีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตด้วย

11. ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance) คือ เมื่อผลิตภัณฑ์มีการใช้งานและได้รับความเสียหาย จะต้องสามารถแก้ไข ซ่อมแซมได้ง่าย รวมถึงจะต้องมีค่าบำรุงรักษาและการสึกหรอต่ำ

12. ด้านการขนส่ง (Transportation) คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการขนส่งด้วย โดยการขนส่งจะต้องมีเส้นทางที่สะดวกและต้องคำนึงถึงรูปแบบของการขนส่ง เช่น ทางบก ทางน้ำ หรือทางอากาศ จะต้องมีการหีบห่อ จัดเรียง และบรรจุผลิตภัณฑ์อย่างไรไม่ให้ได้รับความเสียหายจากการขนส่ง รวมถึงจะต้องมีการกำหนดขนาดของตู้บรรทุกสินค้าเพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการขนส่งและลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วย

2.11.2 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบ (Design process) คือ การแก้ปัญหาเชิงระบบ ซึ่งมีการศึกษาการวางแผนและขั้นตอนการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพและมีคุณค่า ทั้งนี้ขั้นตอนของระบบจะก่อให้เกิดผล 2 ประการ ได้แก่

1. ลดข้อผิดพลาดและความล่าช้าของการออกแบบ
2. ทำให้จินตนาการและความก้าวหน้าของการออกแบบมีมากขึ้น

กระบวนการออกแบบอาจกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการทำงานด้วยระบบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) คือ เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้ระบบระเบียบวิธีเชิงทดลองค้นหาเหตุผลข้อแก้ไข รวมถึงปรับปรุงเพื่อสรุปหาแนวทางปฏิบัติหรือวิธีการออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ ดังนั้นขั้นตอนกระบวนการออกแบบจึงเป็นไปในลักษณะพัฒนาและสร้างสรรค์ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 19)

ทั้งนี้ในส่วนของแนวคิดกระบวนการออกแบบของ Earle เป็นกระบวนการที่นำมาทำการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่ทำงานเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนเป็นลำดับอย่างละเอียด เพื่อช่วยให้นักออกแบบประสบความสำเร็จนำไปสู่เป้าหมายที่วางไว้โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 26)

ขั้นตอนที่ 1 การตีปัญหา (Problem Identification)
ขั้นตอนที่ 2 ความคิดริเริ่มเบื้องต้น (Preliminary Ideas)
ขั้นตอนที่ 3 การกลั่นกรองการออกแบบ (Design Refinement)
ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ (Analysis)
ขั้นตอนที่ 5 การตัดสินใจ (Decision)
ขั้นตอนที่ 6 การทำให้เกิดผลสำเร็จ (Implementation)

2.11.3 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวความคิดการออกแบบ

แนวความคิดในการออกแบบเป็นหลักพื้นฐานที่สำคัญและเป็นหัวใจของการออกแบบ ซึ่งก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ มีลักษณะใหม่ และมีความเฉพาะของตนเอง การออกแบบที่มีการกำหนดแนวความคิดในการออกแบบที่เป็นระบบ จะทำให้การทำงานออกแบบสามารถดำเนินงานตามลำดับขั้นอย่างต่อเนื่อง สามารถเลือกและตัดสินใจวิธีแก้ปัญหา เพื่อการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมกับสามารถตรวจสอบความถูกต้องและประเมินคุณภาพได้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 31)

1. ความคิดในการออกแบบ

โดยปกติมนุษย์มีการคิดตลอดเวลา เพราะมนุษย์รู้จักการคิดทำให้รู้ความมีอยู่ของตนเอง โดยทั่วไปแล้วลักษณะการคิดของมนุษย์สามารถจำแนกได้ออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การคิดฟุ้ง คือ เป็นการคิดที่มักจะเกิดขึ้นเสมอกับคนทั่วไป มักจะมีลักษณะที่ปล่อยใจเลื่อนลอยหรือมีความอิสระไม่มีจุดหมายที่ชัดเจน แต่บางครั้งก็เป็นเรื่องเป็นราวเกี่ยวโยงซึ่งการคิดฟุ้งอาจเกิดจากเรื่องหรือประสบการณ์เดิมหรือคาดหวังว่าจะเกิดในอนาคต แต่ความคิดฟุ้งจะเป็นบ่อเกิดของความคิดแปลก ๆ ใหม่ ๆ เพราะมีความคิดที่เสรีสู่ความคิดที่มีค่าเชิงสร้างสรรค์ สามารถจะคิดสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ หรือวิธีการใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน

1.2 การคิดตรึกตรอง หรือการคิดที่เป็นระบบ คือ เป็นความคิดเชิงมีเหตุผล การคิดทบทวนเพื่อหาคำตอบที่มีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน และเป็นความคิดที่นำไปสู่การพัฒนาเพื่อสร้างสรรค์จริงได้

ทั้งนี้ความคิดเพื่อการออกแบบ จึงควรเป็นความคิดแบบผสมผสานรูปแบบการคิดทั้ง 2 แนวทาง คือ การใช้ความคิดแบบแนวคิดฟุ้งที่มีการเตรียมการในเรื่องข้อมูลที่ทำการศึกษาค้นคว้าประเด็นปัญหา เงื่อนไข และมีความเข้าใจในวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน เพื่อเป็นพื้นฐานใช้ในการคิดที่อิสระกว้างและหลายทิศทาง รวมถึงสามารถย้อนกลับ สำรวจ จัดลำดับ และตรวจสอบได้ อันเป็นวิธีการคิดฟุ้งอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ในงานออกแบบที่มีการสร้างสรรค์อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวความคิดการออกแบบ

แนวความคิดในการออกแบบ เป็นแนวทางที่นักออกแบบจะกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นกรอบในการทำงานออกแบบ โดยอาศัยข้อมูลที่เป็นฐานของแนวความคิดทำให้การทำงานสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตรงตามจุดมุ่งหมาย ลักษณะแนวความคิดของนักออกแบบจะมีระดับต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะนามธรรมและลักษณะรูปธรรม ดังนั้นแนวความคิดการออกแบบของนักออกแบบจึงสามารถกำหนดกว้าง ๆ เป็นนามธรรมและนำมาพัฒนาเข้าสู่แนวความคิดที่ชัดเจนเป็นรูปธรรม หรือกำหนดแนวความคิดที่เป็นรูปธรรมในขั้นต้นได้

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดจากเครื่องจักสานไทยมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อให้เกิดความแปลงใหม่และน่าสนใจ รวมถึงเป็นการแสดงลักษณะที่สำคัญและดึงจุดเด่นบางประการของลวดลายจักสานของไทยมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจักสานและลวดลายจักสานไทย ไว้ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจักสานในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นดินแดนที่มีความอุดมสมบูรณ์มาแต่โบราณ สังคมไทยในอดีตจึงเป็นสังคมเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่เลี้ยงชีพด้วยการทำไร่ไถนาและทำประมงเป็นหลัก การประกอบอาชีพทั่วไปจะใช้เครื่องมือเครื่อง ใช้ที่ผลิตขึ้นเอง เครื่องจักสานจึงเป็นงาน ศิลปหัตถกรรมที่มนุษย์คิดวิธีการต่าง ๆ ขึ้นเพื่อใช้สร้างเครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน หรือเครื่องมือทางการเกษตรต่าง ๆ

มากมายหลายชนิด และเครื่องจักสานที่ผลิตขึ้นในภาคต่าง ๆ นั้นมักใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นที่แตกต่างกันไป ด้วยวิธีการสอดขัดและสานกันของวัตถุดิบที่เป็นเส้น เป็นริ้ว โดยสร้างรูปทรงของสิ่งนั้นตามความประสงค์ในการใช้สอยทำให้เครื่องจักสานที่ทำขึ้นเป็นรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ ประโยชน์ใช้สอย สภาพการดำรงชีวิตและสภาพภูมิศาสตร์ ความนิยมตามขนบประเพณี ความเชื่อ ศาสนา และวัฒนธรรมของแต่ละท้องถิ่น สิ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เครื่องจักสานแต่ละภาคแต่ละท้องถิ่นของไทยมีรูปแบบแตกต่างกันไปอย่างน่าสนใจ โดยวัตถุดิบจากธรรมชาติที่นำมาใช้ทำเครื่องจักสานของไทยมีมากมายหลายชนิด ตั้งแต่ไม้ไผ่พันธุ์ต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่ทั่วไป ซึ่งไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการทำเครื่องจักสานมากที่สุดชนิดหนึ่ง นอกจากไม้ไผ่แล้วก็ยังมีพืชที่ขึ้นอยู่ในบริเวณที่มีสภาพภูมิศาสตร์แตกต่างกันอีกหลายชนิด เช่น ต้นไม้ตระกูลปาล์ม ได้แก่ ใบตาล ใบมะพร้าว ใบลาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวกพืชที่ขึ้นตามชายทะเล เช่น ต้นลำเจียกหรือปาหนันเตยทะเล ซึ่งวัตถุดิบประเภทนี้นิยมใช้ทำเครื่องจักสานกันมากในกลุ่มชนที่อาศัยตามเกาะและตามชายฝั่งทะเล นอกจากนี้ก็มีพืชอีกหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาทำเครื่องจักสาน เช่น หวาย คล้า คลุ้ม แสก กก กระจูด ย่านลิเภา หรือหญ้าบางชนิด เป็นต้น (วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. 2539 : 28)

ทั้งนี้การเรียกเครื่องจักสานว่า จักสาน นั้น เป็นคำที่เรียกขึ้นตามวิธีการที่ทำให้เกิดเครื่องจักสาน เพราะเครื่องจักสานรูปแบบต่าง ๆ จะมีการผลิตสำเร็จเป็นรูปร่างที่สมบูรณ์ได้นั้นต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ ทั้งหมด 3 กระบวนการ ดังนี้ (วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. 2539 : 32)

1.1 การจัก คือ การนำวัสดุมาทำให้เป็นเส้น เป็นแฉก หรือเป็นริ้วเพื่อความสะดวกในการสาน ลักษณะของการจักโดยทั่วไปนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุแต่ละชนิดซึ่งจะมีวิธีการเฉพาะที่แตกต่างกันไป หรือบางครั้งการจักไม้ไผ่หรือหวายมักจะเรียกว่า ตอก ซึ่งการจักถือได้ว่าเป็นขั้นตอนของการเตรียมวัสดุในการทำเครื่องจักสานขั้นแรก

1.2 การสาน คือ เป็นกระบวนการทางความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ที่นำวัสดุธรรมชาติมาทำประโยชน์โดยใช้ความคิดและฝีมือมนุษย์เป็นหลัก การสานลวดลายจะสานลายใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้สอย ซึ่งมีด้วยกัน 3 วิธี คือ

(1) การสานด้วยวิธีสอดขัด

(2) การสานด้วยวิธีการสอดขัดด้วยเส้นทแยง

(3) การสานด้วยวิธีขดเป็นวง

1.3 การถัก เป็นกระบวนการประกอบที่ช่วยให้การทำครื่องจักสานสมบูรณ์ การถักเครื่องจักสาน เช่น การถักขอบของภาชนะจักสานไม้ไผ่ การถักหูภาชนะ เป็นต้น การถักส่วนมากจะเป็นการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างภายนอก เช่น ขอบ ขา ปาก ก้น ของเครื่องจักสาน และเป็นการเพิ่มความสวยงามไปด้วย

2. ประเภทของเครื่องจักสาน

เครื่องจักสานสามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยได้ดังนี้

2.1 เครื่องจักสานที่ใช้ในการบริโภค ได้แก่ ซ้าหวด กระติ๊บ แอบข้าว หวดนึ่งข้าวเหนียว ก่องข้าว กระชอน และกระด้ง เป็นต้น

2.2 เครื่องจักสานที่ใช้เป็นภาชนะ ได้แก่ กระบุง กระจาด ซ้ากระทาย กระบาย กะโล่ หลัว และชะลอม เป็นต้น

2.3 เครื่องจักสานที่ใช้เป็นเครื่องตวง ได้แก่ กระออม กระชุ กระบุง สัด เป็นต้น

2.4 เครื่องจักสานที่ใช้เป็นเครื่องเรือนและเครื่องปูลาด ได้แก่ เสื่อลำแพน เสื่อกระจูด เสื่อแหย่ง เสื่อปาหนัน และเสื่อหวาย เป็นต้น

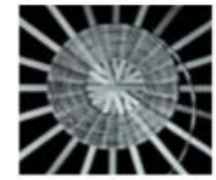
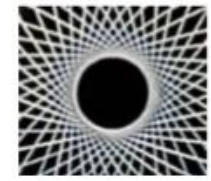
2.5 เครื่องจักสานที่ใช้ป้องกันแดดฝน ได้แก่ งอบ หมาก งอบแมงดา และหมอกจีน เป็นต้น

2.6 เครื่องจักสานที่ใช้เกี่ยวกับความเชื่อ ประเพณีและศาสนา ได้แก่ ก่องข้าวขวัญ ซ้าสำหรับใส่พาน สลาก และเบ็งหมาก เป็นต้น

3. ลักษณะลวดลายที่ใช้ในเครื่องจักสาน

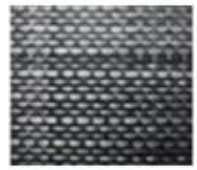
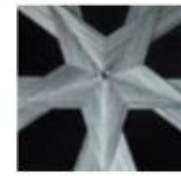
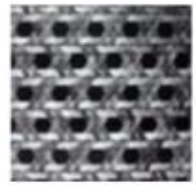
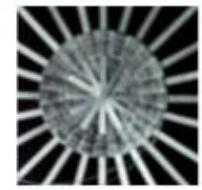
ลักษณะของลวดลายที่มีการนำมาใช้ในเครื่องจักสานสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ (นิกร นุชเจริญผล. 2525 : 36)

3.1 ลายแม่บท ลายแม่บทเป็นลายที่มีลักษณะประจำตัวเด่นชัด มีกฎเกณฑ์การสานแน่นอน เช่น ลายขัด ยกหนึ่งข่มหนึ่ง หรือลายสอง ยกสองข่มสอง เป็นต้น ลายแม่ต่าง ๆ เหล่านี้เป็นต้นกำเนิดที่ทำให้มนุษย์รู้จักนำวัสดุในท้องถิ่น เช่น ไม้ไผ่ ใบลาน กระจูด คล้า ฯลฯ มาสาน เป็นสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันมาหลายยุคหลายสมัยและได้ตกทอดมาจนถึงยุคปัจจุบัน (ดังแสดงในภาพที่ 2.39)

ชื่อลาย	ลักษณะลาย	ชื่อลาย	ลักษณะลาย
ขัดชิด Khad Chid		ลายสาม Lai Sarm	
ตาชะลอม Ta Chalorm		ปลอกสาม Plok Sarm	
เฉลวเกล็ดเต่า Chaleo Kledtao		เวียนรัสมี Wien Rasmee	
ลายสอง Lai Song		ลายสุ่ม Lai Soom	

ภาพที่ 2.39 แสดงตัวอย่างลายแม่บท ที่นำมาใช้ในเครื่องจักสาน
ที่มา : นิกร นุชเจริญผล (2525 : 37)

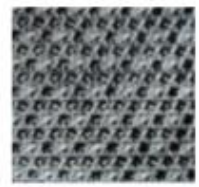
3.2 ลายพัฒนา ลายพัฒนาเป็นลายที่พัฒนามาจากลายแม่ กฎเกณฑ์การสานยังแน่นอนอยู่ แต่มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น ลักษณะเด่นของลายแม่ยังปรากฏชัด ส่วนลายจะเปลี่ยนแปลงเป็นรูปร่างง่ายขึ้น ลายดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเฉลียวฉลาดของช่องสานไทยแต่โบราณที่รู้จักดัดแปลงและพัฒนาลายสานต่าง ๆ เหล่านี้ให้มีรูปแบบที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและสวยงาม เช่น ลายลบน้ำ ลายดีหล่ม ลายดีตะแคง ฯลฯ เป็นต้น (ดังแสดงในภาพที่ 2.40)

ชื่อลาย	ลักษณะลาย	ชื่อลาย	ลักษณะลาย
ขัดตาโปร่ง Khad Ta Prong		เฉลวแปลง Chaleo Plang	
ขัดแตะสลับ Khad Tae Salab		เฉลวดาว Chaleo Dao	
ขัดขึ้นด้น Khad Khun Ton		ดีหล่มคว่ำ De Lom Kwam	
ตาชะลอมคู่ Ta Chalorm Ku		ลายขึ้นด้น Lai Kun Ton	
ดีตะแคง De Takaeng		เวียนรัสมี Wien Rasmee	

ภาพที่ 2.40 แสดงตัวอย่างลายพัฒนา ที่นำมาใช้ในเครื่องจักสาน
ที่มา : นิกร นุชเจริญผล (2525 : 38)

3.3 ลายประดิษฐ์ ลายประดิษฐ์เป็นลายสานที่ช่างสานประดิษฐ์ขึ้นให้เป็นลวดลายต่าง ๆ ตามความรู้สึกนึกคิดของช่างสานเอง โดยอาศัยลายแม่บทและลายพัฒนาเป็นหลักในการสาน กฎเกณฑ์ของลายแม่บทและลายพัฒนายังคงอยู่บ้าง แต่ไม่แน่นอนคงที่เสมอไป การใช้ตอกสีขนาด

ต่าง ๆ สานและประดิษฐ์ให้เป็นดอกดวงและลวดลาย แม้ว่าจะยังคงลักษณะของลายแม่กับลายพัฒนาไว้ก็ตาม ยังหมายถึงลายประดิษฐ์ด้วย เพราะอาศัยลวดลายเป็นหลักในการสาน ดังนั้น ช่างสานไทยโบราณจึงได้แสดงออกถึงศิลปะและวัฒนธรรมของท้องถิ่น ตลอดจนอารมณ์และความรู้สึกนึกคิดไว้ในลายสานได้อย่างงดงาม เช่น ลายขิดตาแมว ขิดดอกจัน ขิดขอ ลายพัด ลายเสื่อกระจูด เป็นต้น (ดังแสดงในภาพที่ 2.41)

ชื่อลาย	ลักษณะลาย	ชื่อลาย	ลักษณะลาย
เฉลวยอนดอก Chaleo Yondok		ลายยกดอก Lai Yokdok	
ดอกพิกุล Dok Pikun		ขิดดอกจัน Khid Dok Chan	
ดาวล้อมเดือน Dao Lomduan		ลายคุบ Lai Kub	
ขิดขอก่าย Khid Khorkai		สวัสดิกะของจีน Swastika Khorng Cin	

ภาพที่ 2.41 แสดงตัวอย่างลายประดิษฐ์ ที่นำมาใช้ในเครื่องจักสาน
ที่มา : นิกร นุชเจริญผล (2525 : 39)

4. ลักษณะการแบ่งลวดลายของเครื่องจักสาน

ลวดลายของเครื่องจักสานในแต่ละถิ่นมีหลักเฉพาะท้องถิ่นที่แตกต่างกันไป และมีชื่อเรียกลายต่าง ๆ แตกต่างกัน ตามแต่ละภาคแต่ละท้องถิ่นของไทย แม้จะเป็นลายชนิดเดียวกันก็ตาม จึงสามารถทำการแบ่งลักษณะของการสร้างลวดลายเป็นรูปแบบลักษณะต่าง ๆ ได้ดังนี้ (พิพิธภัณฑ์ธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ. 2550 : 3)

4.1 ลายขัด เป็นลายพื้นฐานของเครื่องจักสานซึ่งอาจจะเป็นลวดลายเบื้องต้นของการทำเครื่องจักสานที่เก่าแก่ที่สุดก็ว่าได้ ลักษณะของลายขัด เป็นการสร้างแรงยึดระหว่างกันด้วยการขัดกันของตอก หรือวัสดุอื่นด้วยการขัดกันระหว่างแนวตั้งหรือเส้นตั้ง และแนวนอนหรือเส้นนอน ถ้าพิจารณาแล้วจะเห็นว่า "ลายขัด" เป็นแม่แบบของลายสานทั้งปวง ซึ่งมีอยู่ในงานจักสานของชนชาติต่าง ๆ ทั่วไป เป็นลายที่วิวัฒนาการขึ้นมาเป็นลายต่างๆ ตั้งแต่ลายขัดธรรมดาไปจนถึงการสานแบบยกดอกเป็นลวดลายต่าง ๆ ลักษณะโครงสร้างของลายขัดนี้เป็นลายที่มีแรงยึดมาก จึงมีความแน่นและแข็งแรงให้ความคงทนมาก จึงนิยมใช้สานประกอบกับลายอื่น ๆ ในส่วนที่ต้องการความแข็งแรง

4.2 ลายทแยง ลักษณะการสานคล้ายการถัก ส่วนมากใช้ตอกเส้นแบน ๆ บาง ๆ เพราะการสานลายชนิดนี้ต้องการแผ่นทึบ โครงสร้างของลายทแยงจะเบียดตัวกันสนิทไม่มีเส้นตั้งหรือเส้นนอนเหมือนลายขัด เป็นลายสานที่ต้องการผิวเรียบบางสามารถสานต่อเชื่อมกันไปตามความโค้งของภาชนะที่ต้องการได้ เครื่องจักสานที่สานด้วยลายทแยงนี้ส่วนมากจะสามารถทรงรูปอยู่ได้ด้วยตัวเอง แต่ความแข็งแรงจะไม่ทนเท่าลายขัด เช่น เข่ง ชะลอม ส่วนบนของหมวกหรือหัวสุ่ม เป็นต้น

4.3 ลายขด ลายสานแบบขดส่วนมากจะใช้สานภาชนะโดยสร้างรูปทรงขึ้นด้วยการขดของวัสดุซ้อนเป็นชั้น ๆ แล้วใช้ตัวกลางเชื่อมถักเข้าด้วยการเย็บ ถัก หรือมัด ลายสานแบบขด มักใช้วัสดุจำพวกหวาย ปอ และวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ด้วยความแข็งของตนเอง ลายสานแบบขดจะรับน้ำหนักและแรงดันได้ดี เพราะโครงสร้างทุกส่วนจะรับน้ำหนักเฉลี่ยโดยทั่วถึงกัน เครื่องจักสานที่สานด้วยลายขดส่วนมากจะเป็นเครื่องจักสานหวายและย่านลิเภา เช่น ตะกร้าหิ้ว กระเป๋าถือ เป็นต้น

4.4 ลายอิสระ หรือลายไม่มีหลัก เป็นลายที่สานขึ้นตามความต้องการของผู้สาน เป็นลายที่เกิดจากการสร้างสรรค์ที่อิสระตามความต้องการใช้สอย เป็นการสร้างลวดลายให้เกิดเป็นเครื่องจักสานที่ต่างไปจากลวดลายแบบอื่น ๆ จะพบเห็นทั่วไปในภาคต่าง ๆ ของประเทศ ไม่สามารถจำกัดหลักเกณฑ์ที่แน่นอนได้ เพราะในท้องถิ่นแต่ละแห่งจะทำตามความนิยมเฉพาะถิ่นและความคิดของผู้สาน นับว่าเป็นลายที่น่าสนใจลายหนึ่งในกระบวนการกระทำเครื่องจักสาน เครื่องจักสานลายอิสระส่วนใหญ่จะเป็นการสานเครื่องเล่น เครื่องประดับหรือของสักการบูชา เข็มขัด พวงมาลัย เป็นต้น

5. คุณค่าของเครื่องจักสานไทย

จะเห็นว่าเครื่องจักสานไทยในภาคต่าง ๆ นั้นมีมากมายหลายชนิดและมีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นที่แตกต่างกันไป ลักษณะเฉพาะถิ่นของเครื่องจักสานเหล่านั้น สะท้อนให้เห็นสภาพภูมิศาสตร์ของแต่ละท้องถิ่น การดำรงชีวิต ขนบประเพณี ความเชื่อ ตลอดจนถึงการนับถือศาสนาของกลุ่มชนที่ผลิตเครื่องจักสาน เครื่องจักสานจึงเป็นศิลปหัตถกรรมมีคุณค่าในฐานะที่เป็นหลักฐานทางประวัติศาสตร์ของชุมชนท้องถิ่นต่าง ๆ ได้ดี (พิพิธภัณฑ์ธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ. 2550 : 8)

นอกจากนี้ เครื่องจักสานยังเป็นงานศิลปหัตถกรรมที่สะท้อนให้เห็นภูมิปัญญาของชาวบ้านได้หลายอย่าง เช่น สะท้อนให้เห็นความชาญฉลาดในการเลือกสรรวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ทำเครื่องจักสาน ซึ่งชาวบ้านจะมีความรู้ เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดเป็นอย่างดี แล้วนำมาดัดแปลงแปรรูปเป็นวัสดุที่ใช้ทำเครื่องจักสานด้วยวิธีง่าย ๆ ทำให้มีรูปแบบประโยชน์ใช้สอยที่ลงตัว

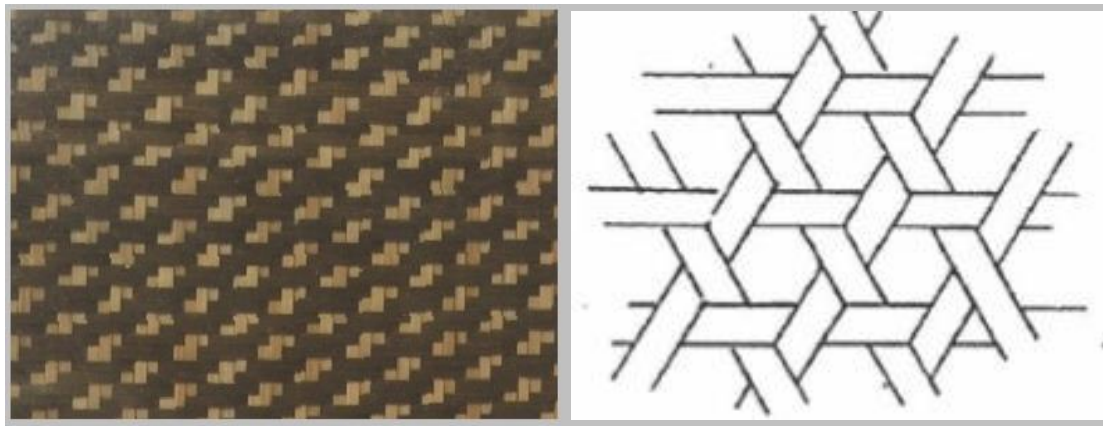
ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำลักษณะลวดลายของเครื่องจักสานประเภทต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยจะทำการศึกษาลักษณะของลวดลายแบบต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกันในส่วนของมิติลวดลาย เพื่อดึงเอกลักษณ์ ลักษณะเด่นหรือส่วนสำคัญของลวดลายจักสานมาใช้ในการออกแบบ เช่น รูปร่าง ความยาว ความกว้าง และการต่อลาย เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจรูปแบบและลักษณะของลวดลายจักสานไทยทั้งหมด 18 รูปแบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ภาพที่ 2.42 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1-4
ที่มา : ธนศรี คำโสภา (2558 : 33-47)

ภาพที่ 2.43 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 5-8
ที่มา : ธนศรี คำโสภา (2558 : 33-47)

ภาพที่ 2.44 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 9-12
ที่มา : ธนศรี คำโสภา (2558 : 33-47)

ภาพที่ 2.45 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 13-16
ที่มา : ธนศรี คำโสภา (2558 : 33-47)



ภาพที่ 2.46 แสดงตัวอย่างลายจักสานที่สนใจนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 17-18
ที่มา : ธนศรี คำโสภา (2558 : 33-47) และ ประลองพล เกียรติไพบูลย์ผล (2540)

2.11.4 ข้อมูลเกี่ยวกับรูปทรงที่มีอิทธิพลต่องานออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ปรากฏอยู่ทั่วไป เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ทั้งสิ้น ซึ่งมีทั้งที่มีการออกแบบสร้างขึ้นใหม่ โดยมีลักษณะที่แตกต่างจากของเดิม หรืออาจจะมีการปรับปรุงตกแต่งของเดิมเพิ่มเติมให้มีลักษณะที่แปลกใหม่และน่าสนใจมากขึ้น โดยมนุษย์ได้รับอิทธิพลจากรูปทรงที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้ (ศรศิลป์ โสภณสกุลวงศ์. 2559 : 3)

1. รูปทรงจากธรรมชาติ (Natural Form)

เนื่องจากธรรมชาติมีความสำคัญและอยู่รายล้อมมนุษย์ ทั้งรูปทรงที่เป็นสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์ต่าง ๆ และรูปทรงที่ไม่มีชีวิต เช่น กรวด หิน ดิน ทราย หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น คลื่น ลม แสงแดด ฝนตก ฟ้าร้อง ฯลฯ โดยมนุษย์ได้รับแรงบันดาลใจจากสิ่งเหล่านี้ในแง่มุมที่แตกต่างกัน เช่น ความเป็นระเบียบและความสวยงาม (Beauty) ของดอกไม้ป่า ความลงตัวอย่างมีแบบแผน (Order) ในรูปหกเหลี่ยมของรังผึ้ง ความสุนทรีของลวดลาย (Pattern) ในดอกทานตะวัน เป็นต้น แล้วถ่ายทอดความคิดออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์ ที่สามารถตอบสนองคุณประโยชน์ทางการใช้สอยแก่มนุษย์ทั้งทางร่างกายและจิตใจ

2. รูปทรงที่มนุษย์สร้างขึ้น (Manmade Form)

รูปทรงที่มนุษย์สร้างขึ้น มีอิทธิพลต่องานออกแบบผลิตภัณฑ์ ในอันที่จะก่อให้เกิดความแตกต่างกันของแต่ละกลุ่มชน เช่น อาคารบ้านเรือน สิ่งของเครื่องใช้ ฯลฯ มักเป็นรูปทรงเรขาคณิต ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากลและเป็นที่รู้จักกันทั่วไป รูปทรงดังกล่าวแบ่งตามวิธีการผลิตได้ 2 ประเภท คือ ประเภทที่สร้างขึ้นด้วยมือหรือเครื่องมือพื้นฐาน (Hand Tools) มีลักษณะการใช้งานเฉพาะตามจุดประสงค์ของผู้ออกแบบ ผลิตได้จำนวนน้อย รูปทรงมีลักษณะเฉพาะตัวไม่ซ้ำกัน มีการตกแต่งประดับประดาที่แสดงให้เห็นถึงความชำนาญทางทักษะของช่างฝีมือ กับประเภทที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องจักร (Machine tools) มีรูปทรงที่เหมือน ๆ กัน โดยผลิตออกมาเป็นจำนวนมากจากแม่พิมพ์เดียวกัน ใช้วัสดุอย่างเดียวกัน มีทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสามารถใช้ประโยชน์โดยตรงและเป็นชิ้นส่วน

2.11.5 ข้อมูลเกี่ยวกับแบบร่างผลิตภัณฑ์

แบบร่าง (Preliminary sketch) หมายถึง แบบร่างเริ่มแรกที่นักออกแบบได้กลั่นกรองออกมาหลังจากได้ข้อมูลและวิจัยมาอย่างดีแล้ว โดยเป็นการกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขึ้นคร่าว ๆ ในขั้นตอนการออกแบบร่างนี้ และนักออกแบบควรแสดงแบบมากกว่า 1 แบบ เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกแบบที่เหมาะสมโดยผู้ออกแบบจะต้องอธิบายถึงปัญหาและความเป็นมาของแบบที่ออกมานั้นให้ทุกฝ่ายเห็นส่วนดีและส่วนเด่นของแต่ละแบบร่าง เพื่อพิจารณาลงมติเลือกแบบไว้ดำเนินการในขั้นต่อไปให้สอดคล้องและเหมาะสมในการนำแบบร่างไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นต่อไป (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 197)

2.11.6 ข้อมูลเกี่ยวกับแบบภาพเขียนเหมือนจริง

แบบภาพเขียนเหมือนจริง (Rendering) หมายถึง การแสดงชิ้นส่วนและส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งควรแสดงได้ว่าจะทำการผลิตด้วยวัสดุอะไร ด้วยวิธีอะไร แบบภาพเขียนเหมือนจริงควรมีจำนวน 3-4 แบบ หรือเท่ากับจำนวนแบบร่าง และควรเตรียมแบบร่างไว้ด้วยในกรณีเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยอื่น ๆ เกี่ยวกับแบบภาพเขียนเหมือนจริง (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 201)

การแสดงตามความนึกคิดเพื่อแสดงต่อลูกค้าจะต้องมีความละเอียดและแสดงรายละเอียดให้เห็นชัดมากที่สุด การเขียนแบบแสดงภาพเขียนเหมือนจริงปกติมักจะแสดงออกในรูปของภาพทัศนียภาพ (Perspective) โดยทำออกมาเป็นสีเดียวหรือหลายสีเป็นหลัก และสีจะเป็นสิ่งหนึ่งที่จะช่วยดึงดูดความสนใจในแบบภาพเขียนเหมือนจริงได้อย่างดี

ทั้งนี้ในเรื่องของสัดส่วนในภาพขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ โดยถ้ามีผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กควรทำให้ใหญ่เท่าของจรติงหรือใหญ่กว่า แต่ในส่วนถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่เราไม่สามารถแสดงภาพให้มีขนาดเท่ากับของจริงได้ จึงจำเป็นต้องทำให้มีขนาดที่เล็กลงตามสัดส่วนที่เหมาะสม

2.11.7 ข้อมูลเกี่ยวกับหุ่นจำลอง

หุ่นจำลอง (Models) แบ่งออกได้ 4 ประเภท ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 203)

1. หุ่นจำลองสำหรับหารายละเอียด (Clay studies) คือ หุ่นจำลองชนิดนี้ใช้สำหรับทดสอบหาส่วนรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ เช่น ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ขนาดรัศมี เพื่อใช้ประกอบการออกแบบร่างและวัสดุที่ใช้อาจเป็นปูนปลาสเตอร์ ดินน้ำมัน ไม้ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่เห็นว่าเหมาะสมและสามารถใช้ทำงานได้สะดวก

2. หุ่นจำลองสำหรับทดสอบรูปร่าง (Scale models) คือ หุ่นจำลองประเภทนี้โดยปกติจะมีขนาดเล็กกว่าของจริง ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กอาจจะต้องทำเท่าของจริงหรือใหญ่กว่า โดยนักออกแบบจะจัดทำเองในระหว่างการออกแบบร่างเพื่อหารูปร่างภายนอก

3. หุ่นจำลองขนาดเท่าของจริง (Mock ups) คือ หุ่นจำลองประเภทนี้โดยปกติจะทำออกมาเท่าขนาดจริง โดยนักออกแบบจัดทำหุ่นจำลองประเภทนี้เพื่อหาขนาดสัดส่วนและรูปร่างขั้นสุดท้ายหรือใช้แสดงประกอบกับแบบสุดท้าย (Final drawing) ซึ่งวัสดุที่ใช้จะเป็นวัสดุอะไรก็ได้ที่สามารถทำให้หุ่นจำลองดูเหมือนของจริงมากที่สุด

4. ผลิตภัณฑ์ทดสอบ (Prototypes) คือ หุ่นจำลองประเภทนี้โดยปกติจะถูกจัดทำโดยผู้ชำนาญงาน ซึ่งจะมีการใช้วัสดุและขนาดเหมือนผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบจริงทุกส่วน สามารถทำงานหรือใช้งานได้จริง โดยการจัดแสดงหุ่นจำลองต้องคำนึงถึงแสงสว่างเพื่อเน้นให้เห็นรูปร่างได้ดีขึ้นและควรทำงานทุกอย่างตั้งแต่เริ่มแรกรวมทั้งข้อมูล แผ่นแผนภูมิต่าง ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มาแสดงด้วย เพื่อใช้

ในการนำเสนอข้อมูลและอธิบายข้อมูลต่าง ๆ ให้กรรมการเห็นว่า ผู้ออกแบบได้ดำเนินการออกแบบและสร้างหุ่นจำลองโดยมีหลักการอย่างถูกต้อง มีเหตุผล สมควรยอมรับและเป็นที่น่าเลื่อมใส

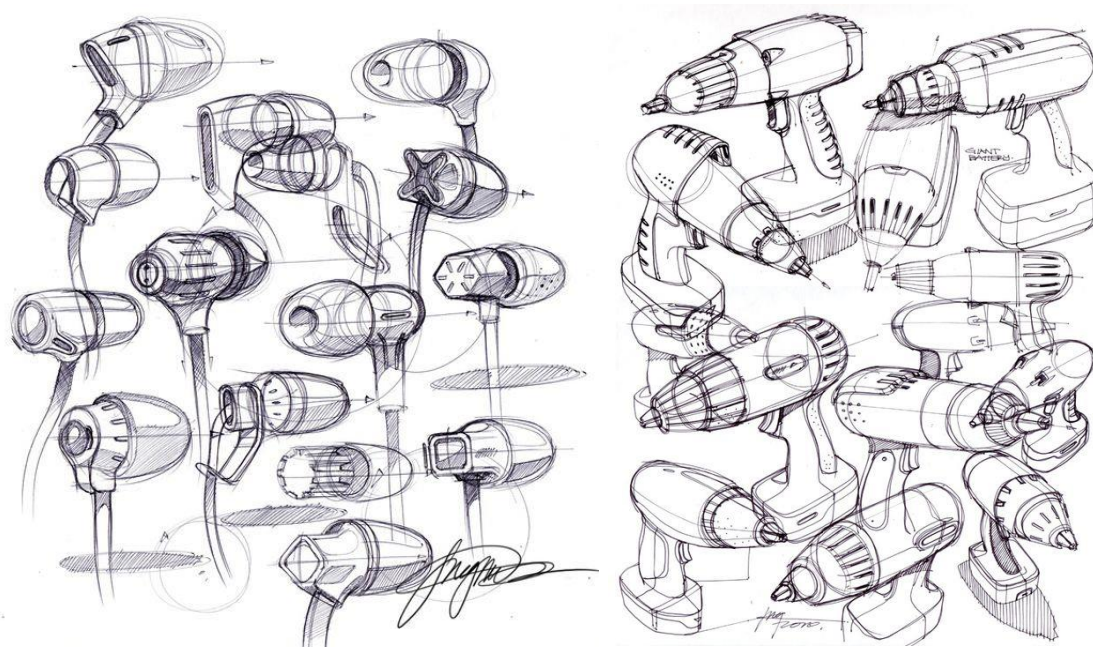
ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กควรจะทำเท่าขนาดจริงหรือใหญ่กว่า ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่อาจจะทำย่อส่วนผลิตภัณฑ์เป็นอัตราส่วน 1:2 หรือ 1:5 ไม่ควรใช้สัดส่วนที่เข้าใจยาก เช่น 3:4 หรือ 3:8 หากเป็นไปได้ควรทำขนาดเท่าของจริง เพราะบางครั้งชิ้นส่วนในหุ่นจำลองขนาดเล็กจะดูเหมาะสม แต่เมื่อทำให้เท่าของจริงจะดูเล็กหรือใหญ่ไปก็ได้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 203)

2.11.8 ข้อมูลเกี่ยวกับการเขียนแบบขั้นการผลิต

การเขียนแบบขั้นการผลิต (Working drawing) หมายถึง การเขียนแสดงรูปด้านต่าง ๆ ตามหลักสากลตลอดจนการใช้มาตรส่วน (Scale) ซึ่งนอกจากจะแสดงรูปด้านต่าง ๆ แล้วในกรณีผลิตภัณฑ์บางประเภทมีความจำเป็นต้องแสดงรายละเอียดเพิ่มขึ้น ดังนี้

1. การแสดงรูปตัด (Section)
2. การแสดงแยกชิ้นส่วน (Assembly)
3. การแสดงรูปประกอบแบบ (Isometric) เป็นต้น

ทั้งนี้รายละเอียดต่าง ๆ ทุกชิ้นทุกแผ่นต้องมีการตรวจสอบกันโดยละเอียดทุกครั้งก่อนนำไปพิมพ์ (Blue print) เพราะแบบดังกล่าวนี้จะนำไปสำหรับประกอบการดำเนินการผลิต ส่วนต้นฉบับที่เป็นกระดาษไขควรเก็บรักษาไว้มอบเฉพาะแบบพิมพ์ให้กับฝ่ายดำเนินการผลิตและควรพิมพ์สำเนาไว้ด้วยส่วนหนึ่ง (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 205)



ภาพที่ 2.47 แสดงตัวอย่างแบบร่างผลิตภัณฑ์ (Preliminary sketch)
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.pinterest.com

2.12 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

จากการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนทั้ง 9 กระบวนการ และจากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยพบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรีมีอยู่ 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 โดยเป็นกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อวัสดุ

ทั้งนี้จากการศึกษามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 ซึ่งมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในเนื้อวัสดุนั้น ผู้วิจัยพบว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณสมบัติและทดสอบตัวอย่างวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์ รวมถึงสามารถนำมาใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้อย่างครอบคลุมและเหมาะสม 3 มาตรฐาน ดังนี้

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1-2555

2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 12-2532

3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531

จากรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 (วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต) และผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรีทั้ง 3 มาตรฐานข้างต้น โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

2.12.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1-2555 (เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ)

ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1-2555 มีรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2555 : 1)

1. ขอบข่าย

คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดเฉพาะข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพสำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

2. บทนิยาม

คือ ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า ปูนซีเมนต์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซัลเฟตรูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป

2.2 ปูนเม็ด (Clinker) หมายถึง ผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ จนรวมตัวกันสุกพอดี โดยมีส่วนประกอบเคมีที่สำคัญคือ ไฮดรอลิกแคลเซียมซิลิเกต

3. ประเภท

คือ ปูนซีเมนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

3.1 ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ทั่วไปที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ

3.2 ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตปานกลางหรือเกิดความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ

3.3 ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการค่าความต้านแรงอัดสูงได้เร็ว

3.4 ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการความร้อนต่ำขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ

3.5 ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตสูง

4. วัสดุ

คือ ปูนซีเมนต์จะมีวัสดุผสมเพิ่มได้ไม่เกินระบุไว้ ดังต่อไปนี้

4.1 น้ำหรือแคลเซียมซัลเฟตอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างในปริมาณของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผา (Loss on ignition) เกินเกณฑ์ที่กำหนด

4.2 ในการทำปูนซีเมนต์ผู้ทำอาจผสมสิ่งอื่นใดเพิ่มเติมตาม มอก.15 เล่ม 20

2.12.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 12-2532 (เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก)

จากการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยพบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่จังหวัดสระบุรีมีอยู่ 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 โดยเป็นกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยมีวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อวัสดุ

ทั้งนี้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ จะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength test) เพื่อใช้ในการคัดเลือกและประเมินผลการทดสอบวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่มีความเหมาะสม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนในลำดับต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวให้เป็นไปตามข้อกำหนดและผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ได้กำหนดไว้

ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 12-2532 (เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก) ที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการทดสอบวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 ในส่วนของคุณสมบัติเชิงกลด้านกำลังรับแรงอัด ดังนี้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2532 : 1)

1. ขอบข่าย

คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยทำเป็นก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร

2. เครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่ง

2.2 ตุ้มน้ำหนัก

2.3 แร่ง คือ แร่ง 150 ไมโครเมตร (เบอร์ 100) 300 ไมโครเมตร (เบอร์ 50) 425 ไมโครเมตร (เบอร์ 40) 600 ไมโครเมตร (เบอร์ 30) และ 1.18 มิลลิเมตร (เบอร์ 16)

2.4 กระบอกตวง

2.5 แบบหล่อก้อนทดสอบ คือ แบบหล่อก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 50*50*50 มิลลิเมตร โดยจะต้องเป็นแบบที่หล่อก้อนทดสอบได้ไม่เกิน 3 ก้อน

2.6 เครื่องผสมมอร์ตาร์ อ่างผสม และใบพาย

2.7 แบบหล่อและแท่นทดลองการไหล

2.8 แท่งกระทุ้ง ที่มีความยาวประมาณ 120-150 มิลลิเมตร (ต้องเป็นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ)

2.9 เกรียงเหล็ก

2.10 เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด อาจเป็นแบบไฮดรอลิกหรือแบบเกลียวหมุนด้วยมือ

3. วัสดุ

คือ ทรายมาตรฐาน โดยจะต้องเป็นทรายซิลิกาธรรมชาติจากออตตาวา มลรัฐอิลลินอยส์ สหรัฐอเมริกา หรือทรายที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับทรายดังกล่าว

4. ภาวะทดสอบ

คือ อุณหภูมิของอากาศในบริเวณใกล้เคียงแท่นผสม วัสดุแห้ง อ่างผสมแบบหล่อ และแผ่นฐาน จะต้องอยู่ระหว่าง 20-27.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำผสม ตู้ชื้นหรือห้องชื้นและน้ำในถังแช่ก้อนทดสอบเป็น 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส

5. จำนวนก้อนทดสอบ

คือ การทดสอบแต่ละครั้งตามอายุทดสอบที่กำหนดไว้ให้ใช้ก้อนทดสอบจำนวน 3 ก้อน หรือมากกว่า

6. การเตรียมแบบหล่อก้อนทดสอบ

คือ ให้ใช้น้ำมันแร่อย่างข้นหรือไขข้นอย่างเหลวทาบาง ๆ ที่ผิวภายในแบบหล่อและส่วนที่แบบหล่อทั้ง 2 ส่วนประกบกัน หลังจากประกอบแบบหล่อเสร็จ ให้เช็ดน้ำมันที่เยิ้มผิวภายในแบบผิวบนและผิวล่างของแต่ละช่อง และวางแบบหล่อบนแผ่นฐานเรียบที่ไม่ดูดซึมซึ่งได้ทาน้ำมันแร่หรือไขข้นอย่างเหลวไว้บาง ๆ แล้ว จากนั้นทำการล็อคตัวแบบหล่อให้แน่นเพื่อเตรียมใช้ในการหล่อก้อนทดสอบวัสดุในลำดับต่อไป

7. วิธีทดสอบ

7.1 ส่วนผสมของมอร์ตาร์

คือ สัดส่วนของวัสดุแห้งสำหรับมอร์ตาร์มาตรฐาน คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วน โดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทุกประเภท ให้ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เป็น 0.485 สำหรับปูนซีเมนต์อย่างอื่นให้ใช้ปริมาณน้ำมากพอที่จะได้ค่าการไหลเป็น 110 ± 5 โดยการหาตามวิธีในข้อ 3

ปริมาณของวัสดุที่ใช้ผสมแต่ละครั้ง ในการทำมอร์ตาร์สำหรับก้อนทดสอบ 6 และ 9 ก้อน จะต้องเป็นไปตามรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.39

ตารางที่ 2.43 ข้อมูลแสดงปริมาณของวัสดุที่ใช้ผสมมอร์ตาร์

วัสดุ	จำนวนก้อนทดสอบ	
	6	9
ปูนซีเมนต์	500 กรัม	740 กรัม
ทราย	1,375 กรัม	2,035 กรัม
น้ำ เมื่อใช้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	242 ลูกบาศก์เซนติเมตร	359 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ค่าการไหล 110 ± 5		

7.2 การเตรียมมอร์ตาร์

คือ ให้ผสมมอร์ตาร์ด้วยเครื่องผสมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 15 เล่ม 17

7.3 การหาค่าการไหล

คือ วางแบบหล่อด้วยความระมัดระวัง ตรงจุดศูนย์กลางของแท่นทดลอง ซึ่งทำให้ผิวหน้าสะอาดและแห้งแล้วใส่มอร์ตาร์ลงในแบบหล่อให้ได้ความหนาประมาณ 25 มิลลิเมตร แล้วใช้แท่งกระทุ้งทำการกระทุ้ง 20 ครั้ง โดยใช้แรงกระทุ้งพอที่จะให้มอร์ตาร์กระจายทั่วแบบหล่อ เอามอร์ตาร์ใส่ให้เต็มแบบหล่อและทำการกระทุ้งอีก 20 ครั้ง เช่นเดียวกัน จากนั้นใช้ขอบเกรียงส่วนที่ตรงวางเกือบตั้งฉากกับขอบบนของแบบหล่อ แล้วปาดเอามอร์ตาร์ส่วนเกินออกให้เสมอขอบตลอดขอบบนของแบบหล่อ โดยลากเกรียงไปมาในลักษณะเช่นเดียวกับการเลื่อย ทำการเช็ดผิวบนของแท่นทดลองให้สะอาดและแห้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งเช็ดน้ำตรงรอบ ๆ ขอบของแบบหล่อ

หลังจากผสมเสร็จแล้ว 1 นาที ให้ยกแบบหล่อขึ้นจากมอร์ตาร์ทันที แล้วรีบปล่อยแป้นทดลองตกมาจากระยะสูง 12.7 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 25 ครั้ง ในเวลา 15 วินาที แล้วหาค่าการไหลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 4 แห่ง ห่างเท่า ๆ กัน แล้วทำการเทียบค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสี่นี้กับเส้นผ่านศูนย์กลางเดิมเป็นร้อยละ โดยการหาค่าการไหลให้ทดลองทำมอร์ตาร์โดยใช้ปริมาณน้ำต่างกันจนได้ค่าการไหล 110 ± 5 และในการหาค่าการไหลนี้ให้ใช้มอร์ตาร์ที่ผสมขึ้นใหม่

7.4 การหล่อก้อนทดสอบ

คือ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เมื่อผสมแล้วให้ทิ้งมอร์ตาร์ไว้ในอ่างผสมต่อไปอีก 90 วินาที โดยไม่มีอะไรปิดในระหว่างเวลา 15 วินาทีสุดท้ายของช่วงเวลาที่ทิ้งไว้นี้ ให้ทำการปาดมอร์ตาร์ที่ติดตามข้างอ่างลงไป แล้วผสมใหม่อีก 15 วินาที ด้วยอัตราเร็วปานกลาง หลังจากนั้นให้ปาดมอร์ตาร์ที่ติดใบพายลงไปในอ่างผสม

หลังจากนั้นให้เริ่มหล่อก้อนทดสอบภายในเวลาไม่เกิน 2 นาที 30 วินาที นับตั้งแต่ผสมมอร์ตาร์ครั้งแรกเสร็จ แล้วเอามอร์ตาร์ใส่ลงในแบบหล่อทุกช่องหนาประมาณ 25 มิลลิเมตร แล้วทำการกระทุ้งมอร์ตาร์ในแต่ละช่องด้วยแท่งกระทุ้งจนครบ 32 ครั้ง ในเวลาประมาณ 10 วินาที โดยกระทุ้งช่องละ 4 รอบ รอบละ 8 ครั้งในตำแหน่งติด ๆ กันตามลำดับ โดยการกระทุ้งให้ใช้แรงพอที่จะให้มอร์ตาร์แผ่ทั่วแบบหล่อ ในช่องหนึ่ง ๆ ให้กระทุ้งครบ 4 รอบเสียก่อน แล้วจึงทำการกระทุ้งช่องต่อไป

เมื่อทำการกระทุ้งมอร์ตาร์ชั้นแรกครบทุกช่องแล้ว ให้เอามอร์ตาร์ที่เหลือใส่ในช่องต่าง ๆ และกระทุ้งเช่นเดียวกับครั้งแรก โดยมอร์ตาร์ในช่องทุกช่องควรสูงเกินขอบแบบหล่อเล็กน้อย และใช้เกรียงปาดมอร์ตาร์ที่ล้นขอบแบบลงมาในแบบแล้ว ทำการปาดผิวให้เรียบไปตามทางขวางของแบบหล่อในแต่ละช่องเพียงครั้งเดียว โดยใช้เกรียงปาดเบา ๆ หนึ่งครั้งตลอดความยาวของแบบหล่อตัดผิวหน้าของมอร์ตาร์ให้เรียบเสมอขอบบนของแบบหล่อ

7.5 การบ่มก้อนทดสอบ

คือ ต้องบ่มก้อนทดสอบทั้งแบบในตู้ชื้นหรือห้องชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคงอยู่ในแบบหล่อนับตั้งแต่หล่อเสร็จ โดยให้ผิวบนเปิดสัมผัสกับอากาศชื้น แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำหยดลงบนผิว แล้วจึงทำการถอดแบบ สำหรับก้อนทดสอบที่จะทำการทดสอบเมื่ออายุเกิน 24 ชั่วโมง ให้แช่ในน้ำปูนใส (Saturated lime water) ที่สะอาดในอ่างที่สร้างด้วยวัสดุซึ่งทนต่อการกัดกร่อน ซึ่งโดยปกติก่อนการทดสอบ ก้อนทดสอบจะต้องทำการบ่มในอากาศชื้น 24 ชั่วโมง และบ่มในน้ำอย่างน้อย 3 วัน หรือ 7 วัน หรือ 14 วัน หรือ 28 วัน เพื่อให้ก้อนทดสอบมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดก่อนนำไปทดสอบ

7.6 วิธีทดสอบความต้านแรงอัด

คือ ให้ทำการทดสอบก้อนทดสอบทันทีหลังจากที่นำออกมาจากตู้ชื้น หรือจากอ่างน้ำที่แช่ก้อนทดสอบไว้ และจะต้องทำการทดสอบให้เสร็จภายในอายุที่กำหนด สำหรับการทดสอบครบอายุ 1 วัน จะต้องใช้ผ้าชื้นคลุมก้อนทดสอบไว้จนถึงเวลาทดสอบ ถ้าจำเป็นต้องนำก้อนทดสอบออกมาจากอ่างแช่มากกว่า 1 ก้อน จะต้องเอามาแช่น้ำธรรมดาที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ท่วมก้อนทดสอบจนถึงเวลาทดสอบ

ตารางที่ 2.44 ข้อมูลแสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของอายุทดสอบ

อายุทดสอบ (วัน)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (ชั่วโมง)
1	1/2
3	1
7	3
28	12

ทำการเช็ดผิวก้อนทดสอบแต่ละก้อนให้แห้ง ปัดเม็ดทรายหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าด้านที่สัมผัสกับแป้นของเครื่องทดสอบออกให้หมด แล้วตรวจผิวหน้าทั้ง 2 ด้านนั้น โดยใช้บรรทัดเหล็กทาบที่ผิวหน้า หากปรากฏว่าผิวหน้าโค้ง ต้องฝนให้เรียบหรือทิ้งก้อนทดสอบนั้นไป

ทำการวางก้อนทดสอบให้อยู่ใต้ศูนย์กลางแป้นกดตัวบน โดยให้ผิวด้านที่สัมผัสกับแบบหล่อเป็นด้านที่รับแรงกดและต้องให้แน่ใจว่าแป้นกดตัวบนนั้นเอียงได้อย่างอิสระ ห้ามใช้แผ่นรองหรือวัสดุรองพื้นใด ๆ ทั้งสิ้นสำหรับก้อนทดสอบที่คาดว่าจะต้องใช้แรงกดสูงสุดเกิน 13 กิโลนิวตัน ให้ใช้แรงกดขั้นต้นด้วยอัตราอันสมควรจนถึงประมาณครึ่งหนึ่งของแรงกดสูงสุดที่คาดว่าก้อนทดสอบจะรับได้ แล้วเพิ่มแรงกดที่เหลือโดยไม่หยุดชะงักภายใน 20-80 วินาที สำหรับก้อนทดสอบที่คาดว่าจะรับแรงกดสูงสุดน้อยกว่า 13 กิโลนิวตันนั้น โดยไม่ต้องใช้แรงกดขั้นต้นให้ใช้แรงกดขึ้นถึงสูงสุดโดยไม่หยุดชะงักจนได้แรงกดสูงสุดภายใน 20-80 วินาทีนับแต่เริ่มใช้แรงกด และห้ามทำการปรับกลไกควบคุมเครื่องทดสอบในขณะที่ก้อนทดสอบคราก (Yield) ก่อนแตก

7.8 การคำนวณค่าความต้านแรงอัด

คือ ให้บันทึกแรงกดสูงสุดที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบ แล้วคำนวณค่าความต้านแรงอัดเป็นพาสคัล ถ้าพื้นที่หน้าตัดของก้อนทดสอบผิดไปจากที่ระบุมากกว่าร้อยละ 1.5 ให้ใช้พื้นที่หน้าตัดที่วัดได้จริงในการคำนวณค่าความต้านแรงอัด แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยละเอียดถึง 100 กิโลพาสคัล จากค่าความต้านแรงอัดจากก้อนทดสอบที่ยอมรับตามการทดสอบซ้ำ

จากการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ผู้วิจัยพบว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 มากที่สุด ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 โดยมาตรฐานดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตของการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีมาตรฐาน มีประสิทธิภาพที่ดี และสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม

โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นไว้ดังนี้

2.12.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มาตรฐานเลขที่ มอก.827-2531

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทนี้ จะเป็นการแสดงข้อมูลที่กำหนดขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน รวมถึงข้อมูลการทดสอบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2531 : 1)

1. บทนิยาม

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น หรือ บล็อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตตันที่สามารถนำมาวางเรียงประสานกันได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีสีตามธรรมชาติหรืออาจมีผงสีเจือปนอยู่ทั้งบล็อกหรือเฉพาะที่ชั้นผิวหน้าและมีรูปร่างแบบใดก็ได้ เหมาะสำหรับใช้ปูพื้น เช่น ถนน ทางเท้า ลานจอดรถ และลานกองเก็บวัสดุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างชั้นพื้นและชั้นรองพื้นให้สอดคล้องกับการใช้งาน

2. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้เป็นไปตามตารางที่ 1 และในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีการลบมุม จะต้องมีการลบมุมไม่เกิน 7 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.45 ข้อมูลแสดงมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

มิติ	เกณฑ์ที่กำหนด (หน่วย : มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (หน่วย : มิลลิเมตร)
ความกว้าง	ไม่เกิน 295	±2
ความยาว	ไม่เกิน 295	±2
ความหนา	60	±2
	80	±2
	100	±3
	120	±3
ความหนาของชั้นผิวหน้า (เฉพาะชั้นผิวหน้าที่ทำเป็นสี)	ต่ำสุด 3	

3. ส่วนประกอบและการทำ

ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีการจำแนกไว้ทั้งหมด 6 ประเภท ดังนี้

3.1 ปูนซีเมนต์ คือ ให้ใช้ปูนซีเมนต์อย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ผสม ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1 และมาตรฐานเลขที่ มอก.80 ตามลำดับ

3.2 มวลผสม คือ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่มอก. 566

3.3 ผงสี (ถ้ามี) คือ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผงสี หรือมาตรฐาน BS 1014

3.4 สีซีเมนต์ (ถ้ามี) คือ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีซีเมนต์ มาตรฐานเลขที่มอก.469

3.5 น้ำ คือ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด

3.6 ส่วนผสมอื่น ๆ (ถ้ามี) คือ ต้องไม่มีผลเสียหายต่อการใช้งานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

คุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีการแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

4.1 คุณลักษณะทั่วไป คือ คุณลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตัวผลิตภัณฑ์จะต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว และสีของชั้นผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ การทดสอบคุณลักษณะทั่วไปในส่วนนี้จะใช้วิธีการตรวจพินิจ

4.2 ความได้ฉาก คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความหนาไม่เกิน 80 มิลลิเมตร จะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร และผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความหนาเกิน 80 มิลลิเมตร จะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

4.3 ความต้านแรงอัด คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแต่ละก้อนจะต้องมีความต้านแรงอัดไม่น้อยกว่า 35 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 40 เมกะพาสคัล

5. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

รุ่น ในความหมายของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น หมายถึง บล็อกที่มีขนาด รูปร่าง และสีเดียวกัน ทำขึ้นโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำ ส่งมอบ หรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน และในส่วนของการชักตัวอย่างและการยอมรับตัวผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดไว้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้ฉาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก.827-2531 (ดังแสดงในตารางที่ 2.42) จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 2.46 ข้อมูลแสดงแสดงแผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้ฉากของผลิตภัณฑ์

ขนาด / รุ่น (ก้อน)	ขนาดตัวอย่าง (ก้อน)	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 10,000	5	0
10,001 ถึง 35,000	20	1
35,001 ถึง 150,000	32	2
ตั้งแต่ 150,001 ขึ้นไป	50	3

5.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบขนาด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) และความต้านแรงอัด ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้ฉากแล้ว จำนวน 5 ก้อน แล้วนำไปทดสอบความต้านแรงอัด และขนาด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) ตามลำดับ จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

5.3 เกณฑ์ตัดสิน คือ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นต้องเป็นไปตามข้อ 5.1 และ 5.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มาตรฐานเลขที่ มอก.827-2531

6. การทดสอบ

ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทุกก้อน ที่ต้องการนำมาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก.827-2531 จะต้องมีอายุไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยมีรายการทดสอบอยู่ทั้งหมด 4 ลักษณะ ดังนี้

6.1 มิติ

1. ความกว้างและความยาว คือ บล็อกให้วัดบริเวณที่มีความกว้างและความยาวมากที่สุด

2. ความหนา คือ ความหนาของบล็อก และความหนาของชั้นผิวหน้า โดยให้ทำการวัดบล็อกตัวอย่างทั้งหมด 4 แห่ง แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

6.2 การลบมุม (ถ้ามี) คือ ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร

6.3 ความได้ฉาก

1. ความได้ฉากของด้านข้างโดยรอบกับพื้นผิวล่างของบล็อก คือ ใช้เครื่องวัดแบบสอดและเหล็กฉาก โดยทำการวัดความเบี่ยงเบนของความได้ฉากของด้านข้างโดยรอบกับพื้นผิวล่างของบล็อกตัวอย่างทุก ๆ ด้าน ด้านละ 1 แห่ง

2. ความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่างของบล็อก คือ ใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดพร้อมขาตั้ง โดยทำการวางบล็อกตัวอย่างด้านที่เรียบและสม่ำเสมอบนพื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ แล้วใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดวัดความเบี่ยงเบนความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่างของบล็อก

6.4 ความต้านแรงอัด

1. เครื่องมือ คือ ใช้เครื่องทดสอบแรงกดที่ให้แรงกดได้ไม่น้อยกว่า 1000 กิโลนิวตันและสามารถปรับความเร็วในการเพิ่มแรงกดได้ โดยจะต้องประกอบไปด้วยแผ่นกด วัสดุช่วยกดและวัสดุรองกดทุกครั้งที่มีการทดสอบ

2. วิธีทดสอบ คือ ให้จัดแนวศูนย์กลางของบล็อกตัวอย่าง และทำการกดบล็อกตัวอย่าง โดยเพิ่มแรงกดในอัตราที่สม่ำเสมอจนได้แรงกดประมาณครึ่งหนึ่งของแรงกดสูงสุดที่คาดว่าบล็อกตัวอย่างจะรับได้ แล้วจึงเพิ่มแรงกดในอัตราที่สม่ำเสมอจนถึงแรงกดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้ภายในเวลา 1 ถึง 2 นาที และทำการบันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้

3. วิธีคำนวณ คือ เป็นการคำนวณหาค่าความต้านแรงอัดของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

สูตรการคำนวณค่าความต้านแรงอัด $$P = \frac{F \times C}{A}$$

โดย P คือ ความต้านแรงอัด หน่วยเป็นเมกะพาสคัล
F คือ แรงกดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้ หน่วยเป็นนิวตัน
C คือ ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด
A คือ พื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกดของบล็อกตัวอย่าง หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

2.13 ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน

2.13.1 ความเป็นมาของการพัฒนาที่ยั่งยืน

นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มนุษย์จำเป็นต้องพึ่งพาสิ่งแวดล้อมเพื่อการดำรงชีวิตด้วยกันทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อประมาณสองร้อยกว่าปีที่ผ่านมา นับตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา ทิศทางการพัฒนาของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม จึงทำให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดในปริมาณมากเพื่อผลิตสินค้าให้ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมาย เช่น ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ อันได้แก่ ดิน น้ำ ป่าไม้ สัตว์ป่า และแร่ธาตุ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ปัญหาการเกิดมลภาวะหรือมลพิษต่าง ๆ ทั้งทางดิน ทางน้ำ ทางอากาศ รวมถึงมลพิษจากขยะมูลฝอยปัญหาวิกฤตการณ์ทางธรรมชาติทั่วโลกอันเกิดจากการทำลายระบบนิเวศ เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน ภัยแล้ง อุทกภัย และวาตภัย ได้ส่งผลต่อการดำรงชีวิตและคุณภาพชีวิตของมนุษย์และยังทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนอาหาร ที่อยู่อาศัย และวิกฤตการณ์ด้านพลังงานอีกด้วย

ดังนั้นมนุษย์จึงเริ่มมีความคิดที่จะหาแนวทางแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาร่วมกัน (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558 : 10)

2.13.2 ความหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน

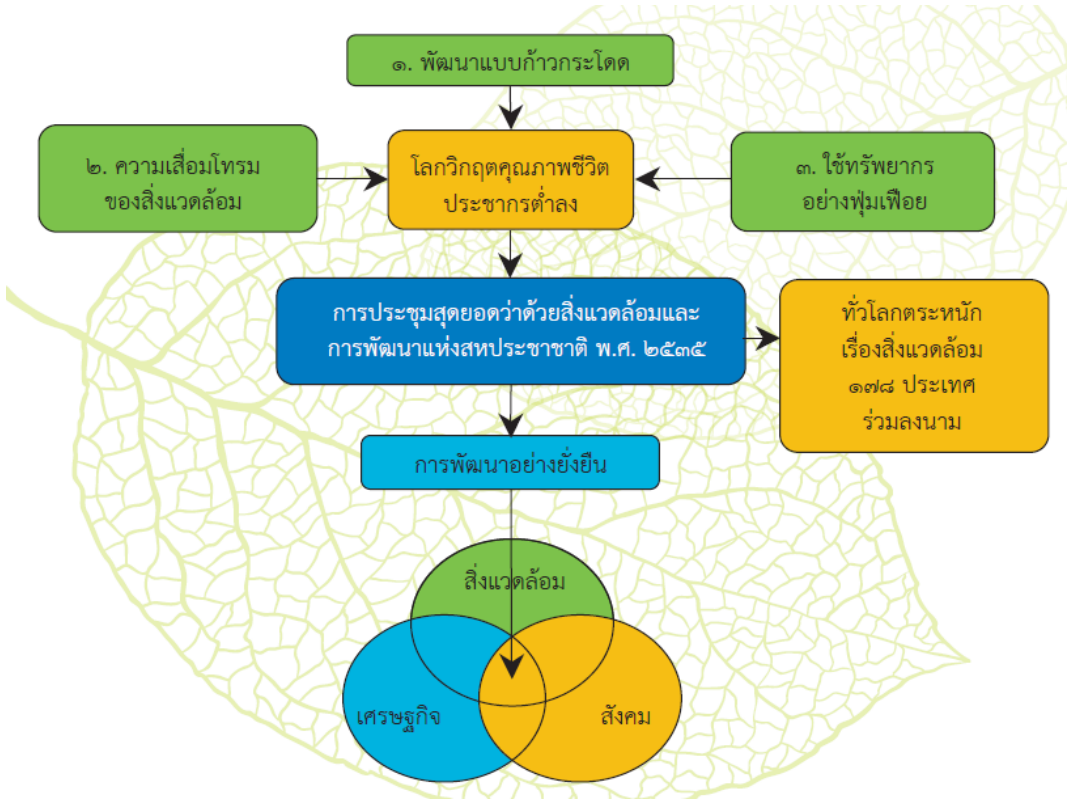
การพัฒนาที่ยั่งยืน หมายถึง เป็นขบวนการสร้างความเที่ยงธรรม ความมีประสิทธิภาพและโครงสร้างที่มีส่วนร่วม เพื่อเพิ่มความเข้มแข็งด้านต่าง ๆ ให้กับชุมชนและภูมิภาคโดยรอบ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558 : 10)

การพัฒนาที่ยั่งยืน หมายถึง การพัฒนาที่ตรงกับความต้องการตามความจำเป็นในปัจจุบัน โดยสามารถรองรับความต้องการหรือความจำเป็นที่จะเกิดแก่ชนรุ่นหลัง ๆ ด้วยทั้งนี้มาตรฐานการครองชีพที่เลยขีดความจำเป็นชั้นพื้นฐานต่ำสุดจะยั่งยืนต่อเมื่อมาตรฐานการบริโภคในทุกหนทุกแห่ง

คำนึงถึงความยั่งยืนในระยะยาว (Long-term Sustainability) รวมถึงครอบคลุมมาตรการการรักษามรดกทางทรัพยากรที่จะตกกับคนรุ่นหลังโดยอย่างน้อยให้มาก ๆ พอกับชนรุ่นปัจจุบันที่ได้รับมาและเป็นการพัฒนาที่กระจายประโยชน์ของความก้าวหน้าเศรษฐกิจได้อย่างทั่วถึง ตลอดจนเป็นการพัฒนาที่ปกป้องสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่นและในระดับโลก โดยรวมเพื่อชนรุ่นหลังและเป็นการพัฒนาที่ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นอย่างแท้จริง (เกื้อ วงศ์บุญสิน. 2545 : 71)

การพัฒนาที่ยั่งยืนจากบทความข้างต้นก็มีการพูดถึงคำจำกัดความไว้หลายประการ เริ่มต้นบอกว่า "การพัฒนาที่ยั่งยืน" ภาษาอังกฤษเรียกว่า Sustainable Development โดยสมัชชาโลกจาก World Commission on Environment (2526) ซึ่งเสนอแนะว่า "การ พัฒนาที่ยั่งยืน คือ รูปแบบของการพัฒนาที่ตอบสนองต่อความต้องการของคนในรุ่นปัจจุบันโดยไม่ทำให้ คนรุ่นต่อไปในอนาคตต้องประนีประนอมยอมลดทอนความสามารถในการที่จะตอบสนองความ ต้องการของตนเอง"

การพัฒนาที่ยั่งยืน หมายถึง การพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นการพัฒนาที่สนองตอบความต้องการของคนรุ่นปัจจุบัน โดยไม่ลดทอนความสามารถของคนรุ่นต่อมาที่จะตอบสนองความต้องการของพวกเขา โดยภาษาอังกฤษ ได้แก่ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558 : 11)



ภาพที่ 2.48 แสดงความเป็นมาและแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน
ที่มา : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2558 : 11)

2.13.3 การพัฒนาที่ยั่งยืน

การพัฒนาที่ยั่งยืน คือ การพัฒนาที่เน้นให้มนุษย์คำนึงถึงขีดจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติบนโลกและให้มีการดำเนินการพัฒนาควบคู่ไปกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยให้เป็นการพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนทั้งในยุคปัจจุบันและยุคต่อ ๆ ไปอย่างเท่าเทียมกันหลักการสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน คือ การสร้างสมดุลระหว่าง 3 มิติของการพัฒนา ได้แก่

1. มิติการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน
2. มิติการพัฒนาสังคมที่ยั่งยืน
3. มิติการพัฒนาสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ทั้งนี้การพัฒนาที่ยั่งยืนจะต้องทำให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีระบบสังคมที่เป็นสังคมธรรมรัฐมีระบบการพัฒนาเศรษฐกิจที่มั่นคง ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาความช่วยเหลือจากภายนอก มีคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ประชาชนรู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า โดยเฉพาะการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อเป็นฐานในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม เพื่อนำไปสู่การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558 : 12)

2.13.4 แนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนในประเทศไทย

ในประเทศไทย พระพรหมคุณาภรณ์ (ป.อ.ปยุตฺโต) ได้นำแนวคิดเรื่องการพัฒนาที่ยั่งยืนมาเผยแพร่ โดยท่านได้กล่าวไว้ว่า กระแสในการพัฒนาแบบใหม่มี 2 กระแส กระแสแรกเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนตามแนวคิดของคณะกรรมาธิการโลกว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (CSD) คือ มุ่งพัฒนาควบคู่ไปกับการให้ความสำคัญแก่สิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนประชากร ส่งผลให้เกิดปัญหาทรัพยากรร่อยหรอ และการเกิดมลภาวะ กระแสที่สอง คือ การพัฒนาตามแนวคิดของยูเนสโก (UNESCO) ที่ให้ความสำคัญแก่คุณค่าของมนุษย์และวัฒนธรรม ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาสำหรับชาวพุทธแล้ว การพัฒนาที่ยั่งยืนควรเป็นการพัฒนาเพื่อสร้างสังคมที่ยั่งยืน ควบคู่กับตอบสนองความต้องการของตนได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์โลก และประชาชนรุ่นต่อ ๆ ไปในอนาคตต้องเดือดร้อน (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558 : 12)

การพัฒนาที่ยั่งยืนจะมีการแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย ได้ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาคนเป็นแกนกลางของการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมุ่งเน้นแก้ปัญหาความยากจนการพัฒนาต้องสามารถตอบสนองในปัจจุบันขั้นพื้นฐานได้อย่างพอเพียงทั้งด้านการศึกษา สุขภาพ อนามัยที่อยู่อาศัยและฐานะความเป็นอยู่ที่ดีรวมทั้งมาตรการนโยบายประชากรที่เหมาะสม

2. ธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อม ด้วยการพิทักษ์รักษาบำรุง ช่วยสภาพธรรมชาติและใช้ทรัพยากร อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพแต่การพัฒนาจะสำเร็จได้นั้นต้องอาศัยการพัฒนาจริยธรรมทั้งในระดับบุคคลและระดับชาติ การพัฒนาด้านการศึกษานับว่าเป็นองค์ประกอบแรกที่จะช่วยผลักดันให้เกิดการพัฒนาด้านอื่น ๆ ต่อไปอย่างน้อยทำให้คนรู้เท่าทันปัญหาที่เกิดขึ้นและที่สำคัญต้องมีการประนีประนอม คือ ยอมลดละความต้องการของตนเองเพื่อให้แต่ละฝ่ายได้ประโยชน์บ้างหลักการเหล่านี้เองจะทำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนได้

หลักการพัฒนาแบบยั่งยืนเป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นการสร้างสมดุลในสามมิติดัง ที่จะได้กล่าวต่อไปนี้เนื่องจากทุกด้านล้วนแล้วแต่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวเนื่องกันดังนี้ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2554 : 55)

1. มิติการพัฒนาด้านสังคม หมายถึง การพัฒนาคนและสังคมให้เชื่อมโยงกับการพัฒนาเศรษฐกิจ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลโดยพัฒนาคนไทยให้มีผลิตภาพสูงขึ้น ปรับตัวรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงมีสำนึกและวิถีชีวิตที่เกื้อกูลต่อธรรมชาติ มีสิทธิและโอกาสที่จะได้รับการจัดสรรและผลประโยชน์ด้านการพัฒนาและคุ้มครองอย่างทั่วถึงและเป็นธรรมและพึ่งพาตนเองได้อย่างมั่นคง มีระบบการจัดการทางสังคมที่สร้างการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายรวมทั้งมีทุนทางสังคมที่อยู่หลากหลายมาใช้อย่างเหมาะสม เพื่อสร้างสังคมไทยให้เป็นสังคมที่มีคุณภาพมีการเรียนรู้ตลอดชีวิตและมีความสมานฉันท์

2. มิติการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ หมายถึง ระบบเศรษฐกิจที่มีเสถียรภาพอย่างต่อเนื่องในระยะยาวและเป็นการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่มีคุณภาพ การพัฒนาทางเศรษฐกิจจะต้องเป็นไปอย่างสมดุลและเอื้อต่อประโยชน์ต่อคนส่วน ใหญ่เป็นระบบเศรษฐกิจที่มีความสามารถในการแข่งขันและการเจริญเติบโตทาง เศรษฐกิจนั้นจะต้องนำมาจากกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีสะอาด ลดปริมาณของเสีย ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม ไม่สร้างมลพิษที่จะกลายมาเป็นต้นทุนทางการผลิตในระยะต่อไป รวมทั้งเป็นข้อจำกัดของการเศรษฐกิจอย่างมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน

3. มิติการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในขอบเขตที่คงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพและสามารถพลิกฟื้นให้กลับสู่สภาพใกล้เคียงกับสภาพเดิมให้มากที่สุด เพื่อให้คนรุ่นหลังได้มีโอกาสและมีปัจจัยในการดำรงชีพ ซึ่งจะต้องปรับเปลี่ยนทัศนคติในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมุ่งการจัดการให้เกิดสมดุลระหว่างการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างเกื้อกูลรวมถึงการชะลอการใช้และนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ให้มากที่สุด

ภาพที่ 2.49 แสดงหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืนในมิติต่าง ๆ
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.pinterest.com

2.14 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีความพึงพอใจ

2.14.1 แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค

ผู้บริโภค (Consumer) หมายถึง ผู้ที่มีความต้องการซื้อสินค้าหรือรับ ประสบการณ์ของสินค้าบริการ มีอำนาจซื้อ (Purchasing power) ทำให้เกิดพฤติกรรมการซื้อ (Purchasing behavior) และพฤติกรรมการใช้ (Using behavior)

พฤติกรรมผู้บริโภค หมายถึง การกระทำของบุคคลที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการได้รับและการได้ใช้บริการและสินค้า โดยรวมไปถึงกระบวนการตัดสินใจที่มีอยู่และมีส่วนร่วมในการกำหนดให้เกิดการกระทำดังกล่าว (ธีรวัฒน์ บุตตะโยธี. 2551 : 5)

วอลเตอร์และพอลล์ (Walter and Paul) อธิบายว่า พฤติกรรมผู้บริโภค คือ การที่บุคคลอยู่ในช่วงของกระบวนการตัดสินใจว่าจะซื้อสินค้าและบริการหรือไม่ซื้อ อะไร ซื้อเมื่อใด ซื้อที่ไหน ซื้ออย่างไร และซื้อจากใคร ขณะที่เคอร์ทซและบูน (Kurtz and Boone) กล่าวว่า พฤติกรรมผู้บริโภคประกอบไปด้วยการกระทำของบุคคลในการ ที่จะได้มาซึ่งสินค้าและบริการ และใช้สินค้าและบริการเหล่านั้น รวมไปถึงกระบวนการ ตัดสินใจที่เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมเหล่านั้น

คอตเลอร์ (Kotler. 2008) นิยามคำว่า พฤติกรรมผู้บริโภคไว้ว่า เป็น การศึกษาว่าบุคคล กลุ่มคน หรือองค์กรมีการเลือก การซื้อ การใช้ และการจัดการ รวม ไปถึงการเลือกทิ้งสินค้า บริการ ประสบการณ์ แนวความคิดอย่างไร เพื่อที่จะนำไปสู่การ ตอบสนองความต้องการและความปรารถนาของตนเองได้

สมาคมการตลาดแห่งสหรัฐอเมริกา (American Association of Marketing) ได้นิยามในมุมมองของนักการตลาด ว่า พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นการปฏิสัมพันธ์ที่ไม่หยุดนิ่งระหว่างการรับรู้แบบพฤติกรรม และสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ หรือในอีกแง่หนึ่ง พฤติกรรมผู้บริโภคเกี่ยวข้องกับความคิดและความรู้สึกที่เกิดกับผู้คน และการกระทำของพวกเขาในกระบวนการบริโภค นอกจากนี้พฤติกรรมผู้บริโภคยังรวมไปถึงทุกสิ่งรอบตัวคนเราที่มีอิทธิพลต่อความคิด ความรู้สึก และการกระทำสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าว ยังหมายรวมไปถึงผู้บริโภคคนอื่น ๆ โฆษณา ข้อมูลราคา การออกแบบการห่อหุ้มสินค้า รูปลักษณะของสินค้าและอื่น ๆ อีกมากมาย สมาคมการตลาดแห่งสหรัฐอเมริกายังรวมปัจจัยทางด้านสังคม วัฒนธรรม จิตวิทยา (แรงจูงใจ การรับรู้ การเรียนรู้ ความเชื่อ และทัศนคติ) และปัจจัยส่วนบุคคล (อาชีพและสถานภาพทาง เศรษฐกิจ วิถีชีวิต บุคลิก และการมองตนเอง) มาเป็นส่วนหนึ่งใน การกำหนดพฤติกรรมของผู้บริโภคอีกด้วย

2.14.2 ความต้องการของผู้บริโภค แรงจูงใจ และการจูงใจ

ความต้องการและแรงจูงใจมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน การที่บุคคลจะเกิดแรงจูงใจได้นั้น ย่อมต้องมีความต้องการก่อนเป็นพื้นฐานความต้องการด้านต่าง ๆ ของบุคคลนั้น เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ผลักดันให้บุคคลนั้น ๆ มีการกระทำสิ่งต่าง ๆ ซึ่งภาวะที่บุคคลมีแรงผลักดันเกิดขึ้นในใจนี้เรียกว่า “การมีแรงจูงใจ (motivation)”

1. ความต้องการ

ความต้องการ (Needs) ในความหมายของ อีเกิล เจมส์ และคณะ (ฉัตรยาพร เสมอใจ. 2550 : 118) อธิบายว่า ความต้องการ หมายถึง ความแตกต่างที่บุคคลรับรู้ได้ ระหว่างสภาพในอุดมคติและสภาพความเป็นจริงในปัจจุบัน ซึ่งมีอิทธิพลเพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมมีการ

คิดค้นทฤษฎีเกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์โดยนักคิดหลายท่าน หนึ่งในนั้นคือ อับราฮัม มาสโลว์ ที่กล่าวว่า บุคคลมีความต้องการไม่สิ้นสุด โดยเมื่อความต้องการหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้ว ก็จะลดแรงขับต่อพฤติกรรมลง และจะมีความต้องการในลำดับขั้นที่สูงขึ้น (ฉัตยาพร เสมอใจ. 2550 : 119)

ดังนั้น มาสโลว์จึงแบ่งลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ออกเป็น 5 ขั้น มาสโลว์อธิบายว่า ความต้องการของมนุษย์ประกอบไปด้วย 5 ลำดับขั้นสำคัญ คือ (เอนก สุวรรณบัณฑิต. 2550 : 34)

1.1 ความต้องการด้านร่างกาย

1.2 ความต้องการด้านความปลอดภัย

1.3 ความต้องการทางสังคม

1.4 ความต้องการการยกย่อง

1.5 ความต้องการประสบความสำเร็จในชีวิต

โดยจัดลำดับความสำคัญจากระดับต่ำไปยังระดับสูง ซึ่งบุคคลจะแสวงหาความต้องการระดับต่ำก่อน เมื่อความต้องการได้รับการตอบสนองแล้ว บุคคลจะแสวงหาความต้องการในระดับที่สูงขึ้นไป หากว่าความต้องการในระดับต่ำนั้นยังไม่ได้รับการตอบสนอง ส่งผลให้ความต้องการนั้นจะยังคงอยู่ (ฉัตยาพร เสมอใจ. 2550 : 120) ทำให้บุคคลต้องแสวงหาสิ่งที่มาตอบสนองความต้องการลำดับนั้น

2. แรงจูงใจและการจูงใจ

แรงจูงใจและการจูงใจ (motivation) ในความหมาย ชิฟแมน และคณะ (ฉัตยาพร เสมอใจ. 2550 : 123) อธิบายว่า แรงจูงใจ (Motives) หมายถึง แรงขับ (Drives) ภายในของบุคคลที่กระตุ้นให้เขาแสดงพฤติกรรม โดยที่แรงขับนั้นมาจากความเครียดอัน เกิดจากความต้องการภายในที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของบุคคล จากคำจำกัดความนี้ หมายความว่า เมื่อบุคคลกระทำสิ่งใดนั้น ย่อมมีแรงจูงใจอยู่ภายใน หรือในอีกนัยหนึ่ง พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นการจูงใจ

อดุลย์ จาตุรงคกุล (2550 : 244) ใช้คำว่า การจูงใจ แทนคำว่า แรงจูงใจ ในความหมายคล้ายกัน คือ การจูงใจเป็นพลังผลักดัน (Drive) ภายในตัวบุคคลที่บังคับบุคคลนั้นให้ก่อปฏิกิริยาเมื่อเกิดแรงขับขึ้น ความเครียด (Tension) จึงก่อตัวขึ้น เนื่องจากความต้องการที่เกิดมาจากแรงขับนั้นยังไม่ได้รับการตอบสนอง บุคคลจึงมีแรงจูงใจในการกระทำการต่าง ๆ ที่จะสามารถลดความตึงเครียดหรือลดความต้องการนั้น ๆ ลง ส่วนการที่บุคคลจะเลือกกระทำหรือมีพฤติกรรมที่จะตอบสนอง ความต้องการนั้นขึ้นอยู่กับการคิดและการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

2.14.3 กระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค

McGrew and Wilson (1982 : 12) ให้คำจำกัดความของคำว่า การตัดสินใจ ว่าหมายถึงการเลือกจากทางเลือกหรือตัวเลือกที่มีอยู่ (ใน Williams. 2002 : 44) แต่การตัดสินใจเป็นกระบวนการไม่ใช่เป็นการกระทำที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ตรงกันข้ามกระบวนการตัดสินใจเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมหรือปัจจัยรอบข้างในภาวะที่ผู้บริโภคกำลังอยู่ใน ขั้นตอนของการตัดสินใจ กระบวนการตัดสินใจซื้อเป็นส่วนหนึ่งของพฤติกรรมผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็น การตัดสินใจซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคทั่วไปหรือเป็นการ “บริโภค” (consume) สินค้าและบริการทางการท่องเที่ยว กระบวนการตัดสินใจซื้อ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน อัน ได้แก่

1. การรับรู้ความต้องการ (ปัญหา) (Need Recognition)

2. การค้นหาข้อมูล (Information Search)

3. การประเมินผลทางเลือก (Evaluation of Alternatives)

4. การตัดสินใจซื้อ (Decision- Making of Purchase)

5. พฤติกรรมภายหลังการซื้อ (Post Purchase Behavior)

มนุษย์ไม่สามารถเกิดพฤติกรรมการตัดสินใจสำหรับสิ่งใดใดโดยไม่ผ่าน กระบวนการก่อนหน้านี้ กระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภคมีตัวแปรหลากหลายที่มีอิทธิพล ก่อนจะนำไปสู่พฤติกรรมการตัดสินใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของความต้องการ (อดุลย์ จาตุรงคกุล. 2550 : 2)

2.14.4 แนวความคิดทฤษฎีด้านการตลาดแนวใหม่ หรือ หลัก 4Cs

ในช่วงทศวรรษที่ 1990 ในขณะที่นักการตลาดกำลังหาหนทางทำการตลาดให้ตัวเองอยู่รอดท่ามกลางการแข่งขันที่รุนแรงและกดดันขึ้นเรื่อย ๆ นั้น แนวคิดใหม่ในการทำการตลาดแบบ 4 C’s ก็เริ่มเข้ามาแทนที่การตลาดแบบ 4P’s ซึ่งแนวคิดดังกล่าวถูกตีพิมพ์ในหนังสือพิมพ์ Advertising Age โดยบ๊อบ ลูเทอบอร์น (Bob Lauterborn) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัย นอร์ท แคโรไลนา ซึ่งได้ตีพิมพ์ข้อเขียนของเขาเรื่อง “New Marketing Litany; Four P’s passe; C-words take over”

บ๊อบ ลูเทอบอร์น (Bob Lauterborn) ได้ให้ข้อคิดว่า ทุกวันนี้นักการตลาดกำลังใช้กลยุทธ์การตลาดเก่า ๆ ในโลกที่ไม่มีอยู่อีกแล้ว ซึ่งบ๊อบกำลังบอกนักการตลาดในยุคนั้นว่า ตลาดที่ตอบรับกับกลยุทธ์ 4P’s นั้นไม่มีอยู่จริงอีกต่อไปในโลกนี้ ตลาดในลักษณะนั้นกลายเป็นอดีตไปเสียแล้ว การที่บริษัทต่าง ๆ จะอยู่รอดได้นั้นควรจะต้องหันมามองตัวเองใหม่ และลืมคำว่า 4P’s ให้ได้ และแทนที่จะมองในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย นักการตลาดสมัยใหม่ต้องมองในอีกมุมคือมุมมองของผู้ซื้อบ้าง โดยที่บ๊อบได้เสนอแนวคิดในการทำการตลาดในรูปแบบของ 4C’s ไว้ทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้ (บุริม โอทกานนท์. 2556 : 3)

1. ความต้องการของผู้บริโภค (Consumer Wants and Needs)

แทนที่จะผลิตอะไรก็ได้ที่ขายได้ เราคงต้องผลิตอะไรที่ผู้บริโภคต้องการมากกว่า เพราะปลาที่เราเคยคิดว่าหย่อนเหยื่ออะไรไปก็จะฮุบเสียหมดนั้น ได้เรียนรู้แล้วว่าพวกเขาควรจะฮุบเหยื่ออะไรและแบบไหน สินค้าที่ผลิตออกมานั้นควรจะสินค้าที่ผู้บริโภคจะซื้อใช้เพื่อแก้ปัญหาการอยู่รอดของพวกเขา (Consumer Solution) แทนที่จะเป็นการอยู่รอดของผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย

2. ต้นทุนของผู้บริโภค (Consumer’s Cost to Satisfy)

แนวคิดการตั้งราคาเพื่อให้ผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายอยู่รอดนั้นต้องเปลี่ยนไปเป็นการตั้งราคาโดยการพิจาราณาถึงต้นทุนของผู้บริโภคที่ต้องจ่ายเพื่อที่จะให้ได้สินค้ามาใช้ ซึ่งการตั้งราคานั้นต้องคำนวณถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคต้องจ่ายออกไปก่อนที่จะจ่ายเงินซื้อสินค้า ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในเรื่องการเดินทาง ค่าจอดรถ ค่าเสียเวลา เป็นต้น

3. ความสะดวกในการซื้อ (Convenience to buy)

การกระจายสินค้าในทุกจุดขายที่เป็นไปได้ โดยคิดว่าหากจุดขายสินค้ามีมากจะผู้บริโภคจะซื้อนั้นก็เป็นเรื่องที่หลงสมัยไปแล้ว ช่องทางการจัดหน่ายสมัยใหม่นั้นต้องคิดว่าจะเพิ่มความสะดวกในการซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภคได้อย่างไร เพราะในตอนนี้ผู้บริโภคจะเป็นผู้ตัดสินใจว่าจะซื้อที่ไหน ซื้อมากเท่าไร และซื้อเวลาใด มากกว่าการซื้อตามช่องทางที่ถูกกำหนดขึ้นจากผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย

4. การสื่อสาร (Communication)

วิธีการสื่อสารนั้นแทนที่จะใช้สื่อเพื่อการกระตุ้นการตัดสินใจซื้อแบบในอดีตที่เคยประสบความสำเร็จ แต่วันนี้การสื่อสารต้องมองว่าทั้งสื่อและสารใดที่ผู้บริโภคจะรับฟัง การตลาดวันนี้ไม่ใช่ว่าผู้บริโภคจะยอมฟังในสิ่งที่เราต้องการจะพูดดังเช่นเดิม แต่วันนี้ผู้บริโภคเลือกที่จะฟังและไม่ฟัง เลือกที่

จะเชื่อและไม่เชื่อ ดังนั้นการส่งเสริมการตลาดจึงควรหันมาให้ความสำคัญในเรื่องการสื่อสารมากกว่าการลดแลกแจกแถม แต่ให้ความสำคัญในการสร้างเรื่องราว สร้างความไว้เนื้อเชื่อใจ ผ่านสื่อที่ผู้บริโภครับฟังมากกว่า

ทั้งนี้แนวคิดใหม่เรื่อง 4C's นั้นได้รับการตอบรับจากนักการตลาดทั้งรุ่นเก่าและรุ่นใหม่เป็นอย่างดีเยี่ยม โดยที่ตำราการตลาดที่สอนกันในมหาวิทยาลัยได้ปรับเปลี่ยนจาก 4P's มาสู่ 4C's กันแทบทุกแห่งและการคิดผลิตสินค้าของโรงงาน และการขายและกระจายสินค้าของผู้จัดจำหน่าย การวางแผนการสื่อสารของนักโฆษณาประชาสัมพันธ์ในปัจจุบันก็ปรับเปลี่ยนไปสู่แนวคิด 4C's กันมากขึ้นเรื่อย ๆ และทิ้งให้แนวคิด 4P's นั้นค่อย ๆ ถอยกลับไปสู่อดีต (บุริม โอทกานนท์. 2556 : 4)

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต และกระบวนการใช้ประโยชน์หรือกระบวนการขึ้นรูปแบบต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ภูมิพัฒน นันทนัทมณีโชติ (2550 : 58) ได้ทำการศึกษาการนำเถาหนักมาใช้ทดแทนทรายในมอรตาร์โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานของเถาหนักทางดานวิศวกรรมและทางเคมี และเพื่อศึกษาความเปนไปไดในการใชเถาหนักมาใชทดแทนทรายในการผสมคอนกรีต โดยเถ้าหนักที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยได้มาจากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาร์ในด้านของกำลังรับแรงอัด ซึ่งตัวแปรหลักประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ที่ปริมาณ 301.5 กรัม มีค่าการไหลแผ่ที่ ร้อยละ 110 ± 5 และปริมาณการแทนที่ทรายด้วยเถ้าหนักอยู่ที่ ร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 โดยน้ำหนัก

จากการศึกษาพบว่า องคประกอบทางเคมีของเถาหนักประกอบดวยซิลิกอนเปนธาตุหลัก ซึ่งมีปริมาณรอยละ 45.50 รองลงมาคืออลูมิเนียม ซึ่งมีปริมาณรอยละ 22.95 และมีปริมาณผลรวมของสารประกอบต่าง ๆ รอยละ 78.34 โดยเปนปริมาณซิลิกาออกไซด (SiO2) รอยละ 46.50 ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด (Al2O3) รอยละ 23.10 และปริมาณเหล็กออกไซด (Fe2O3) รอยละ 8.74 จึงมีความเปนไปได ในการใชเปนปอซโซลาน และในส่วนของความตานทานแรงอัดเมื่อใชเถ้าหนักทดแทนทราย พบว่า ปริมาณน้ำที่ใชในการผสมกอนมอรตารมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อสัดสวนของเถ้าหนักเพิ่มมากขึ้นและคาการไหลจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ค่ากำลังรับแรงอัดจะสูงขึ้นเมื่อมีการผสมน้ำในสัดสวนที่เหมาะสมที่ทำใหคาการไหลอยูในชวง ร้อยละ 110 ± 5 และเมื่อมอรตาร์มีสวนผสมของเถาหนักเพิ่มขึ้น คากำลังอัดที่วัดไดจะมีคาลดลง

ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า การใช้เถ้าหนักในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อทดแทนการใช้ทรายในมอร์ตาร์ ส่งผลให้มอรตาร์โดยรวมมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต (2555 : 113) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการนำวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติมาใช้งานเป็นกระเบื้องหลังคาแผ่นเรียบและแผ่นผนัง เพื่อใช้ในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและลดการใช้พลังงานสำหรับ ระบบปรับอากาศภายในอาคาร

จากการศึกษา พบว่า งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เส้นใยหรือไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติสำหรับพื้นที่ในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย โดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากซีเมนต์เพสต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ ใยมะพร้าวและกากเยื่อใยปาล์ม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตรภายในประเทศ โดยมุ่งเน้นการศึกษาอิทธิพลของเส้นใยธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทางความร้อนของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ASTM และ JIS เป็นหลักในการพัฒนาไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ

ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า การใช้เส้นใยมะพร้าวและกากเยื่อใยปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ในสัดส่วนผสม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานกำาหนด และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุมถึงร้อยละ 66 ซึ่งมีผลต่อการประหยัดพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศในอาคารพักอาศัย

อำพล วงศ์ษา และ วันชัย สะตะ (2556 : 1) ได้ทำการศึกษาการใช้เศษวัสดุเป็นส่วนผสมในคอนกรีตพรุน โดยมีวัตถุประสงค์หลักทั้งหมด 2 ส่วน คือ เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้เศษวัสดุจากเศษคอนกรีต, เศษคอนกรีตบล็อก และเศษอิฐมอญแทนมวลรวมธรรมชาติหรือหินปูนต่อสมบัติของคอนกรีตพรุน และเพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณซีเมนต์เพสต์ต่อสมบัติทางกายภาพคอนกรีตพรุน

จากการศึกษา พบว่า คอนกรีตพรุนที่ได้จากเศษคอนกรีตจะมีสมบัติทางด้านกำลังรับแรงอัดและความทนทานต่อการขัดสีที่ใกล้เคียงกับมวลรวมธรรมชาติ ถึงแม้ว่าเศษคอนกรีตบล็อกและเศษอิฐมอญจะทำให้คอนกรีตพรุนมีกำลังรับแรงอัดและความทนทานต่อการขัดสีลดลง แต่คอนกรีตพรุนที่ได้จากเศษอิฐบล็อกมีค่าการซึมผ่านน้ำและอัตราส่วนโพรงสูงที่สุด ในขณะที่เศษอิฐมอญจะทำให้คอนกรีตพรุนมีน้ำหนักลดลงร้อยละ 40 และนำความร้อนต่ำที่สุด

ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า เศษวัสดุทั้ง 3 ชนิด สามารถนำมาใช้แทนมวลรวมธรรมชาติในการผลิตคอนกรีตพรุนได้ โดยเศษคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตพรุนมีสมบัติที่ดีใกล้เคียงกับมวลรวมธรรมชาติ ส่วนคอนกรีตพรุนจากเศษคอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการซึมผ่านน้ำดีที่สุด ในขณะที่คอนกรีตพรุนจากเศษอิฐมอญมีน้ำหนักเบาและนำความร้อนต่ำที่สุด โดยการเพิ่มปริมาณซีเมนต์เพสต์ในส่วนผสมจะสามารถช่วยให้คอนกรีตพรุนมีสมบัติทางด้านกำลังรับแรงอัดและความทนทานต่อการขัดสีดียิ่งขึ้น

ยุทธนา บุญสินชัย และคณะ (2554 : 3) ได้ทำการศึกษากำลังรับแรงดัดและพฤติกรรมการวิบัติของคอนกรีตพรุน โดยการประยุกต์ใช้วัสดุใยสังเคราะห์เสริมแรง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรงดัดและพฤติกรรมการวิบัติของคอนกรีตพรุนในห้องปฏิบัติการ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุใยสังเคราะห์ประเภท Fiber grass และ Geogrid เพื่อเสริมแรงให้กับคอนกรีตพรุน โดยใช้มวลรวมหยาบขนาด 3/8 นิ้ว และขนาดค้างตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) โดยใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสต์ต่อมวลรวมหยาบเท่ากับ 0.327 โดยปริมาตรอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.295 และสารลดน้ำปริมาณมาก Type F (Super plasticizer) ในประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ที่อายุการบ่มอยู่ที่ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ

ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า คอนกรีตพรุนมีการพัฒนากำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอายุการบ่ม โดยขนาดคละของมวลรวมมีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตพรุนให้สูงขึ้น การเสริมวัสดุใยสังเคราะห์ พบว่า มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงพฤติกรรมด้าน Ductility ของคอนกรีตพรุนให้ดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตพรุนปกติที่ไม่มีการเสริมวัสดุใยสังเคราะห์

วรฤทธิ์ สายเนตร (2557 : 36) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฝุ่นหินอ่อนมาผสมกับโพลีเอสเตอร์เรซิ่น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำของเสียประเภทฝุ่นหินอ่อนมาประยุกต์ใช้ทดแทนในเนื้อเรซิ่น โดยทำการหาส่วนผสมของฝุ่นหินอ่อนที่จะนำมาแทนเรซิ่นได้สูงสุดในการหล่อขึ้นรูป และทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล 3 ประเภท เพื่อหาอัตราส่วนที่มีความเหมาะสม มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีมากที่สุด ซึ่งได้แก่ ความทนแรงดึง ความทนแรงดัดโค้ง และความทนแรงกระแทก

จากการศึกษา พบว่า ฝุ่นหินอ่อนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนั้น สามารถแบ่งขนาดความละเอียดหรือขนาดอนุภาคได้เป็น 2 ลักษณะ คือ แบบไม่ทำการร่อน และแบบทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 325 เมส เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาผลกระทบของขนาดอนุภาคของฝุ่นหินอ่อนที่แตกต่างกันในการผสมวัสดุและคุณสมบัติหลังหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน แล้วทำการนำเรซิ่นมาผสมกับฝุ่นหินอ่อนเพื่อหาอัตราส่วนของเรซิ่นที่น้อยที่สุดในการนำมาใช้ขึ้นรูปได้ ซึ่งมีทั้งหมด 6 สูตร จากนั้นจึงทำการส่งทดสอบคุณสมบัติเชิงกลทั้ง 3 ด้าน เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลทดสอบวัสดุและทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า เมื่อมีส่วนผสมของฝุ่นหินอ่อนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีคุณสมบัติด้านความทนแรงดึงและแรงดัดโค้งของเรซิ่นลดลง แต่จะทำให้มีคุณสมบัติในด้านการทนแรงดึงเพิ่มขึ้น และฝุ่นหินอ่อนที่ร่อนผ่านตระแกรงเมื่อนำมาผสมกับเรซิ่นจะส่งผลให้มีค่าคุณสมบัติความคงทนทั้ง 3 ด้านสูงกว่าการใช้ฝุ่นหินอ่อนที่ไม่ร่อนผ่านตระแกรงผสมกับเรซิ่น ทั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าเรซิ่นผสมกับฝุ่นหินอ่อนเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหล่อขึ้นรูปได้สูงสุด คือ สูตรที่มีอัตราส่วนเรซิ่นร้อยละ 30 และฝุ่นหินอ่อนร้อยละ 70 และฝุ่นหินอ่อนที่มีอนุภาคขนาดเล็กสามารถผสมกับเรซิ่นแล้วเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีกว่าฝุ่นหินอ่อนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ปะปนอยู่ด้วย และหากใช้สูตรผสมระหว่างเรซิ่นกับฝุ่นหินอ่อนดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจริงจะสามารถช่วยให้ประหยัดต้นทุนของเรซิ่นไปได้ 49 บาทต่อกิโลกรัม

ประชุม คำพุฒ (2550 : 82) ได้ทำการศึกษาการใชน้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติดานการรับกำลังและการเปนฉนวนกันความรอนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการนำยางธรรมชาติหรือน้ำยางพารามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดและการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อก และเพื่อทำให้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสม ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว สมบัติในด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังดัดของคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา โดยทำการทดลองใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนตต่อทรายบดละเอียด คือ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก และใช้ปริมาณผงอลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ซึ่งการเตรียมน้ำยางพาราจะมีการใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักน้ำยางพารา คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.00, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ตามลำดับ แล้วทำการผสมและอบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก.1505-2541 นำมาทดสอบค่าความหนาแน่น ค่ากำลังรับแรงอัด และค่ากำลังดัด ที่อายุการบ่ม 3 วัน, 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ

จากการศึกษา พบว่า การใช้น้ำยางพารามาช่วยปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนโดยใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายบดละเอียด คือ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนักและใช้ปริมาณผงอลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำหนักของน้ำในน้ำยางพารา) ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ซึ่งการเตรียมน้ำยางพาราจะมีการใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักน้ำยางพารา คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติในด้านตางๆ แลว ปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมที่สุดในการวิจัยครั้งนี้ คือ การใช้อัตราสวนของน้ำยางพาราตอปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) คากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เทากับ 115 กก./ซม.^{2} 2) ค่าโมดูลัสการแตกร้าวเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน ด้านขอบเท่ากับ 72 กก./ซม.^{2} และด้านแบนเท่ากับ 31 กก./ซม.^{2} 3) ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 1.42 กก./ซม.^{3} 4) ค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เท่ากับร้อยละ 7.98 5) ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเท่ากับ 0.139 (ร้อยละการหดตัว) และ 6) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.154 วัตต์/เมตร.องศาเคลวิน

ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่ค่ากำลังดัดของคอนกรีตจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้นค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลง แต่ค่ากำลังดัดจะเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ค่าการดูดกลืนน้ำจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละการหดตัว) มีค่าไม่แน่นอนในแต่ละอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบปกติอยู่เล็กน้อย โดยปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้ คือ การใช้อัตราสวนของน้ำยางพาราตอปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.10 ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาโดยรวมแล้วน้ำยางพาราสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบปานกลางที่สามารถรับกำลังได้สูงและสามารถนำมาใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังนี้

3.1 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

3.2 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

3.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3.4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยในแต่ละวัตถุประสงค์จะมีการแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยไว้ตามลำดับ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

วิธีดำเนินการวิจัยในส่วนนี้ จะเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ รวมถึงกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว เพื่อดูแนวทางของกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์และวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) (พรสนอง วงศ์สิงทอง. 2550 : 125) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จำนวน 6 คน ดังนี้

1. นายชนัตก์ ตันติวัฒน์พานิช ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน
2. นายธนทร มะโนสา ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกผลิต
3. นางประเทือง น้อยใจ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกเตรียมวัตถุดิบ
4. นายกมล มาระเพ็ชร ตำแหน่ง ผู้ช่วยแผนกเตรียมวัตถุดิบ
5. นางลำยอง คำปู่ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกคัดเลือก
6. นายพิทักษ์ ศรีกระบุตร ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิจัยและพัฒนา

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 3 คน ดังนี้

1. ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน คณาจารย์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์
2. ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร คณาจารย์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์
3. ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช คณาจารย์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มข้างต้น เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสังเกต แบบสอบถาม และแบบประเมิน โดยมีการจำแนกเครื่องมือออกเป็นทั้งหมด 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที่ 3 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยชุดที่ 2 และ 3 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ดังนี้

4.51 - 5.00 คะแนน หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
3.51 – 4.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมมาก
2.51 – 3.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
1.51 – 2.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมน้อย
1.00 – 1.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุด จะมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามและแบบประเมิน (IOC : Index of item objective congruence) เพื่อเก็บข้อมูลในการศึกษาวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. รศ.บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์ คณาจารย์สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ดร.ธนินทร์ รัตนโอฬาร คณาจารย์สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน จะต้องทำการตรวจสอบเนื้อหาหรือข้อคำถามของเครื่องมือวิจัย โดยทำการประเมินตามเกณฑ์ในการตรวจพิจารณาเครื่องมือ มีดังนี้ (ล้วน สายยศ. 2539 : 249)

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามและแบบประเมิน (IOC : Index of item objective congruence) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์

R คือ คะแนนการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

∑R คือ ผลรวมของคะแนนการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 หมายถึง มีค่าความเที่ยงตรง สามารถนำไปใช้ได้

2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.00-0.50 หมายถึง ต้องปรับปรุง ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้

ทั้งนี้เครื่องมือแบบสอบถามหรือแบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการลงภาคสนามและแจกเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุด ให้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยชุดที่ 1 แจกแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ให้กับกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จำนวน 6 คน และในชุดที่ 2 และ 3 ทำการแจกแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนให้กับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ จำนวน 3 คน และผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุด ดังกล่าวด้วยตนเอง

3.1.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. และนำข้อมูลที่ได้มาทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือเนื้อหาประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุดแล้ว ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลที่ได้มาแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย เพื่อวิเคราะห์และดูแนวโน้มของข้อมูลที่ได้ว่ามีความสอดคล้องตรง

ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยมากน้อยเพียงใดและควรดำเนินการวิจัยไปในทิศทางใด รวมถึงนำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ในส่วนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในลำดับต่อไป

3.2 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

วิธีดำเนินการวิจัยในส่วนนี้ จะเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เกี่ยวกับการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน รวมถึงทำการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบ ลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อดูแนวทางในแก้ปัญหาและออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมมากที่สุด รวมถึงพัฒนาและสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความรู้และประสบการณ์ในศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมต่าง ๆ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์แนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ในส่วนของผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสถาปัตยกรรม
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ในส่วนของผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับอุตสาหกรรม
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ในส่วนของผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับชุมชนและทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความรู้และประสบการณ์ในศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรม จำนวน 5 คน ดังนี้

1. รศ.สุรพล สุวรรณ คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร คณาจารย์สาขาวิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. ดร.มิยอง ซอ คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยจะมีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ดังนี้

4.51 - 5.00 คะแนน หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

3.51 – 4.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมมาก

2.51 – 3.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

1.51 – 2.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมน้อย

1.00 – 1.50 คะแนน หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุด จะมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามและแบบประเมิน (IOC : Index of item objective congruence) เพื่อเก็บข้อมูลในการศึกษาวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. รศ.บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์ คณาจารย์สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ดร.ธนินทร์ รัตนโอฬาร คณาจารย์สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน จะต้องทำการตรวจสอบเนื้อหาหรือข้อคำถามของเครื่องมือวิจัย โดยทำการประเมินตามเกณฑ์ในการตรวจพิจารณาเครื่องมือ มีดังนี้ (ล้วน สายยศ. 2539 : 249)

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน (IOC : Index of item objective congruence) มีสูตรการคำนวณการประเมิน ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์

R คือ คะแนนการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

∑R คือ ผลรวมของคะแนนการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 หมายถึง มีค่าความเที่ยงตรง สามารถนำไปใช้ได้

2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.00-0.50 หมายถึง ต้องปรับปรุง ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้

ทั้งนี้เครื่องมือแบบสอบถามหรือแบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทั้ง 5 คน และผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมแบบสอบถามดังกล่าวด้วยตนเอง

3.2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. และนำข้อมูลที่ได้มาทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือเนื้อหาประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลที่ได้มาแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย เพื่อวิเคราะห์และดูแนวโน้มของข้อมูลที่ได้ว่ามีความสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยมากน้อยเพียงใดและควรดำเนินการวิจัยไปในทิศทางใด รวมถึงนำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 และ 4 ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและในส่วนของการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในลำดับต่อไป

3.3 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต ด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการต่าง ๆ ที่มีความสอดคล้องกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้หลัก ๆ ตามประเภทของวัสดุประสานทั้งหมด 4 กลุ่ม และสามารถทำการจำแนกออกเป็นกระบวนการใช้ประโยชน์ตามลักษณะการขึ้นรูปและวัสดุที่ใช้ได้ทั้งหมด 9 กระบวนการ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน ด้วยวิธีการหล่อแบบโดยมีทั้งหมด 2 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

2. กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

กลุ่มที่ 2 กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีทั้งหมด 3 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

2. กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

3. กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

กลุ่มที่ 3 กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการใช้น้ำยาเรซิ่น (สำหรับหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสาน ด้วยวิธีการหล่อแบบและอัดแบบ โดยมีทั้งหมด 2 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

2. กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

กลุ่มที่ 4 กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการใช้น้ำยางพารา (สำหรับหล่อแบบ) เป็นวัสดุประสาน ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีทั้งหมด 2 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา โดยมีน้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

2. กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา โดยมีน้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่)

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้นำวัสดุหลักมาใช้ในการศึกษาวิจัยทั้งหมด 2 ประเภท คือ วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา (ประเภทเอ็กซ์ทรูดไทล์) และเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวขนาดความยาวตั้งแต่ 0.5-2.0 เซนติเมตร และขุยมะพร้าว (ผ่านการปรับสภาพด้วยการต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง) มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ โดยอาศัยวัสดุประสานที่ช่วยในการขึ้นรูปและยึดเกาะของวัสดุหลัก โดยมีทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 น้ำยาเรซิ่น (สำหรับหล่อแบบ) และน้ำยางพารา (สำหรับหล่อแบบ) โดยกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวจะใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมของวัสดุแบบตารางเบลน หรือ ตารางแบบ Line blend percentages ซึ่งจะมีการเบลนอัตราส่วนผสมทั้งหมด 9 สูตร ต่อ กระบวนการใช้ประโยชน์

โดยผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ ออกเป็นทั้งหมด 9 ส่วน เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและทดลองเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อดูแนวโน้มและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุในแต่ละกระบวนการ ดังนี้

3.3.1 การหาอัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages)

1. ส่วนที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ต้าร์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 2 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 1

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
น้ำบริสุทธิ์	35	35	35	35	35	35	35	35	35

2. ส่วนที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 4 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เส้นใยมะพร้าวขนาดความยาวตั้งแต่ 0.5-2.0 เซนติเมตร และขุยมะพร้าว

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 2

วัตถุดิบ 4 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ใยมะพร้าว	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
ขุยมะพร้าว	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
น้ำบริสุทธิ์	35	35	35	35	35	35	35	35	35

3. ส่วนที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 2 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 3

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
น้ำบริสุทธิ์	20	20	20	20	20	20	20	20	20

4. ส่วนที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 2 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 4

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
น้ำบริสุทธิ์	20	20	20	20	20	20	20	20	20

5. ส่วนที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย ด้วยวิธีการอัดแบบ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 4 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เส้นใยมะพร้าวขนาดความยาวตั้งแต่ 0.5-2.0 เซนติเมตร และขุยมะพร้าว

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 5

วัตถุดิบ 4 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ซีเมนต์	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ใยมะพร้าว	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ขุยมะพร้าว	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
น้ำบริสุทธิ์	25	25	25	25	25	25	25	25	25

6. ส่วนที่ 6 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและการอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก)

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 6

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยาเรซิ่น	90	80	70	60	50	40	30	20	10

7. ส่วนที่ 7 กระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยวิธีการหล่อแบบและการอัดแบบ โดยมีน้ำยาเรซิ่นเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 2 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ และน้ำยาเรซิ่น

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 7

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยาเรซิ่น	90	80	70	60	50	40	30	20	10

8. ส่วนที่ 8 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 2 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ และน้ำยางพารา (สำหรับหล่อแบบ)

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 8

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยางพารา	90	80	70	60	50	40	30	20	10

9. ส่วนที่ 9 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์-ยางพารา ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยมีน้ำยางพาราเป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) คือ การเบลนสูตรโดยใช้วัสดุ 2 ตัวแปร ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ และน้ำยางพารา (สำหรับหล่อแบบ)

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ส่วนที่ 9

วัตถุดิบ 2 ตัวแปร	อัตราส่วนผสมแบบตารางเบลน (Line blend percentages) หน่วย : ร้อยละ (%)								
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
วัสดุเหลือใช้	10	20	30	40	50	60	70	80	90
น้ำยางพารา	90	80	70	60	50	40	30	20	10

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 9 กระบวนการข้างต้น เพื่อหาอัตราส่วนผสมในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ด้วยการใช้วัสดุประสานที่มีคุณสมบัติและลักษณะทาง

กายภาพที่แตกต่างกัน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 น้ำยาเรซิ่น และน้ำยางพารา และทำการคัดเลือกกระบวนการใช้ประโยชน์ รวมถึงอัตราส่วนผสมในสูตรต่าง ๆ ที่มีลักษณะหลังขึ้นรูปและคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม ในแต่ละกระบวนการมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่กำหนดไว้

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอกำหนดแนวทางในการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์ชุมชน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ไว้ทั้งหมด 2 ช่วง ของการศึกษาวิจัยในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ช่วงที่ 1 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต โดยมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยทำการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ทำการประเมินและคัดเลือกกระบวนการใช้ประโยชน์และสูตรการทดลองที่เหมาะสมจากคุณสมบัติทางกายภาพ แล้วผู้วิจัยจึงทำการส่งทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในแต่ละกระบวนการใช้ประโยชน์เป็นรายสูตร เพื่อหากระบวนการใช้ประโยชน์และสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติเชิงกลเหมาะสมมากที่สุดและมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้

ช่วงที่ 2 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยทำการศึกษาและออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนและให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทำการประเมินและคัดเลือกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้งานได้จริง แล้วผู้วิจัยจึงทำการส่งผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลและเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติในด้านอื่น ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่กำหนดไว้

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ และผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยผู้วิจัยได้กำหนดการทดสอบไว้ทั้งหมด 2 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของวัสดุ โดยมีการทดสอบวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์และวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต ตามลำดับของการศึกษาวิจัยทั้งหมด 3 ประเภท ดังนี้

1. ทดสอบหาองค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพของวัสดุ (Qualitative Composition)

วิธีทดสอบ คือ XRF Standardless ด้วยเทคนิค XRF (X-Ray Fluorescence)

สถานที่ส่งทดสอบ คือ ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

2. ทดสอบหาขนาดและการกระจายตัวขนาดอนุภาคของวัสดุ (Particle Size Distribution & Powder Characteriz)

วิธีทดสอบ คือ Powder Characteriz ด้วยเทคนิค Laser diffraction

สถานที่ส่งทดสอบ คือ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

3. ทดสอบหากำลังรับแรงอัดของวัสดุ (Compressive Strength Test)

วิธีทดสอบ คือ ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compression Testing Machine)

สถานที่ส่งทดสอบ คือ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ช่วงที่ 2 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมีการทดสอบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ตามลำดับของการศึกษาวิจัยทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพในส่วนของลักษณะทั่วไป
2. การทดสอบประสิทธิภาพในส่วนของมิติและการลบมุม
3. การทดสอบประสิทธิภาพในส่วนของความได้ฉาก
4. การทดสอบประสิทธิภาพในส่วนของความต้านแรงอัด

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการส่งตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ตามลำดับของการศึกษาวิจัย เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนและประเภทของวัสดุประสานที่ใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมเอกสารข้อมูลผลการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุดังกล่าวด้วยตนเอง

3.3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. และนำข้อมูลที่ได้มาทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือเนื้อหาประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพของเซรามิกส์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ตามลำดับของการศึกษาวิจัย มาทำการแจกแจงข้อมูลตามประเภทของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทดสอบเพื่อให้ง่ายและสะดวกในการวิเคราะห์ผล แล้วนำผลการทดสอบมาเทียบเคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนและประเภทของวัสดุประสานที่ใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดตามที่กำหนดไว้

3.4 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

วิธีดำเนินการวิจัยในส่วนนี้ จะเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อดูแนวทางของผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการนำวัสดุผสมประเภทวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีเหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ด้วยการขึ้นรูปและสร้างเป็นผลิตภัณฑ์จริงที่สามารถใช้งานได้และมีคุณสมบัติที่ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่กำหนดไว้

3.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด
2. กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน
3. กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชน

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จำนวน 6 คน ดังนี้

1. นายชนัตก์ ตันติวัฒน์พานิช ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน
2. นายธนทร มะโนสา ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกผลิต
3. นางประเทือง น้อยใจ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกเตรียมวัตถุดิบ
4. นายกมล มาระเพ็ชร ตำแหน่ง ผู้ช่วยแผนกเตรียมวัตถุดิบ
5. นางลำยอง คำปู่ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกคัดเลือก
6. นายพิทักษ์ ศรีกระบุตร ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิจัยและพัฒนา

กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 3 คน ดังนี้

1. นางรินลตา ตั้งพงศ์ไพบูลย์ ตำแหน่ง เจ้าของกิจการผลิตภัณฑ์ชุมชน
2. นายภูวนารถ ชูชม ตำแหน่ง เจ้าของกิจการผลิตภัณฑ์ชุมชน
3. นายผล กล่อมสุนทร ตำแหน่ง เจ้าของกิจการผลิตภัณฑ์ชุมชน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 50 คน

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มข้างต้น เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสังเกต และแบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยมีการจำแนกเครื่องมือออกเป็นทั้งหมด 3 ชุด ตามกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (สำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์)

ชุดที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (สำหรับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

ชุดที่ 3 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (สำหรับผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

ทั้งนี้แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในแต่ละชุดจะมีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยทั้ง 3 ชุด เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ดังนี้

4.51 - 5.00 คะแนน หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

3.51 – 4.50 คะแนน หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

2.51 – 3.50 คะแนน หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

1.51 – 2.50 คะแนน หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

1.00 – 1.50 คะแนน หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุด จะมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามและแบบประเมิน (IOC : Index of item objective congruence) เพื่อเก็บข้อมูลในการศึกษาวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. รศ.บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง คณาจารย์สาขาวิชาออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์ คณาจารย์สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ดร.ธนินทร์ รัตนโอฬาร คณาจารย์สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน จะต้องทำการตรวจสอบเนื้อหาหรือข้อคำถามของเครื่องมือวิจัย โดยทำการประเมินตามเกณฑ์ในการตรวจพิจารณาเครื่องมือ มีดังนี้ (ล้วน สายยศ. 2539 : 249)

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อประเมินนั้น ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน (IOC : Index of item objective congruence) มีสูตรการคำนวณการประเมิน ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์

R คือ คะแนนการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

∑R คือ ผลรวมของคะแนนการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 หมายถึง มีค่าความเที่ยงตรง สามารถนำไปใช้ได้

2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.00-0.50 หมายถึง ต้องปรับปรุง ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้

ทั้งนี้เครื่องมือแบบสอบถามหรือแบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3.4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่และแจกแบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ให้กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จำนวน 6 คน กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 3 คน กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 50 คน และผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมแบบสอบถามดังกล่าวด้วยตนเอง

3.4.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

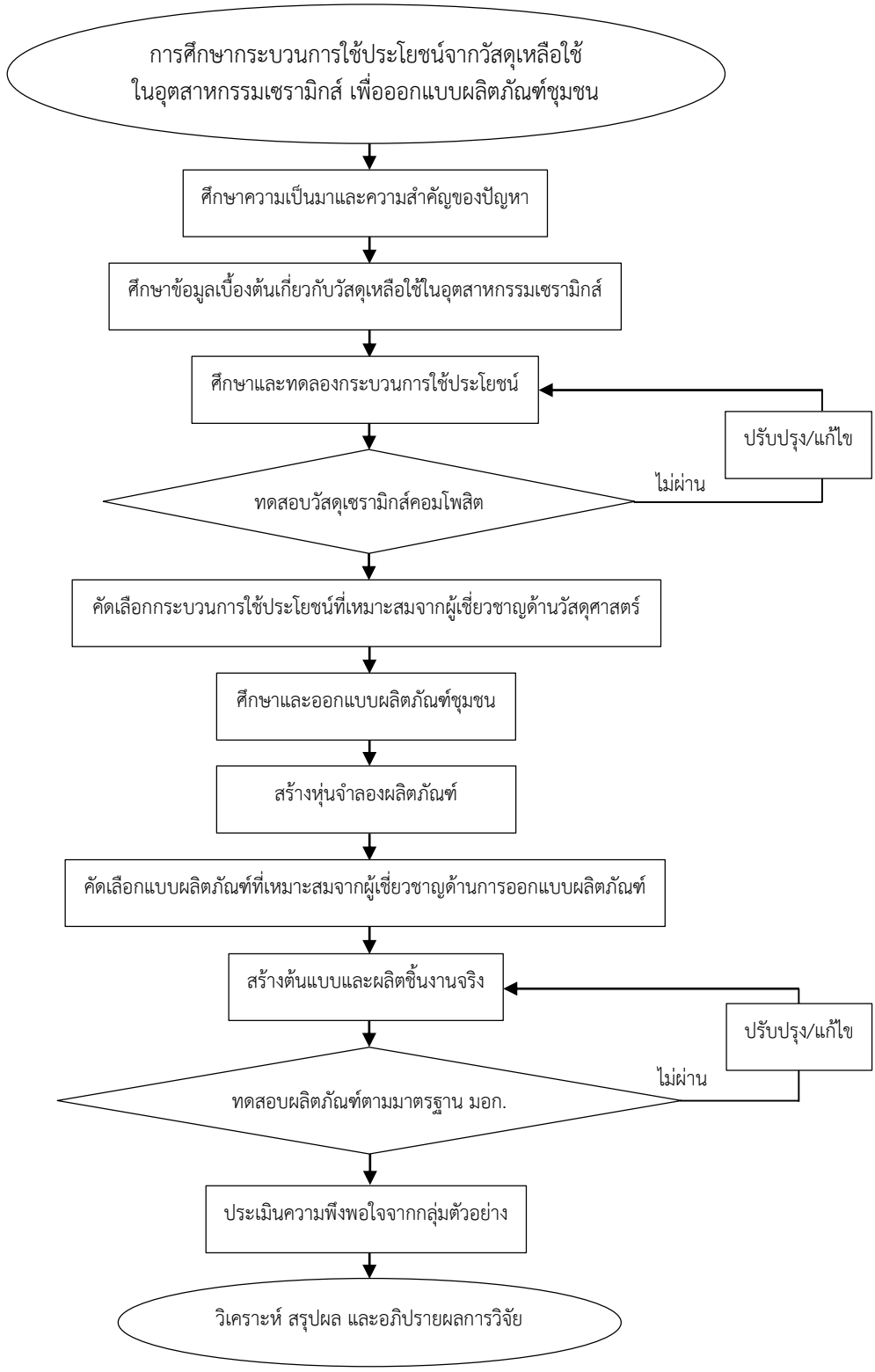
ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่า $\overline{X}$ และค่า S.D. และนำข้อมูลที่ได้มาทำการแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือเนื้อหาประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

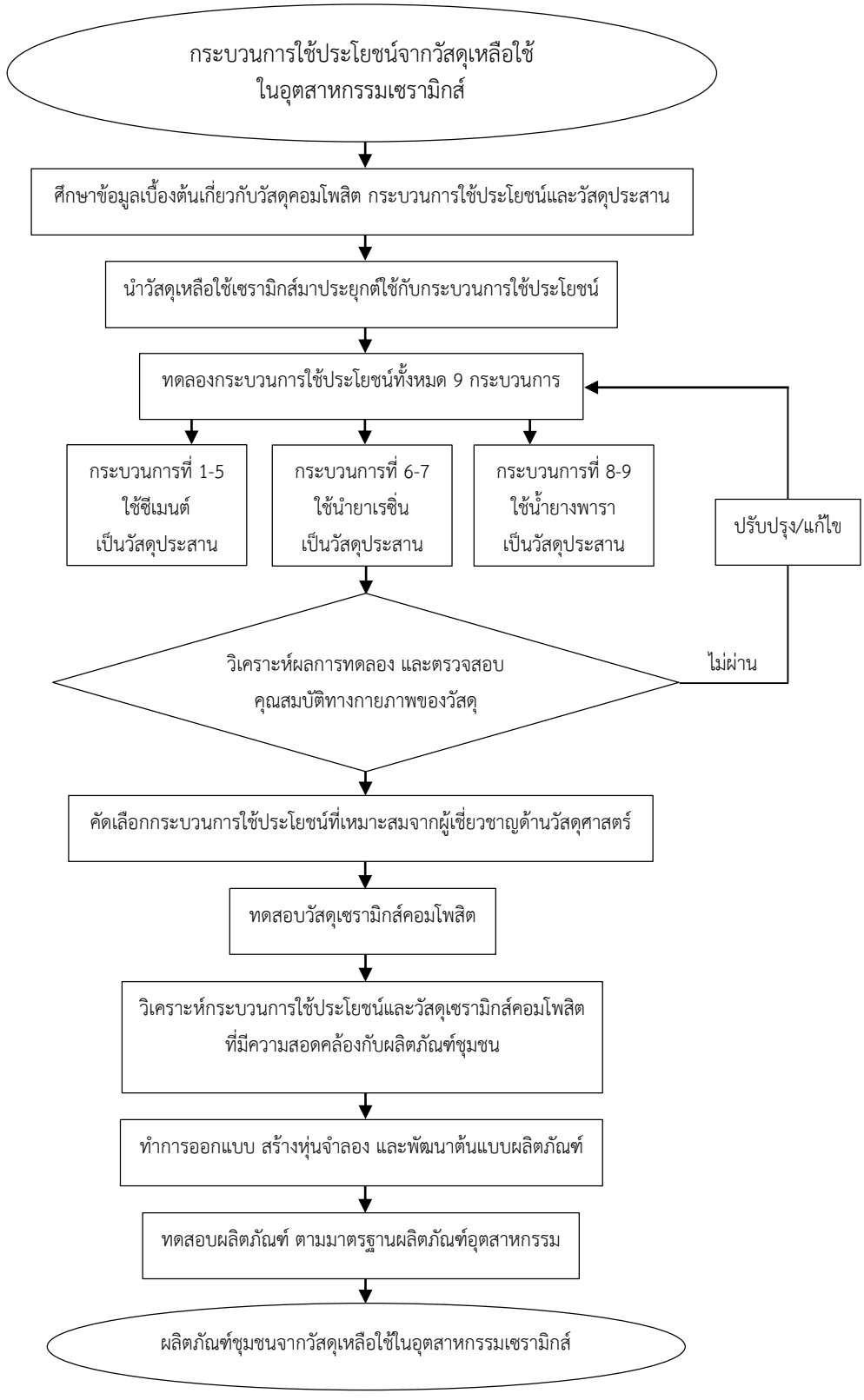
เมื่อผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชุดแล้ว ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลที่ได้มาแจกแจงรายละเอียดตามหัวข้อหรือประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ว่ามีความสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยมากน้อยเพียงใด รวมถึงนำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาสรุปผลความพึงพอใจจากประชากรและกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในส่วนของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ กระบวนการใช้ประโยชน์การออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน และผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ให้มีความเหมาะสมและมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในลำดับต่อไป

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลแสดงการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต และผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ลำดับ	รายละเอียดการทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบ	สถานที่ทดสอบ	ระยะเวลาการทดสอบ	ค่าใช้จ่ายการทดสอบ
1	ทดสอบองค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพ (Qualitative Composition) วิธีทดสอบ : X-Ray Fluorescence	XRF Standardless	TINT	5 วัน	1,600 บาท
2	ทดสอบหาขนาดอนุภาคและการกระจายตัวขนาดอนุภาค (Particle Size Distribution) วิธีทดสอบ : Laser diffraction	Powder Characteriz	MTEC	1 เดือน 10 วัน	1,000 บาท
3	ทดสอบหากำลังรับแรงอัดของวัสดุ (Compressive Strength Test) วิธีทดสอบ : Compression Testing	มาตรฐาน มอก. ที่เกี่ยวข้อง	Civil Engineering (KMITL)	2 เดือน	9,000 บาท
4	ทดสอบหาประสิทธิภาพในส่วนของลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ (General Characteristics) วิธีทดสอบ : Observation	มาตรฐาน มอก. เลขที่ 827-2531	TISI	2 เดือน 15 วัน	1,200 บาท
5	ทดสอบหาประสิทธิภาพในส่วนของมิติและการลบมุมของผลิตภัณฑ์ (Dimension and Angle Removal) วิธีทดสอบ : Vernier caliper				
6	ทดสอบหาประสิทธิภาพในส่วนของความได้ฉากของผลิตภัณฑ์ (Perpendicular) วิธีทดสอบ : Try Square, เครื่องวัดฉากแบบสอด, เครื่องวัดฉากแบบมีหน้าปัด พร้อมขาตั้ง				
7	ทดสอบหาประสิทธิภาพในส่วนของความต้านแรงอัดของผลิตภัณฑ์ (Compressive Strength Test) วิธีทดสอบ : Compression Testing		ใช้วิธีการคำนวณค่าความต้านแรงอัดของผลิตภัณฑ์จากผลการทดสอบในข้อ 3		-
	ผลการวิเคราะห์และทดสอบ	ผ่านการทดสอบ		6 เดือน	12,800 บาท



ภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน



ภาพที่ 3.2 แสดงแผนผังขั้นตอนการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติที่มีความสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ทั้งหมด 4 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ในวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 3 ชุด เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลที่ใช้เป็นประโยชน์ รวมถึงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและมีคุณภาพต่องานวิจัยดังกล่าวมากที่สุด โดยผู้วิจัยขอนำเสนอเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไว้ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที่ 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที่ 3 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

4.1.1 ข้อมูลจากแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้รูปแบบต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และทำการศึกษาแนวโน้มที่จะนำวัสดุเหลือใช้มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบสอบถามให้กับโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในกลุ่มของกระเบื้องเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้จะมีปริมาณมากในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เนื่องจากจังหวัดสระบุรีมีฐานอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ที่ใหญ่และมีหลากหลายโรงงาน

ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์แผนกต่าง ๆ เพื่อทำการศึกษาเกี่ยววัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ โดยมีทั้งหมด 6 หน่วยงาน ดังนี้

1. นายชนัตก์ ตันติวัฒน์พานิช ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน
2. นายธนทร มะโนสา ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกผลิต
3. นางประเทือง น้อยใจ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกเตรียมวัตถุดิบ
4. นายกมล มาระเพ็ชร ตำแหน่ง ผู้ช่วยแผนกเตรียมวัตถุดิบ
5. นางลำยอง คำปู่ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกคัดเลือก
6. นายพิทักษ์ ศรีกระบุตร ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิจัยและพัฒนา

โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยชุดที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด ผู้วิจัยขอนำเสนอไว้ดังนี้

จากการใช้เครื่องมือแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์แผนกต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ นั้น พบว่า บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด เป็นอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทผลิตกระเบื้องปูพื้นและปูผนังภายนอก ซึ่งเป็นกระเบื้องที่มีลักษณะพื้นผิวและสีดูเป็นธรรมชาติ โดยผ่านกระบวนการเผาในอุณหภูมิสูง เพื่อให้มีคุณสมบัติเด่นที่แข็งแรง เนื้อแกร่งหลอมรวมเป็นเนื้อเดียว

และจากการสอบถามเบื้องต้นในส่วนของวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์ภายในบริษัท หน่วยงาน หรือแผนกต่าง ๆ นั้นพบว่า หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตกระเบื้องหลักมีทั้งหมด 4 หน่วยงาน ที่มีวัสดุเหลือใช้ที่เป็นเซรามิกส์รูปแบบต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้และลักษณะของของเสียดังกล่าวไว้ดังนี้

1. แผนกผลิต

วัสดุเหลือใช้ ได้แก่ ของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นกระเบื้องที่ขึ้นรูปแล้วยังไม่ได้เผา

ลักษณะที่เสีย คือ บิ่น แตก และมีความชื้นสูง

ปริมาณของเสีย (ต่อเดือน) มีรายละเอียดดังนี้

1.1 กระเบื้องปั๊ม (หลังขึ้นรูป) มีปริมาณ 16 ตัน (ต่อเดือน)

1.2 กระเบื้องรีด (หลังขึ้นรูป) มีปริมาณ 40 ตัน (ต่อเดือน)

วิธีการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ คือ นำชิ้นกระเบื้องที่เสียมาทำการบดให้แตกตัวเป็นผงและทำการปรับความชื้นใหม่ให้ตามสูตร แล้วจึงนำมาใช้ในกระบวนการขึ้นรูปใหม่

2. แผนกเตรียมวัตถุดิบ

วัสดุเหลือใช้ ได้แก่ วัตถุดิบที่เป็นเม็ดหิน ที่ไม่ผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และวัตถุดิบที่เหลือจากการผสมขึ้นรูปตามสูตร

ลักษณะที่เสีย คือ วัตถุดิบที่เป็นเม็ดหินขนาดใหญ่และผงวัตถุดิบที่เหลือจากการผสมขึ้นรูป

ปริมาณของเสีย (ต่อเดือน) มีรายละเอียดดังนี้

2.1 วัตถุดิบเม็ดหินขนาดใหญ่ (BF-Flux) มีปริมาณ 35 ตัน (ต่อเดือน)

2.2 ผงวัตถุดิบที่เหลือจากการผสมขึ้นรูป มีปริมาณ 10 ตัน (ต่อเดือน)

วิธีการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ คือ นำเม็ดหินมาทำการบดซ้ำ เพื่อให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงและสามารถร่อนผ่านตระแกรงได้ ส่วนวัตถุดิบที่เหลือจากการผสมขึ้นรูปนั้นยังไม่มีการนำกลับมาใช้ซ้ำ เนื่องจากวัตถุดิบดังกล่าวเป็นการรวมวัตถุดิบมากกว่า 3 ชนิด จึงไม่สามารถทำการแยกประเภทวัตถุดิบตั้งต้นออกมาได้ชัดเจน

3. แผนกคัดเลือก

วัสดุเหลือใช้ ได้แก่ กระเบื้องปั๊ม (ใช้เครื่องปั๊มอัดขึ้นรูป) และกระเบื้องรีด (ใช้เครื่องรีดขึ้นรูป) ซึ่งมีทั้งลักษณะก่อนเผาและหลังเผา

ลักษณะที่เสีย คือ บิ่น แตก ร้าว และสีชิ้นงานที่ไม่ได้ตามมาตรฐาน

ปริมาณของเสีย (ต่อเดือน) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 กระเบื้องปั๊มก่อนเผา มีปริมาณ 30 ตัน (ต่อเดือน)

3.2 กระเบื้องปั๊มหลังเผา มีปริมาณ 32 ตัน (ต่อเดือน)

3.3 กระเบื้องรีดก่อนเผา มีปริมาณ 15 ตัน (ต่อเดือน)

3.4 กระเบื้องรีดหลังเผา มีปริมาณ 25 ตัน (ต่อเดือน)

วิธีการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ คือ มีการแยกเศษกระเบื้องที่ไม่ผ่านออก โดยมีการแยกสี แยกสูตรและแยกลักษะที่เป็นก่อนเผาและหลังเผาในแต่ละประเภทไม่ให้ปะปนกับกระเบื้องชนิดอื่น ๆ โดยมีวิธีการจัดการอยู่ 2 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 เศษกระเบื้องก่อนเผาจะนำไปบดและทำการขึ้นรูปใหม่

แบบที่ 2 เศษกระเบื้องหลังเผา จะทำการแยกประเภท แยกสี และนำมากองเก็บไว้ในพื้นที่จัดเก็บ เพื่อรอทำการบดในกรณีที่ต้องการนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตซ้ำ เช่น ผสมในสูตร (ใช้ในอัตราส่วนที่น้อย)

4. แผนกวิจัยและพัฒนา

วัสดุเหลือใช้ ได้แก่ กระเบื้องที่นำมาทำการทดลองแล้วไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด เหลือทิ้ง รวมถึงชิ้นงานบางประเภทไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำในกระบวนการผลิตได้ เนื่องจากมีการเติมแต่งหรือปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการทดลอง

ลักษณะที่เสีย คือ มีการปนเปื้อนวัตถุดิบ สีที่ใช้หรือสารอื่น ๆ นอกเหนือจากวัตถุดิบหลักของกระบวนการผลิตเดิม

ปริมาณของเสีย (ต่อเดือน) มีรายละเอียดดังนี้

4.1 กระเบื้องปั๊มและกระเบื้องรีด มีปริมาณ 0.25 ตัน (ต่อเดือน)

วิธีการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ คือ ทำการแยกประเภทของเสียลักษณะต่าง ๆ และในกรณีที่บางประเภทสามารถนำมาใช้ซ้ำได้ จะนำไปจัดเก็บรวมกับวัตถุดิบหรือเศษกระเบื้องชนิดเดิม

จากผลการประเมินแบบสอบถามข้างต้น พบว่า บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีวัสดุเหลือใช้ในระบบอุตสาหกรรมเซรามิกส์อยู่ 3 ประเภท ได้แก่

1. เศษกระเบื้องเซรามิกส์ที่มีตำหนิและไม่ผ่านมาตรฐาน

2. เศษวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ไม่ผ่านตระแกรง

3. เศษวัตถุดิบที่เกิดจากกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทต่าง ๆ กรณีศึกษาบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

ลำดับ	หน่วยงาน	ประเภทวัสดุเหลือใช้	ลักษณะที่เสียหรือมีตำหนิ	วิธีการจัดการ	ปริมาณ (ต่อเดือน)
1	ผลิต	กระเบื้องเซรามิกส์ (หลังขึ้นรูป)	บิ่น แตก ร้าว	นำมาบดใช้ซ้ำ	56 ตัน
2	เตรียมวัตถุดิบ	1. วัตถุดิบเม็ดหิน 2. ผงวัตถุดิบที่เหลือจากการผสมขึ้นรูป	1. มีขนาดใหญ่ 2. เศษผงที่เกิดจากการผสมแล้ว	1. นำมาบดให้เล็กลงและใช้ซ้ำ 2. ทิ้งแยกขยะ	35 ตัน 10 ตัน
3	คัดเลือก	1. กระเบื้องเซรามิกส์ (ก่อนเผา) 2. กระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา)	บิ่น แตก ร้าว และสีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD)	1. นำมาบดใช้ซ้ำและขึ้นรูป 2. นำมาบดใช้ซ้ำปริมาณน้อย	45 ตัน 57 ตัน
4	วิจัยและพัฒนา	กระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา)	สีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD)	นำไปทิ้งแยกประเภท	0.25 ตัน
ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์ (ก่อนเผา) รวม					101 ตัน
ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์ (หลังเผา) รวม					57.25 ตัน
ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์รวม					158.25 ตัน
ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในระบบอุตสาหกรรมรวม					203.25 ตัน

จากตาราง 4.1 แสดงให้เห็นว่า บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีวัสดุเหลือใช้ในระบบอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ ปริมาณรวม 203.25 ตันต่อเดือน โดยมีการแบ่งวัสดุเหลือใช้ออก เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ที่มีตำหนิและไม่ผ่านมาตรฐาน มีปริมาณรวม 158.25 ตันต่อเดือน เศษวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ไม่ผ่านตระแกรง มีปริมาณรวม 35 ตันต่อเดือน และเศษวัตถุดิบที่เกิดจากกระบวนการผลิต มีปริมาณรวม 10 ตันต่อเดือน โดยวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากที่สุด คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ก่อนเผา มีปริมาณ 101 ตันต่อเดือน รองลงมาคือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา มีปริมาณ 57.25 ตันต่อเดือน โดยปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากลักษณะการบิ่น แตก ร้าว และมีเฉดสีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD) ที่กำหนดไว้ ซึ่งถ้าเป็นวัสดุเหลือใช้จากเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังขึ้นรูปและก่อนเผานั้น จะสามารถนำมาทำการบดซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้ แต่ในกรณีที่เป็นเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผาจะสามารถนำมาทำการบดซ้ำได้เช่นกัน แต่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ทั้งหมด เนื่องจากเซรามิกส์หลังเผานั้นมีความแข็งแรงและมีเนื้อที่แกร่งมาก จึงทำให้การบดในปริมาณมากทำได้ยาก โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผามาทำการบดซ้ำและนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต ดังนี้

1. ปัจจัยเรื่องพลังงานที่ใช้ในการบด คือ โดยปกติจะทำการบดเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผาในปริมาณที่เพียงพอที่จะใช้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น จะไม่มีการบดต่อเนื่อง หรือบดทิ้งไว้

2. ปัจจัยเรื่องกระบวนการผลิต คือ โดยปกติจะมีการกำหนดเป้าหมายหลักในการผลิตสินค้าใหม่มากกว่าการนำวัสดุเหลือใช้จากเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผานำกลับมาบดใช้ใหม่

3. ปัจจัยเรื่องความสามารถในการผลิต คือ โดยปกติจะมีการกำหนดหน้าที่ จำนวนพนักงานหรือคนที่คอยดูแลกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน เพราะฉะนั้นในกรณีที่มีความจำเป็นต้องนำเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผานำกลับมาบดใช้ใหม่ จะต้องแบ่งพนักงานในกระบวนการผลิตดังกล่าว ไปคอยดูแลและควบคุมกระบวนการบดด้วย จึงทำให้ต้องมีการวางแผนและเปลี่ยนแปลงจำนวนคนที่อยู่ในกระบวนการผลิตหลักอยู่ตลอด ทำให้ความสามารถในการผลิตสินค้าในแต่ละวันไม่คงที่ อาจส่งผลต่อยอดรวมการผลิตสินค้าได้

4. ปัจจัยเรื่องระยะเวลาในการใช้งาน คือ โดยปกติการนำเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผามาทำการบดและนำกลับมาใช้ซ้ำในการบวนการขึ้นรูปหรือผลิตสินค้านั้น จะต้องใช้ระยะเวลาในการบดให้มีความละเอียดและได้ตามขนาดที่ต้องการประมาณ 2-3 วัน ต่อ 1 ตัน ซึ่งระยะเวลาในการบดดังกล่าวอาจจะขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องการใช้ในแต่ละครั้งด้วยส่วนหนึ่ง

ทั้งนี้ในปัจจุบันจึงมีการนำเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผามาบดและใช้ซ้ำในปริมาณที่น้อยหรือใช้ในปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานผลิตสินค้า ส่งผลให้บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผาในปริมาณมาก และไม่สามารถนำมากำจัดได้ทั้งหมด

และจากการสอบถามเบื้องต้นในส่วนของการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์ภายในบริษัท หน่วยงาน หรือแผนกต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ต่อในด้านอื่น ๆ เพิ่มขึ้นนั้น พบว่าทุกหน่วยงานเห็นด้วยอย่างยิ่งในการนำวัสดุเหลือใช้โดยเฉพาะที่เป็นเศษกระเบื้องเซรามิกส์ภายในบริษัทมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น โดยมีข้อเสนอแนะและรายละเอียดดังนี้

1. นำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle)
2. นำมาใช้ประโยชน์ในด้านการลดต้นทุน
3. นำมาใช้ประโยชน์ในด้านการบริจาคแก่สารธารณะหรือชุมชน
4. นำมาทดลองและต่อยอดการพัฒนาเป็นวัสดุใหม่
5. นำมาแยกประเภทและขายตามเกรดคุณภาพสินค้า

ทั้งนี้ในส่วนของนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ได้แก่ ลดปริมาณการใช้ (Reduce) นำมาใช้ซ้ำ (Reuse) และแปรรูปนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) นั้น พบว่า ทุกหน่วยงานเห็นด้วยอย่างยิ่งในการนำหลัก 3Rs มาประยุกต์ใช้กับบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด เนื่องจากในปัจจุบันมีกากของเสียในอุตสาหกรรมปริมาณมาก และยังไม่มีวิธีการกำจัดหรือจัดการเกี่ยวกับกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวที่เหมาะสม รวมถึงหลัก 3Rs ยังสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสีย ลดต้นทุนในการผลิต ช่วยจัดการลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ จึงต้องการให้มีการนำนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ให้ได้มากและเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด และแหล่งชุมชนอื่น ๆ

4.1.2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และเพื่อนำกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทต่าง ๆ โดยวัสดุหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาและทดลองครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา และกลุ่มที่มีเส้นใย

ธรรมชาติเป็นส่วนเสริมแรงในตัวของวัสดุ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว โดยทั้งสองกลุ่มนี้จะมีการใช้วัสดุประสานเพื่อช่วยในการยึดเกาะและขึ้นรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้นำวัสดุดังกล่าวมาทดลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมแบบตาราง Line blend percentages

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวัสดุและดูแนวโน้มผลลัพธ์จากกระบวนการใช้ประโยชน์ รวมถึงเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่เป็นเซรามิกส์มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีเซรามิกส์เป็นองค์ประกอบ เช่น มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความแข็งแรง ทนความร้อนและสามารถทนต่อการสึกหรอจากสารเคมีหรือสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ดี

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการส่งตัวอย่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ไปทดสอบการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพของวัสดุ ด้วยเทคนิค XRF (X-Ray Fluorescence) โดยผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

Element	Compound	Concentration ร้อยละ (%)	Element	Compound	Concentration ร้อยละ (%)
Si	SiO_2	67.20	Mg	MgO	0.75
Al	Al_2O_3	21.25	Mn	MnO	0.08
Fe	Fe_2O_3	5.71	P	P_2O_5	0.06
K	K_2O	2.07	Rb	Rb_2O	0.03
Na	Na_2O	0.71	Zr	ZrO_2	0.03
Ti	TiO_2	0.85	S	SO_3	0.05
Ba	BaO	0.56	Cr	Cr_2O_3	0.02
Ca	CaO	0.64	-	-	-

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ดังแสดงในตารางที่ 4.2) จะเห็นว่าวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประกอบไปด้วยธาตุหลัก ๆ อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ซิลิกาออกไซด์ (SiO2) โดยมีร้อยละ 67.20 และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al2O3) มีร้อยละ 21.25 โดยซิลิกาออกไซด์มีคุณสมบัติเด่นในการช่วยเสริมโครงสร้างให้วัสดุมีความแข็งแรง สามารถยึดเกาะกันได้ดี ส่วนอลูมิเนียมออกไซด์มีคุณสมบัติเด่นในการเพิ่มความแข็งแกร่ง สามารถทนความร้อนและรอยขีดข่วนได้ดี ดังนั้นจะเห็นว่าวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่มีซิลิกาออกไซด์ (SiO2) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al2O3) เป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณที่มากนั้น เมื่อนำมาใช้ร่วมกับวัสดุอื่น จะส่งผลให้วัสดุผสมที่เกิดขึ้นใหม่มีคุณสมบัติที่ดีในด้านของความแข็งแรง แกร่ง รวมถึงยังสามารถทนความร้อนและรอยขีดข่วนได้ดี เพราะฉะนั้นวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์จึงสามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยและทดลองเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์หรือขึ้นรูปในแบบต่าง ๆ ได้

2. การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ความละเอียดหรือขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีผลต่อคุณสมบัติโดยรวมของวัสดุผสมหรือวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต โดยขนาดหรืออนุภาคของวัสดุหลักที่อยู่ภายในจะส่งผลต่อการยึดเกาะ การผสานกันระหว่างวัสดุระหว่าง 2-3 ชนิด รวมถึงยังส่งผลถึงความแข็งแรง และความแกร่งของวัสดุผสมดังกล่าวเป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เบื้องต้นนั้นมีลักษณะที่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำไปผ่านกระบวนการบดย่อยให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกันก่อนที่จะนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยในลำดับต่อไป

โดยขนาดอนุภาคโดยรวมหลังจากผ่านกระบวนการบดย่อยแล้วนั้น พบว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ดังกล่าวมีความละเอียดหรือมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอยู่ 2 ลักษณะ คือ มีอนุภาคขนาดเล็ก (มีปริมาณร้อยละ 90 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) และอนุภาคขนาดใหญ่ (มีปริมาณร้อยละ 10 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) ซึ่งจากขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ทั้ง 2 ลักษณะ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ขนาดเล็ก โดยมีขนาดอนุภาค 11.65 ไมครอน

โดยมีวิธีทดสอบ คือ ทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.36 มิลลิเมตร (ตามมาตรฐาน มอก. 566-2528) ซึ่งอนุภาคขนาดเล็กจะผ่านตะแกรงทั้งหมด และเนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีความละเอียดมาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการส่งตัวอย่างวัสดุเพื่อทดสอบหาค่าความละเอียด โดยวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดอนุภาควัสดุ (Particle Size Distribution) โดยใช้เทคนิค Laser diffraction ด้วยเครื่อง Mastersizer-2000

2.2 วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ขนาดใหญ่ โดยมีขนาดอนุภาค 1-3 มิลลิเมตร

โดยมีวิธีทดสอบ คือ ทำการร่อนผ่านขนาด 2.36 มิลลิเมตร (ตามมาตรฐาน มอก. 566-2528) ซึ่งอนุภาคขนาดใหญ่จะค้างไม่ผ่านตะแกรง จากนั้นจึงใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) ในการวัดขนาดอนุภาคเฉลี่ยโดยรวมของวัสดุดังกล่าว

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดอนุภาควัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดเล็ก (ดังแสดงในตารางที่ 4.3) ซึ่งทดสอบโดยใช้เทคนิค Laser diffraction ไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จำนวนครั้งในการวิเคราะห์	จำนวนการวิเคราะห์ซ้ำ	D (4,3) ไมครอน	D (V,0.1) ไมครอน	D (V,0.5) ไมครอน	D (V,0.9) ไมครอน	Span
1	3	22.63	1.27	11.53	48.13	4.07
2	3	22.40	1.28	11.67	47.98	4.00
3	3	22.55	1.28	11.74	48.38	4.01
ค่าเฉลี่ย	-	22.52	1.28	11.65	48.16	4.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	-	0.32	0.01	0.11	0.39	0.05
% ค่าความผิดพลาด	-	1.42	0.78	0.94	0.81	1.24

3. การศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite material) ซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกสร้างขึ้นมาจากวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะงาน โดยไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการผสมของวัสดุจะไม่เป็นเนื้อเดียวกันแต่จะแยกกันเป็นเฟสที่เห็นได้อย่างเด่นชัด โดยจะมีการแบ่งออกเป็น 2 เฟส ดังนี้

เฟสที่ 1 เรียกว่า ส่วนเมตริกซ์ หรือ เนื้อพื้น (Matrix phase) คือ องค์ประกอบหลักเป็นส่วนที่มีความต่อเนื่อง และเมตริกซ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ พอลิเมอร์ โลหะ และเซรามิกส์ เป็นต้น

เฟส 2 เรียกว่า ส่วนเสริมแรง (Reinforcement phase) คือ เป็นส่วนที่ทำให้วัสดุผสมมีความแข็งแรง เป็นส่วนที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นแผ่นอนุภาคเล็ก ๆ หรือเส้นใย โดยวัสดุเสริมแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เส้นใยแก้วหรือเส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น

ซึ่งในปัจจุบันวัสดุคอมโพสิทมีการแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พอลิเมอร์คอมโพสิต (PMCs) เซรามิกส์คอมโพสิต (CMCs) และเมทัลคอมโพสิต (MMCs) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะในส่วนของเซรามิกส์คอมโพสิต (Ceramic Matrix Composites) เนื่องจากทฤษฎีดังกล่าวมีความสอดคล้องกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ เป็นหลักการสร้างวัสดุคอมโพสิตที่มีเซรามิกส์ แก้ว หรือซีเมนต์เป็นเนื้อพื้นและมีส่วนเสริมแรงเป็นเส้นใยแก้วหรือเส้นใยธรรมชาติ เป็นองค์ประกอบในตัววัสดุ ซึ่งในส่วนของงานวิจัยจะมีการใช้ส่วนเมตริกซ์หรือเนื้อพื้น (Matrix phase) เป็นเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา และในส่วนของส่วนเสริมแรง (Reinforcement phase) เป็นกลุ่มเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

ซึ่งจากการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองนำวัสดุเหลือใช้ประเภทเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผามาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์แบบต่าง ๆ ทั้งหมด 5 กระบวนการ (ดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.5 และตารางที่ 4.4) ดังนี้

1. กระบวนการที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ตาร์ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ มีลักษณะผิวเรียบ เนื้อแน่น และมีสีเทาเข้มจนถึงสีน้ำตาลอ่อน

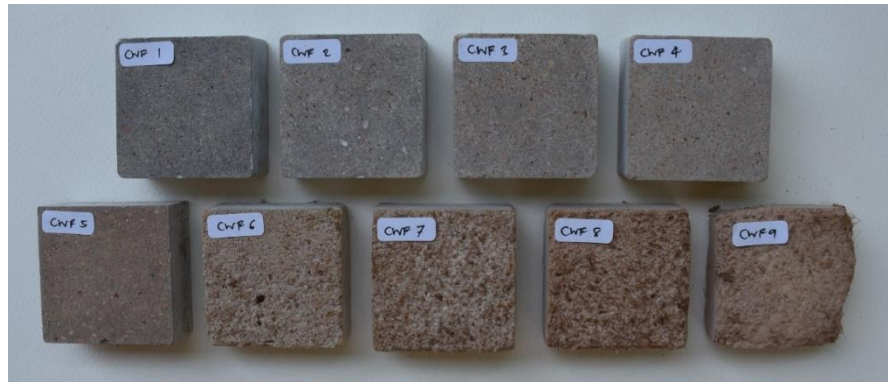
2. กระบวนการที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว มีลักษณะผิวเรียบจนถึงผิวขรุขระ และมีสีเทาเข้มจนถึงสีน้ำตาลอ่อน

3. กระบวนการที่ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) มีลักษณะผิวขรุขระ มีความพรุนตัวเล็กน้อย และมีสีเทาเข้มจนถึงสีน้ำตาลแดง

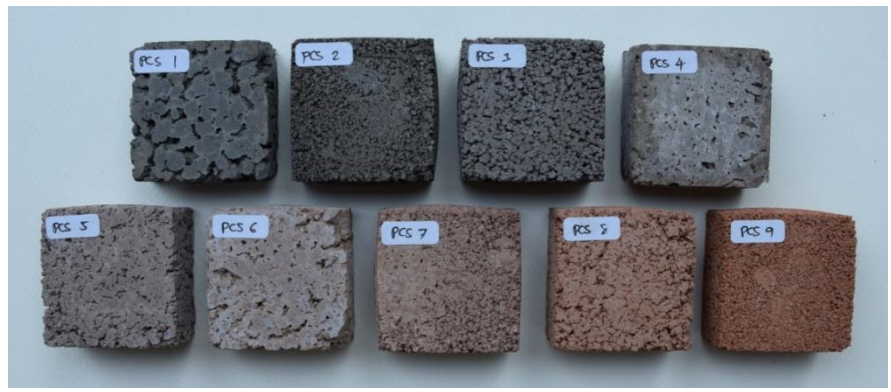
4. กระบวนการที่ 4 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) มีลักษณะผิวขรุขระ พรุนตัวมาก และมีสีเทาเข้มจนถึงสีเทาอ่อน

5. กระบวนการที่ 5 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว มีลักษณะผิวขรุขระ และมีสีเทาเข้มจนถึงสีน้ำตาลแดง

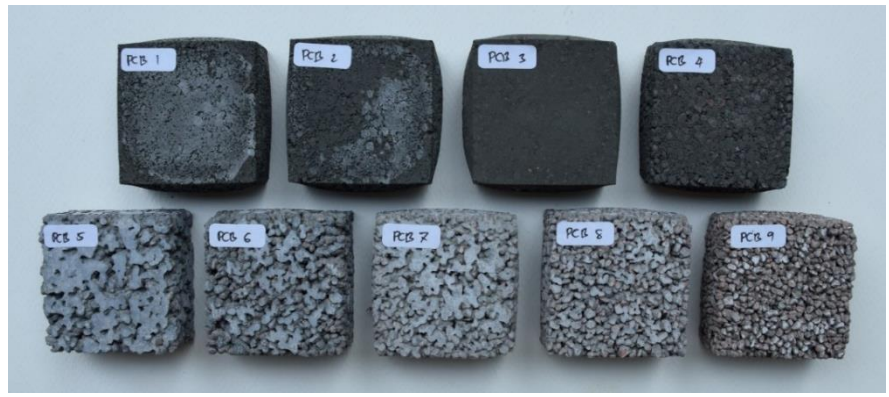
ภาพที่ 4.1 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)



ภาพที่ 4.2 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)



ภาพที่ 4.3 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)



ภาพที่ 4.4 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ภาพที่ 4.5 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลอัตราส่วนผสมของกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ทั้งหมด 5 กระบวนการ

กระบวนการใช้ประโยชน์ / สูตรที่	อัตราส่วนผสมวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต แบบ Line blend percentages หน่วย : ร้อยละ (%) (วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ : ซีเมนต์ : เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว)									
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9	น้ำ (%)
1	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10	30
2	10:90: 5	20:80: 5	30:70: 5	40:60: 5	50:50: 5	60:40: 5	70:30: 5	80:20: 5	90:10: 5	30
3	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10	20
4	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10	15
5	10:90: 3	20:80: 3	30:70: 3	40:60: 3	50:50: 3	60:40: 3	70:30: 3	80:20: 3	90:10: 3	15

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบต่าง ๆ ทั้งหมด 5 กระบวนการ (ดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.5) เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อในด้านอื่น ๆ และมีความสอดคล้องกับนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ จนเป็นวัสดุประเภทคอมโพสิต

โดยผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบประเมินให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน คณาจารย์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์
2. ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร คณาจารย์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์
3. ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช คณาจารย์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์

โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยชุดที่ 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบต่าง ๆ ทั้งหมด 5 กระบวนการ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 1		ความหมาย
		$\overline{X}$	S.D.	
1. ด้านวัสดุ				
1.1	มีสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ	3.33	0.58	ปานกลาง
1.2	เป็นการนำวัสดุกลับมาใชประโยชนใหม่	4.33	0.58	มาก
1.3	เป็นการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่	3.67	0.58	มาก
1.4	เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้	4.33	1.15	มาก
1.5	เป็นการช่วยลดปริมาณกากของเสียที่ต้องนำมากำจัด และฝังกลบ	4.33	1.15	มาก
1.6	เป็นการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก	3.67	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.94	0.77	มาก
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป				
2.1	มีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2	สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มาก
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์				
3.1	สามารถนำมาประยุกต์กับงานออกแบบได้	4.33	0.58	มาก
3.2	สามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.58	มาก

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 1		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
4. ด้านความปลอดภัย				
4.1	มีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ	4.33	0.58	มาก
4.2	มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.28	0.63	มาก

จากตาราง 4.5 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 ทั้งหมด 4 ด้าน อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.28, S.D. = 0.63) โดยเมื่อทำการจำแนกเป็นรายด้าน ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.94, S.D. = 0.77) ซึ่งพบว่ารายละเอียดส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 3.67, 3.33 และมีค่า S.D. = 1.15, 0.58, 0.58) ตามลำดับ ยกเว้นในส่วนของสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.33, S.D. = 0.58)

ด้านกระบวนการขึ้นรูป มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของสามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้ มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ตามลำดับ

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบได้ และในส่วนของสามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้ มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.33 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58) ตามลำดับ

ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของมีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ และในส่วนของมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.33 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 2		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ด้านวัสดุ				
1.1	มีสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ	4.33	0.58	มาก
1.2	เป็นการนำวัสดุกลับมาใชประโยชนใหม่	4.33	1.15	มาก
1.3	เป็นการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่	4.00	1.00	มาก

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 2		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1.4	เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้	4.33	1.15	มาก
1.5	เป็นการช่วยลดปริมาณกากของเสียที่ต้องนำมากำจัด และฝังกลบ	4.00	1.00	มาก
1.6	เป็นการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก	3.67	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.11	0.91	มาก
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป				
2.1	มีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน	3.67	0.58	มาก
2.2	สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.00	0.58	มาก
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์				
3.1	สามารถนำมาประยุกต์กับงานออกแบบได้	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2	สามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้	4.00	1.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.34	0.79	มาก
4. ด้านความปลอดภัย				
4.1	มีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2	มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.24	0.72	มาก

จากตาราง 4.6 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 ทั้งหมด 4 ด้าน อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.24, S.D. = 0.72) โดยเมื่อทำการจำแนกเป็นรายด้าน ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.11, S.D. = 0.91) ซึ่งพบว่ารายละเอียดส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.00, 3.67 และมีค่า S.D. = 1.15, 1.00, 0.58) ตามลำดับ

ด้านกระบวนการขึ้นรูป มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ และในส่วนของกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 3.67 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58) ตามลำดับ

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.34, S.D. = 0.79) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบได้ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของสามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้ มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 1.00) ตามลำดับ

ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของมีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 3		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ด้านวัสดุ				
1.1	มีสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2	เป็นการนำวัสดุกลับมาใชประโยชนใหม่	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3	เป็นการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่	4.33	0.58	มาก
1.4	เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้	4.67	0.58	มากที่สุด
1.5	เป็นการช่วยลดปริมาณกากของเสียที่ต้องนำมากำจัด และฝังกลบ	4.67	0.58	มากที่สุด
1.6	เป็นการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.56	0.58	มากที่สุด
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป				
2.1	มีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
2.2	สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มาก
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์				
3.1	สามารถนำมาประยุกต์กับงานออกแบบได้	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2	สามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.67	0.58	มากที่สุด
4. ด้านความปลอดภัย				
4.1	มีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2	มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.56	0.58	มากที่สุด

จากตาราง 4.7 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ทั้งหมด 4 ด้าน อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.58) โดยเมื่อทำการจำแนกเป็นรายด้าน ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่ารายละเอียดส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ยกเว้นในส่วนของการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่ และในส่วนของการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.33 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58) ตามลำดับ

ด้านกระบวนการขึ้นรูป มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ตามลำดับ

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบได้ และในส่วนของสามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, 4.67 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58) ตามลำดับ

ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของมีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 4		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ด้านวัสดุ				
1.1	มีสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2	เป็นการนำวัสดุกลับมาใชประโยชนใหม่	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3	เป็นการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4	เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้	4.67	0.58	มากที่สุด
1.5	เป็นการช่วยลดปริมาณกากของเสียที่ต้องนำมากำจัด และฝังกลบ	4.67	0.58	มากที่สุด
1.6	เป็นการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.56	0.48	มากที่สุด

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 4		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป				
2.1	มีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
2.2	สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มาก
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์				
3.1	สามารถนำมาประยุกต์กับงานออกแบบได้	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2	สามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.84	0.29	มากที่สุด
4. ด้านความปลอดภัย				
4.1	มีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2	มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.34	0.29	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.56	0.41	มากที่สุด

จากตาราง 4.8 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 ทั้งหมด 4 ด้าน อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.41) โดยเมื่อทำการจำแนกเป็นรายด้าน ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.48) ซึ่งพบว่ารายละเอียดส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ยกเว้นในส่วนของการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00)

ด้านกระบวนการขึ้นรูป มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของมีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ตามลำดับ

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.29) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบได้ และในส่วนของสามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, 4.67 และมีค่า S.D. = 0.00, 0.58) ตามลำดับ

ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.34, S.D. = 0.29) ซึ่งพบว่า ในส่วนของมีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 5		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ด้านวัสดุ				
1.1	มีสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ	3.00	0.00	ปานกลาง
1.2	เป็นการนำวัสดุกลับมาใชประโยชนใหม่	4.33	1.15	มาก
1.3	เป็นการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่	3.67	0.58	มาก
1.4	เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้	4.00	1.00	มาก
1.5	เป็นการช่วยลดปริมาณกากของเสียที่ต้องนำมากำจัด และฝังกลบ	4.33	1.15	มาก
1.6	เป็นการช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก	3.67	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.83	0.74	มาก
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป				
2.1	มีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน	3.67	0.58	มาก
2.2	สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้	4.00	1.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.84	0.79	มาก
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์				
3.1	สามารถนำมาประยุกต์กับงานออกแบบได้	3.67	0.58	มาก
3.2	สามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้	4.00	1.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.84	0.79	มาก
4. ด้านความปลอดภัย				
4.1	มีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ	4.33	0.58	มาก
4.2	มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		3.96	0.73	มาก

จากตาราง 4.9 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 ทั้งหมด 4 ด้าน อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.96, S.D. = 0.73) โดยเมื่อทำการจำแนกเป็นรายด้าน ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.83, S.D. = 0.74) ซึ่งพบว่ารายละเอียดส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.00, 3.67 และมีค่า S.D. = 1.15, 1.00, 0.58) ยกเว้นในส่วนของสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.00 และ S.D. = 0.00) ตามลำดับ

ด้านกระบวนการขึ้นรูป มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.84, S.D. = 0.79) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ และในส่วนของกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, 3.67 และมีค่า S.D. = 1.00, 0.58) ตามลำดับ

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.84, S.D. = 0.79) ซึ่งพบว่า ในส่วนของสามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้ และในส่วนของสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบได้ มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, 3.67 และมีค่า S.D. = 1.00, 0.58) ตามลำดับ

ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ซึ่งพบว่า ในส่วนของมีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ และในส่วนของมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.33 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์จากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5)

รายละเอียด	ผลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์									
	กระบวนการที่ 1		กระบวนการที่ 2		กระบวนการที่ 3		กระบวนการที่ 4		กระบวนการที่ 5	
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.
1. ด้านวัสดุ	3.94	0.77	4.11	0.91	4.56	0.58	4.56	0.48	3.83	0.74
ระดับความเหมาะสม	มาก		มาก		มากที่สุด		มากที่สุด		มาก	
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป	4.50	0.58	4.00	0.58	4.50	0.58	4.50	0.58	3.84	0.79
ระดับความเหมาะสม	มาก		มาก		มาก		มาก		มาก	
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.33	0.58	4.34	0.79	4.67	0.58	4.84	0.29	3.84	0.79
ระดับความเหมาะสม	มาก		มาก		มากที่สุด		มากที่สุด		มาก	
4. ด้านความปลอดภัย	4.33	0.58	4.50	0.58	4.50	0.58	4.34	0.29	4.33	0.58
ระดับความเหมาะสม	มาก		มาก		มาก		มาก		มาก	
สรุปผลการประเมินเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.28	0.63	4.24	0.72	4.56	0.58	4.56	0.41	3.96	0.73
ระดับความเหมาะสมรวมทุกด้าน	มาก		มาก		มากที่สุด		มากที่สุด		มาก	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 1-5 รวมทั้งหมด 4 ด้านนั้น (ดังแสดงในตารางที่ 4.10) พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่ได้ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์มากและมีความเหมาะสมมากที่สุด คือ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมตามหลักการที่สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรมที่ส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56

และมีค่า S.D. = 0.58, 0.41) ตามลำดับ และกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ได้ผลการประเมินรองลงมา ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 2 และ 5 โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.28, 4.24, 3.96 และมีค่า S.D. = 0.63, 0.72, 0.73) ตามลำดับ

โดยเมื่อทำการแยกผลการวิเคราะห์เป็นรายด้าน ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

1. ด้านวัสดุ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.48) โดยกระบวนการที่ 2, 1 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.11, 3.94, 3.83 และมีค่า S.D. = 0.91, 0.77, 0.74) ตามลำดับ

2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 3, 4, 2 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.50, 4.50, 4.00, 3.84 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58, 0.58, 0.58, 0.79) ตามลำดับ

3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.84, 4.67 และมีค่า S.D. = 0.29, 0.58) โดยกระบวนการที่ 2, 1 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.34, 4.33, 3.84 และมีค่า S.D. = 0.79, 0.58, 0.79) ตามลำดับ

4. ด้านความปลอดภัย กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2, 3, 4, 1 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.50, 4.34, 4.33, 4.33 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58, 0.29, 0.58, 0.58) ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ มากที่สุด โดยเฉพาะในส่วนของด้านวัสดุและด้านการนำไปใช้ประโยชน์

ทั้งนี้กระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งสองกระบวนการ เป็นการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยใช้วิธีการอัดแบบ ซึ่งวัสดุที่ได้มีลักษณะที่มีพื้นผิวขรุขระ มีความพรุนตัว สามารถระบายน้ำและความร้อนได้ดี มีน้ำหนักเบา มีสีเทาเข้มจนถึงสีน้ำตาลแดง รวมถึงตัววัสดุหลักมีการยึดเกาะกันแน่น มีความแข็งแรงและทนทานสูง

4.1.3 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 1-5 และจากข้อมูลผลการประเมินในข้อ 4.1.2 นั้น พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทั้ง 5 กระบวนการ มีลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี น้ำหนัก พื้นผิว และลักษณะทั่วไปหลังการขึ้นรูปมีความแตกต่างกันแบบมีนัยยะสำคัญ คือ เมื่อมีการใช้วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซีเมนต์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวในอัตราส่วนและปริมาณน้ำที่ต่างกันโดยเฉพาะเรื่องของสีและพื้นผิวจะเห็นได้ชัด (ดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.5) ส่งผลให้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตมีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากขึ้น จึงทำให้มีความเหมาะสมหรือนำไปประยุกต์ใช้กับรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัสดุดังกล่าว

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนเพิ่มเติม เพื่อดูแนวโน้มและความสอดคล้องระหว่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ กับรูปแบบกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ชุมชนในปัจจุบัน

โดยผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบประเมินให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์
2. ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์
3. ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์

โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยชุดที่ 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบต่าง ๆ ทั้งหมด 5 กระบวนการ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 1		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์กระถาง				
1.1	กระถางตั้งพื้น	3.66	0.22	มาก
1.2	กระถางตั้งโต๊ะ	4.00	0.67	มาก
1.3	กระถางแบบแขวน	3.00	0.67	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.55	0.52	มาก
2. ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น				
2.1	แผ่นปูพื้นภายใน ได้แก่ กระเบื้องหินขัด	4.33	0.89	มาก
2.2	แผ่นปูพื้นภายนอก ได้แก่ แผ่นพื้นทางเดิน	4.33	0.22	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.55	มาก
3. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก				
3.1	อิฐบล็อกก่อผนัง	4.33	0.22	มาก
3.2	อิฐบล็อกประสาน	4.33	0.22	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.22	มาก
4. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร				
4.1	ของตกแต่งภายใน	3.00	0.67	ปานกลาง
4.2	ของตกแต่งภายนอก	3.33	0.89	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.17	0.78	ปานกลาง

จากตาราง 4.11 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดลำดับไว้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.33, 4.33 และ S.D. = 0.55, 0.22) ตามลำดับ

ลำดับที่ 2 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระถาง โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.55, S.D. = 0.52)

ลำดับที่ 3 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.17, S.D. = 0.52)

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 2		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์กระถาง				
1.1	กระถางตั้งพื้น	2.66	0.22	ปานกลาง
1.2	กระถางตั้งโต๊ะ	3.33	0.89	ปานกลาง
1.3	กระถางแบบแขวน	3.33	0.89	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.11	0.67	ปานกลาง
2. ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น				
2.1	แผ่นปูพื้นภายใน ได้แก่ กระเบื้องหินขัด	3.33	0.22	ปานกลาง
2.2	แผ่นปูพื้นภายนอก ได้แก่ แผ่นพื้นทางเดิน	3.33	0.22	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.33	0.22	ปานกลาง
3. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก				
3.1	อิฐบล็อกก่อผนัง	3.00	0.00	ปานกลาง
3.2	อิฐบล็อกประสาน	3.00	0.00	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.00	0.00	ปานกลาง
4. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร				
4.1	ของตกแต่งภายใน	3.33	0.22	ปานกลาง
4.2	ของตกแต่งภายนอก	3.33	0.22	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.33	0.22	ปานกลาง

จากตาราง 4.12 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดลำดับไว้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.33, 3.33 และ S.D. = 0.22, 0.22) ตามลำดับ

ลำดับที่ 2 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระถาง โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.11, S.D. = 0.67)

ลำดับที่ 3 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.00, S.D. = 0.00)

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 3		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์กระถาง				
1.1	กระถางตั้งพื้น	3.00	0.67	ปานกลาง
1.2	กระถางตั้งโต๊ะ	2.66	0.22	ปานกลาง
1.3	กระถางแบบแขวน	2.33	0.22	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม		2.66	0.37	ปานกลาง
2. ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น				
2.1	แผ่นปูพื้นภายใน ได้แก่ กระเบื้องหินขัด	3.66	0.89	มาก
2.2	แผ่นปูพื้นภายนอก ได้แก่ แผ่นพื้นทางเดิน	4.33	0.89	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.83	0.89	มาก
3. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก				
3.1	อิฐบล็อกก่อผนัง	4.00	0.67	มาก
3.2	อิฐบล็อกประสาน	3.66	0.89	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.83	0.78	มาก
4. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร				
4.1	ของตกแต่งภายใน	4.00	0.00	มาก
4.2	ของตกแต่งภายนอก	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.00	0.00	มาก

จากตาราง 4.13 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดลำดับไว้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) ตามลำดับ

ลำดับที่ 2 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.83, 3.83 และ S.D. = 0.89, 0.78)

ลำดับที่ 3 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระถาง โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.66, S.D. = 0.37)

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 4		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์กระถาง				
1.1	กระถางตั้งพื้น	3.00	0.67	ปานกลาง
1.2	กระถางตั้งโต๊ะ	2.66	0.22	ปานกลาง
1.3	กระถางแบบแขวน	2.66	0.89	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		2.77	0.59	ปานกลาง
2. ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น				
2.1	แผ่นปูพื้นภายใน ได้แก่ กระเบื้องหินขัด	3.66	0.89	มาก
2.2	แผ่นปูพื้นภายนอก ได้แก่ แผ่นพื้นทางเดิน	4.33	0.89	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.00	0.89	มาก
3. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก				
3.1	อิฐบล็อกก่อผนัง	4.00	0.67	มาก
3.2	อิฐบล็อกประสาน	3.66	0.89	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.83	0.78	มาก
4. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร				
4.1	ของตกแต่งภายใน	4.33	0.89	มาก
4.2	ของตกแต่งภายนอก	4.66	0.22	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.55	มาก

จากตาราง 4.14 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดลำดับไว้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.55) ตามลำดับ

ลำดับที่ 2 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.89)

ลำดับที่ 3 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.83, S.D. = 0.78)

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับแบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน (กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5)

ลำดับ	รายละเอียด	กระบวนการที่ 5		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์กระถาง				
1.1	กระถางตั้งพื้น	3.66	0.22	มาก
1.2	กระถางตั้งโต๊ะ	3.33	0.22	ปานกลาง
1.3	กระถางแบบแขวน	3.33	0.22	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.44	0.22	ปานกลาง
2. ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น				
2.1	แผ่นปูพื้นภายใน ได้แก่ กระเบื้องหินขัด	2.66	0.22	ปานกลาง
2.2	แผ่นปูพื้นภายนอก ได้แก่ แผ่นพื้นทางเดิน	2.33	0.22	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม		2.50	0.22	น้อย
3. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก				
3.1	อิฐบล็อกก่อผนัง	3.33	0.89	ปานกลาง
3.2	อิฐบล็อกประสาน	3.33	0.89	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		3.33	0.89	ปานกลาง
4. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร				
4.1	ของตกแต่งภายใน	2.33	0.22	น้อย
4.2	ของตกแต่งภายนอก	2.33	0.22	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม		2.33	0.22	น้อย

จากตาราง 4.15 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดลำดับไว้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระถาง โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.44, S.D. = 0.22) ตามลำดับ

ลำดับที่ 2 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.33, S.D. = 0.89)

ลำดับที่ 3 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมน้อย ($\overline{X}$ = 2.50, S.D. = 0.22)

1. การวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่นำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตแล้ว กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ในกระบวนการขึ้นรูปบางกระบวนการสามารถนำมาใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ตามลักษณะที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) โดยมีผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องกับชุมชนอยู่ทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระถาง ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก และผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง

ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ชุมชนในประเภทต่าง ๆ แล้ว ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5 ในส่วนของวัสดุและกระบวนการผลิต จึงทำให้กระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวที่มีวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์และซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลักสามารถนำมาใช้ในการผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างเหมาะสม

จากการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและคัดเลือกกระบวนการขึ้นรูปที่เหมาะสมและมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนไว้ทั้งหมด 5 กระบวนการ ดังนี้

1.1 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ตาร์ โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะทึบ ตัน และมีผิวเรียบ โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ผลิตภัณฑ์กระถางและผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ตามลำดับ

1.2 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะทึบ ตัน มีผิวขรุขระเล็กน้อย และมีน้ำหนักเบา โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์กระถางและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ตามลำดับ

1.3 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน (ใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์อนุภาคขนาดเล็ก) โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูพรุนขนาดเล็ก และมีผิวขรุขระ โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ตามลำดับ

1.4 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน (ใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์อนุภาคขนาดใหญ่) โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูพรุนขนาดใหญ่ และมีผิวขรุขระ โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ตามลำดับ

1.5 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใยธรรมชาติ (ใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์อนุภาคขนาดเล็ก ร่วมกับเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว) โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูพรุนขนาดเล็ก ผิวขรุขระ และมีน้ำหนักเบา โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์กระถาง ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก และผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ตามลำดับ

จากผลการทดลองการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปทั้งหมด 5 กระบวนการ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองในกระบวนการต่าง ๆ เป็นรายสูตร (ดังแสดงในบทที่ 2 ข้อ 2.9) เพื่อใช้ในการพิจารณาและประเมินผลในด้านคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของสี น้ำหนัก และพื้นผิว เพื่อใช้ในการคัดเลือกสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติที่ดีและนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด และคัดเลือกสูตรที่มีความเหมาะสม รวมถึงสามารถนำมาต่อยอดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้ผลิตและใช้งานจริงได้ในลำดับต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จากข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทำการเตรียมชิ้นตัวอย่างวัสดุสูตรที่มีความเหมาะสม เพื่อส่งทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดในแต่ละสูตร รวมทั้งหมด 5 กระบวนการ ซึ่งใช้หลักการและเกณฑ์ในการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 15 เล่ม 12-2532 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานดังกล่าวจะต้องทำการหล่อหรือขึ้นรูปก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 50*50*50 มิลลิเมตร จำนวน 3 ก้อน และจะต้องทำการบ่มในแบบหล่อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการบ่มหลังถอดแบบเป็นเวลา 1, 3, 7, 14 หรือ 28 วัน (ผู้วิจัยกำหนดให้มีการบ่มน้ำเป็นเวลา 14 วันขึ้นไป) จึงจะสามารถทำการทดสอบได้ (ดังแสดงในภาพที่ 4.7-4.8) โดยสูตรที่เหมาะสมในการทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัดในแต่ละกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 กระบวนการขึ้นรูป กระบวนการที่ 1 โดยสูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CW1, CW2, CW3, CW4, CW5 และ CW6

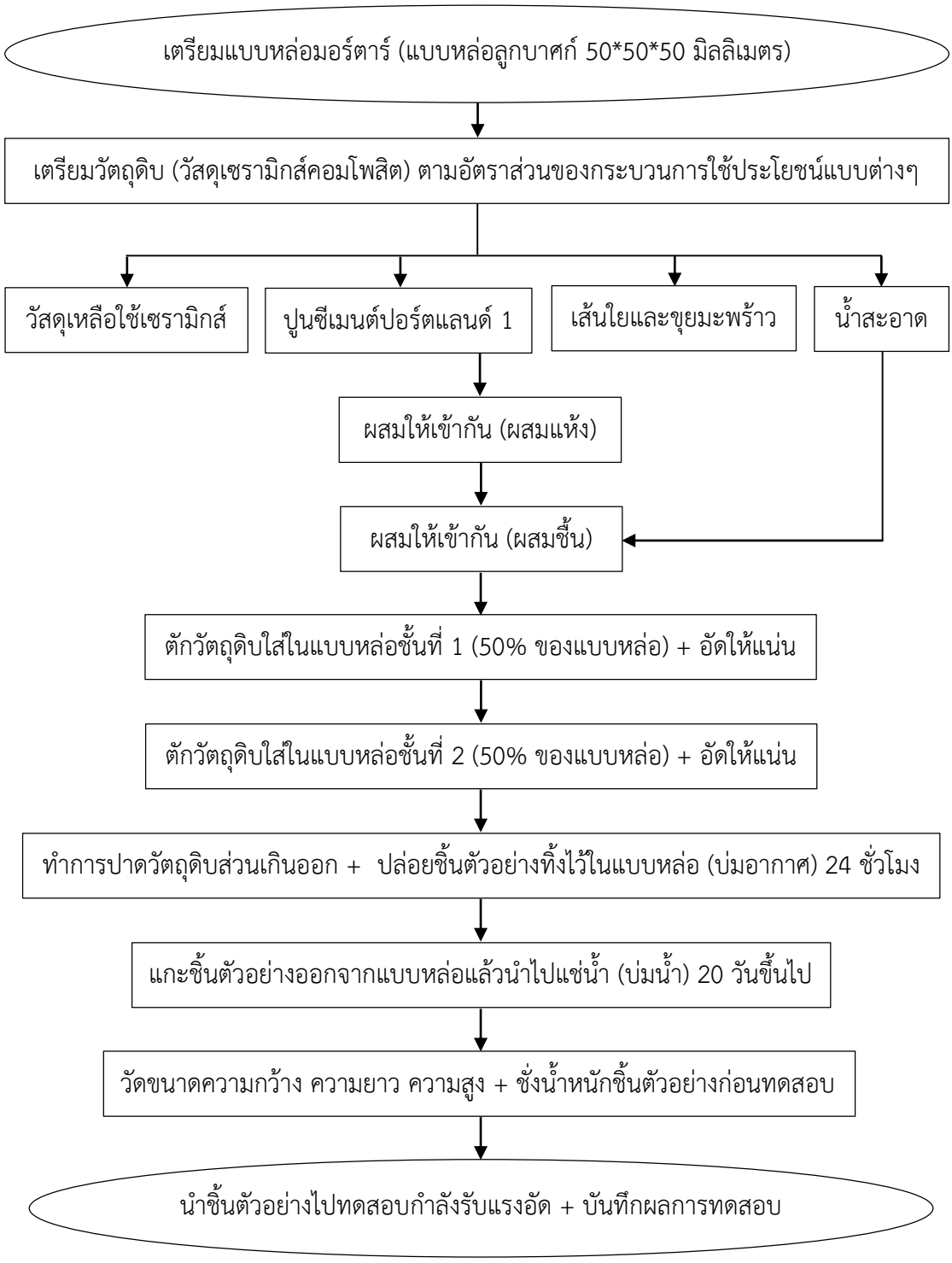
2.2 กระบวนการขึ้นรูป กระบวนการที่ 2 โดยสูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร CWF1, CWF2, CWF3, CWF4 และ CWF5

2.3 กระบวนการขึ้นรูป กระบวนการที่ 3 โดยสูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร PCS1, PCS2, PCS3, PCS4, PCS5, PCS6, PCS7 และ PCS8

2.4 กระบวนการขึ้นรูป กระบวนการที่ 4 สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร PCL5, PCL6, PCL7 และ PCL8

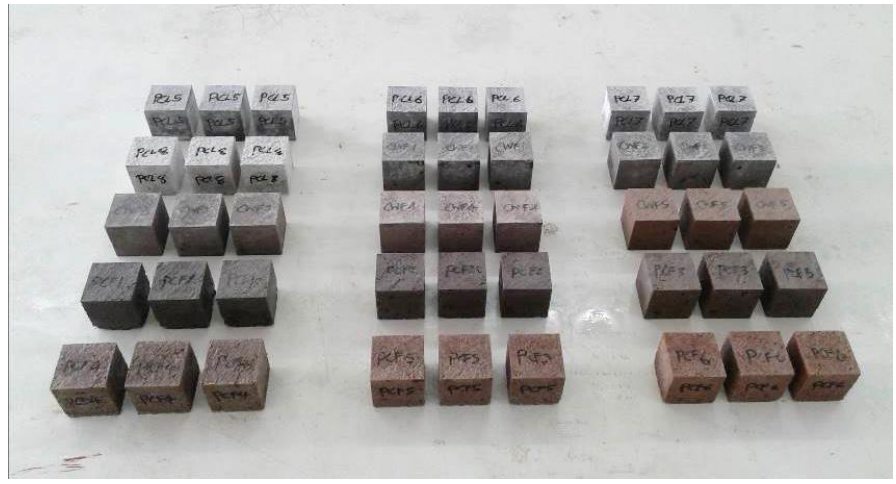
2.5 กระบวนการขึ้นรูป กระบวนการที่ 5 สูตรที่มีความเหมาะสม ได้แก่ สูตร PCF1, PCF2, PCF3, PCF4, PCF5 และ PCF6

แผนผังกระบวนการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต
เพื่อใช้ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัด



ภาพที่ 4.6 แสดงกระบวนการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 5 กระบวนการ เพื่อใช้ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด

ภาพที่ 4.7 แสดงชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 50*50*50 มิลลิเมตร
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)



ภาพที่ 4.8 แสดงชิ้นตัวอย่างของวัสดุจากกระบวนการใช้ประโยชน์แบบต่าง ๆ
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

จากภาพที่ 4.7 และ 4.8 เป็นการแสดงชิ้นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตขนาด 50*50*50 มิลลิเมตร (ชิ้นตัวอย่าง) ก่อนนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุ โดยมีขั้นตอนการเตรียมก้อนตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ ทำการเรียงวัสดุตัวอย่างตามกระบวนการใช้ประโยชน์ และสูตรการทดลองตามลำดับ เพื่อง่ายต่อการบันทึกค่าน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 2 คือ ทำการชั่งชิ้นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตตัวอย่างทีละก้อน โดยจะต้องวางชิ้นวัสดุตัวอย่างให้อยู่กึ่งกลางของแผ่นฐานรองเครื่องชั่ง เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่เที่ยงตรงและเป็นความจริงมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 คือ ทำการบันทึกค่าน้ำหนักของชิ้นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตตัวอย่างลงแบบฟอร์มการบันทึกที่ทางศูนย์รับทดสอบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังได้กำหนดไว้

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ (ผลการทดสอบรายสูตร)

กระบวนการใช้ประโยชน์	ลำดับ	ชื่อสูตร	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)		
			ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3
กระบวนการที่ 1	1	CW1	61.08	63.84	65.79
	2	CW2	60.92	55.17	49.23
	3	CW3	28.77	32.96	42.40
	4	CW4	32.81	33.16	33.49
	5	CW5	26.65	26.74	27.79
	6	CW6	19.09	19.74	20.60
กระบวนการที่ 2	1	CWF1	34.11	32.06	27.20
	2	CWF2	11.70	26.21	28.86
	3	CWF3	23.66	25.56	26.14
	4	CWF4	22.18	22.39	23.83
	5	CWF5	21.45	24.77	25.68
กระบวนการที่ 3	1	PCS1	64.51	67.91	72.51
	2	PCS2	63.21	66.93	67.85
	3	PCS3	66.87	67.48	67.73
	4	PCS4	65.54	73.76	78.61
	5	PCS5	62.26	70.38	71.47
	6	PCS6	57.28	63.19	65.07
	7	PCS7	57.25	57.45	57.74
	8	PCS8	36.09	36.49	37.65
กระบวนการที่ 4	1	PCL5	74.66	77.39	78.74
	2	PCL6	62.62	57.29	56.71
	3	PCL7	34.10	36.00	37.75
	4	PCL8	15.23	15.72	16.58
กระบวนการที่ 5	1	PCF1	41.39	43.89	44.02
	2	PCF2	30.91	35.19	37.55
	3	PCF3	38.38	37.49	33.84
	4	PCF4	24.89	28.39	28.71
	5	PCF5	25.83	26.22	27.43
	6	PCF6	17.18	17.73	19.06

ตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลสรุปผลค่าเฉลี่ยการทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการ

กระบวนการใช้ประโยชน์	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในแต่ละสูตร (เมกะปาสคาล)									
	Cement paste	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9
กระบวนการที่ 1	69.08	64.82	58.05	37.68	33.33	27.27	20.17	-	-	-
กระบวนการที่ 2	69.08	33.09	27.54	25.85	23.11	21.45	-	-	-	-
กระบวนการที่ 3	69.08	70.21	67.39	67.18	65.54	62.26	60.24	57.48	37.07	-
กระบวนการที่ 4	69.08	-	-	-	-	78.07	59.96	36.88	16.15	-
กระบวนการที่ 5	69.08	43.96	36.37	35.67	28.55	26.83	18.41	-	-	-

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวนการนั้น มีค่าและแนวโน้มที่แตกต่างกันตามอัตราส่วนและวัสดุที่ใช้ในแต่ละสูตร ซึ่งจากข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัดของวัสดุนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลผลการทดสอบดังกล่าว มาทำการเปรียบเทียบค่าตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่เกี่ยวข้องและทำการเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทซีเมนต์เพสต์สูตรปกติ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 5 กระบวน ที่สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) โดยมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ดังกล่าวอยู่ทั้งหมด 10 มาตรฐาน ดังนี้

1. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 15 เล่ม 1 - 2547 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ข้อกำหนดคุณภาพ
2. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 57 - 2530 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก
3. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 58 - 2530 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
4. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 59 - 2516 อิฐคอนกรีต
5. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 378 - 2531 กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น
6. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 379 - 2556 กระเบื้องหินขัดชนิดสองชั้น
7. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 826 - 2531 กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น
8. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 827 - 2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
9. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 1427 - 2540 กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ
10. มาตรฐาน มอก. เลขที่ 2600 - 2556 กระเบื้องหินขัดชั้นเดียว

ตารางที่ 4.18 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) กับกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 5 กระบวนการ ที่ผ่านตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

เลขที่ (มอก.)	ชื่อมาตรฐาน (มอก.)	กำลังรับแรงอัด (Mpa) ไม่น้อยกว่า	กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่				
			1	2	3	4	5
15/1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	28.0	✓	✓	✓	✓	✓
57	คอนกรีตบล๊อกรับน้ำหนัก	5.0	✓	✓	✓	✓	✓
58	คอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก	2.5	✓	✓	✓	✓	✓
59	อิฐคอนกรีต	88.0	-	-	-	-	-
378	กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	3.0	✓	✓	✓	✓	✓
379	กระเบื้องหินขัดชนิดสองชั้น	3.0	✓	✓	✓	✓	✓
826	กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น	5.0	✓	✓	✓	✓	✓
827	คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น	40.0	✓	-	✓	✓	✓
1427	กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ	22.0	-	✓	-	-	✓
2600	กระเบื้องหินขัดชั้นเดียว	5.0	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.19 แสดงข้อมูลรายละเอียดกระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบและสูตรการทดลองที่ผ่านตามเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ

เลขที่ (มอก.)	ชื่อมาตรฐาน (มอก.)	กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่				
		1	2	3	4	5
15/1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	CW1-4	CWF1	PCS1-8	PCL5-7	PCF1-4
57	คอนกรีตบล๊อกรับน้ำหนัก	CW1-6	CWF1-5	PCS1-8	PCL5-8	PCF1-6
58	คอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก	CW1-6	CWF1-5	PCS1-8	PCL5-8	PCF1-6
59	อิฐคอนกรีต	ไม่มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ผ่านตามมาตรฐาน				
378	กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	CW1-6	CWF1-5	PCS1-8	PCL5-8	PCF1-6
379	กระเบื้องหินขัดชนิดสองชั้น	CW1-6	CWF1-5	PCS1-8	PCL5-8	PCF1-6
826	กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น	CW1-6	CWF1-5	PCS1-8	PCL5-8	PCF1-6
827	คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น	CW1-2	-	PCS1-7	PCL5-6	PCF1
1427	กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ	-	CWF1-4	-	-	PCF1-5
2600	กระเบื้องหินขัดชั้นเดียว	CW1-6	CWF1-5	PCS1-8	PCL5-8	PCF1-6

ตารางที่ 4.20 แสดงข้อมูลต้นทุนจากการใช้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในการสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชน

กระบวนการใช้ประโยชน์	ซีเมนต์เพสต์	สูตรการทดลองวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต (บาท ต่อ กิโลกรัม)								
		สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6	สูตร 7	สูตร 8	สูตร 9
อัตราส่วน	0:10	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
2	2.0	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7
3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
4	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
5	2.0	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5

จากตารางที่ 4.20 จะเห็นว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 5 กระบวนการ จะมีการคำนวณวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ โดยรูปแบบแบบตารางเบลน (Line blend percentages) ในการกำหนดอัตราส่วนที่ใช้ของวัตถุดิบในแต่ละสูตร ซึ่งจะเห็นว่าต้นทุนที่ใช้ในแต่ละสูตรการทดลองแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญ รวมถึงยังมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือถ้าในสูตรที่มีการใช้ซีเมนต์ในอัตราส่วนที่มากจะทำให้ต้นทุนในการใช้สูตรนั้นมีค่าสูง และในทางตรงกันข้าม หากสูตรที่มีการใช้ซีเมนต์ในอัตราส่วนที่น้อยและใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มากขึ้นจะทำให้ต้นทุนในการใช้สูตรนั้นมีค่าต่ำ และในส่วนของกระบวนการที่ 2 และ 5 มีต้นทุนที่สูงมากกว่ากระบวนการที่ 1, 3 และ 4 นั้น เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการนำเส้นใยและขุยมะพร้าวมาใช้ในการศึกษาและทดลองวัสดุด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งทั้งหมดนี้ถือเป็นการช่วยลดต้นทุนในการนำวัสดุดังกล่าวไปใช้ประโยชน์หรือในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนในลำดับต่อไปได้อย่างดี

3. การวิเคราะห์วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่สามารถนำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัดวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในแต่ละกระบวนการใช้ประโยชน์ มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ผ่านการทดสอบและมีค่ากำลังรับแรงอัดผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ทั้งหมด 5 กระบวนการ (ดังแสดงในตารางที่ 4.18-4.19) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำมาเข้าสู่กระบวนการประเมินรูปแบบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์จำนวน 3 ท่าน และจากการเปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ทั้งหมด 3 กระบวนการ ดังนี้

3.1 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 สูตรที่เหมาะสม คือ CW2 ซึ่งมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 1.60 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำลังรับแรงอัด 58.05 Mpa โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ มีความเห็นว่าสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น และผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก

3.2 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตรที่เหมาะสม คือ PCS7 ซึ่งมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 0.60 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำลังรับแรงอัด 57.48 Mpa โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์มีความเห็นว่าสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น และผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก

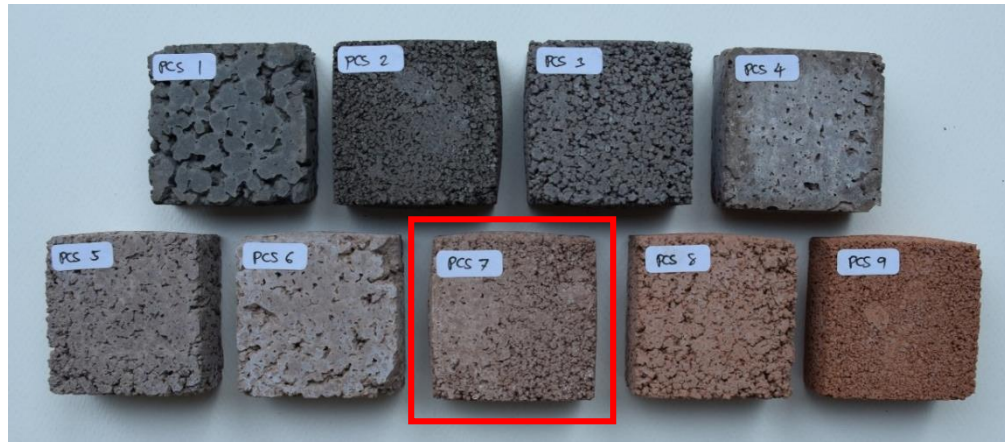
3.3 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 สูตรที่เหมาะสม คือ PCL6 ซึ่งมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 0.80 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำลังรับแรงอัด 59.96 Mpa โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์มีความเห็นว่าสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร

ส่วนกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 และ 5 ที่ไม่ผ่านการประเมินและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ถึงแม้ว่าจะมีสูตรการทดลองบางสูตรผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในผลิตภัณฑ์บางประเภทนั้น เนื่องจากการนำเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวมาประยุกต์ใช้กับกลุ่มชุมชนหรือผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น มีขั้นตอนในการนำมาใช้ เช่น การปรับสภาพของเส้นเส้นใยและขุยมะพร้าว รวมถึงการคัดขนาดและความยาวที่นำมาใช้ร่วมกับวัสดุอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยความเที่ยงตรงและปริมาณที่เหมาะสมอย่างชัดเจน จึงทำให้อาจเป็นการเพิ่มขั้นตอน จำนวนคน และต้นทุนในการผลิตให้กับกลุ่มชุมชนพอสมควร อีกทั้งเส้นใยและขุยมะพร้าวดังกล่าวที่นำมาใช้นั้นเป็นวัสดุที่เกิดจากธรรมชาติ หรือที่เรียกว่า วัสดุประเภทออร์แกนิค (Organic) ที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามกาลเวลาและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จึงอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชุมชนในระยะยาวมีการใช้งานที่ไม่เหมาะสมหรือผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพได้ กระบวนการใช้ประโยชน์ รูปแบบที่ 2 และ 5 จึงไม่มีความเหมาะสมและไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนและกระบวนการผลิตเพื่อนำมาใช้งานจริงได้

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่ากระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 3 กระบวนการนั้น มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ใกล้เคียงกัน คือ 58.05, 57.48 และ 59.96 เมกะปาสคาล ซึ่งบ่งบอกได้ว่ามีคุณสมบัติเชิงกลที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงยังมีค่ากำลังรับแรงอัดผ่านตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ แต่เนื่องจากผลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า ผลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญ คือ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.28, S.D. = 0.63) และกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.41) ตามลำดับ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์รายด้านเพิ่มเติม พบว่า ในด้านของวัสดุและด้านการนำไปใช้ประโยชน์นั้นมีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญเช่นกัน คือ ส่วนของผลการประเมินด้านวัสดุ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.48) ตามลำดับ และกระบวนการที่ 1 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.94, S.D. = 0.77) และในส่วนของผลการประเมินด้านการนำไปใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 และ 3 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.84, 4.67 และมีค่า S.D. = 0.29, 0.58) ตามลำดับ และกระบวนการที่ 1 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นว่ากระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 จึงไม่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นรวมถึงผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.1.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์นั้น พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์หลังทำการบดย่อยมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่ อนุภาคขนาดเล็ก มีขนาด 11.65 ไมครอน และมีในปริมาณที่มาก (ประมาณร้อยละ 90) และอนุภาคขนาดใหญ่ มีขนาด 1-3 มิลลิเมตร มีปริมาณที่น้อย (ประมาณร้อยละ 10) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่นำมาใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 (อนุภาคขนาดเล็ก) นั้น มีปริมาณมากกว่าวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่นำมาใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 (อนุภาคขนาดใหญ่) ถึงร้อยละ 90 ส่งผลให้เมื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตในชุมชนระยะยาว กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 อาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับชุมชน เนื่องจากมีปริมาณน้อยและไม่คุ้มค่าในการผลิตเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุดทั้งในด้านการนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านการนำมาผลิตในเชิงอุตสาหกรรมชุมชน ซึ่งวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวนอกจากมีความแข็งแรงและทนทานแล้ว ยังมีสีสันและลักษณะพื้นผิวที่แปลกใหม่น่าสนใจ รวมถึงยังมีราคาต้นทุนที่ต่ำและมีปริมาณมากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งสูตรวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ คือ สูตร PCS7 (ดังแสดงในภาพที่ 4.9) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำมาออกแบบ คือ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น



ภาพที่ 4.9 แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เหมาะสม (สูตร PCS7)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2558)

4. การวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิเบื้องต้น พบว่า แผ่นปูพื้นจะมีการแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น และคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีความสอดคล้องกับวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 เป็นอย่างมาก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.21 แสดงข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ลำดับ	มาตรฐานที่	ชื่อมาตรฐาน	รูปแบบใช้งาน	วัตถุดิบที่ใช้	วิธีการขึ้นรูป
1	378-2531	กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	ใช้ปูพื้น	1. ซีเมนต์ 2. ทราย 3. หิน	ใช้การหล่อแบบ
2	826-2531	กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น	ใช้ปูพื้น	1. ซีเมนต์ 2. มวลละเอียด	ใช้การหล่อแบบ
3	827-2531	คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น	ใช้ปูพื้น	1. ซีเมนต์ 2. ทราย 3. หิน	ใช้การอัดแบบ

จากตารางที่ 4.21 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ประเภท มีรูปแบบการใช้งานที่เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันในส่วนของวัตถุดิบและในส่วนของวิธีการขึ้นรูป ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 มากที่สุด คือ มีวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการอัดแบบเช่นเดียวกัน และมีการใช้น้ำในอัตราส่วนที่น้อย รวมถึงเป็นผลิตภัณฑ์ต้องการคุณสมบัติเชิงกลที่ดีและมีกำลังรับแรงอัดที่สูง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สามารถนำกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 3 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้งในรูปแบบข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีการผลิตและจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่และสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว พบว่า สถานที่หรือบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีอยู่ในปัจจุบันและมีการออกแบบผลิตภัณฑ์รวมถึงมีสีสันที่แปลกใหม่ น่าสนใจมากที่สุด ได้แก่ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) หรือ SCG ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในวงการของผู้ผลิตและจำหน่ายเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อยู่ทั้งหมด 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง หรือ SCG CEMENT-BUILDING MATERIALS
2. กลุ่มผลิตภัณฑ์เคมีภัณฑ์ หรือ SCG CHEMICALS
3. กลุ่มผลิตภัณฑ์กระดาษและบรรจุภัณฑ์ หรือ SCG PACKAGING

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลและสำรวจผลิตภัณฑ์ของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ในกลุ่มของกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง (SCG CEMENT-BUILDING MATERIALS) ได้แก่ บล็อกปูพื้น โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลที่สำคัญและครอบคลุม คือ SCG Experience โดยเป็นศูนย์รวมความรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อการอยู่อาศัยแห่งแรกของเมืองไทย ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อมูลรายละเอียดและผลการวิเคราะห์ไว้ในหัวข้อ 4.2

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4.2.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน แหล่งผู้ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดสระบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในแต่ละพื้นที่นั้นมีความสอดคล้องกันทั้งในด้านของรูปแบบ ราคา และวัสดุที่ใช้ในการผลิต แต่จะมีบางพื้นที่เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันในส่วนของรูปทรง ที่อาจจะมีเพิ่มเข้ามาให้เพื่อให้มีการใช้งานที่หลากหลายและตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้มากขึ้น โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ข้างต้นไว้ดังนี้

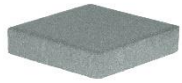
ตารางที่ 4.22 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน

ลำดับ	รูปแบบผลิตภัณฑ์	รายละเอียดผลิตภัณฑ์ (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)					
		ชื่อเฉพาะ	วัสดุที่ใช้	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	สีที่พบ	ราคา (บาท)
1		คดกริช	ซีเมนต์	11.25*22.5*6	3.30	เทา แดง ส้ม เหลือง	5 - 8
2		อัฐศิลา	ซีเมนต์	19.8*19.8*6	4.40	เทา น้ำตาล ส้ม ดำ	15 - 18
3		ศิลาหกเหลี่ยม	ซีเมนต์	11.5*19.2*6	2.20	เทา น้ำตาล ส้ม ดำ	9 - 12
4		จัตุรัส	ซีเมนต์	8*8*6	10.20	เทา น้ำตาล ส้ม ฟ้า ดำ	4 - 6
5		คฑา	ซีเมนต์	13.4*19.8*6	2.54	เทา น้ำตาล ส้ม ดำ	10 - 12
6		ศรศิลา	ซีเมนต์	11.5*25*6	3.15	เทา แดง น้ำตาล ส้ม ดำ	11 - 15
7		ตัวไอ	ซีเมนต์	16*19*6	2.75	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	11-15
8		ศิลาเหลี่ยม	ซีเมนต์	10*10*6	11.52	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	5 - 8

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบผลิตภัณฑ์	รายละเอียดผลิตภัณฑ์ (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)					
		ชื่อเฉพาะ	วัสดุที่ใช้	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	สีที่พบ	ราคา (บาท)
9		ศิลาเหลี่ยม	ซีเมนต์	10*20*6	2.88	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	10 - 12
10		ศิลาเหลี่ยม	ซีเมนต์	20*20*6	5.76	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	20 - 22
11		ศิลาเหลี่ยม	ซีเมนต์	20*30*6	8.64	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	30 - 32
12		ศิลาเหลี่ยม	ซีเมนต์	30*30*6	12.00	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	45 - 48
13		ศิลาห้าเหลี่ยม	ซีเมนต์	20*10*6	6.94	เทา แดง น้ำตาล ส้ม เขียว	10 - 12
14		ยูนิ มินิ	ซีเมนต์	11.25*11.25*6	1.62	เทา แดง ส้ม เหลือง	5 - 8
15		ทรีโอ้	ซีเมนต์	20*16.8*6	2.30	เทา ดำ	5 - 8
16		แอล เชป	ซีเมนต์	10*20*6	4.00	เทา แดง น้ำตาล ส้ม เขียว	10 - 12

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบผลิตภัณฑ์	รายละเอียดผลิตภัณฑ์ (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)					
		ชื่อเฉพาะ	วัสดุที่ใช้	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	สีที่พบ	ราคา (บาท)
17		ไดมอนด์เชป	ซีเมนต์	20*33.6*6	4.30	เทา แดง น้ำตาล ดำ	16 - 17
18		บับเบิ้ลบล็อก	ซีเมนต์	18*18*6	4.30	เทา เขียว ฟ้า ดำ	5 - 8
19		รวงผึ้ง	ซีเมนต์	18.8*23.4*6	4.00	เทา แดง น้ำตาล ส้ม	14 - 16
20		ศิลาเหลี่ยมคูลพลัส	ซีเมนต์	10*10*6	9.20	เทา ส้ม เขียว	5 - 6
21		ศิลาเหลี่ยมคูลพลัส	ซีเมนต์	20*20*6	4.60	เทา ส้ม เขียว	19 - 25
22		ศิลาเหลี่ยมคูลพลัส	ซีเมนต์	30*30*6	10.35	เทา ส้ม เขียว	45 - 60
23		บล็อกพรุน	ซีเมนต์	10*20*6	2.30	เทา ส้ม เขียว	9.5 - 12
24		ใบไม้	ซีเมนต์	20*20*6	4.70	เทา	ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบผลิตภัณฑ์	รายละเอียดผลิตภัณฑ์ (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)					
		ชื่อเฉพาะ	วัสดุที่ใช้	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	สีที่พบ	ราคา (บาท)
25		คอบเบิลสโตน TZ-2	ซีเมนต์	12*13.78*6	1.50	เทา น้ำตาล เหลือง ชมพู	6.5 - 7
26		ลากูน่า	ซีเมนต์	10*10*6	1.52	เทา แดง ส้ม ขาว ดำ	48 – 49
27		ลากูน่า	ซีเมนต์	10*20*6	2.88	เทา แดง ส้ม ขาว ดำ	12 – 13
28		ลากูน่า	ซีเมนต์	20*20*6	5.76	เทา แดง ส้ม ขาว ดำ	24 - 25
29		ลากูน่า	ซีเมนต์	30*30*6	13.00	เทา แดง ส้ม ขาว ดำ	54 - 55
30		คอบเบิลลายแนวทาง	ซีเมนต์	40*25*8	12.00	เทา เขียว	35 - 38
31		คิวบิกกราส	ซีเมนต์	10*20*8	2.50	เทา เขียว	7.5 - 8.5

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

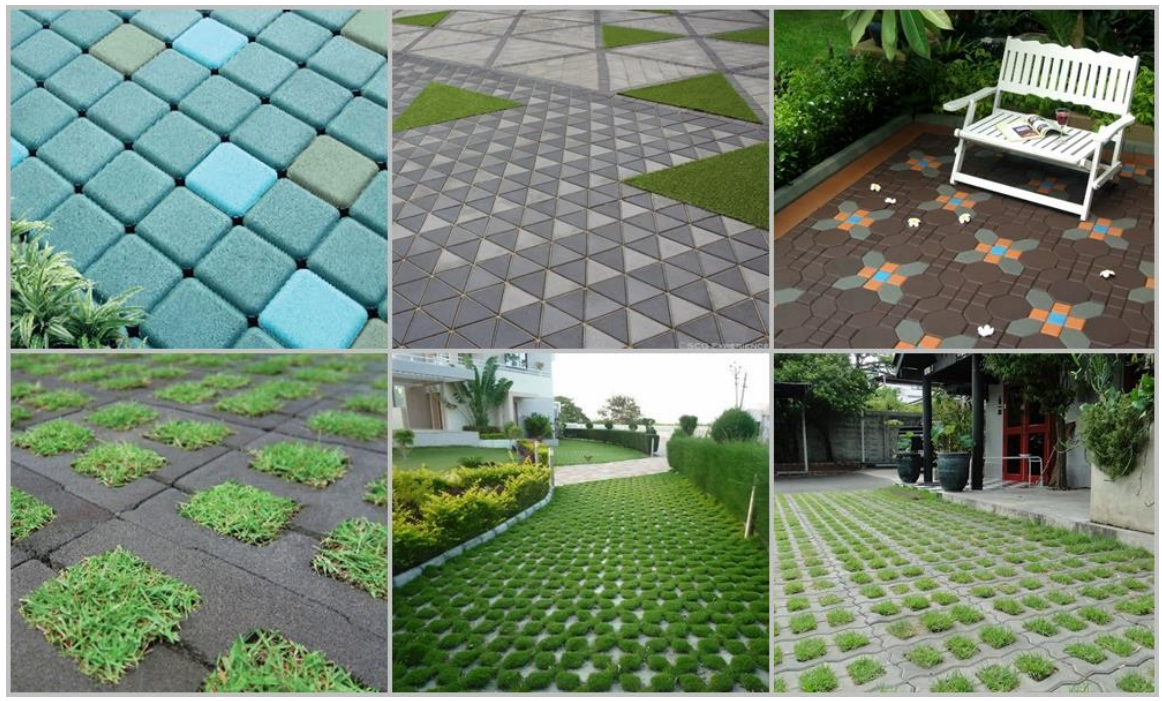
ลำดับ	รูปแบบผลิตภัณฑ์	รายละเอียดผลิตภัณฑ์ (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)					
		ชื่อเฉพาะ	วัสดุที่ใช้	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	สีที่พบ	ราคา (บาท)
32		กราสบล็อก	ซีเมนต์	30*30*6	8.90	เทา เขียว	38 - 40
33		ยูนิ เทิร์ฟ	ซีเมนต์	22.5*45.0*6	9.40	เทา เขียว	35 - 42
34		สแควร์เทิร์ฟ	ซีเมนต์	30*30*8	9.60	เทา เขียว ดำ	32 - 40
35		ไลน์เทิร์ฟ	ซีเมนต์	24*30*8	7.80	เทา เขียว ดำ	26 - 32

จากข้อมูลตาราง 4.22 ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นหรือผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ตามชื่อเรียกสากลในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 มีรูปแบบ รูปทรง และสีสันที่หลากหลาย โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานหลัก ๆ อยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ดังนี้

1. สำหรับใช้งานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับตกแต่งพื้นทางเดิน และเพื่อใช้สำหรับรองรับน้ำหนักจากคน สัตว์ สิ่งของ โดยเฉพาะรถยนต์ เป็นหลัก

2. สำหรับใช้งานปูบนพื้นหญ้า เพื่อให้เกิดลวดลายและสีสันของใบหญ้าที่อยู่ระหว่างตัวผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบไว้ในหลากหลายรูปแบบ ทำให้เกิดความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปัจจุบันนั้น มีรูปร่างและรูปทรงส่วนใหญ่เกิดจากรูปเรขาคณิต โดยมีขนาดของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ คือ มีความกว้างอยู่ที่ 8-40 เซนติเมตร มีความยาวอยู่ที่ 8-60 เซนติเมตร และมีความหนาอยู่ที่ 6-8 เซนติเมตร มีน้ำหนักตั้งแต่ 1.28-25.92 กิโลกรัม รวมถึงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีสีสันที่น่าสนใจ ซึ่งส่วนใหญ่มีทั้งหมด 9 สี โดยผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปัจจุบันมีราคาขายอยู่ที่ 4-42 บาท (ต่อก้อน) แล้วแต่ประเภท ขนาดและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้งาน



ภาพที่ 4.10 แสดงตัวอย่างรูปแบบการใช้งานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแบบต่าง ๆ
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.scgbuildingmaterials.com

4.2.2 ข้อมูลการวิเคราะห์ความต้องการผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากเอกสารและแหล่งชุมชน พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานในปัจจุบันนั้น กลุ่มเป้าหมายจะมีความต้องการและให้ความสำคัญปัจจัยต่าง ๆ ในการตัดสินใจเลือกซื้อหรือใช้งานผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ดังนี้

1. กลุ่มลูกค้าหรือผู้ที่มีความสนใจ

1.1 มีรูปทรงแปลกใหม่น่าสนใจ

1.2 มีพื้นผิวและสีสันน่าสนใจ

1.3 มีลวดลายน่าสนใจ

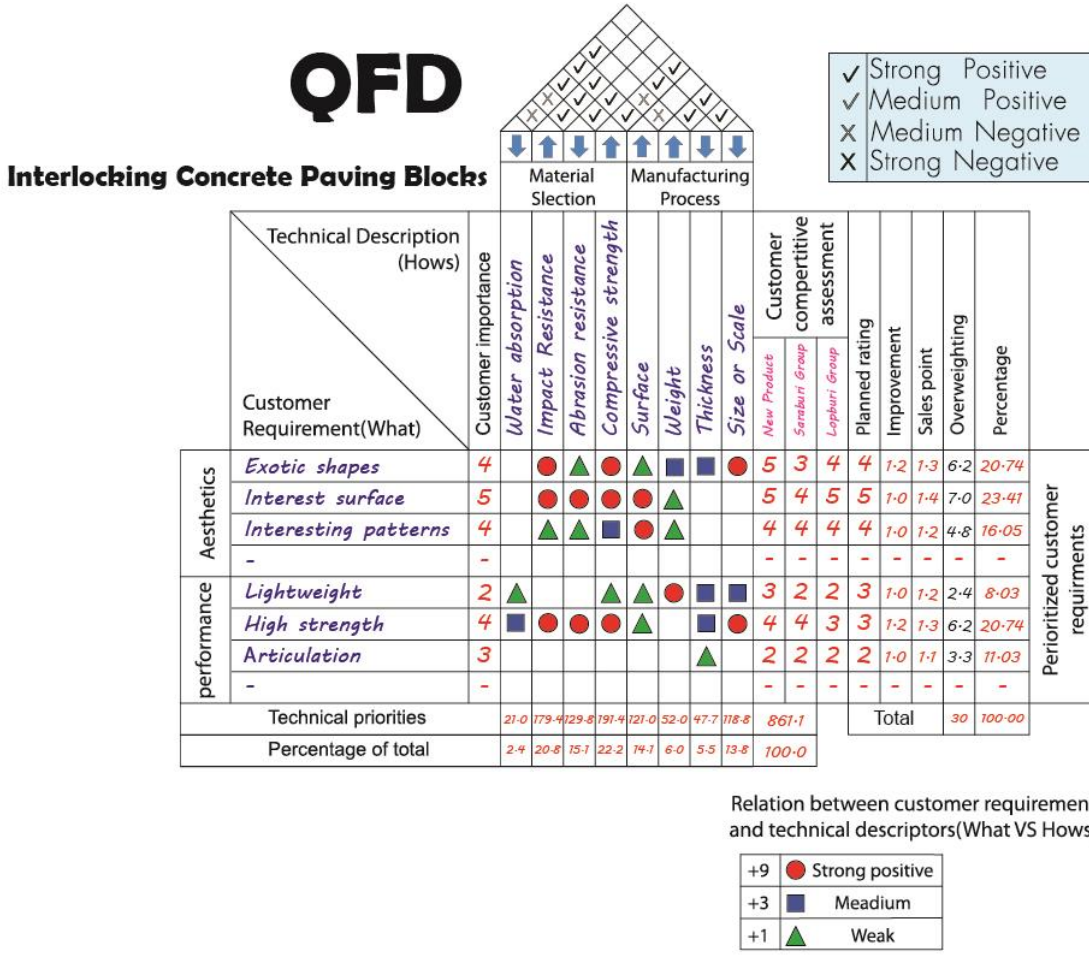
2. กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่าย

2.1 มีน้ำหนักเบา

2.2 มีความแข็งแรงสูง

2.3 มีการเชื่อมต่อกันระหว่างชิ้นงานได้สนิท

ผู้วิจัยจึงได้นำความต้องการจากกลุ่มเป้าหมาย (Voice of the Customer) ดังกล่าวทั้ง 2 กลุ่ม มาทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ โดยใช้เทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) เพื่อใช้ในการนำมาวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์และความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดการวิเคราะห์เทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพไว้ดังนี้



ภาพที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากข้อมูลการวิเคราะห์เทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ (ดังแสดงในภาพที่ 4.11) ผู้วิจัยได้จัดลำดับความสำคัญตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายหรือ VOC (Voice of the Customer) และจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถนำมาปรับปรุงแก้ปัญหาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ โดยมีการจัดลำดับความสำคัญ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 คือ พัฒนาให้มีรูปทรงแปลกใหม่น่าสนใจ

ลำดับที่ 2 คือ พัฒนาให้มีพื้นผิวและสีสันน่าสนใจ

ลำดับที่ 3 คือ พัฒนาให้มีมีลวดลายน่าสนใจและมีความแข็งแรงสูง

จากตารางข้างต้นความต้องการของผู้บริโภคที่ผู้วิจัยได้เลือกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความต้องการให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ และได้เลือกหัวข้อนี้มาเป็นหัวข้อในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยกำหนดให้มีการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์รูปแบบที่ 3 สูตร PCS7 มาใช้เป็นวัสดุในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แทนซีเมนต์ ทราย และหินฝุ่นที่เป็นวัสดุเดิมในการผลิต เนื่องจากต้องการปรับเปลี่ยนและพัฒนารูปแบบในส่วนของวัสดุ พื้นผิว ลวดลายและสีสันใหม่ให้แตกต่างจากรูปแบบเดิม รวมถึงเพื่อให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น คือ วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่นำมาใช้นั้นจะให้พื้นผิวที่มีความพรุนตัวและให้ลวดลายบนพื้นผิวที่แปลกใหม่ และมีสีสัน

ที่มาจากการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาผสมใช้ในสูตรจึงทำให้มีสีที่ดูเป็นธรรมชาติไม่เหมือนกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั่วไปที่มีอยู่ในปัจจุบัน

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้เลือกลำดับความสำคัญลำดับแรก มาใช้เป็นประเด็นในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยนำหลักการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือหลัก Triz40 มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนในปัจจุบัน

ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยหลักการ Triz40 ข้างต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอแนวทางในการใช้แก้ปัญหา รวมถึงเพื่อใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.23 แสดงข้อมูลสรุปความต้องการของผู้บริโภค และข้อกำหนดทางเทคนิค

				*		
		ข้อกำหนดทางเทคนิค				
ความต้องการของผู้บริโภค	ความสำคัญ	ใช้วัสดุผสม	เปลี่ยนวัสดุ	ลดความหนา	ปรับอัตราส่วนในสูตร	ปรับโครงสร้าง
1. ทำให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่	-				✩	★
2. ทำให้มีพื้นผิวน่าสนใจ	-	✩	✩	★	★	
3. ทำให้มีลวดลายน่าสนใจ	-	★	★			
4. ทำให้มีน้ำหนักเบา	-		★	✩	✩	✩
5. ทำให้มีความแข็งแรงสูง	-					
6. ทำให้มีการเชื่อมต่อที่ดี	-					

จากตารางข้างต้นความต้องการของผู้บริโภคที่ผู้วิจัยได้เลือกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความต้องการให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ และได้เลือกหัวข้อนี้มาเป็นหัวข้อในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยกำหนดให้มีการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ รูปแบบที่ 3 มาใช้เป็นวัสดุในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แทนซีเมนต์ ทราย และหินฝุ่นที่เป็นวัสดุเดิมในการผลิต เนื่องจากต้องการปรับปรับและพัฒนารูปแบบในส่วนของวัสดุ พื้นผิว ลวดลาย และสีสันใหม่ให้แตกต่างจากรูปแบบเดิม รวมถึงเพื่อให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น คือ วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่นำมาใช้นั้นจะให้พื้นผิวที่มีความพรุนตัวและให้ลวดลายบนพื้นผิวที่แปลกใหม่ และมีสีสันที่มาจากการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาผสมใช้ในสูตร จึงทำให้มีสีที่ดูเป็นธรรมชาติและน่าสนใจ

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้พิจารณารูปแบบของผลิตภัณฑ์ชุมชนแบบดั้งเดิมโดยการออกแบบทำให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ มีลวดลายและสีสันที่น่าสนใจ รวมถึงมีการใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงและผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตาสาหกรรม (มอก.)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชุมชนข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีรูปทรงที่แปลกใหม่ตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายนั้น อาจจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องของความสามารถในการผลิต และความสะดวกในการใช้งานเป็นหลัก เพราะฉะนั้นลักษณะของปัญหาเช่นนี้จะสอดคล้องกับปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคของ TRIZ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางการแก้ปัญหาความขัดแย้งดังกล่าวมาใช้ในแก้ปัญหาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น (ดังแสดงในตารางที่ 4.24 และ 4.25)

ตารางที่ 4.24 แสดงข้อมูลตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง (ความสามารถในการผลิต)

ลดความหนา	จะเกิดความขัดแย้ง (ความขัดแย้งเชิงเทคนิค)	ความสามารถในการผลิต		หลักการต่างๆจากเครื่องมือของ TRIZ ที่น่าจะนำมาใช้แก้ปัญหา			
น้ำหนัก (2)		32	➡	1	9	28	-
ความยาว (4)		32	➡	15	17	27	-
พื้นที่ (6)		32	➡	16	40	-	-
รูปร่าง (12)		32	➡	1	17	28	32
ความแข็งแรง (14)		32	➡	3	10	11	32

ตารางที่ 4.25 แสดงข้อมูลตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง (ความสะดวกในการใช้งาน)

ลดความหนา	จะเกิดความขัดแย้ง (ความขัดแย้งเชิงเทคนิค)	ความสะดวกในการใช้งาน		หลักการต่างๆจากเครื่องมือของ TRIZ ที่น่าจะนำมาใช้แก้ปัญหา			
น้ำหนัก (2)		33	➡	1	6	13	32
ความยาว (4)		33	➡	2	25	-	-
พื้นที่ (6)		33	➡	4	16	-	-
รูปร่าง (12)		33	➡	15	26	32	-
ความแข็งแรง (14)		33	➡	2	28	32	40

จากตารางแมทริกซ์ความขัดแย้งในส่วนของความสามารถในการผลิตและความสะดวกในการใช้งาน จะเห็นได้ว่าเมื่อนำข้อมูลด้านต่าง ๆ มาจับคู่เพื่อหาจุดตัดในตารางดังกล่าวแล้วนั้น แนวทางการแก้ปัญหาตามหลักการของ TRIZ ที่สามารถนำมาใช้ออกแบบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่เหมาะสมมากที่สุดนั้น มีส่วนต่าง ๆ ที่สอดคล้องและสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ทั้งหมด 2 ส่วน โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 เรื่องความสามารถในการผลิต ได้แก่

1. หลักการข้อที่ 1 คือ การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ (Segmentation)

2. หลักการข้อที่ 17 คือ การเปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Another Dimension)

3. หลักการข้อที่ 28 คือ การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น (Mechanics Substitution)

4. หลักการข้อที่ 32 คือ การเปลี่ยนสี (Colour Changes)

ส่วนที่ 2 เรื่องความสะดวกในการใช้งาน ได้แก่

1. หลักการข้อที่ 32 คือ การเปลี่ยนสี (Colour Changes)

จากรายละเอียดข้างต้นจะเห็นว่าหลักการสร้างสรรค์นวัตกรรม หรือ Triz40 ที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้นั้นมีทั้งหมด 4 หลักการ ได้แก่ หลักการข้อที่ 1, 17, 28 และ 32

4.2.3 ข้อมูลสรุปผลการวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักการของ TRIZ

1. หลักการข้อที่ 1 แบ่งเป็นส่วน ๆ (Segmentation)

แนวทางการแก้ปัญหา คือ โดยปกติแล้วคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีการออกแบบให้มีรูปทรงเรขาคณิตเป็นหลัก เนื่องจากรูปทรงเรขาคณิตมีความหลากหลายในรูปแบบการจัดวางและการนำรูปทรงเรขาคณิตแบบอื่น ๆ มาเชื่อมต่อกันให้มีความน่าสนใจ โดยจะมีการออกแบบให้มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวหลักและผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวเชื่อม ซึ่งจะเป็นการออกแบบแยกส่วนกันเพื่อให้มีความหลากหลายในการจัดเรียงเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายหรือเพื่อให้เหมาะสมกับสถานที่ต่าง ๆ

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการแบ่งเป็นส่วน ๆ (Segmentation) ตามหลักของ Triz เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหารูปทรงของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีการออกแบบโดยใช้รูปทรงพื้นฐานเรขาคณิตให้มีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นการลดจำนวนรูปแบบหรือประเภทที่นำมาใช้งานให้น้อยลง เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวหลักสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยมีแนวความคิดในการออกแบบโดยใช้หลักการแบ่งเป็นส่วน ๆ (Segmentation) เพื่อนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้มีรูปแบบใหม่ ดังนี้

1.1 ออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่สามารถนำมาต่อประสานกันได้ทุกด้าน ทุกมุม ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม

1.2 ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีตัวล็อคหรือมีลักษณะการล็อคที่สนิทในตัว เพื่อให้สามารถนำมาต่อขยายความยาว ความกว้าง และเพิ่มจำนวนชิ้นงานให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่นำไปใช้ได้ รวมถึงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีการเชื่อมต่อกันที่สนิท และสามารถช่วยลดอัตราความสูญเสียของผลิตภัณฑ์ได้

2. หลักการข้อที่ 17 การเปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Another Dimension)

แนวทางการแก้ปัญหา คือ โดยปกติผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีการออกแบบหรือผลิตออกมาให้สามารถใช้งานได้เพียงการใช้ประโยชน์รูปแบบเดียว คือ ใช้สำหรับงานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่าง ๆ และใช้สำหรับงานปูบนพื้นหญ้า เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการเปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Another Dimension) ตามหลักของ Triz เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหารูปทรงของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ 2 ลักษณะ เพื่อเป็นการเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานให้มากขึ้น รวมถึงเป็นการลดต้นทุนในการผลิตให้มีการผลิตเพียงครั้งเดียวแต่สามารถนำมาใช้งานได้สองลักษณะ

โดยผู้วิจัยมีแนวความคิดในการออกแบบโดยใช้หลักการเปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Another Dimension) เพื่อนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้มีรูปแบบใหม่ ดังนี้

2.1 ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถนำมาจัดเรียงประสานได้หลายรูปแบบ โดยสามารถทำให้เกิดลวดลายใหม่ได้ในแต่ละพื้นที่ ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม

2.2 ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันได้ ด้วยการใช้ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม คือ สามารถนำมาใช้สำหรับงานปูพื้น ลานจอดรถ ทางเท้า หรือใช้สำหรับปูพื้นหญ้าได้

3. หลักการข้อที่ 28 การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น

แนวทางการแก้ปัญหา คือ โดยปกติผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีวิธีการขึ้นรูปอยู่ 2 รูปแบบ คือ การขึ้นรูปด้วยคนอัดแบบ และขึ้นรูปด้วยเครื่องไฮรดรอลิกอัดแบบ ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะให้ผลลัพธ์ของผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกัน แต่สิ่งที่แตกต่างกันคือระยะเวลาและจำนวนคนที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน ซึ่งวิธีการใช้เครื่องไฮรดรอลิกจะต้องใช้คน จำนวน 3-4 คน (ต่อการขึ้นรูป 1 ครั้ง) คือ คนใส่วัตถุดิบ คนควบคุมเครื่องอัดแบบ รวมถึงคนยกชิ้นงาน คนถอดแบบ และคนนำชิ้นงานไปตาก และใช้เวลาในการขึ้นรูปประมาณ 1-2 นาทีต่อชิ้นงาน ส่วนการขึ้นรูปด้วยคนอัดแบบจะใช้คนในการผลิตเพียง 1 คนต่อชิ้นงาน คือ ใช้แบบเหล็กในการอัดด้วยแรงคน ทำด้วยระบบคนเดียว และใช้เวลาในการขึ้นรูปประมาณ 2-3 นาทีต่อชิ้นงาน ซึ่งจะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้จะไม่แตกต่างกันมาก แต่เนื่องจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบนั้นจะต้องใช้คนจำนวนมากกว่า จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของแรงงานมากเกินไป ผู้วิจัยจึงใช้แนวทางการผลิตแบบดั้งเดิมด้วยการขึ้นรูปด้วยคนอัดแบบเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนในการผลิตแทนการใช้เครื่องไฮรดรอลิกอัดแบบดังกล่าว

4. หลักการข้อที่ 32 การเปลี่ยนสี (Colour Changes)

แนวทางการแก้ปัญหา คือ โดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีวิธีการทำสีบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์อยู่ 2 รูปแบบ ดังนี้

4.1 ขึ้นรูปด้วยคน คือ จะมีการใช้สีฝุ่นผสมกับซีเมนต์และทรายละเอียดให้เข้ากันตามอัตรส่วนที่กำหนดไว้ แล้วนำมาโรยที่ผิวแบบชั้นแรกให้ทั่วและปิดผิวหน้าผลิตภัณฑ์ และใส่วัตถุดิบเนื้อหลักของผลิตภัณฑ์ตามลงไปพร้อมอัดให้แน่น เมื่อทำการพลิกและถอดแบบออกมาจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีชั้นสีอยู่ที่ชั้นผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ โดยมีความหนาไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิเมตร

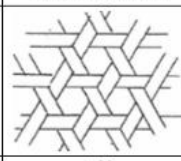
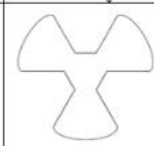
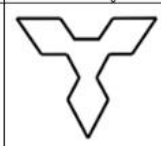
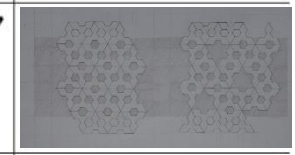
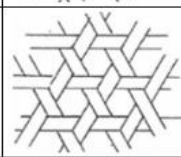
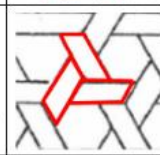
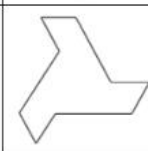
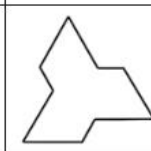
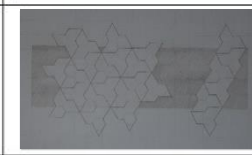
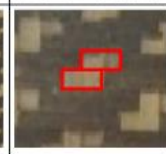
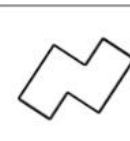
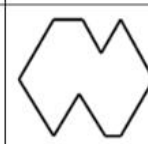
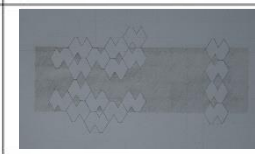
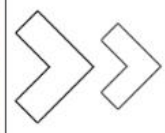
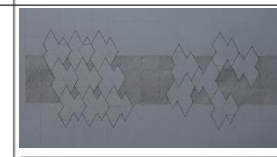
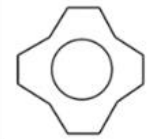
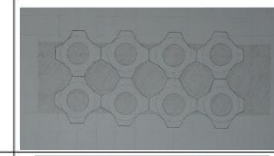
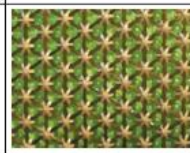
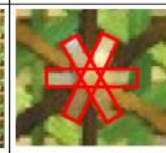
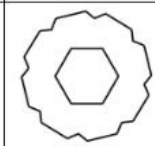
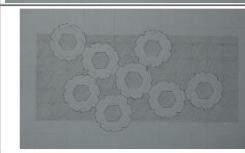
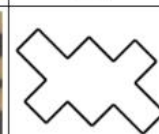
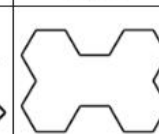
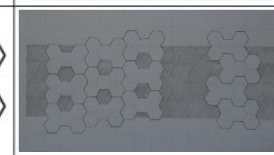
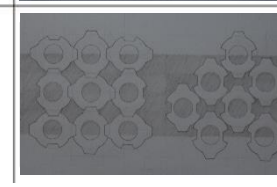
4.2 ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮรดรอลิก คือ จะมีหลักการทำเช่นเดียวกับการขึ้นรูปด้วยคน

จากวิธีการทำสีของผลิตภัณฑ์ข้างต้น จะเห็นว่าเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการใช้สีฝุ่นในการผลิตมีการทำสีเฉพาะส่วนที่ชั้นผิวหน้าเท่านั้น ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้แนวทางแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวตามหลักการเปลี่ยนสี (Colour Changes) ของ Triz โดยได้นำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ที่มีความพรุนตัวและตัววัสดุมีสีที่เป็นเนื้อเดียวกัน (สีวัสดุจะออกโทนแดงอมส้ม) และดูเป็นธรรมชาติมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แทนการใช้สีฝุ่นในกระบวนการผลิตดังกล่าว เพื่อแก้ปัญหาเรื่องต้นทุนในการใช้สีฝุ่นและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนในปัจจุบัน

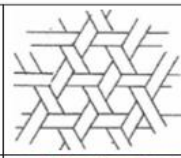
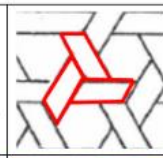
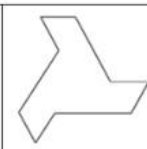
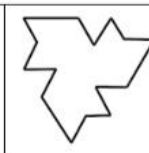
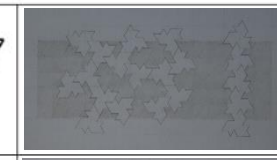
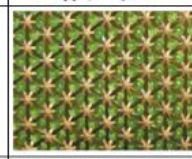
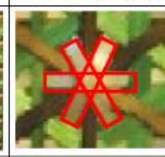
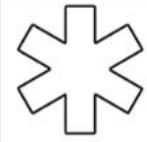
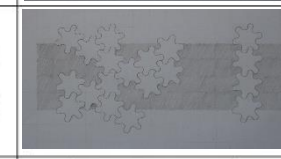
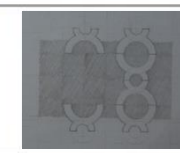
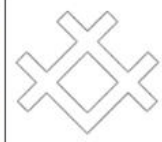
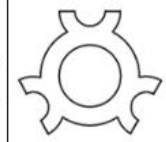
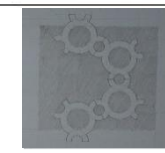
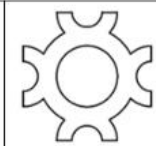
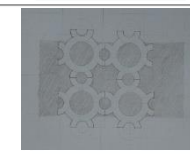
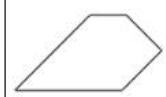
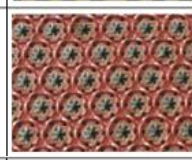
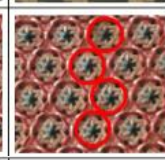
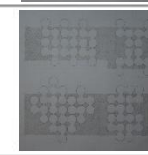
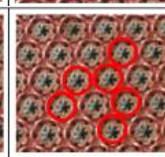
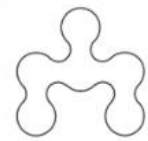
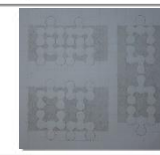
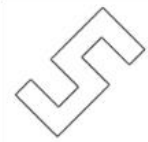
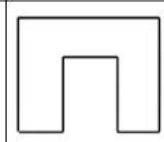
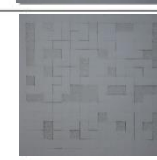
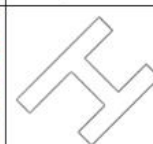
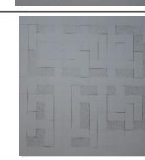
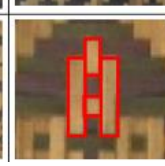
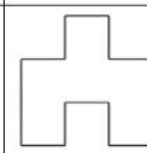
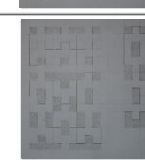
4.2.4 ข้อมูลวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีรูปแบบแนวความคิดจากลวดลายของเครื่องจักสานไทย

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยอาศัยข้อมูลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ในข้อ 4.2.2-4.2.3 เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนให้มีความเหมาะสมและได้ตรงตามความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับเครื่องจักสานประเภทต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยจะทำการศึกษาลักษณะของลวดลายแบบต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกันในส่วนของมิติลวดลาย เพื่อดึงเอกลักษณ์ ลักษณะเด่นหรือส่วนสำคัญของลวดลายเครื่องจักสานมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

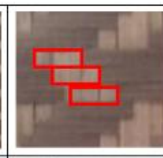
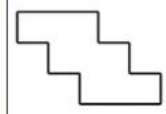
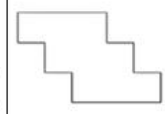
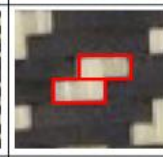
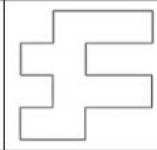
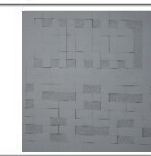
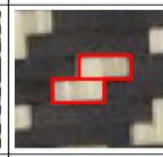
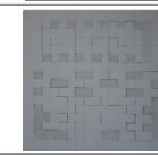
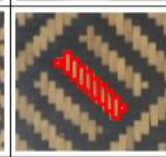
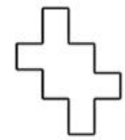
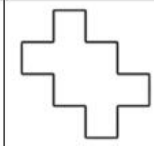
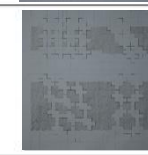
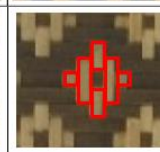
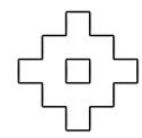
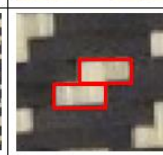
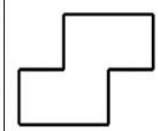
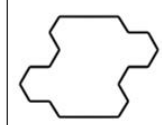
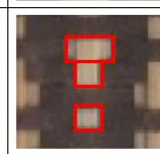
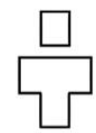
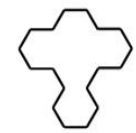
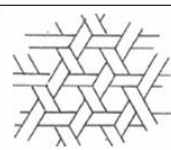
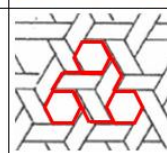
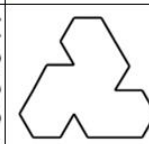
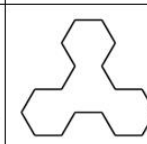
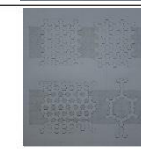
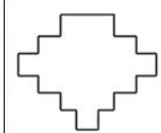
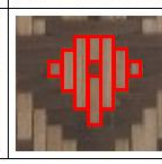
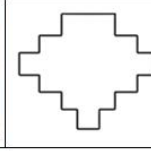
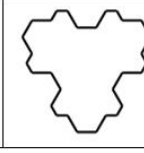
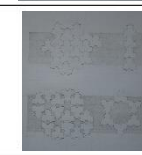
ตารางที่ 4.26 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์จากแนวคิดลวดลายเครื่องจักสาน

แบบร่าง / ชื่อลาย	ลักษณะของลวดลาย	จุดที่น่าสนใจ	การตัดทอนรูปร่าง	การดัดแปลงรูปร่าง	แบบร่างผลิตภัณฑ์
แบบร่างที่ 1 - ลายตาชะลอม					
แบบร่างที่ 2 - ลายตาชะลอม					
แบบร่างที่ 3 - ลายลูกน้ำ					
แบบร่างที่ 4 - ลายปลาเล็ก					
แบบร่างที่ 5 - ลายขิด (ลายมะระ)					
แบบร่างที่ 6 - ลายดอกพิกุล (ลายสามเหลี่ยม)					
แบบร่างที่ 7 - ลายยืนล้อมสี่เหลี่ยม					
แบบร่างที่ 8 - ลายดอกพิกุล (ลายไทย)					

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

แบบร่างที่ 9 - ลายตาชะลอม					
แบบร่างที่ 10 - ลายดอกพิกุล (ลายสามเหลี่ยม)					
แบบร่างที่ 11 - ลายขิดขอ (ผสมลายขิดกงจักร)					
แบบร่างที่ 12 - ลายขิดขอ (ผสมลายขิดกงจักร)					
แบบร่างที่ 13 - ลายขิดขอ (ผสมลายขิดกงจักร)					
แบบร่างที่ 14 - ลายน้ำไหลกากบาท					
แบบร่างที่ 15 - ลายน้ำไหลกากบาท					
แบบร่างที่ 16 - ลายดอกพิกุล (ลายดาวล้อมเดือน)					
แบบร่างที่ 17 - ลายดอกพิกุล (ลายดาวล้อมเดือน)					
แบบร่างที่ 18 - ลายขิดขอเลขห้า					
แบบร่างที่ 19 - ลายขิดขอก่าย					
แบบร่างที่ 20 - ลายดอกมะลิ					

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

แบบร่างที่ 21 - ลายขิดใบไม้ร่วง					
แบบร่างที่ 22 - ลายขิด					
แบบร่างที่ 23 - ลายขิด					
แบบร่างที่ 24 - ลายยืนล้อมสี่เหลี่ยม					
แบบร่างที่ 25 - ลายไทยดอกกระจาย					
แบบร่างที่ 26 - ลายขิด					
แบบร่างที่ 27 - ลายปวดฟัน					
แบบร่างที่ 28 - ลายตาชะลอม					
แบบร่างที่ 29 - ลายประทุนเรือ					
แบบร่างที่ 30 - ลายประทุนเรือ					

4.2.5 ข้อมูลผลการวิเคราะห์แบบร่างผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากผลการวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักการของ TRIZ นั้น แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปัจจุบันยังไม่ค่อยมีความหลากหลายในส่วนของรูปทรงและลวดลายที่มีความแปลกใหม่ ความน่าสนใจเท่าที่ควร

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในส่วนของรูปทรงให้ตรงกับแนวทางในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว รวมทั้งหมด 30 แบบ (แบบร่าง) ซึ่งจากแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ทั้ง 30 แบบ (ดังแสดงในภาคผนวก ฉ) ผู้วิจัยได้นำมาทำการคัดเลือกแบบร่างที่มีความเหมาะสมและมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้งด้านการออกแบบและการนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงานจริง โดยการนำแบบร่างไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 ท่าน ในการพิจารณาคัดเลือกและประเมินแบบร่างครั้งที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการคัดเลือกและทดลองทำตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงนำมาประเมินผลและสรุปผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวทางการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักการของ TRIZ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 ท่าน มีดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 รศ.สุรพล สุวรรณ คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2 ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3 ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4 ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร คณาจารย์สาขาวิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5 ดร.มิยอง ซอ คณาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

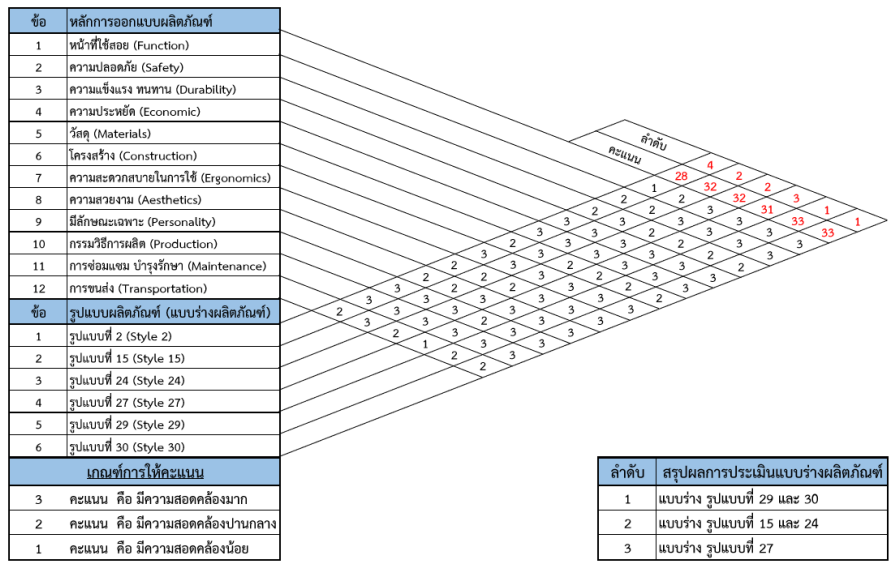
จากผลการคัดเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 30 แบบ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 ท่าน โดยผลการคัดเลือกแบบร่างที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์มีดังนี้

ตารางที่ 4.27 แสดงข้อมูลรายละเอียดการคัดเลือกแบบร่างจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	แบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 1-30									
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30
ท่านที่ 1	2	-	-	-	15	-	-	24	27	29,30
ท่านที่ 2	2	-	-	-	-	-	-	24	-	29,30
ท่านที่ 3	-	-	-	-	-	-	-	24	25,27	28
ท่านที่ 4	-	-	-	-	-	16	-	-	25	29,30
ท่านที่ 5	-	5	-	-	13	-	-	22,23	-	29,30

จากข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในตารางที่ 4.27) จะเห็นว่า ผลการคัดเลือกแบบร่างข้างต้นจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ แบบร่างผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่น่าสนใจนั้น มีแบบร่างที่มีความเหมาะสมมากที่สุดทั้งหมด 13 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 2, 5, 13, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29 และ 30

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบการประเมินผลการคิดเชิงมโนทัศน์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกรอบแนวความคิดหลัก และนำมาประยุกต์ใช้กับหลักการวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อใช้ในการประเมินและสรุปผลแบบร่างที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมากที่สุด 3 ลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้



ข้อ	หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
1	หน้าที่ใช้สอย (Function)
2	ความปลอดภัย (Safety)
3	ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4	ความประหยัด (Economic)
5	วัสดุ (Materials)
6	โครงสร้าง (Construction)
7	ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
8	ความสวยงาม (Aesthetics)
9	มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10	กรรมวิธีการผลิต (Production)
11	การซ่อมแซม บำรุงรักษา (Maintenance)
12	การขนส่ง (Transportation)

ข้อ	รูปแบบผลิตภัณฑ์ (แบบร่างผลิตภัณฑ์)
1	รูปแบบที่ 2 (Style 2)
2	รูปแบบที่ 15 (Style 15)
3	รูปแบบที่ 24 (Style 24)
4	รูปแบบที่ 27 (Style 27)
5	รูปแบบที่ 29 (Style 29)
6	รูปแบบที่ 30 (Style 30)

เกณฑ์การให้คะแนน	
3	คะแนน คือ มีความสอดคล้องมาก
2	คะแนน คือ มีความสอดคล้องปานกลาง
1	คะแนน คือ มีความสอดคล้องน้อย

ลำดับ	สรุปผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์
1	แบบร่าง รูปแบบที่ 29 และ 30
2	แบบร่าง รูปแบบที่ 15 และ 24
3	แบบร่าง รูปแบบที่ 27

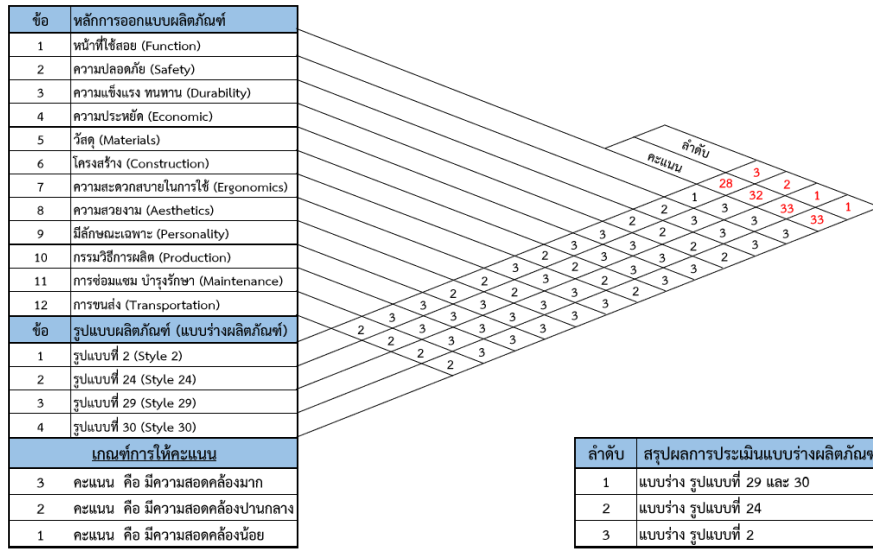
ภาพที่ 4.12 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 1

จากข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.12) การประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 1 มีการคัดเลือกและประเมินแบบร่างทั้งหมด 6 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 2, 15, 24, 27, 29 และ 30 โดยจากผลการประเมินแบบร่างโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกรอบแนวความคิดหลัก สามารถจัดลำดับจากคะแนนสูงสุดไปยังคะแนนต่ำสุด (คะแนนเต็ม 36 คะแนน) ได้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 29 และ 30 โดยมีผลการประเมิน 33 คะแนน

ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 15 และ 24 โดยมีผลการประเมิน 32 คะแนน

ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 27 โดยมีผลการประเมิน 31 คะแนน



ข้อ	หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
1	หน้าที่ใช้สอย (Function)
2	ความปลอดภัย (Safety)
3	ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4	ความประหยัด (Economic)
5	วัสดุ (Materials)
6	โครงสร้าง (Construction)
7	ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
8	ความสวยงาม (Aesthetics)
9	มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10	กรรมวิธีการผลิต (Production)
11	การซ่อมแซม บำรุงรักษา (Maintenance)
12	การขนส่ง (Transportation)
ข้อ	รูปแบบผลิตภัณฑ์ (แบบร่างผลิตภัณฑ์)
1	รูปแบบที่ 2 (Style 2)
2	รูปแบบที่ 24 (Style 24)
3	รูปแบบที่ 29 (Style 29)
4	รูปแบบที่ 30 (Style 30)
เกณฑ์การให้คะแนน	
3	คะแนน คือ มีความสอดคล้องมาก
2	คะแนน คือ มีความสอดคล้องปานกลาง
1	คะแนน คือ มีความสอดคล้องน้อย

ลำดับ	สรุปผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์
1	แบบร่าง รูปแบบที่ 29 และ 30
2	แบบร่าง รูปแบบที่ 24
3	แบบร่าง รูปแบบที่ 2

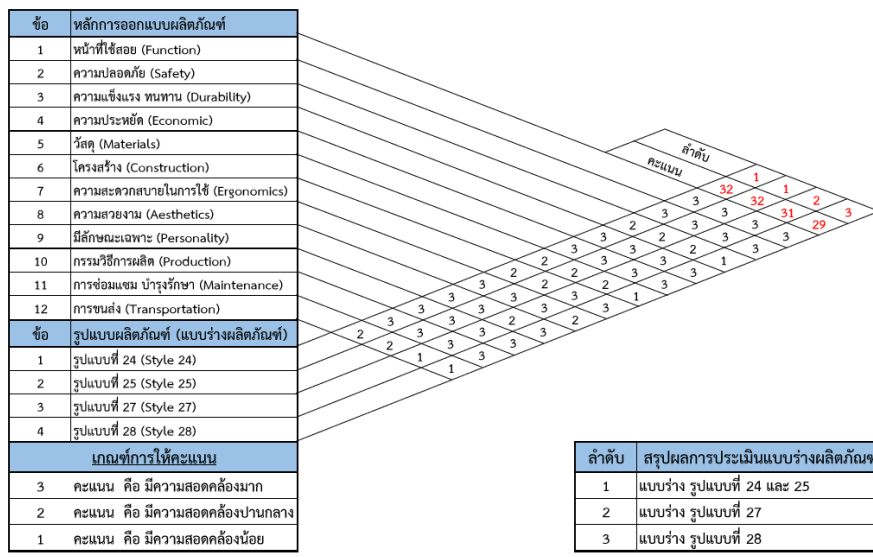
ภาพที่ 4.13 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 2

จากข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.13) การประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 2 มีการคัดเลือกและประเมินแบบร่างทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 2, 24, 29 และ 30 โดยจากผลการประเมินแบบร่างโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกรอบแนวคิด สามารถจัดลำดับจากคะแนนสูงสุดไปยังคะแนนต่ำสุด (คะแนนเต็ม 36 คะแนน) ได้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 29 และ 30 โดยมีผลการประเมิน 33 คะแนน

ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 24 โดยมีผลการประเมิน 32 คะแนน

ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 2 โดยมีผลการประเมิน 28 คะแนน



ข้อ	หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
1	หน้าที่ใช้สอย (Function)
2	ความปลอดภัย (Safety)
3	ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4	ความประหยัด (Economic)
5	วัสดุ (Materials)
6	โครงสร้าง (Construction)
7	ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
8	ความสวยงาม (Aesthetics)
9	มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10	กรรมวิธีการผลิต (Production)
11	การซ่อมแซม บำรุงรักษา (Maintenance)
12	การขนส่ง (Transportation)
ข้อ	รูปแบบผลิตภัณฑ์ (แบบร่างผลิตภัณฑ์)
1	รูปแบบที่ 24 (Style 24)
2	รูปแบบที่ 25 (Style 25)
3	รูปแบบที่ 27 (Style 27)
4	รูปแบบที่ 28 (Style 28)
เกณฑ์การให้คะแนน	
3	คะแนน คือ มีความสอดคล้องมาก
2	คะแนน คือ มีความสอดคล้องปานกลาง
1	คะแนน คือ มีความสอดคล้องน้อย

ลำดับ	สรุปผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์
1	แบบร่าง รูปแบบที่ 24 และ 25
2	แบบร่าง รูปแบบที่ 27
3	แบบร่าง รูปแบบที่ 28

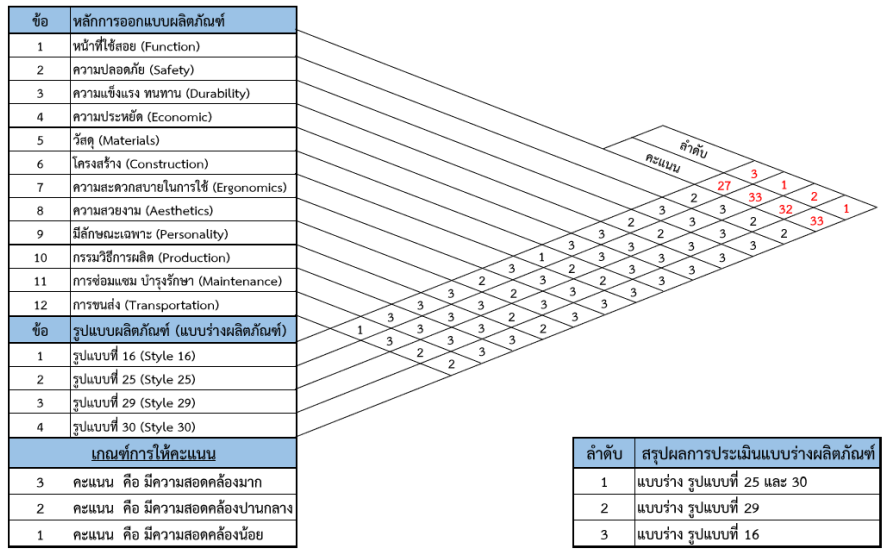
ภาพที่ 4.14 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 3

จากข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.14) การประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 3 มีการคัดเลือกและประเมินแบบร่างทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 24, 25, 27 และ 28 โดยจากผลการประเมินแบบร่างโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกรอบแนวคิดหลัก สามารถจัดลำดับจากคะแนนสูงสุดไปยังคะแนนต่ำสุด (คะแนนเต็ม 36 คะแนน) ได้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 24 และ 25 โดยมีผลการประเมิน 32 คะแนน

ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 27 โดยมีผลการประเมิน 31 คะแนน

ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 28 โดยมีผลการประเมิน 29 คะแนน



ข้อ	หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
1	หน้าที่ใช้สอย (Function)
2	ความปลอดภัย (Safety)
3	ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4	ความประหยัด (Economic)
5	วัสดุ (Materials)
6	โครงสร้าง (Construction)
7	ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
8	ความสวยงาม (Aesthetics)
9	มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10	กรรมวิธีการผลิต (Production)
11	การซ่อมแซม บำรุงรักษา (Maintenance)
12	การขนส่ง (Transportation)

ข้อ	รูปแบบผลิตภัณฑ์ (แบบร่างผลิตภัณฑ์)
1	รูปแบบที่ 16 (Style 16)
2	รูปแบบที่ 25 (Style 25)
3	รูปแบบที่ 29 (Style 29)
4	รูปแบบที่ 30 (Style 30)

เกณฑ์การให้คะแนน	
3	คะแนน คือ มีความสอดคล้องมาก
2	คะแนน คือ มีความสอดคล้องปานกลาง
1	คะแนน คือ มีความสอดคล้องน้อย

ลำดับ	สรุปผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์
1	แบบร่าง รูปแบบที่ 25 และ 30
2	แบบร่าง รูปแบบที่ 29
3	แบบร่าง รูปแบบที่ 16

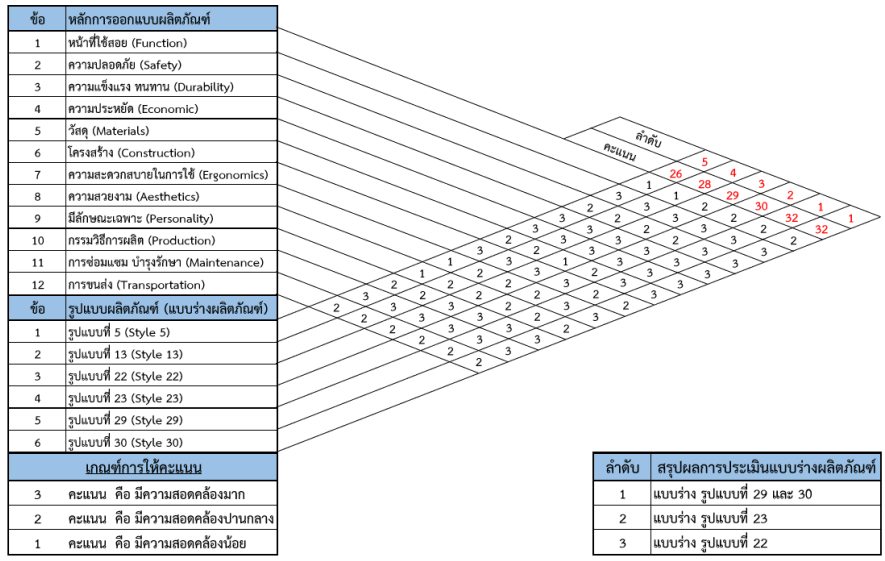
ภาพที่ 4.15 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 4

จากข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.15) การประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 4 มีการคัดเลือกและประเมินแบบร่างทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 16, 25, 29 และ 30 โดยจากผลการประเมินแบบร่างโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกรอบแนวคิดหลัก สามารถจัดลำดับจากคะแนนสูงสุดไปยังคะแนนต่ำสุด (คะแนนเต็ม 36 คะแนน) ได้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 25 และ 30 โดยมีผลการประเมิน 33 คะแนน

ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 29 โดยมีผลการประเมิน 32 คะแนน

ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 16 โดยมีผลการประเมิน 27 คะแนน



ข้อ	หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
1	หน้าที่ใช้สอย (Function)
2	ความปลอดภัย (Safety)
3	ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4	ความประหยัด (Economic)
5	วัสดุ (Materials)
6	โครงสร้าง (Construction)
7	ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
8	ความสวยงาม (Aesthetics)
9	มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10	กรรมวิธีการผลิต (Production)
11	การซ่อมแซม บำรุงรักษา (Maintenance)
12	การขนส่ง (Transportation)

ข้อ	รูปแบบผลิตภัณฑ์ (แบบร่างผลิตภัณฑ์)
1	รูปแบบที่ 5 (Style 5)
2	รูปแบบที่ 13 (Style 13)
3	รูปแบบที่ 22 (Style 22)
4	รูปแบบที่ 23 (Style 23)
5	รูปแบบที่ 29 (Style 29)
6	รูปแบบที่ 30 (Style 30)

เกณฑ์การให้คะแนน	
3	คะแนน คือ มีความสอดคล้องมาก
2	คะแนน คือ มีความสอดคล้องปานกลาง
1	คะแนน คือ มีความสอดคล้องน้อย

ลำดับ	สรุปผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์
1	แบบร่าง รูปแบบที่ 29 และ 30
2	แบบร่าง รูปแบบที่ 23
3	แบบร่าง รูปแบบที่ 22

ภาพที่ 4.16 แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 5

จากข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.16) การประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์จากผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ 5 มีการคัดเลือกและประเมินแบบร่างทั้งหมด 6 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 5, 13, 22, 23, 29 และ 30 โดยจากผลการประเมินแบบร่างโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกรอบแนวความคิดหลัก สามารถจัดลำดับจากคะแนนสูงสุดไปยังคะแนนต่ำสุด (คะแนนเต็ม 36 คะแนน) ได้ 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 29 และ 30 โดยมีผลการประเมิน 32 คะแนน

ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 23 โดยมีผลการประเมิน 30 คะแนน

ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 22 โดยมีผลการประเมิน 29 คะแนน

ทั้งนี้จากข้อมูลผลการประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์ข้างต้นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน (ดังแสดงในภาพที่ 4.12-4.16) ผู้วิจัยขอสรุปผลการประเมินแบบร่างทั้งหมดที่ถูกจัดลำดับไว้ 3 ลำดับ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 24, 25, 29 และ 30

ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 15, 23, 24, 27 และ 29

ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 2, 16, 22, 27 และ 28

จากการจัดลำดับผลการประเมินแบบร่างข้างต้นจะเห็นว่า แบบร่างที่มีความเหมาะสมและมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมากที่สุด จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้แก่ แบบร่างที่ 24, 25, 29 และ 30 เป็นต้น และเมื่อนำผลคะแนนจากการประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์ข้อมูลข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.12-4.16) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการประเมินแบบร่างทั้งหมดที่ถูกคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ท่าน และนำมาคำนวณหาค่า $\bar{x}$ และ S.D. เพื่อสรุปแบบร่างที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและทำการจัดลำดับคะแนนไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.28 แสดงข้อมูลผลการประเมินแบบร่างจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน

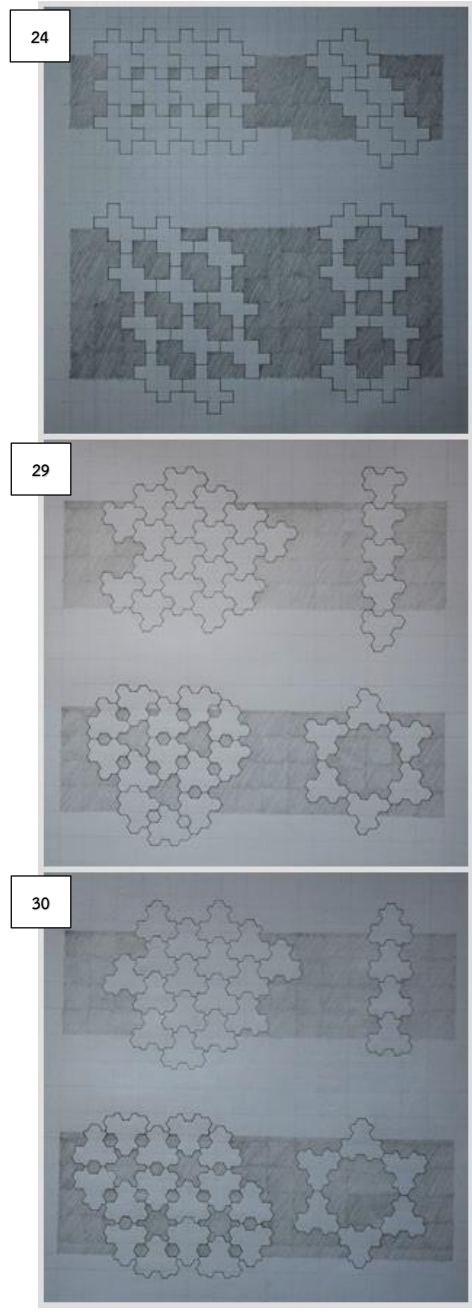
แบบร่างที่	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์		ลำดับที่
	$\overline{X}$ (n = 5)	S.D.	
2	28.0	0.0	7
5	26.0	0.0	9
13	28.0	0.0	7
15	32.0	0.0	3
16	27.0	0.0	8
22	29.0	0.0	6
23	30.0	0.0	5
24	32.0	0.0	3
25	32.5	0.7	2
27	31.0	0.0	4
28	29.0	0.0	6
29	32.5	0.6	2
30	32.8	0.5	1

จากตาราง 4..28 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลผลการประเมินแบบร่างด้วยการคิดเชิงมโนทัศน์จากผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 5 ท่าน พบว่า มีแบบร่างที่ผ่านการคัดเลือกโดยมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีทั้งหมด 13 แบบ โดยมีการจัดลำดับคะแนนผลการประเมินจากคะแนนสูงสุดไปยังคะแนนต่ำสุด ดังนี้

ลำดับที่ 1 ได้แก่ แบบร่างที่ 30 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 32.8, S.D. = 0.5
ลำดับที่ 2 ได้แก่ แบบร่างที่ 25 และ 29 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 32.5, S.D. = 0.6
ลำดับที่ 3 ได้แก่ แบบร่างที่ 15 และ 24 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 32.0, S.D. = 0.0
ลำดับที่ 4 ได้แก่ แบบร่างที่ 27 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 31.0, S.D. = 0.0
ลำดับที่ 5 ได้แก่ แบบร่างที่ 23 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 30.0, S.D. = 0.0
ลำดับที่ 6 ได้แก่ แบบร่างที่ 22 และ 28 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 29.0, S.D. = 0.0
ลำดับที่ 7 ได้แก่ แบบร่างที่ 2 และ 13 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 28.0, S.D. = 0.0
ลำดับที่ 8 ได้แก่ แบบร่างที่ 16 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 27.0, S.D. = 0.0
ลำดับที่ 9 ได้แก่ แบบร่างที่ 5 โดยมีค่าคะแนนอยู่ที่ $\overline{X}$ = 26.0, S.D. = 0.0

จากข้อมูลผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นข้างต้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.12-4.16 และตารางที่ 4.27-4.28) จะเห็นว่า จากผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์แบบร่างที่มีความเหมาะสมตามหลักทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์ และมีความสอดคล้องในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมากที่สุด 4 แบบ ได้แก่ แบบร่างที่ 24, 25, 29 และ 30

ทั้งนี้เนื่องจากการประเมินแบบร่างโดยอาศัยความถี่ในการคัดเลือกแบบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ท่าน (ดังแสดงในตารางที่ 4.27) พบว่า แบบร่างที่ถูกคัดเลือกให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมากที่สุด 3 ลำดับ ได้แก่ แบบร่างผลิตภัณฑ์ที่ 24, 29 และ 30 ผู้วิจัยจึงได้นำแบบร่างดังกล่าวมาสรุปผลและทำการกำหนดขนาดของชิ้นงาน เพื่อจัดทำชิ้นงานตัวอย่างในการตรวจสอบและคัดเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักการของ TRIZ (ดังแสดงรายละเอียดในข้อ 4.2.2) ในลำดับต่อไป



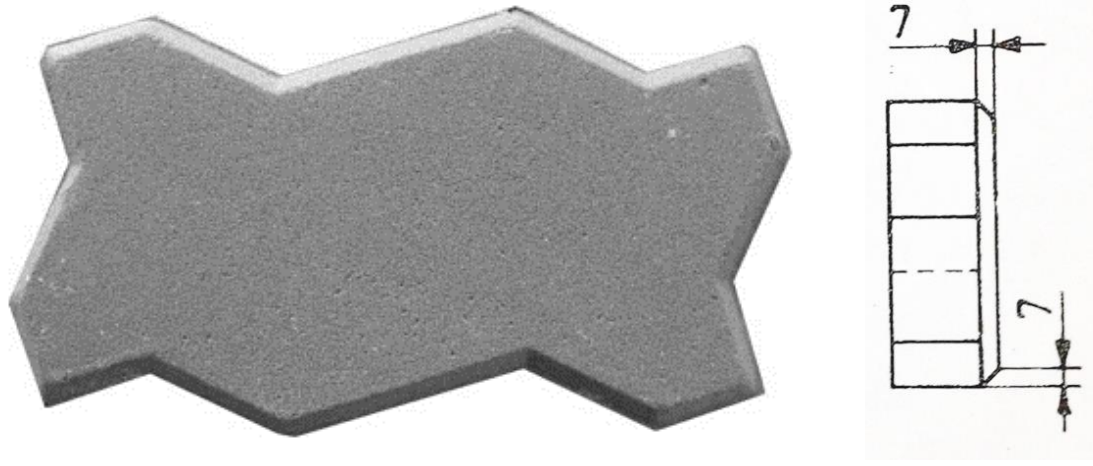
ภาพที่ 4.17 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
แบบร่างที่ 24, 29 และ 30 ที่ผ่านคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด

4.2.6 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ชิ้นงานจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากผลสรุปการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีแบบร่างที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ท่าน มีทั้งหมด 3 แบบ คือ แบบร่างที่ 24, 29 และ 30 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ดังแสดงในผลการการวิเคราะห์ ข้อ 4.1.3) ซึ่งตรงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (Standard for Interlocking Concrete Paving Blocks) ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีข้อกำหนดหรือเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับข้องผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นดังนี้

ตารางที่ 4.29 แสดงข้อมูลเกณฑ์ข้อกำหนดขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

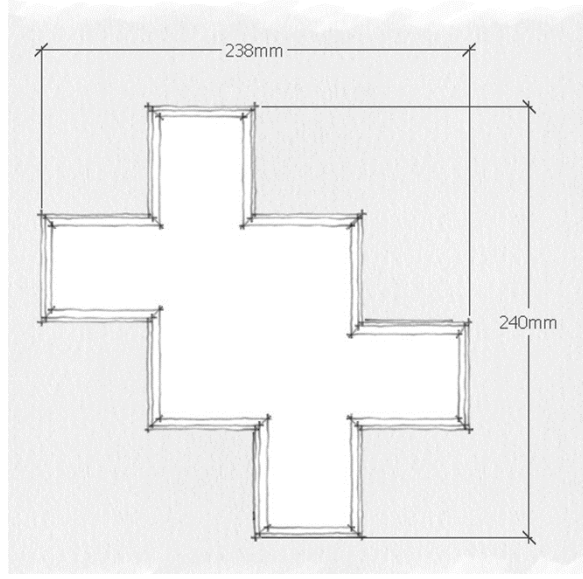
มิติ / รายละเอียด	เกณฑ์ข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (หน่วย : มิลลิเมตร)	
	เกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ความกว้าง	ไม่เกิน 295	2
ความยาว	ไมเกิน 295	2
ความหนา	60	2
	80	2
	100	3
	120	3
ความหนาของชั้นผิวหน้า (เฉพาะผิวหน้าที่ทำเป็นสี)	ต่ำสุด 3	
การลบมุม (ถ้ามี)	ต้องไม่เกิน 7	



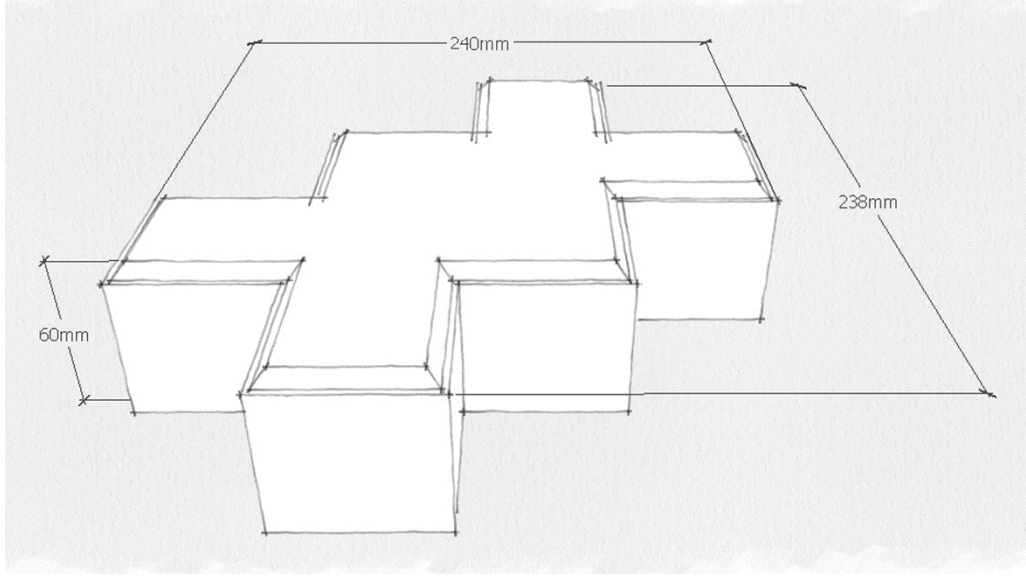
ภาพที่ 4.18 แสดงลักษณะการลบมุมของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
ที่มา : จากเว็บไซต์ www.b2bthai.com

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 รูปแบบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ดังแสดงในตารางที่ 4.29) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 24

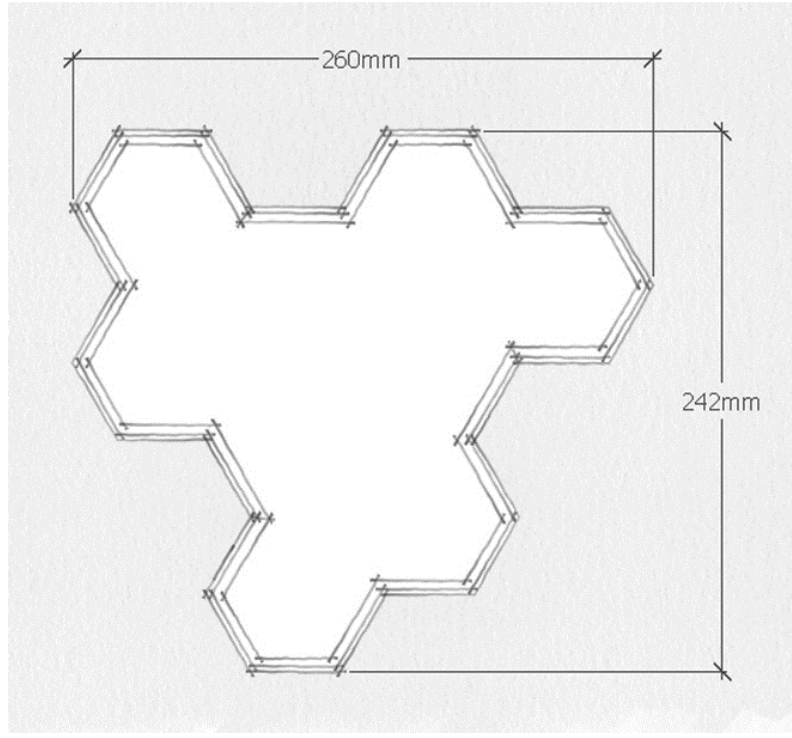


ภาพที่ 4.19 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 24 (มุมมองด้านบน)

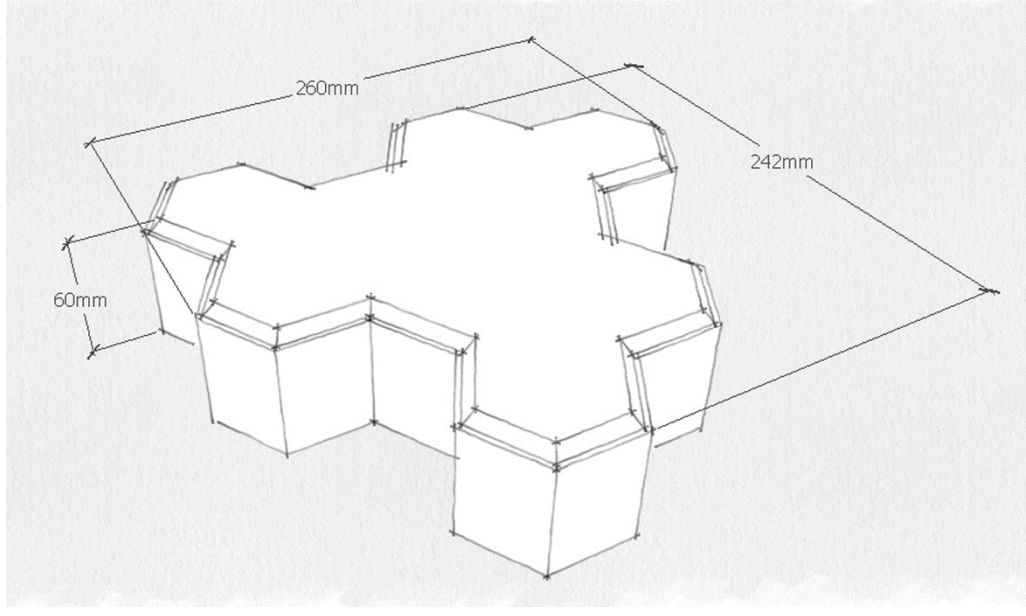


ภาพที่ 4.20 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 24 (มุมมองทัศนียภาพ)

2. แบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 29

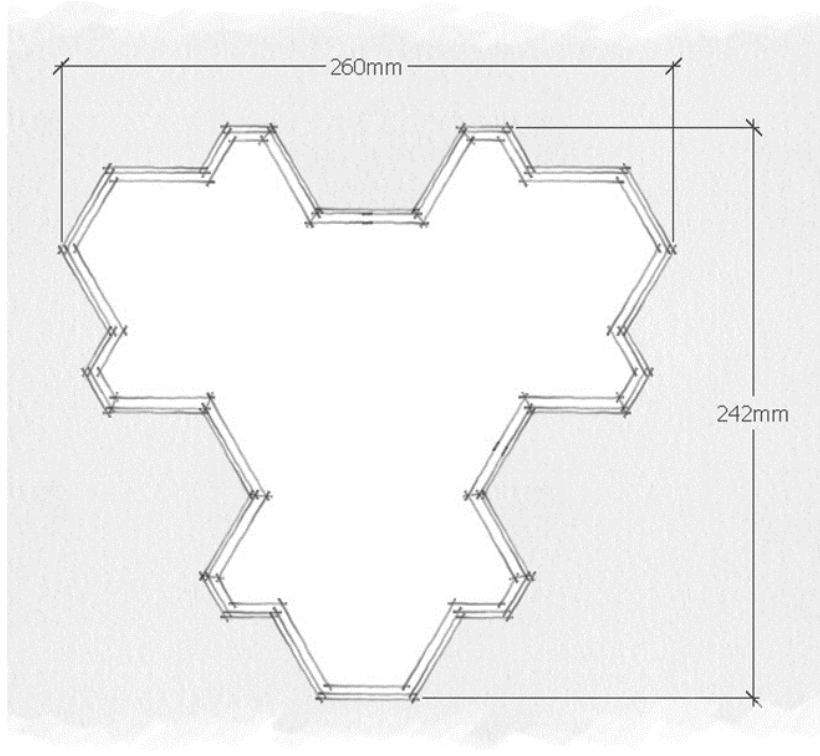


ภาพที่ 4.21 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29 (มุมมองด้านบน)

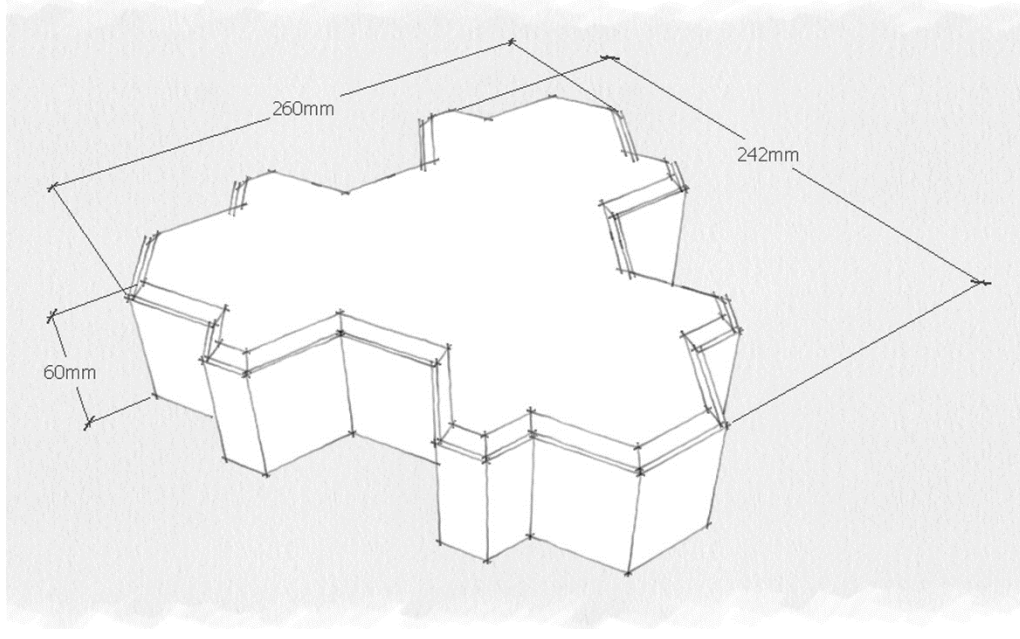


ภาพที่ 4.22 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29 (มุมมองทัศนียภาพ)

3. แบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 30



ภาพที่ 4.23 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 30 (มุมมองด้านบน)

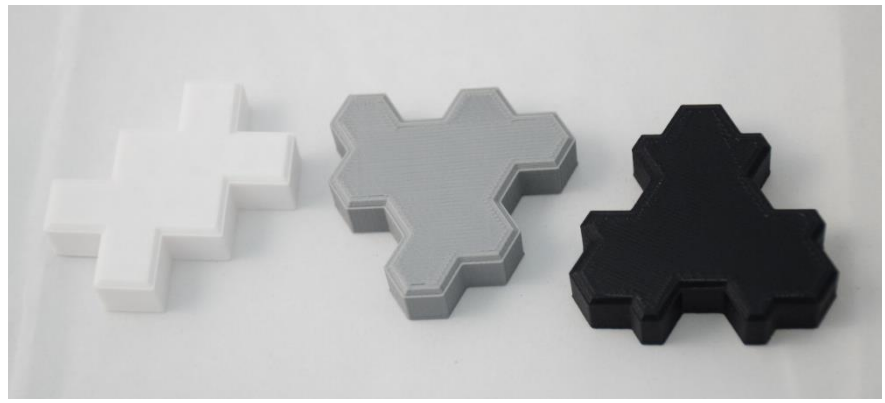


ภาพที่ 4.24 แสดงขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 30 (มุมมองทัศนียภาพ)

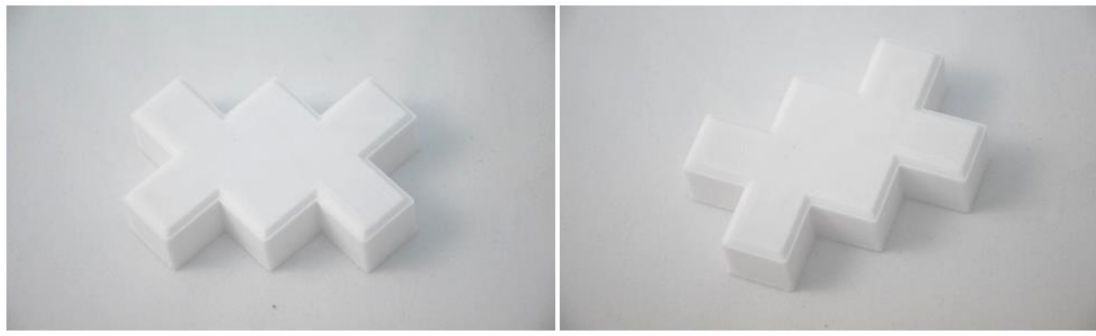
จากรายละเอียดของแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 รูปแบบ ข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างหุ่นจำลอง (Model) โดยใช้การย่อขนาดชิ้นงานให้มีอัตราส่วน 1:5 เซนติเมตร จำนวนรูปแบบละ 6 ชิ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบรูปแบบ ขนาด สัดส่วน มุมมอง และลักษณะการเชื่อมต่อกันในแต่ละชิ้น และเพื่อใช้ในการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

โดยหุ่นจำลองทั้ง 3 รูปแบบ ได้มีการใช้เทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติระบบ FDM หรือ Fused Deposition Modeling ซึ่งระบบนี้เป็นระบบการฉีดและวาดเส้นพลาสติกออกมาเป็นวัตถุโดยส่วนของหัวฉีดทำหน้าที่ฉีดเส้นพลาสติกออกมา ซึ่งจะมีฮีทเตอร์ทำความร้อนให้ถึงจุดที่เส้นพลาสติกละลายเป็นน้ำแล้วฉีดผ่านหัวฉีดออกมา เครื่องจะมีมอเตอร์ทำการเคลื่อนหัวฉีดหรือฐานพิมพ์ให้เคลื่อนที่ และพิมพ์ไปทีละชั้นจนออกมาเป็นชิ้นงานจำลอง

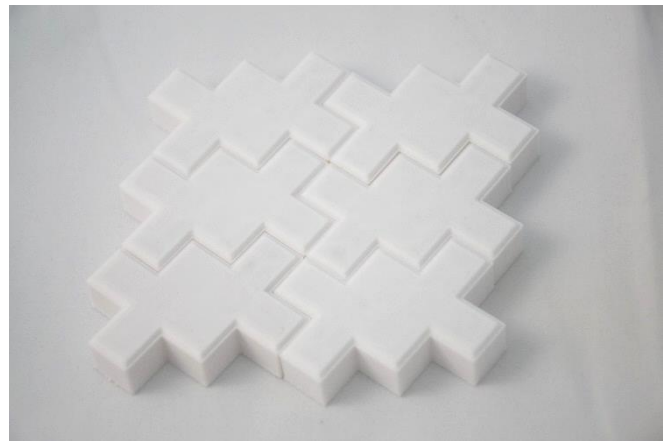
ส่วนเส้นพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานเป็นเส้นพลาสติกแบบ PLA (Polylactic Acid) ซึ่งเป็นเส้นพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กากพืชผลทางการเกษตร ข้าวโพด และมันสำปะหลัง โดยพลาสติกชนิดนี้เหมาะกับการใช้กับ 3D Printer เกือบทุกชนิดเนื่องจาก ค่อนข้างปลอดภัย ไม่มีกลิ่นพลาสติกไหม้ หดตัวน้อย และไม่จำเป็นต้องใช้ฐานทำความร้อน โดยหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 3 รูปแบบ ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ดังนี้



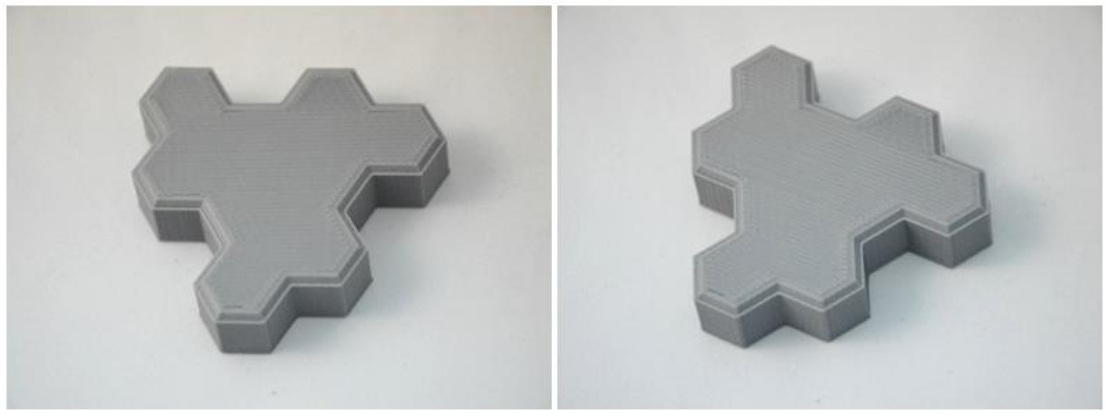
ภาพที่ 4.25 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1-3 (มุมมองทัศนียภาพ)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ 4.26 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1 (มุมมองทัศนียภาพ)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

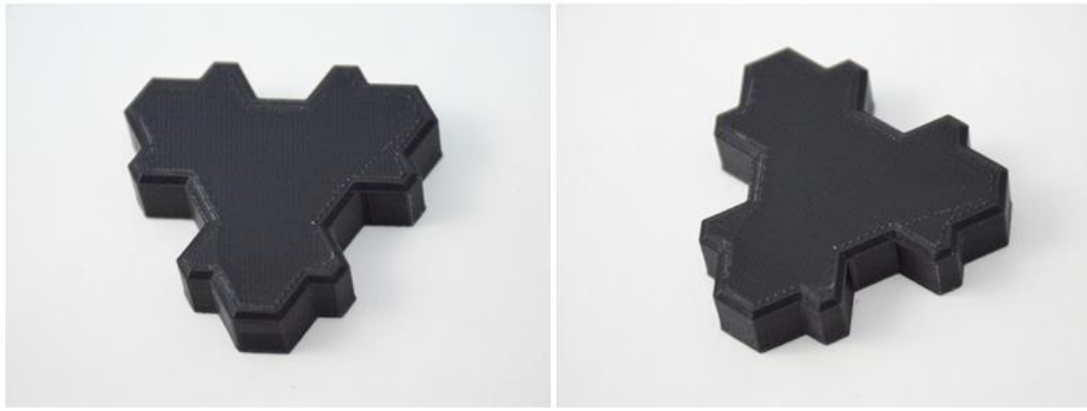


ภาพที่ 4.27 แสดงการเรียงประสานของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ 4.28 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2 (มุมมองทัศนียภาพ)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ภาพที่ 4.29 แสดงลักษณะการเรียงประสานของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ 4.30 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3 (มุมมองทัศนียภาพ)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ภาพที่ 4.31 แสดงลักษณะการเรียงประสานของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ตารางที่ 4.30 แสดงข้อมูลผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 1		ความหมาย
		$\overline{X}$	S.D.	
1. หน้าที่ใช้สอย (Function)				
1.1	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่หรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้หลากหลาย เช่น พื้นซีเมนต์ พื้นดิน และพื้นหญ้า	4.20	0.45	มีความเหมาะสมมาก
1.2	สามารถนำมาจัดวางได้ถึง 12 รูปแบบ และทำให้เกิดลวดลายแบบใหม่ โดยใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม	4.20	0.45	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.20	0.45	มีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 4.30 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 1		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
2. ความปลอดภัย (Safety)				
2.1	ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส	3.60	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.60	0.89	มีความเหมาะสมมาก
3. ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)				
3.1	สามารถทนต่อแรงอัด แรงกด และแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นง่าย	4.00	1.00	มีความเหมาะสมมาก
3.2	สามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.00	0.86	มีความเหมาะสมมาก
4. ความประหยัด (Economic)				
4.1	มีราคาต้นทุนในการผลิตที่ไม่สูง และสามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้	4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
5. วัสดุ (Materials)				
5.1	มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี	4.20	0.44	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.20	0.44	มีความเหมาะสมมาก
6. โครงสร้าง (Construction)				
6.1	มีการออกแบบรูปทรงให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงและสามารถรองรับน้ำหนักได้ดี	4.00	1.00	มีความเหมาะสมมาก
6.2	มีการออกแบบให้สามารถวางเชื่อมต่อกันได้สนิท	4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.20	0.78	มีความเหมาะสมมาก
7. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)				
7.1	สามารถหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
7.2	มีการนำมาใช้งานในการจัดวางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.30	0.63	มีความเหมาะสมมาก
8. ความสวยงาม (Aesthetics)				
8.1	มีการออกแบบรูปทรงและลวดลาย ทำให้เกิดความสวยงาม เมื่อนำมาจัดวางเรียงกันในลักษณะต่างๆ ทั้งรวม 12 รูปแบบ และเกิดความน่าสนใจ	4.20	0.84	มีความเหมาะสมมาก
8.2	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.10	0.78	มีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 4.30 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 1		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality)				
9.1	ผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุที่มีความพรุนตัว และมีความแข็งแรง ทนทานสูง	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
9.2	ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและสามารถระบายน้ำได้ดี	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.72	มีความเหมาะสมมาก
10. กรรมวิธีการผลิต (Production)				
10.1	มีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
10.2	มีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.72	มีความเหมาะสมมาก
11. การซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance)				
11.1	ผลิตภัณฑ์สามารถถอดหรือทำการเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องรื้อถอนออกทั้งหมด โดยสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่เฉพาะชิ้นหรือพื้นที่ได้	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
12. การขนส่ง (Transportation)				
12.1	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์และใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ส่วนหนึ่ง	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
12.2	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก-ปานกลาง โดยสามารถนำมาจัดเรียงซ้อนให้เสมอกันได้ ทำให้ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่งได้อย่างดี	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.72	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.26	0.67	มีความเหมาะสมมาก

จากตาราง 4.30 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1 ทั้งหมด 12 ด้าน ตามหลักการทฤษฎีหลักการออกแบบอุตสาหกรรม ซึ่งจากผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1 พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.26, S.D. = 0.67) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้านแล้ว มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.45)

2. ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.60, S.D. = 0.89)

3. ด้านความแข็งแรง ทนทาน มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.86)

4. ด้านความประหยัด มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.55)

5. ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.44)

6. ด้านโครงสร้าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.78)

7. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.63) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของความสามารถในการหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

8. ด้านความสวยงาม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.78)

9. ด้านมีลักษณะเฉพาะ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.72) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและสามารถระบายน้ำได้ดี มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

10. ด้านกรรมวิธีการผลิต มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.72) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของมีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

11. ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

12. ด้านการขนส่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.72) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของมีการออกแบบผลิตภัณฑ์และใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ส่วนหนึ่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

ตารางที่ 4.31 แสดงข้อมูลผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 2

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 2		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
1. หน้าที่ใช้สอย (Function)				
1.1	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่หรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้หลากหลาย เช่น พื้นซีเมนต์ พื้นดิน และพื้นหญ้า	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
1.2	สามารถนำมาจัดวางได้ถึง 12 รูปแบบ และทำให้เกิดลวดลายแบบใหม่ โดยใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 4.31 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 2		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
2. ความปลอดภัย (Safety)				
2.1	ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3. ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)				
3.1	สามารถทนต่อแรงอัด แรงกด และแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นง่าย	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.2	สามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.60	0.67	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4. ความประหยัด (Economic)				
4.1	มีราคาต้นทุนในการผลิตที่ไม่สูง และสามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
5. วัสดุ (Materials)				
5.1	มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
6. โครงสร้าง (Construction)				
6.1	มีการออกแบบรูปทรงให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงและสามารถรองรับน้ำหนักได้ดี	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
6.2	มีการออกแบบให้สามารถวางเชื่อมต่อกันได้สนิท	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.70	0.50	มีความเหมาะสมมากที่สุด
7. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)				
7.1	สามารถหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก	3.60	0.55	มีความเหมาะสมมาก
7.2	มีการนำมาใช้งานในการจัดวางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน	3.60	0.55	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.60	0.55	มีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 4.31 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 2		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
8. ความสวยงาม (Aesthetics)				
8.1	มีการออกแบบรูปทรงและลวดลาย ทำให้เกิดความสวยงาม เมื่อนำมาจัดวางเรียงกันในลักษณะต่างๆ ทั้งรวม 12 รูปแบบ และเกิดความน่าสนใจ	4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
8.2	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.40	0.72	มีความเหมาะสมมาก
9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality)				
9.1	ผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุที่มีความพรุนตัว และมีความแข็งแรง ทนทานสูง	5.00	0.00	มีความเหมาะสมมากที่สุด
9.2	ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและสามารถระบายน้ำได้ดี	4.60	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.80	0.28	มีความเหมาะสมมากที่สุด
10. กรรมวิธีการผลิต (Production)				
10.1	มีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
10.2	มีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.80	0.45	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.60	0.50	มีความเหมาะสมมากที่สุด
11. การซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance)				
11.1	ผลิตภัณฑ์สามารถถอดหรือทำการเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องรื้อถอนออกทั้งหมด โดยสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่เฉพาะชิ้นหรือพื้นที่ได้	4.20	0.84	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.20	0.84	มีความเหมาะสมมาก
12. การขนส่ง (Transportation)				
12.1	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์และใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ส่วนหนึ่ง	4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
12.2	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะเป็นชิ้นที่สามารถนำมาจัดเรียงซ้อนให้เสมอกันได้	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.20	0.63	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.51	0.55	มีความเหมาะสมมากที่สุด

จากตาราง 4.31 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 2 ทั้งหมด 12 ด้าน ตามหลักการทฤษฎีหลักการออกแบบอุตสาหกรรม ซึ่งจากผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2 พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้านแล้ว มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45)

2. ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45)

3. ด้านความแข็งแรง ทนทาน มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.67) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของความสามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.89)

4. ด้านความประหยัด มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

5. ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45)

6. ด้านโครงสร้าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.50)

7. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.60, S.D. = 0.55)

8. ด้านความสวยงาม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.72)

9. ด้านมีลักษณะเฉพาะ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.28)

10. ด้านกรรมวิธีการผลิต มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของมีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.55)

11. ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.84)

12. ด้านการขนส่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.63)

ตารางที่ 4.32 แสดงข้อมูลผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 3

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 3		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
1. หน้าที่ใช้สอย (Function)				
1.1	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่หรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้	4.20	0.84	มีความเหมาะสมมาก
1.2	สามารถนำมาจัดวางได้ถึง 9 รูปแบบ และทำให้เกิดลวดลายแบบใหม่ โดยใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.10	0.78	มีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 4.32 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 3		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
2. ความปลอดภัย (Safety)				
2.1	ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส	3.80	0.84	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.80	0.84	มีความเหมาะสมมาก
3. ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)				
3.1	สามารถทนต่อแรงอัด แรงกด และแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นง่าย	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
3.2	สามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี	4.20	0.84	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.10	0.78	มีความเหมาะสมมาก
4. ความประหยัด (Economic)				
4.1	มีราคาต้นทุนในการผลิตที่ไม่สูง และสามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
5. วัสดุ (Materials)				
5.1	มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี	4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.40	0.55	มีความเหมาะสมมาก
6. โครงสร้าง (Construction)				
6.1	มีการออกแบบรูปทรงให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงและสามารถรองรับน้ำหนักได้ดี	4.20	0.84	มีความเหมาะสมมาก
6.2	มีการออกแบบให้สามารถวางเชื่อมต่อกันได้สนิท	4.00	1.00	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.10	0.92	มีความเหมาะสมมาก
7. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)				
7.1	สามารถหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก	3.00	1.00	มีความเหมาะสมปานกลาง
7.2	มีการนำมาใช้งานในการจัดวางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน	2.80	0.84	มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม		2.90	0.92	มีความเหมาะสมปานกลาง
8. ความสวยงาม (Aesthetics)				
8.1	มีการออกแบบรูปทรงและลวดลาย ทำให้เกิดความสวยงาม นำมาจัดวางเรียงกันได้รวม 9 รูปแบบ	3.80	0.45	มีความเหมาะสมมาก
8.2	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.90	0.58	มีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 4.32 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	รูปแบบที่ 3		ความหมาย
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	
9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality)				
9.1	ผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุที่มีความพรุนตัว และมีความแข็งแรง ทนทานสูง	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
9.2	ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและสามารถระบายน้ำได้ดี	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
10. กรรมวิธีการผลิต (Production)				
10.1	มีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
10.2	มีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.40	0.89	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.20	0.80	มีความเหมาะสมมาก
11. การซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance)				
11.1	ผลิตภัณฑ์สามารถถอดหรือทำการเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องรื้อถอนออกทั้งหมด โดยสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่เฉพาะชิ้นหรือพื้นที่ได้	3.80	0.84	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.80	0.84	มีความเหมาะสมมาก
12. การขนส่ง (Transportation)				
12.1	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์และใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ส่วนหนึ่ง	4.00	0.71	มีความเหมาะสมมาก
12.2	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก-ปานกลาง โดยสามารถนำมาจัดเรียงซ้อนให้เสมอกันได้ ทำให้ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่งได้อย่างดี	3.60	0.55	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		3.80	0.63	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		3.99	0.78	มีความเหมาะสมมาก

จากตาราง 4.32 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 3 ทั้งหมด 12 ด้าน ตามหลักการทฤษฎีหลักการออกแบบอุตสาหกรรม ซึ่งจากผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3 พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.99, S.D. = 0.78) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้านแล้ว มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.78)
2. ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.80, S.D. = 0.84)
3. ด้านความแข็งแรง ทนทาน มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.78)

4. ด้านความประหยัด มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.89)

5. ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.55)

6. ด้านโครงสร้าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.92)

7. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.90, S.D. = 0.92)

8. ด้านความสวยงาม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.90, S.D. = 0.58)

9. ด้านมีลักษณะเฉพาะ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.89)

10. ด้านกรรมวิธีการผลิต มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.80)

11. ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.80, S.D. = 0.84)

12. ด้านการขนส่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.80, S.D. = 0.63)

ตารางที่ 4.33 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1, 2 และ 3

ลำดับ	รายละเอียด	ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์					
		รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	$\overline{X}$ (n=5)	S.D.
1	ด้านหน้าที่ใช้สอย	4.20	0.45	4.80	0.45	4.10	0.78
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
2	ด้านความปลอดภัย	3.60	0.89	4.80	0.45	3.80	0.84
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
3	ด้านความแข็งแรง	4.00	0.86	4.60	0.67	4.10	0.78
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
4	ด้านความประหยัด	4.40	0.55	4.60	0.55	4.40	0.89
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
5	ด้านวัสดุ	4.20	0.44	4.80	0.45	4.40	0.55
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
6	ด้านโครงสร้าง	4.20	0.78	4.70	0.50	4.10	0.92
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
7	ด้านความสะดวกสบายในการใช้	4.30	0.63	3.60	0.55	2.90	0.92
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		ปานกลาง	
8	ด้านความสวยงาม	4.10	0.78	4.40	0.72	3.90	0.58
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มาก		มาก	

ตารางที่ 4.33 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์					
		รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
		$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	$\overline{X}$ (n=5)	S.D.	$\overline{X}$ (n=5)	S.D.
9	ด้านมีลักษณะเฉพาะ	4.50	0.72	4.80	0.28	4.40	0.89
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
10	ด้านกรรมวิธีการผลิต	4.50	0.72	4.60	0.50	4.20	0.80
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มากที่สุด		มาก	
11	ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา	4.60	0.55	4.20	0.84	3.80	0.84
	ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด		มาก		มาก	
12	ด้านการขนส่ง	4.50	0.72	4.20	0.63	3.80	0.63
	ระดับความเหมาะสม	มาก		มาก		มาก	
สรุปผลการประเมินเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.26	0.67	4.51	0.55	3.99	0.78
ระดับความเหมาะสมรวมทุกด้าน		มาก		มากที่สุด		มาก	

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1-3 (ดังแสดงในตารางที่ 4.33) พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ที่ได้ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์มากและมีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29) ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) และรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ได้ผลการประเมินรองลงมา ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 3 โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.26, S.D. = 0.67) และ ($\overline{X}$ = 3.99, S.D. = 0.78) ตามลำดับ

โดยเมื่อผู้วิจัยทำการแยกข้อมูลผลการวิเคราะห์เป็นรายด้านตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, 4.10 และมีค่า S.D. = 0.45, 0.78) ตามลำดับ

2. ด้านความปลอดภัย รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.80, 3.60 และมีค่า S.D. = 0.84, 0.89) ตามลำดับ

3. ด้านความแข็งแรง ทนทาน รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.67) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.10, 4.00 และมีค่า S.D. = 0.78, 0.86) ตามลำดับ

4. ด้านความประหยัด รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, 4.40 และมีค่า S.D. = 0.55, 0.89) ตามลำดับ

5. ด้านวัสดุ รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) โดยรูปแบบที่ 3 และ 1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, 4.20 และมีค่า S.D. = 0.55, 0.44) ตามลำดับ

6. ด้านโครงสร้าง รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.50) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, 4.10 และมีค่า S.D. = 0.78, 0.92) ตามลำดับ

7. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 3.60, S.D. = 0.55) โดยรูปแบบที่ 1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.63) และรูปแบบที่ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.90, S.D. = 0.92)

8. ด้านความสวยงาม รูปแบบที่ 2, 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, 4.10, 3.90 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.78, 0.58)

9. ด้านมีลักษณะเฉพาะ รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.28) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.40 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.89) ตามลำดับ

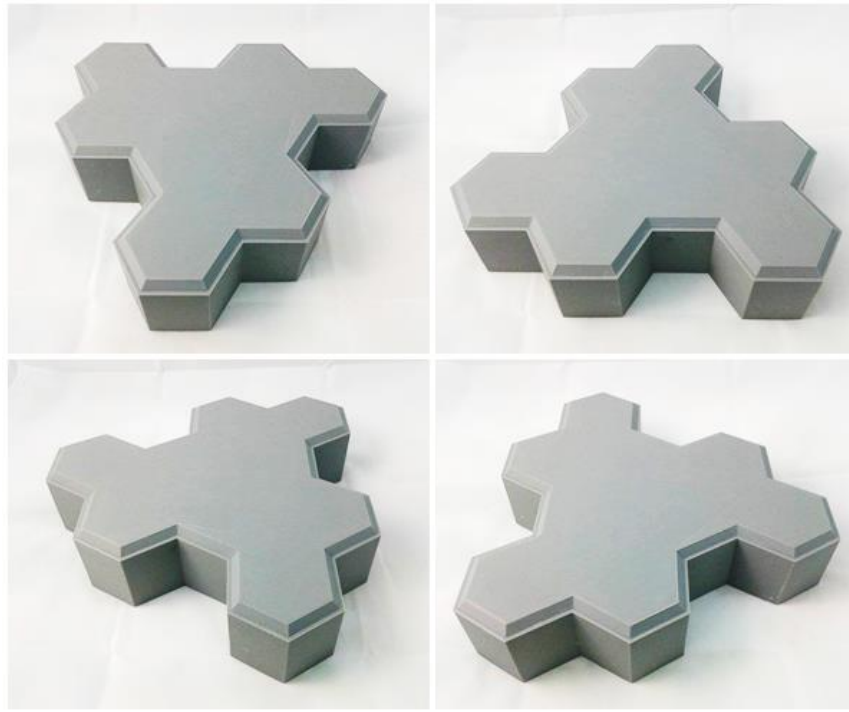
10. ด้านกรรมวิธีการผลิต รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.20 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.80) ตามลำดับ

11. ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา รูปแบบที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.60, 4.20, 3.80 และมีค่า S.D. = 0.55, 0.84, 0.84) ตามลำดับ

12. ด้านการขนส่ง รูปแบบที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.20, 3.80 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.63, 0.63) ตามลำดับ

จากรายละเอียดผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นข้างต้น พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29) ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างหุ่นจำลองขนาดเท่าของจริง (Mock ups) โดยใช้ขนาดอัตราส่วน 1:1 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบรูปแบบ ขนาด สัดส่วน มุมมอง เพื่อใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง และหุ่นจำลองขนาดเท่าของจริง (Mock ups) ได้มีการใช้เทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติระบบ FDM หรือ Fused Deposition Modeling เช่นเดียวกับขั้นตอนการทำหุ่นจำลองขนาดเล็ก (Model) ที่ใช้อัตราส่วน 1:5 เซนติเมตร โดยหุ่นจำลองขนาดเท่าของจริงของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ดังนี้



ภาพที่ 4.32 แสดงหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ขนาดอัตราส่วน 1:1) รูปแบบที่ 2 (มุมมองทัศนียภาพ)
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ภาพที่ 4.33 แสดงแบบพิมพ์ยางซิลิโคนที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต ด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในหมวดต่าง ๆ ที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 3 และผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น : Standard for Interlocking Concrete Paving Blocks)

ผู้วิจัยจึงได้ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ให้ได้ข้อมูลที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น) มีรูปแบบการวิเคราะห์ทดสอบทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้

1. การวิเคราะห์ทดสอบลักษณะทั่วไป
2. การวิเคราะห์ทดสอบมิติและการลบมุม
3. การวิเคราะห์ทดสอบความได้ฉาก
4. การวิเคราะห์ทดสอบความต้านแรงอัด

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจำนวน 5 ชิ้น เพื่อใช้ในการส่งวิเคราะห์ทดสอบตามรายการคุณสมบัติทั้งหมด 4 ประเภทข้างต้น (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531) โดยหน่วยงานที่สามารถทำการทดสอบและได้รับการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ได้แก่ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ภาพที่ 4.34 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จำนวน 5 ชิ้น สำหรับเตรียมส่งทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ตารางที่ 4.34 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ลำดับ / รายละเอียด	ลักษณะทางกายภาพและเชิงกลของการทดสอบ (มิลลิเมตร)						ผลการทดสอบ
	ขนาดและมิติ			การลบมุม		ความได้ฉาก	
	กว้าง	ยาว	หนา	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านข้างกับผิวล่าง	
1. ลักษณะทั่วไป	มีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ชั้นผิวหน้ามีลักษณะที่เรียบ และมีสีสม่ำเสมอ						ผ่าน
2. ขนาดและมิติ	230.51	246.27	57.78	-	-	-	ผ่าน
3. การลบมุม	-	-	-	6.75	4.77	-	ผ่าน
4. ความได้ฉาก	-	-	-	-	-	0.80	ผ่าน
5. ความต้านแรงอัด	996.25 เมกะปาสคาล (ค่าเฉลี่ยของชิ้นตัวอย่างทั้งหมด 5 ชิ้น)						ผ่าน

จากตารางที่ 4.34 จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่ได้ทำการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ขนาดและมิติ การลบมุม ความได้ฉาก และความต้านแรงอัด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ได้กำหนดไว้ และสามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้อย่างดี

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ในวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 3 ชุด เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ของกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างได้อย่างครอบคลุม และเพื่อใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างครบถ้วน รวมถึงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและมีคุณภาพต่องานวิจัยมากที่สุด โดยผู้วิจัยขอนำเสนอเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่มีการแบ่งออกเป็น 3 ชุด เพื่อให้สอดคล้องกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างไว้ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ชุดที 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน

ชุดที่ 3 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

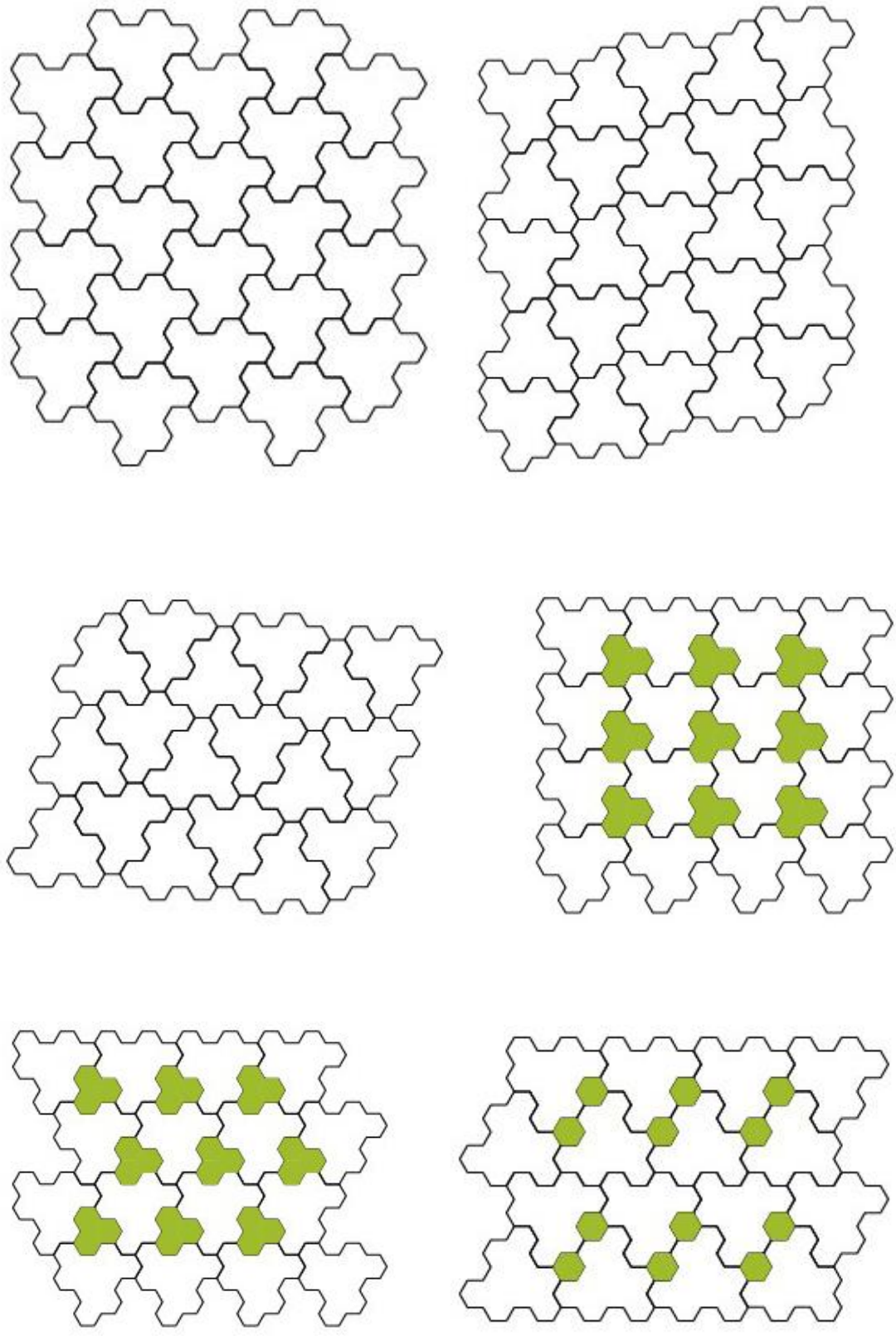
ภาพที่ 4.35 แสดงผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ได้ทำการออกแบบใหม่ เพื่อดูลักษณะการใช้งานจริงของตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองจัดเรียงประสานตามรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำได้นั้นมีทั้งหมด 12 รูปแบบ โดยผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบใหม่นี้จะสามารถนำไปใช้งานได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

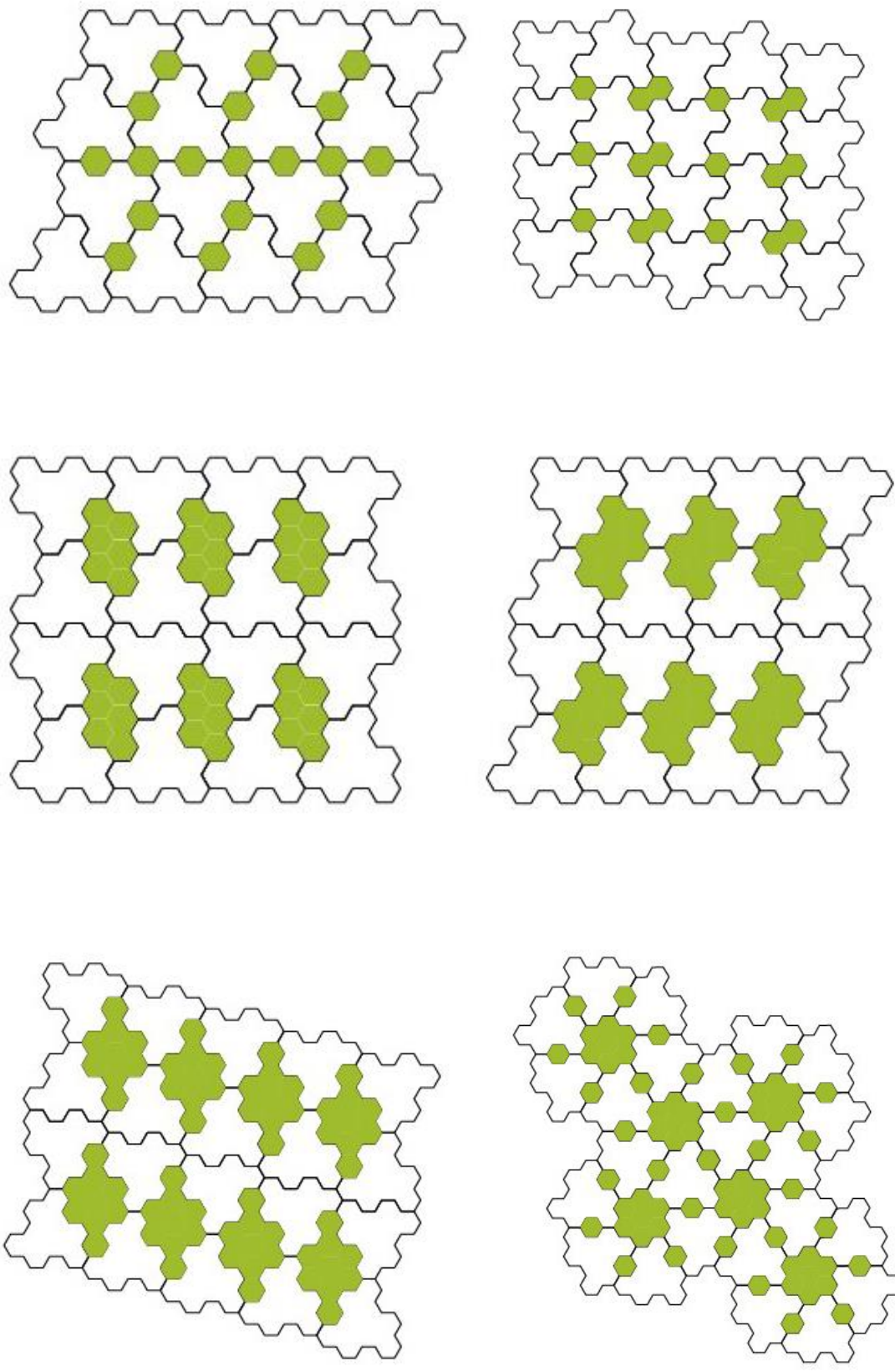
1. สำหรับใช้งานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับตกแต่งพื้นทางเดิน และเพื่อใช้สำหรับรองรับน้ำหนักจากคน สัตว์ สิ่งของ และพาหนะ เป็นต้น โดยมีรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ

2. สำหรับใช้งานปูบนพื้นหญ้า เพื่อให้เกิดลวดลายและสีสันของใบหญ้าที่อยู่ระหว่างตัวผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบไว้ในหลากหลายรูปแบบ ทำให้เกิดความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยมีรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 9 รูปแบบ

ทั้งนี้รูปแบบและลักษณะการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะเห็นว่าตัวผลิตภัณฑ์มีการใช้งานหรือนำมาใช้ประโยชน์ได้อยู่ 2 ลักษณะ ด้วยการใช้ตัวผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นสามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจ รวมถึงยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตสินค้าที่มีการใช้ประโยชน์ได้เพียงรูปแบบเดียว ยกตัวอย่าง เช่น อิฐบล็อกตัวหนอนทั่วไปที่เห็นอยู่ในปัจจุบันนั้น จะมีการใช้งานได้เพียงรูปแบบหรือลักษณะเดียว คือ ใช้สำหรับปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 12 รูปแบบนั้น ผู้วิจัยขอนำเสนอไว้ดังนี้

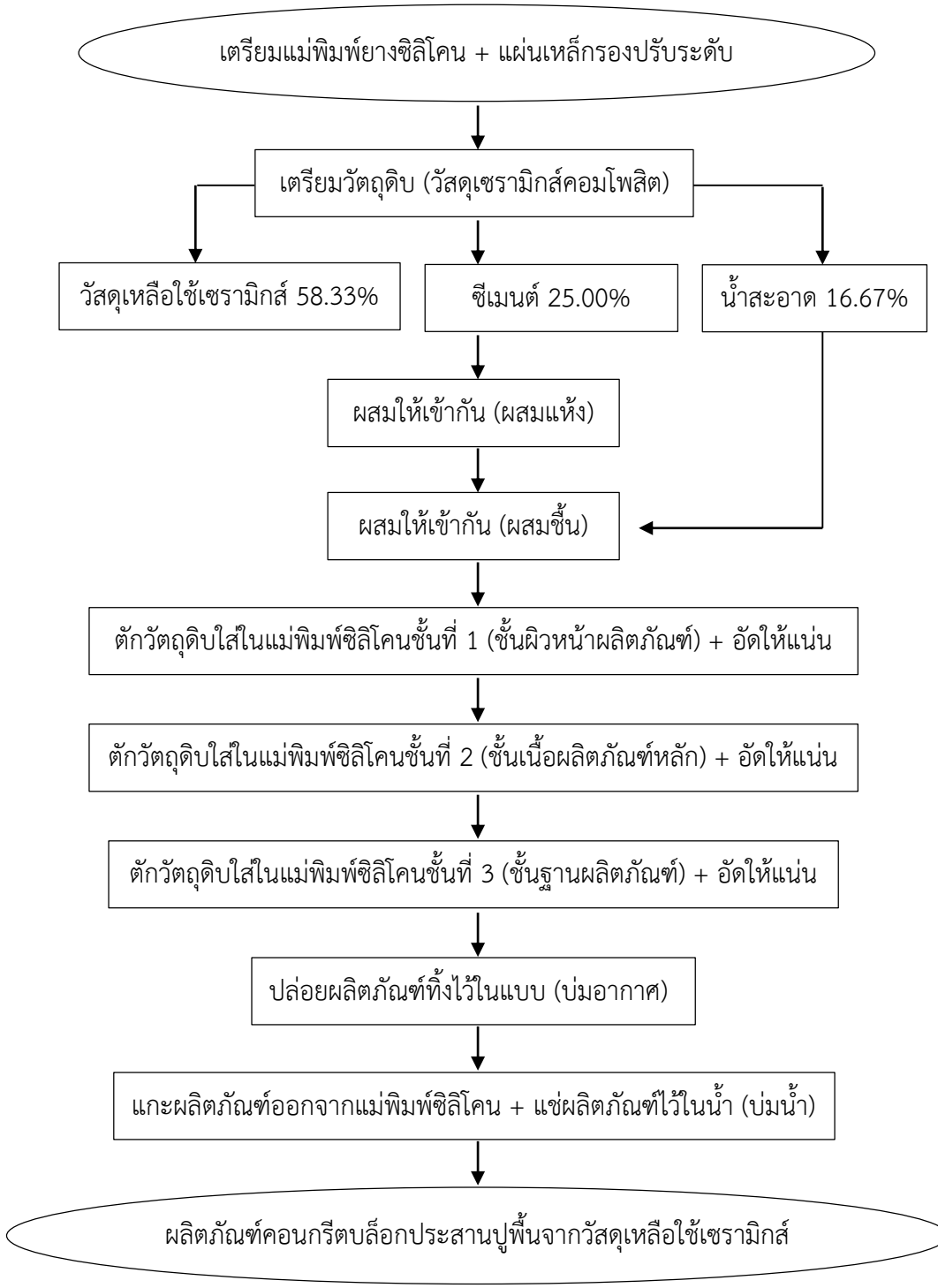


ภาพที่ 4.36 แสดงรูปแบบการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น



ภาพที่ 4.36 (ต่อ)

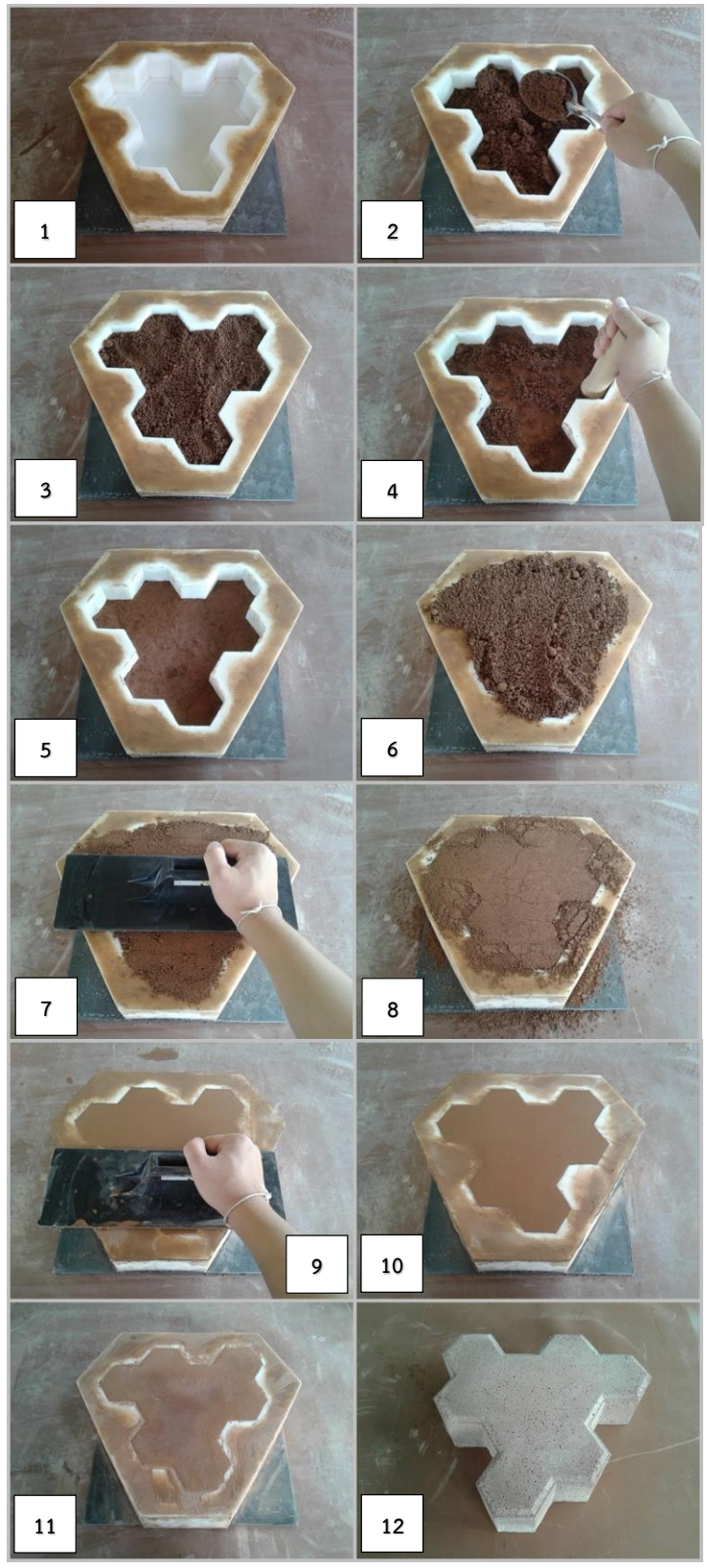
แผนผังกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์



ภาพที่ 4.37 แสดงกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ด้วยแม่พิมพ์ซิลิโคน

ภาพที่ 4.38 แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบส่วนผสมของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7

ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ 4.39 แสดงขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคน

ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

จากภาพที่ 4.38 เป็นการแสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบส่วนผสมของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลำดับที่ 1 คือ ทำการชั่งวัตถุดิบใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ (ภาชนะที่ใช้จะต้องแห้งสนิท) ซึ่งได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) และซีเมนต์ ซึ่งในกรณีนี้ผู้วิจัยใช้อัตราส่วนผสมทั้งหมดรวมเป็น 3,200 กรัม ต่อ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นหนึ่งชิ้น ดังนี้

1. วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ อัตราส่วนร้อยละ 70 ใช้ปริมาณ 2240 กรัม

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 อัตราส่วนร้อยละ 30 ใช้ปริมาณ 960 กรัม

ลำดับที่ 2 และ 3 คือ ทำการกวนผสมวัตถุดิบทั้งสองชนิดให้เข้ากันมากที่สุด โดยการใช้ทัพพีและถุงมือผ้าหรือถุงมือพลาสติก ในการกวนผสมวัตถุดิบเป็นระยะเวลาประมาณ 5 นาที

ลำดับที่ 4 คือ ทำการชั่งตวงน้ำที่ใช้ในการผสมอัตราส่วนร้อยละ 20 ใช้ปริมาณ 640 กรัม

ลำดับที่ 5 และ 6 คือ ทำการคลุกเคล้าวัตถุดิบและน้ำให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยจะต้องทำการเกลี่ยในส่วนที่มีลักษณะเป็นก้อนให้กระจายตัวออก และทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นระยะเวลาประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นทำการตรวจสอบว่าวัตถุดิบจับกันเป็นก้อนอยู่หรือไม่

ลำดับที่ 7 คือ แสดงลักษณะของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตหลังจากทำการผสมให้เข้ากันดีแล้ว โดยลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่ถูกต้องและสามารถนำมาใช้ในการขึ้นรูปได้ คือ จะต้องมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไม่จับตัวกันเป็นก้อน และเมื่อทำการบีบหรือหยิบวัสดุดังกล่าว จะต้องจับตัวกันแน่น ไม่มีลักษณะที่เป็นฝุ่นหรือผงล่วงลงมาได้

ลำดับที่ 8 คือ แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เหมาะสม

จากภาพที่ 4.39 เป็นการแสดงขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยการใช้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนโดยมีรายละเอียดดังนี้

ลำดับที่ 1 คือ แสดงแบบพิมพ์หล่อยางซิลิโคน โดยทำการวางบนแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมจัตรัสหนาประมาณ 4-5 มิลลิเมตร เพื่อปรับระดับพื้นและควบคุมการอัดวัสดุเข้าแบบพิมพ์ยางซิลิโคนให้ได้ตามรูปทรงที่กำหนดไว้ รวมถึงช่วยลดความยืดหยุ่นของแบบพิมพ์ยางซิลิโคนด้วยส่วนหนึ่ง

ลำดับที่ 2 และ 3 คือ ทำการบรรจุวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตใส่ลงในแบบพิมพ์ยางซิลิโคนประมาณ ร้อยละ 50 ของแบบพิมพ์ และทำการเกลี่ยวัสดุให้ทั่วแบบพิมพ์

ลำดับที่ 4 คือ ทำการอัดวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตลงในแบบพิมพ์ยางซิลิโคนให้แน่น โดยการใช้แท่งไม้ที่มีลักษณะตันกระทุ้งวัสดุเข้าไปในแบบให้แน่นและเรียบเสมอกัน

ลำดับที่ 5 คือ แสดงลักษณะของวัสดุที่ทำการอัดเข้าแบบพิมพ์ยางซิลิโคนชั้นที่ 1 แล้ว

ลำดับที่ 6, 7 และ 8 คือ ทำการอัดวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตลงในแบบพิมพ์ยางซิลิโคนในชั้นที่ 2 ให้เต็มแบบพิมพ์และทำการอัดแน่น รวมถึงปาดวัสดุส่วนเกินให้เสมอกับขอบแบบพิมพ์ยางซิลิโคน

ลำดับที่ 9 และ 10 คือ ทำการพรมน้ำที่ผิววัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตเล็กน้อย เพื่อช่วยให้สามารถทำการปาด (ใช้เกรียงเหล็กหรือเกรียงพลาสติก) วัสดุให้เสมอกับขอบแบบพิมพ์ยางซิลิโคนให้เรียบเนียน และเสมอกันได้ง่ายมากขึ้น และปล่อยทิ้งไว้ในแบบพิมพ์ยางซิลิโคนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ลำดับที่ 11 คือ แสดงลักษณะของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตหลังทำการขึ้นรูปและทำการบ่มอากาศ (ทิ้งไว้ในแบบพิมพ์ยางซิลิโคน)

ลำดับที่ 12 คือ แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นหลังขึ้นรูปแล้ว

4.4.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และทำการศึกษาแนวโน้มที่จะนำวัสดุเหลือใช้มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในกลุ่มของกระเบื้องเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไช ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้จะมีปริมาณมากในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เนื่องจากจังหวัดสระบุรีมีฐานอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ที่ใหญ่และมีหลากหลายโรงงาน

จากการศึกษา พบว่า ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์และวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์แผนกต่าง ๆ มีทั้งหมด 6 คน ดังนี้

1. นายชนัตก์ ตันติวัฒน์พานิช ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน
2. นายธนทร มะโนสา ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกผลิต
3. นางประเทือง น้อยใจ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกเตรียมวัตถุดิบ
4. นายกมล มาระเพ็ชร ตำแหน่ง ผู้ช่วยแผนกเตรียมวัตถุดิบ
5. นางลำยอง คำปู่ ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกคัดเลือก
6. นายพิทักษ์ ศรีกระบุตร ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิจัยและพัฒนา

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน ทำการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยได้นำผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มาใช้ในการนำเสนอ และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ รวมถึงอธิบายถึงข้อมูลคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์และตัววัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ให้กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน ที่ได้กล่าวมานั้นได้ทราบ เพื่อใช้ในการพิจารณาและประเมินแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.35 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
		$\overline{X}$ (n=6)	S.D.	ความหมาย
1. การลด (Reduce)				
1.1	สามารถช่วยลดปริมาณกากของเสีย หรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.2	สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ที่เป็นวัสดุประสานในตัวผลิตภัณฑ์ได้	4.67	0.52	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.3	สามารถช่วยลดการใช้ทรัพยากรในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เดิมได้ เช่น หินฝุ่น และทราย เป็นต้น	4.83	0.41	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.4	สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการจัดการกากของเสีย / วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้	4.83	0.41	มีความพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 4.35 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
		$\overline{X}$ (n=6)	S.D.	ความหมาย
1.5	สามารถช่วยลดพลังงานที่ใช้ในการจัดการกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้	4.67	0.52	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.6	สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำต้นแบบและแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้	3.83	0.75	มีความพึงพอใจมาก
1.7	สามารถช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกได้	4.17	0.75	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.57	0.48	มีความพึงพอใจมากที่สุด
2. การใช้ซ้ำ (Reuse)				
2.1	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตัด เพื่อให้เข้ามุมหรือขอบของพื้นที่ใช้งาน สามารถนำมาใช้ซ้ำได้	4.67	0.52	มีความพึงพอใจมากที่สุด
2.2	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้	4.50	0.55	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.59	0.54	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)				
3.1	ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่ชำรุดเสียหาย แตก หัก หรือบิ่น สามารถนำมาทำการบดละเอียดและนำกลับมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใหม่ได้	4.83	0.41	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.2	เป็นการนำกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.92	0.21	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4. การซ่อมบำรุง (Repair)				
4.1	มีการใช้วัสดุที่มีความพรุนตัวทำให้มีน้ำหนักเบา สามารถหยิบจับหรือเคลื่อนย้ายได้ง่ายและสะดวก	4.00	0.63	มีความพึงพอใจมาก
4.2	มีการออกแบบรูปทรงให้สามารถทำการถอดหรือทำการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ได้ง่ายและสะดวก	4.00	0.63	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.00	0.63	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.52	0.46	มีความพึงพอใจมากที่สุด

จากตาราง 4.35 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ตามกรอบแนวความคิดทฤษฎีหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจหรือ EcoDesign โดยการประยุกต์นำหลักการของ 4R ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้

ซึ่งจากผลการประเมินผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้านแล้วมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านการลด (Reduce) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.48)

2. ด้านการใช้ซ้ำ (Reuse) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.59, S.D. = 0.54)

3. ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.21)

4. ด้านการซ่อมบำรุง (Repair) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63)

จากรายละเอียดผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทั้ง 6 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46)

ทั้งนี้จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้นำเสนอมาแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จากการนำมาประยุกต์ใช้ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 นั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างดี และวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ รวมถึงเป็นการนำวัสดุดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้อย่างเหมาะสมและใช้ประโยชน์เพื่อต่อยอดในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างดีที่สุด

ตารางที่ 4.36 แสดงข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

ลำดับ	หน่วยงาน	ประเภทวัสดุเหลือใช้	ลักษณะที่เสียหรือมีตำหนิ	วิธีการจัดการ	ปริมาณ (ต่อเดือน)
1	คัดเลือก	กระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา)	1. บิ่น 2. แตก 3. ร้าว 4. สีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD)	นำมาบดใช้ซ้ำปริมาณน้อย	57 ตัน
2	วิจัยและพัฒนา	กระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา)		นำไปทิ้งแยกประเภท	0.25 ตัน
ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์ (หลังเผา) รวม					57.25 ตัน
ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์รวม					158.25 ตัน

ตารางที่ 4.37 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่สามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

รายละเอียดของผลิตภัณฑ์	อัตราส่วนที่ใช้ขึ้นรูป	ปริมาณที่ใช้ขึ้นรูป (ต่อชิ้น)	ปริมาณที่ใช้ขึ้นรูป (ต่อวัน)	ปริมาณที่ใช้ขึ้นรูป (ต่อเดือน)
วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์	ร้อยละ 70	2,240 กรัม	465,920 กรัม (0.47 ตัน)	1,211,3920 กรัม (12.11 ตัน)

หมายเหตุ ปกติเวลาทำงาน 1 วัน กลุ่มชุมชนสามารถผลิตชิ้นงานได้ประมาณ 208 ชิ้น (ต่อวัน)
ปกติเวลาทำงาน 1 เดือน กลุ่มชุมชนสามารถผลิตชิ้นงานได้ประมาณ 5,408 ชิ้น (ต่อเดือน)

ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีการใช้ปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (หลังเผา) รวม (ต่อเดือน)	12.11 ตัน
บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (หลังเผา) รวม (ต่อเดือน)	57.25 ตัน
บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด มีปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์รวม (ต่อเดือน)	158.25 ตัน
ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (หลังเผา) ได้คงเหลือ (ต่อเดือน)	45.14 ตัน
ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ได้คงเหลือ (ต่อเดือน)	146.14 ตัน

จากตารางที่ 4.36 และ 4.37 จะเห็นว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (หลังเผา) กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัดนั้น มีปริมาณรวม 57.25 ตัน (ต่อเดือน) และมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์รวม 158.25 ตัน (ต่อเดือน) โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาขึ้นเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต ซึ่งเป็นรูปแบบการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (หลังเผา) มาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วนร้อยละ 70 ซึ่งคิดเป็นปริมาณ 12.11 ตัน (ต่อเดือน) (ดังแสดงในตารางที่ 4.37)

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์นั้น สามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (หลังเผา) จากมีปริมาณ 57.25 ตัน (ต่อเดือน) ให้คงเหลือประมาณ 45.14 ตัน (ต่อเดือน) และสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์รวม กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด จากมีปริมาณ 158.25 ตัน (ต่อเดือน) ให้คงเหลือประมาณ 146.14 ตัน (ต่อเดือน) เพราะฉะนั้นผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์นั้น สามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ รวมถึงสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในรูปแบบอื่น ๆ ได้อย่างดี มีประสิทธิภาพ และสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้อย่างดีมากที่สุด

4.4.2 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายอยู่ในพื้นที่ขอบเขตที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ พื้นที่ชุมชนในจังหวัดสระบุรี ซึ่งพบว่ามีแหล่งชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นอยู่ทั้งหมด 3 แหล่ง ดังนี้

1. กลุ่มพื้นที่ชุมชนตำบลหนองไข่น้ำ อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี 1 แหล่ง ดังนี้

1.1 นางรินลตา ตั้งพงศ์ไพบูลย์ ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ

2. กลุ่มพื้นที่ชุมชนตำบลนายาว อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี 2 แหล่ง ดังนี้

2.1 นายภูวนารถ ชูชม ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ

2.2 นายผล กล่อมสุนทร ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการสาธิตวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยแม่พิมพ์ยางซิลิโคน รวมถึงได้ให้กลุ่มชุมชนผู้ผลิตและจำหน่ายทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยตนเอง และใช้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนเช่นเดียวกัน เพื่อจะได้ทราบถึงกระบวนการและรูปแบบการขึ้นรูปจริง เพื่อใช้พิจารณาและประเมินแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด

ภาพที่ 4.40 แสดงขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยวัตถุดิบดั้งเดิมด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคน (สมาชิกกลุ่มชุมชนทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์)

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ 4.40 (ต่อ)

จากภาพที่ 4.60 เป็นการแสดงขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยวัตถุดิบดั้งเดิม ได้แก่ ซีเมนต์ ทราย และหินฝุ่น โดยเป็นการอธิบายและสาธิตวิธีการขึ้นรูปด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคน ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธีการขึ้นรูปแบบเดิมที่มีการใช้แบบพิมพ์เหล็กที่เป็นลักษณะการนำมาประกบแบบ โดยจากรายละเอียดดังกล่าว มีขั้นตอนและวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ดังนี้

ลำดับที่ 1 คือ อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคน รวมถึงอธิบายขั้นตอนในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยละเอียดให้กับสมาชิกกลุ่มชุมชนผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน จังหวัดสระบุรี

ลำดับที่ 2 คือ ทำการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และเตรียมวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป (วัสดุดั้งเดิม) ซึ่งประกอบไปด้วยซีเมนต์ ทราย และหินฝุ่น

ลำดับที่ 3 คือ ทำการโรยวัสดุที่เป็นชั้นผิวหน้า (ชั้นผิวสี) ลงบนแบบพิมพ์ยางซิลิโคนชั้นที่ 1

ลำดับที่ 4 คือ ทำการบรรจุวัสดุที่เป็นเนื้อหลักใส่ลงในแบบพิมพ์ยางซิลิโคนประมาณร้อยละ 50 ของแบบพิมพ์ และทำการเกลี่ยวัสดุให้ทั่วแบบพิมพ์

ลำดับที่ 5 และ 6 คือ ทำการบรรจุวัสดุให้เต็มแบบพิมพ์ยางซิลิโคนในชั้นที่ 2 และทำการอัดวัสดุ โดยการใช้แท่งไม้ที่มีลักษณะตัน (ไม้ตี) กระทุ้งวัสดุเข้าไปในแบบพิมพ์ให้แน่นและเรียบเสมอกัน รวมถึงปาดวัสดุส่วนเกินให้เสมอกับขอบแบบพิมพ์ยางซิลิโคน

ลำดับที่ 7 คือ ทำการอัดแบบและปาดวัสดุให้แน่น โดยใช้แผ่นเหล็กสำหรับอัดแบบ (แผ่นตบแบบ) ทำการอัดวัสดุให้เรียบเสมอกับขอบแบบพิมพ์ยางซิลิโคน และยกแบบพิมพ์ยางซิลิโคนมาไว้ในพื้นที่เรียบ

ลำดับที่ 8 คือ แสดงลักษณะของแบบพิมพ์ยางซิลิโคนและวัสดุหลังทำการอัดแบบขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยทำการตรวจสอบความเรียบร้อยและสังเกตลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่เป็นเนื้อหลัก และปล่อยทิ้งไว้ในแบบพิมพ์ยางซิลิโคนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (บ่มอากาศ) แล้วจึงทำการแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแบบพิมพ์

ภาพที่ 4.41 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (วัตถุดิบดั้งเดิม) ที่ขึ้นรูปด้วยการใช้แม่พิมพ์ยางซิลิโคน
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ให้กลุ่มชุมชนทั้ง 3 กลุ่ม ทำการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยได้นำผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มาใช้ในการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและอธิบายถึงข้อมูลคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้กับหัวหน้าชุมชนแต่ละกลุ่มได้ทราบ เพื่อใช้ในการพิจารณาและประเมินแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งจากผลการประเมินดังกล่าวผู้วิจัยขอนำเสนอข้อมูลไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.38 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	ความหมาย
1. หน้าที่ใช้สอย (Function)				
1.1	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่หรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้หลากหลาย เช่น พื้นซีเมนต์ พื้นดิน และพื้นหญ้า	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.2	สามารถนำมาจัดวางได้ถึง 12 รูปแบบ และทำให้เกิดลวดลายแบบใหม่ โดยใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
2. ความปลอดภัย (Safety)				
2.1	ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
2.2	ผลิตภัณฑ์ไม่มีผลกระทบหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มีความพึงพอใจมาก
3. ความแข็งแรง (Construction)				
3.1	สามารถทนต่อแรงอัด แรงกดและแรงกระแทกได้ดี	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.2	สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นง่าย	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.3	สามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)				
4.1	สามารถหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4.2	มีการนำมาใช้งานในการจัดวางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
5. ความสวยงาม (Aesthetics)				
5.1	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ สามารถนำมาจัดวางเรียงกันในลักษณะต่างๆได้ทั้งหมดรวม 12 รูปแบบ	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
5.2	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เกิดความสวยงาม มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 4.38 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
		$\overline{X}$ (n=3)	S.D.	ความหมาย
6. ราคา (Cost)				
6.1	ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
6.2	ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตได้	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
7. วัสดุ (Materials)				
7.1	มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี	5.00	0.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด
7.2	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.67	0.29	มีความพึงพอใจมากที่สุด
8. กรรมวิธีการผลิต (Production)				
8.1	มีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
8.2	มีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.50	0.58	มีความพึงพอใจมาก
9. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (Maintenance)				
9.1	ผลิตภัณฑ์สามารถถอดหรือทำการเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องรื้อถอนออกทั้งหมด	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
9.2	ผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่เฉพาะชิ้นหรือเฉพาะบางพื้นที่ได้	4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.67	0.58	มีความพึงพอใจมากที่สุด
10. การขนส่ง (Transportation)				
10.1	ผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
10.2	ผลิตภัณฑ์มีการออกแบบให้มีรูปทรงที่สามารถนำมาจัดเรียงซ้อนกันได้ ทำให้ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่งได้อย่างดี	4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.33	0.58	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.63	0.44	มีความพึงพอใจมากที่สุด

จากตาราง 4.38 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ตามกรอบแนวความคิดทฤษฎีหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ในส่วนของเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรมและใช้เป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ซึ่งจากผลการประเมินผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้านแล้วมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00)

2. ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของผลิตภัณฑ์ไม่มีผลกระทบหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

3. ด้านความแข็งแรง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)

4. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)

5. ด้านความสวยงาม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00)

6. ด้านราคา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

7. ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.29) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของมีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) และในส่วนของมีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

8. ด้านกรรมวิธีการผลิต มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.78) ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของมีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และในส่วนของมีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

9. ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)

10. ด้านการขนส่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

จากรายละเอียดผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 3 แหล่งข้างต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44)

ทั้งนี้จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้นำเสนอมาแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่าย

ในเชิงพาณิชย์ได้ รวมถึงตัววัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) นั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ สร้างความแปลกใหม่และน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และสามารถนำมาต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิมได้อย่างดี

ภาพที่ 4.42 แสดงภาพถ่ายร่วมกับกลุ่มชุมชนผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จังหวัดสระบุรี

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

4.4.3 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้สำหรับตกแต่งบ้านหรือเพื่อใช้งานในการรองรับน้ำหนักคนหรือสิ่งของอื่น ๆ ในบริเวณพื้นที่อาศัยนั้น จะมีการผลิตและจำหน่ายอยู่ในเขตพื้นที่ของกลุ่มชุมชนเป็นส่วนใหญ่ เพราะฉะนั้นกลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จำเป็นจะต้องเดินทางและสอบถามเพื่อหาแหล่งผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ซึ่งการศึกษาข้อมูล ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยตาและการสัมผัสผลิตภัณฑ์ รวมถึงได้รับการแนะนำจากกลุ่มชุมชนผู้ผลิตและจำหน่าย จะทำให้กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจได้รับข้อมูลที่ชัดเจนและสามารถตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจในมุมมองกลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากแหล่งชุมชน ซึ่งมีแหล่งชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่จังหวัดสระบุรีอยู่ทั้งหมด 3 แหล่ง (ดังแสดงในรายละเอียดข้อ 4.4.2)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการฝากผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ให้กับกลุ่มชุมชนทั้ง 3 แหล่ง พร้อมเอกสารแบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นดังกล่าว เพื่อให้กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ทำการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ตามหลักทฤษฎีด้านการตลาด ซึ่งเป็นหลักกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่หรือหลัก 4Cs เพื่อใช้ในการพิจารณาและประเมินแบบสอบถามได้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด จำนวน 50 คน ซึ่งจากผลการประเมินดังกล่าวผู้วิจัยขอนำเสนอข้อมูลไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.39 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
		$\overline{X}$ (n=50)	S.D.	ความหมาย
1. ความต้องการของผู้บริโภค (Consumer Wants and Needs)				
1.1	มีรูปทรง สีสันที่แปลกใหม่และน่าสนใจ	4.92	0.27	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.2	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่ อาคารหรือพื้นที่บริเวณต่าง ๆ ได้หลากหลาย	4.96	0.20	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.3	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิวและลวดลายน่าสนใจ	4.58	0.64	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.4	มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัสและใช้งาน	4.94	0.24	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.5	สามารถทนต่อแรงกดและแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นได้ง่าย	4.88	0.33	มีความพึงพอใจมากที่สุด
1.6	มีโครงสร้างที่แข็งแรง สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี	4.92	0.27	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.87	0.33	มีความพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 4.39 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
		$\overline{X}$ (n=50)	S.D.	ความหมาย
2. ต้นทุนของผู้บริโภค (Consumer's Cost to Satisfy)				
2.1	ผลิตภัณฑ์แบบไม่มีสีที่ชั้นผิว มีความเหมาะสมของราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ 2.50 บาท (ต่อก้อน)	4.76	0.43	มีความพึงพอใจมากที่สุด
2.2	ผลิตภัณฑ์แบบมีสีที่ชั้นผิว มีความเหมาะสมของราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ 3.50 บาท (ต่อก้อน)	4.72	0.45	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.74	0.44	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3. ความสะดวกในการซื้อ (Convenience to buy)				
3.1	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางแหล่งพื้นที่ชุมชนผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น	4.92	0.27	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.2	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางศูนย์แสดงสินค้าชุมชน OTOP	4.96	0.20	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.3	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางบริษัทผู้ผลิตและผู้จำหน่าย	4.98	0.14	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.4	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางร้านค้าผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง	4.94	0.24	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.5	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางเว็บไซต์	4.96	0.20	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.95	0.21	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4. การสื่อสาร (Communication)				
4.1	ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ในการนำมาใช้งานได้ดี	4.20	0.83	มีความพึงพอใจมาก
4.2	ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัว สามารถระบายน้ำและความร้อนได้ดี	4.76	0.43	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4.3	ผลิตภัณฑ์สามารถนำมาจัดเรียงได้หลายรูปแบบ	4.96	0.20	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4.4	ผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน	4.44	0.73	มีความพึงพอใจมาก
4.5	ผลิตภัณฑ์สามารถนำมาจัดเรียงได้ถึง 12 รูปแบบ โดยสามารถทำให้เกิดลวดลายใหม่ได้ในแต่ละพื้นที่ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม	4.92	0.27	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.66	0.49	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.80	0.37	มีความพึงพอใจมากที่สุด

จากตาราง 4.39 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลจากการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามกรอบแนวความคิดทฤษฎีด้านการตลาด ซึ่งเป็นหลักกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่หรือหลัก 4Cs ซึ่งจากผลการประเมินผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้านแล้ว มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความต้องการของผู้บริโภค มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.33)

2. ด้านต้นทุนของผู้บริโภค มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.74, S.D. = 0.44)

3. ด้านความสะดวกในการซื้อ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.95, S.D. = 0.21)

4. ด้านการสื่อสาร มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.66, S.D. = 0.49)

ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน และในส่วนของผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ในการนำมาใช้งานได้ดี มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.44, 4.20 และมีค่า S.D. = 0.73, 0.83) ตามลำดับ

จากรายละเอียดผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 50 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37)

ทั้งนี้จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้นำเสนอมาแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ รวมถึงตัววัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) นั้น สามารถนำมาสร้างความแปลกใหม่และน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และสามารถนำมาต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิมได้อย่างดี ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างดี

จากข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, 4.63, 4.52 และมีค่า S.D. = 0.37, 0.44, 0.46) ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างดีมากที่สุด

ตารางที่ 4.40 แสดงข้อมูลต้นทุนผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

รายละเอียด	ราคา (ต่อถุง)	จำนวน	อัตราส่วนวัตถุดิบที่ใช้ (หน่วย : ร้อยละ)	ปริมาณที่ใช้ผลิต (ต่อชิ้น)
วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์	-	1 ถุง	70	2,240 กรัม
ปูนซีเมนต์ (ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1)	100	1 ถุง	30	960 กรัม
ค่าแรงขั้นต่ำ	300	1 คน	-	-
ราคาต้นทุนรวม	400	-	100	3,200 กรัม
หมายเหตุ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ : ปูนซีเมนต์ 1 ถุง = สามารถใช้ผลิตชิ้นงานได้ทั้งหมด 52 ชิ้น ปกติเวลาทำงาน 1 วัน = สามารถผลิตชิ้นงานได้ประมาณ 208 ชิ้น (ต่อวัน)				
ราคาต้นทุน (ต่อชิ้น)	1.92 บาท			
ราคาจำหน่าย (ต่อชิ้น)	3.00 บาท			
ราคาต่อ 1 ตารางเมตร	ไม่สามารถกำหนดได้ชัดเจน เนื่องจากขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ใช้งานจริง			
กำไร (ต่อชิ้น)	1.08 บาท			
กำไรรวมทั้งหมด	224.64 บาท (ต่อวัน)			

จากตารางที่ 4.40 จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 1.92 บาทต่อชิ้น และมีราคาจำหน่ายที่เหมาะสมอยู่ที่ 2.50 บาทต่อชิ้น ซึ่งเป็นราคาที่ต่ำกว่าผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีการใช้วัสดุเดิมอยู่ประมาณ 0.58 และ 2.50 บาท ต่อชิ้น ตามลำดับ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์โดยรวมที่มีการใช้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในการผลิตจะสามารถช่วยลดต้นทุนให้กับผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี

จากผลการศึกษาวิจัย พบว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิตได้อย่างดี ซึ่งได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 และมีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำวัสดุดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งจากการศึกษาวิจัยผลิตภัณฑ์ชุมชนในขอบเขตพื้นที่การวิจัยจังหวัดสระบุรี พบว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 มาประยุกต์กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ซึ่งจากผลการวิจัยในข้อ 4.1-4.4 ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไปแล้วนั้น ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถช่วยแก้ปัญหาและสร้างความแปลกใหม่ ความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมและกลุ่มตัวอย่างได้เป็นอย่างดีและมีความพึงพอใจมากที่สุด

ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ จึงมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ให้กลุ่มชุมชนมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากที่สุด

4.4.4 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่มีผลต่อคุณลักษณะเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 5 มิติ 20 ด้าน

เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Town) เป็นเมืองหรือพื้นที่ซึ่งมีการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยให้มีความเชื่อมโยงของนิคมอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม หรือชุมชนอุตสาหกรรมกับกลุ่มโรงงาน องค์กร หน่วยงานท้องถิ่นและชุมชนโดยรอบให้เจริญเติบโตไปด้วยกัน ภายใต้การกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมที่ดี และการร่วมมือกันขับเคลื่อนอย่างจริงจังของคนในพื้นที่ โดยสามารถดำเนินการได้ทุกระดับตั้งแต่ ซึ่งมีการแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2555 : 12)

1. ระดับปัจเจกชน เช่น ครอบครัวและโรงงาน (Eco Family and Green Factory)

2. ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือชุมชน เช่น นิคมอุตสาหกรรม หรือกลุ่มหมู่บ้าน หรือกลุ่มตำบล (Eco Industrial Zone or Estate)

3. ระดับเมือง (Eco Town / Eco City) หรือ เครือข่ายของเมืองหรือจังหวัด

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัย พบว่า การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น มีส่วนเกี่ยวข้องกับเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (ดังแสดงในภาพที่ 2.16) ในส่วนของระดับที่ 1 ได้แก่ ระดับปัจเจกชน คือ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัดและระดับที่ 2 ได้แก่ ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือชุมชน คือ กลุ่มผู้ผลิตและ ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีส่วนเกี่ยวข้องและมีความสอดคล้องกับหลักการของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Town) ทั้งหมด 4 มิติ ได้แก่ มิติเศรษฐกิจ มิติสิ่งแวดล้อม มิติสังคม และมิติทางกายภาพ (โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านมิติทางเศรษฐกิจ

1.1 ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถดำเนินกิจการและผลิตสินค้าได้อย่างเต็มที่มากยิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้

1.2 ทำให้เกิดวัสดุคอมโพสิตที่มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้

1.3 ทำให้เกิดวัสดุคอมโพสิตรูปแบบใหม่ที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถนำมาใช้ทดแทนวัสดุบางประเภทได้

2. ด้านมิติทางสิ่งแวดล้อม

2.1 ทำให้ช่วยลดมลพิษทางอากาศ เช่น ละอองฝุ่น และมลพิษทางเสียงที่เกิดจากกระบวนการกำจัด การกองเก็บ ฝังกลบ หรือบดย่อยกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้

2.2 ทำให้ช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากกระบวนการผลิตซีเมนต์ที่นำมาใช้เป็นวัสดุประสานหลักให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้

3. ด้านมิติทางสังคมและชุมชน

3.1 ทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ที่เป็นวัสดุประสานในตัวผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ ส่งผลให้เป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายและลดพื้นที่ในการกองเก็บในส่วนของวัตถุดิบได้เป็นอย่างดี

3.2 ทำให้ช่วยลดการใช้วัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ชุมชน เช่น หินฝุ่น และทรายได้ โดยการปรับเปลี่ยนมาใช้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนแทนวัสดุเดิม

3.3 ทำให้ช่วยลดต้นทุนและสร้างกำไรในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ เนื่องจากการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่งผลให้ต้นทุนของวัตถุดิบได้แก่ ซีเมนต์ หินฝุ่น และทราย ที่นำมาใช้ในการผลิตสินค้าลดลง

3.4 ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์นั้น มีการออกแบบให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่และมีความแตกต่างจากรูปทรงของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่ รวมถึงวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่นำมาใช้มีลักษณะพื้นผิว สีสีน และลวดลายที่น่าสนใจ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนเดิมได้อย่างดี

4. ด้านโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4.1 ทำให้ช่วยลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ เนื่องจากมีการพัฒนาเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต และนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่งผลให้ปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์โดยรวมลดลงได้ส่วนหนึ่ง

4.2 ทำให้ช่วยลดพื้นที่ในการกองเก็บกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากมีการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่งผลให้ในระยะยาวสามารถช่วยลดพื้นที่ในการกองเก็บกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างดี

4.3 ทำให้ช่วยลดพลังงานในกระบวนการกำจัดของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมากำจัดนั้น ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานต่าง ๆ ดังนี้

(1) พลังงานเชื้อเพลิง คือ การจัดเก็บ การขนย้าย และการลำเลียง โดยใช้รถยนต์ประเภทต่าง ๆ ที่มีการใช้น้ำมันและแก๊สในการขับเคลื่อน

(2) พลังงานไฟฟ้า คือ การลำเลียงวัสดุเหลือใช้ด้วยสายพานเข้าเครื่องบด รวมถึงกระบวนการบด

(3) พลังงานน้ำ คือ การชะล้างวัสดุเหลือใช้ประเภทต่าง ๆ รวมถึงการทำความสะอาดพื้นที่กองเก็บในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายหรือมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาปะปน เป็นต้น

4.4 ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการกำจัดของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากการกำจัดจะใช้วิธีการบดแล้วนำไปทิ้ง หรือนำไปฝังกลบและถมสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงการแยกประเภทเพื่อการจำหน่าย ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการขนส่งมาก ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในด้านของวัสดุและผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้เป็นอย่างดี

4.5 ทำให้สามารถนำกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ โดยการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิต รวมถึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างดี

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัย โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลผลการศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อทำการสรุปผลการศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยผู้วิจัยขอสรุปผลการศึกษาวิจัยไว้ทั้งหมด 4 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

1. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้รูปแบบต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และทำการศึกษาแนวโน้มที่จะนำวัสดุเหลือใช้มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งวัสดุเหลือใช้ในกลุ่มนี้จะมีปริมาณมากในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เนื่องจากจังหวัดสระบุรีมีฐานอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ที่ใหญ่และมีหลายโรงงาน จากกรณีศึกษา บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทผลิตกระเบื้องปูพื้นและปูผนังภายนอก พบว่า วัสดุเหลือใช้รูปแบบต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีการแบ่งวัสดุเหลือใช้ออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ที่มีตำหนิและไม่ผ่านมาตรฐาน มีปริมาณรวม 158.25 ตันต่อเดือน เศษวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ไม่ผ่านตระแกรง มีปริมาณรวม 35 ตันต่อเดือน และเศษวัตถุดิบที่เกิดจากกระบวนการผลิต มีปริมาณรวม 10 ตันต่อเดือน โดยวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากที่สุด คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ก่อนเผา มีปริมาณ 101 ตันต่อเดือน รองลงมาคือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา มีปริมาณ 57.25 ตันต่อเดือน โดยปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากลักษณะการบิ่น แตก ร้าว และมีเฉดสีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD) ที่กำหนดไว้ ซึ่งถ้าเป็นวัสดุเหลือใช้จากเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังขึ้นรูปและก่อนเผานั้น จะสามารถนำมาทำการบดซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้ แต่ในกรณีที่เป็นเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผาจะสามารถนำมาทำการบดซ้ำได้เช่นกัน แต่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ทั้งหมด เนื่องจากเซรามิกส์หลังเผานั้นมีความแข็งแรงและมีเนื้อที่แกร่งมาก จึงทำให้การบดในปริมาณมากทำได้ยาก ในปัจจุบันจึงมี

การนำมาบดและใช้ซ้ำในปริมาณที่น้อย ส่งผลให้มีปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผาในปริมาณมาก และไม่สามารถนำมากำจัดได้ทั้งหมด

ทั้งนี้ในส่วนของนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ได้แก่ ลดปริมาณการใช้ (Reduce) นำมาใช้ซ้ำ (Reuse) และแปรรูปนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) นั้น พบว่า ทุกหน่วยงานเห็นด้วยอย่างยิ่งในการนำหลัก 3Rs มาประยุกต์ใช้กับบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด เนื่องจากในปัจจุบันมีกากของเสียในอุตสาหกรรมปริมาณมาก และยังไม่มีวิธีการกำจัดหรือจัดการเกี่ยวกับกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวที่เหมาะสม รวมถึงหลัก 3Rs ยังสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสีย ลดต้นทุนในการผลิต ช่วยจัดการลดปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ จึงต้องการให้มีการนำนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ให้ได้มากและเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด และแหล่งชุมชนอื่น ๆ ในอนาคตต่อไป

ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ทำการเลือกวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทเศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผามาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ เพื่อดูความสอดคล้องและเหมาะสมกับวัสดุเหลือใช้ประเภทดังกล่าว

2. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์ มีวัสดุหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย ได้แก่ กลุ่มวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์หลังเผา และกลุ่มที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นส่วนเสริมแรงในตัวของวัสดุ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว โดยทั้งสองกลุ่มนี้จะมีการใช้วัสดุประสานเพื่อช่วยในการยึดเกาะที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 โดยผู้วิจัยนำมาทดลองขึ้นรูปด้วยหลักการหาอัตราส่วนผสมแบบตาราง Line blend percentages

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัย พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประกอบไปด้วยธาตุหลัก ๆ อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) โดยมีร้อยละ 67.20 และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) มีร้อยละ 21.25 ส่งผลให้วัสดุผสมที่เกิดขึ้นใหม่มีคุณสมบัติที่ดีในด้านของความแข็งแรง แกร่ง รวมถึงยังสามารถทนความร้อนและทนรอยขีดข่วนได้ดี เพราะฉะนั้นวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์จึงสามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างดี รวมถึงวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีความละเอียดหรือมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอยู่ 2 ลักษณะ คือ มีอนุภาคขนาดเล็ก (มีปริมาณร้อยละ 90 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) มีขนาดอนุภาค 11.65 ไมครอน และอนุภาคขนาดใหญ่ (มีปริมาณร้อยละ 10 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) มีขนาดอนุภาค 1-3 มิลลิเมตร

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์ พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความสอดคล้องและเหมาะในการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาประยุกต์ใช้ได้มีทั้งหมด 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปซีเมนต์มอร์ตาร์ โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ กระบวนการที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์คอมโพสิต โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว กระบวนการที่ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

(อนุภาคขนาดเล็ก) กระบวนการที่ 4 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดใหญ่) และกระบวนการที่ 5 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนผสมเส้นใย โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 1-5 พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่ได้ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์มากและมีความเหมาะสมมากที่สุด คือ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมตามหลักการที่สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรมที่ส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.41) ตามลำดับ และกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ได้ผลการประเมินรองลงมา ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 2 และ 5 โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.28, 4.24, 3.96 และมีค่า S.D. = 0.63, 0.72, 0.73) ตามลำดับ โดยเมื่อทำการพิจารณาผลการวิเคราะห์เป็นรายด้าน พบว่า ด้านวัสดุ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.48) โดยกระบวนการที่ 2, 1 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.11, 3.94, 3.83 และมีค่า S.D. = 0.91, 0.77, 0.74) ตามลำดับ ด้านกระบวนการขึ้นรูป กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 3, 4, 2 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.50, 4.50, 4.00, 3.84 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58, 0.58, 0.58, 0.79) ตามลำดับ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.84, 4.67 และมีค่า S.D. = 0.29, 0.58) โดยกระบวนการที่ 2, 1 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.34, 4.33, 3.84 และมีค่า S.D. = 0.79, 0.58, 0.79) ตามลำดับ และด้านความปลอดภัย กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2, 3, 4, 1 และ 5 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.50, 4.34, 4.33, 4.33 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.58, 0.29, 0.58, 0.58) ตามลำดับ

3. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ทั้ง 5 กระบวนการ มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ตามลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล ได้ดังนี้ 1) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 วัสดุที่ได้มีลักษณะทึบ ตัน และมีผิวเรียบ โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ผลิตภัณฑ์กระถาง และผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ตามลำดับ 2) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 วัสดุที่ได้มีลักษณะทึบ ตัน มีผิวขรุขระเล็กน้อย และมีน้ำหนักเบา โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์กระถางและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ตามลำดับ 3) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 วัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูพรุนขนาดเล็ก และมีผิวขรุขระ โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ตามลำดับ 4) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 วัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูพรุนขนาดใหญ่ และมีผิว

ขรุขระ โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ของตกแต่ง ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก ตามลำดับ และ 5) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 5 วัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูพรุนขนาดเล็ก ผิวขรุขระ และมีน้ำหนักเบา โดยมีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์กระถาง ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก และผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น ตามลำดับ

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติที่ดีและนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีความเหมาะสม รวมถึงสามารถนำมาต่อยอดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สามารถนำมาใช้ผลิตและใช้งานจริงได้ในลำดับต่อไป โดยใช้หลักการและเกณฑ์ในการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 15 เล่ม 12-2532 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกในการทดสอบ ซึ่งจากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด พบว่า ผลการทดสอบดังกล่าว เมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่เกี่ยวข้องมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ดังกล่าวอยู่ทั้งหมด 10 มาตรฐาน ได้แก่ 1) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 15 เล่ม 1-2547 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ 2) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 57-2530 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก 3) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 58-2530 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 4) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 59-2516 อิฐคอนกรีต 5) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 378-2531 กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 6) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 379-2556 กระเบื้องหินขัดชนิดสองชั้น 7) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 826 - 2531 กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น 8) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 9) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 1427-2540 กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ 10) มาตรฐาน มอก. เลขที่ 2600-2556 กระเบื้องหินขัดชั้นเดียว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัดวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตในแต่ละกระบวนการใช้ประโยชน์ มีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ผ่านการทดสอบและมีค่ากำลังรับแรงอัดผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินรูปแบบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์และจากการเปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ พบว่ามีกระบวนการใช้ประโยชน์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ทั้งหมด 3 กระบวนการ คือ 1) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 สูตรที่เหมาะสม คือ สูตร CW2 ซึ่งมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 1.60 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำลังรับแรงอัด 58.05 Mpa โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น และผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก 2) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตรที่เหมาะสม คือ สูตร PCS7 ซึ่งมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 0.60 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำลังรับแรงอัด 57.48 Mpa โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นและผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก 3) กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 สูตรที่เหมาะสม คือ สูตร PCL6 ซึ่งมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 0.80 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำลังรับแรงอัด 59.96 Mpa โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร และจากการวิเคราะห์กระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 3 กระบวนการเพิ่มเติม พบว่า ผลการประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญ คือ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.28, S.D. = 0.63) และกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีผลการประเมินโดยรวม

อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.41) ตามลำดับ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์รายด้านเพิ่มเติม พบว่า ในด้านของวัสดุและด้านการนำไปใช้ประโยชน์นั้นมีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญเช่นกัน คือ ส่วนของผลการประเมินด้านวัสดุ กระบวนการที่ 3 และ 4 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, 4.56 และมีค่า S.D. = 0.58, 0.48) ตามลำดับ และกระบวนการที่ 1 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.94, S.D. = 0.77) และในส่วนของผลการประเมินด้านการนำไปใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 และ 3 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.84, 4.67 และมีค่า S.D. = 0.29, 0.58) ตามลำดับ และกระบวนการที่ 1 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 จึงไม่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์นั้น พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์หลังทำการบดย่อยมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่ อนุภาคขนาดเล็ก มีขนาด 11.65 ไมครอน และมีในปริมาณที่มาก (ประมาณร้อยละ 90) และอนุภาคขนาดใหญ่ มีขนาด 1-3 มิลลิเมตร มีปริมาณที่น้อย (ประมาณร้อยละ 10) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่นำมาใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 (อนุภาคขนาดเล็ก) นั้นมีปริมาณมากกว่าวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่นำมาใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 (อนุภาคขนาดใหญ่) ถึงร้อยละ 90 ส่งผลให้เมื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตในชุมชนระยะยาว กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 4 อาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับกลุ่มผลิตภัณฑ์ชุมชน เนื่องจากมีปริมาณน้อยและไม่คุ้มค่าในการผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 3 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดทั้งในด้านการนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านการนำมาผลิตในเชิงอุตสาหกรรมชุมชน ซึ่งวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวนอกจากมีความแข็งแรงและทนทานแล้ว ยังมีสีสันและลักษณะพื้นผิวที่แปลกใหม่น่าสนใจ รวมถึงยังมีราคาต้นทุนที่ต่ำและมีปริมาณมากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิเบื้องต้น พบว่า แผ่นปูพื้นจะมีการแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น และคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความสอดคล้องกับวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 เป็นอย่างมากที่สุด โดยมีวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการอัดแบบเช่นเดียวกัน และมีการใช้น้ำในอัตราส่วนผสมที่น้อย รวมถึงเป็นผลิตภัณฑ์ต้องการคุณสมบัติเชิงกลที่ดีและมีกำลังรับแรงอัดที่สูง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

1. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชนแหล่งผู้ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดสระบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในแต่ละพื้นที่นั้นมีความสอดคล้องกันทั้งในด้านของรูปแบบ รูปทรง ราคา และวัสดุที่ใช้ในการผลิต แต่จะมีบางพื้นที่เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันในส่วนของรูปทรง ที่อาจจะมีเพิ่มเข้ามาให้เพื่อให้มีการใช้งานที่หลากหลายและตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้มากขึ้น โดยในปัจจุบันผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีรูปแบบ รูปทรง และสีสันที่หลากหลาย

โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานหลัก ๆ อยู่ 2 ประเภท ได้แก่ สำหรับใช้งานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถหรือทางเท้าต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับรองรับน้ำหนัก เช่น คน สัตว์ สิ่งของ โดยเฉพาะรถยนต์ เป็นต้น และใช้สำหรับใช้งานปูบนพื้นหญ้า เพื่อให้เกิดลวดลายและสีสันของใบหญ้าที่อยู่ระหว่างตัวผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบไว้ ทำให้เกิดความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีการออกแบบและผลิตขึ้นมาโดยมีขนาดที่หลากหลาย เพื่อให้ตอบสนองการใช้ประโยชน์ให้กับกลุ่มผู้บริโภคและพื้นที่ที่ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดความกว้างอยู่ที่ 8-40 เซนติเมตร มีความยาวอยู่ที่ 8-60 เซนติเมตร และมีความหนาอยู่ที่ 6–8 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตั้งแต่ 1.28–25.92 กิโลกรัม รวมถึงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีสีสันที่น่าสนใจ โดยในปัจจุบันมีทั้งหมด 9 สีหลัก ๆ ได้แก่ สีเทา สีน้ำตาล สีแดง สีส้ม สีเขียว สีเหลือง สีชมพู สีฟ้า และสีดำ และมีราคาขายอยู่ที่ประมาณ 4-42 บาท (ต่อก้อน) แล้วแต่ประเภท รุ่น ขนาด และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้งาน

2. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานในปัจจุบันนั้น กลุ่มเป้าหมายจะมีความต้องการและให้ความสำคัญปัจจัยต่าง ๆ ในการตัดสินใจเลือกซื้อหรือใช้งานผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยจะมีการแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ 1) กลุ่มลูกค้าหรือผู้ที่มีความสนใจ ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงแปลกใหม่น่าสนใจ มีพื้นผิวและสีสันน่าสนใจ และมีลวดลายน่าสนใจ และ 2) กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง และมีการเชื่อมต่อกันระหว่างชิ้นงานได้สนิทเวลานำไปใช้งานจริง ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้จัดลำดับความสำคัญตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย หรือ VOC (Voice of the Customer) และจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถนำมาปรับปรุง แก้ปัญหาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ โดยมีการจัดลำดับความสำคัญในการนำมาออกแบบและพัฒนา 3 ลำดับ คือ 1) พัฒนาให้มีรูปทรงแปลกใหม่น่าสนใจ 2) พัฒนาให้มีพื้นผิวและสีสันน่าสนใจ และ 3) พัฒนาให้มีมีลวดลายน่าสนใจและมีความแข็งแรงสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้บริโภค ผู้วิจัยได้เลือกความต้องการให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยกำหนดให้มีการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ รูปแบบที่ 3 สูตร PCS7 มาใช้เป็นวัสดุในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อต้องการปรับเปลี่ยนและพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ในส่วนของวัสดุ พื้นผิว ลวดลายและสีสันใหม่ให้แตกต่างจากรูปแบบเดิม รวมถึงเพื่อให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

3. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลแนวทางการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักการของ TRIZ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความขัดแย้งในส่วนของความสามารถในการผลิตและความสะดวกในการใช้งาน พบว่า แนวทางการแก้ปัญหาตามหลักการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Triz40) ที่สามารถนำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่เหมาะสมมากที่สุดนั้น มีแนวทางในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เรื่องความสามารถในการผลิต และส่วนที่ 2 เรื่องความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งมีการนำหลักการมาใช้แก้ปัญหาทั้งหมด 4 หลักการ ได้แก่

หลักการข้อที่ 1 คือ การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ (Segmentation) หลักการข้อที่ 17 คือ การเปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Another Dimension) หลักการข้อที่ 28 และหลักการข้อที่ 32 คือ การเปลี่ยนสี (Colour Changes)

ทั้งนี้หลักการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักการของ TRIZ หลักการข้อที่ 1 แนวความคิดในการออกแบบ คือ 1) ออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่สามารถนำมาต่อประสานกันได้ทุกด้าน ทุกมุม ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม และ 2) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีตัวล็อคหรือมีลักษณะการล็อคที่สนิทในตัว เพื่อให้สามารถนำมาต่อขยายความยาว ความกว้าง และเพิ่มจำนวนให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่นำไปใช้จริงได้ หลักการข้อที่ 17 แนวความคิดในการออกแบบ คือ 1) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถนำมาจัดเรียงประสานได้หลายรูปแบบ โดยสามารถทำให้เกิดลวดลายใหม่ได้ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม และ 2) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันได้ 2 ลักษณะ คือ การใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม แต่สามารถนำมาใช้สำหรับงานปูพื้นลานจอดรถ ทางเท้า หรือใช้สำหรับปูบนพื้นหญ้าได้ หลักการข้อที่ 28 แนวความคิดในการออกแบบ คือ การใช้แนวทางในกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมด้วยการขึ้นรูปด้วยคน เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนในการผลิตแทนการใช้เครื่องไฮรดรอลิกอัดแบบที่มีการใช้ต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่สูง หลักการข้อที่ 32 แนวความคิดในการออกแบบ คือ นำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 3 ที่มีความพรุนตัวและตัววัสดุมีสีที่เป็นเนื้อเดียวกัน (สีวัสดุจะออกโทนแดงอมส้ม) มาประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แทนการใช้สีฝุ่นในกระบวนการผลิตดังกล่าว เพื่อแก้ปัญหาเรื่องต้นทุนในการใช้สีฝุ่นและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนในปัจจุบัน

4. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบร่างผลิตภัณฑ์ชุมชนคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า แบบร่างที่มีความเหมาะสมตามหลักทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์ และมีความสอดคล้องในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมากที่สุด 3 แบบ ได้แก่ แบบร่างผลิตภัณฑ์ที่ 24, 29 และ 30

5. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลชิ้นงานจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 รูปแบบ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างหุ่นจำลอง (Model) ขนาดอัตราส่วน 1:5 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการตรวจสอบรูปแบบ ขนาด สัดส่วน มุมมอง และลักษณะการเชื่อมต่อกันในแต่ละชิ้นของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยใช้เทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติระบบ FDM หรือ Fused Deposition Modeling

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1-3 พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์แบบที่ 29) โดยมีค่าการประเมินโดยรวมตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) และรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลการประเมินรองลงมา ได้แก่ รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 3 โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.26, S.D. = 0.67) และ ($\overline{X}$ = 3.99, S.D. = 0.78) ตามลำดับ และเมื่อทำการพิจารณาผลการวิเคราะห์เป็นรายด้านตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์มีรายละเอียดดังนี้ คือ ด้านหน้าที่ใช้สอย

รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, 4.10 และมีค่า S.D. = 0.45, 0.78) ตามลำดับ ด้านความปลอดภัย รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 3.80, 3.60 และมีค่า S.D. = 0.84, 0.89) ตามลำดับ ด้านความแข็งแรง ทนทาน รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.67) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.10, 4.00 และมีค่า S.D. = 0.78, 0.86) ตามลำดับ ด้านความประหยัด รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, 4.40 และมีค่า S.D. = 0.55, 0.89) ตามลำดับ ด้านวัสดุ รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) โดยรูปแบบที่ 3 และ 1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, 4.20 และมีค่า S.D. = 0.55, 0.44) ตามลำดับ ด้านโครงสร้าง รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.50) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.20, 4.10 และมีค่า S.D. = 0.78, 0.92) ตามลำดับ ด้านความสะดวกสบายในการใช้ รูปแบบที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.30, 3.60 และมีค่า S.D. = 0.63, 0.55 และรูปแบบที่ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.90, S.D. = 0.92) ด้านความสวยงาม รูปแบบที่ 2, 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.40, 4.10, 3.90 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.78, 0.58) ด้านมีลักษณะเฉพาะ รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.28) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.40 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.89) ตามลำดับ ด้านกรรมวิธีการผลิต รูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) โดยรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.20 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.80) ตามลำดับ ด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษา รูปแบบที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.60, 4.20, 3.80 และมีค่า S.D. = 0.55, 0.84, 0.84) ตามลำดับ และสุดท้ายด้านการขนส่ง รูปแบบที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\overline{X}$ = 4.50, 4.20, 3.80 และมีค่า S.D. = 0.72, 0.63, 0.63) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29) ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างหุ่นจำลองขนาดเท่าของจริง (Mock ups) โดยใช้ขนาดอัตราส่วน 1:1 เซนติเมตร เพื่อใช้ตรวจสอบรูปแบบ ขนาด สัดส่วน มุมมอง และสร้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง

5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็น

กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ด้วยวิธีการอัดแบบ ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น : Standard for Interlocking Concrete Paving Blocks

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ให้ได้ข้อมูลที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีรูปแบบการวิเคราะห์และทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้กำหนดไว้อยู่ทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์และทดสอบลักษณะทั่วไป มิติและการลบมุม ความได้ฉาก และความต้านแรงอัด โดยหน่วยงานที่ทำการวิเคราะห์และทดสอบที่ได้รับการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ได้แก่ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นดังกล่าว ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น) ทุกรายการวิเคราะห์ทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ ในส่วนของลักษณะทั่วไปมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ชั้นผิวหน้ามีลักษณะที่เรียบ และมีสีสม่ำเสมอ ในส่วนของมิติมีค่าความกว้าง, ความยาว และความหนาเฉลี่ย 230.51, 246.27 และ 57.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในส่วนของการลบมุมในด้านที่ 1 และด้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 6.75 และ 4.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในส่วนของความได้ฉากมีค่าเฉลี่ย 0.80 มิลลิเมตร และในส่วนของความต้านแรงอัดมีค่าเฉลี่ย 996.25 เมกะปาสคาล (ชิ้นตัวอย่างทั้งหมด 5 ชิ้น)

5.1.4 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เพื่อดูลักษณะการใช้งานจริงของตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าว พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น สามารถทำการจัดเรียงประสานได้ทั้งหมด 12 รูปแบบ โดยผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นสามารถนำมาใช้งานจริงได้ 2 ลักษณะ คือ 1) ใช้สำหรับงานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่าง ๆ โดยมีรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ และ 2) สำหรับใช้งานปูบนพื้นหญ้า เพื่อให้มีช่องว่างระหว่างชิ้นงาน ส่งผลให้เกิดลวดลายและสีสันของใบหญ้าที่ขึ้นแทรกออกมา ทำให้เกิดความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยมีรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 12 รูปแบบ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจ รวมถึงยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตสินค้าที่โดยปกติจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เพียงลักษณะเดียวมาเป็นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งสองลักษณะด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปทรงเดิม

1. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า ข้อมูลจากการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามกรอบแนวความคิดทฤษฎีหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจหรือ EcoDesign โดยการประยุกต์นำหลักการของ 4R ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้นั้น มีค่าโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46) โดยเมื่อทำการพิจารณาเป็นรายด้านแล้ว พบว่า ด้านการลด (Reduce) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.48) ด้านการใช้ซ้ำ (Reuse) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.59, S.D. = 0.54) ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.21) และสุดท้ายด้านการซ่อมบำรุง (Repair) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จากการนำมาประยุกต์ใช้ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 นั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างดี และวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าว ยังสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ รวมถึงเป็นการนำวัสดุดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้อย่างเหมาะสมและใช้ประโยชน์เพื่อต่อยอดในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างดีที่สุด

2. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน พบว่า แหล่งชุมชนที่มีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นอยู่ในพื้นที่ชุมชนในจังหวัดสระบุรี มีอยู่ทั้งหมด 3 แหล่ง ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ชุมชนตำบลหนองไข่น้ำ อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี จำนวน 1 แหล่ง และกลุ่มพื้นที่ชุมชนตำบลนายาว อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี จำนวน 2 แหล่ง

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสาธิตวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยแม่พิมพ์ยางซิลิโคน รวมถึงได้ให้กลุ่มชุมชนผู้ผลิตและจำหน่ายทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงกระบวนการและรูปแบบการขึ้นรูปจริง เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ได้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ตามกรอบแนวความคิดทฤษฎีหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ในส่วนของเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรมและใช้เป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ พบว่า มีค่าโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44) โดยเมื่อทำการพิจารณาเป็นรายด้านแล้ว พบว่า ด้านหน้าที่ใช้สอย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58) ด้านความแข็งแรง

มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ด้านความสวยงาม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) ด้านราคา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.29) ด้านกรรมวิธีการผลิต มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.78) ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) และสุดท้ายด้านการขนส่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ รวมถึงตัววัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) นั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ สร้างความแปลกใหม่และน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และสามารถนำมาต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิมได้อย่างดีมากที่สุด

3. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในมุมมองของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ตามกรอบแนวความคิดทฤษฎีด้านการตลาด ซึ่งเป็นหลักกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่หรือหลัก 4Cs พบว่า มีค่าโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37) โดยเมื่อทำการพิจารณาเป็นรายด้านแล้ว พบว่า ด้านความต้องการของผู้บริโภค มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.33) ด้านต้นทุนของผู้บริโภค มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.74, S.D. = 0.44) ด้านความสะดวกในการซื้อ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.95, S.D. = 0.21) และด้านการสื่อสาร มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.66, S.D. = 0.49)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ รวมถึงตัววัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน โดยมีซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (อนุภาคขนาดเล็ก) นั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ สร้างความแปลกใหม่และน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และสามารถนำมาต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิมได้อย่างดี ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้อย่างดี รวมถึงยังผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีราคาที่ไม่สูงมากนัก ทำให้กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจมีความยินดีและสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาใช้งานได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้นมีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, 4.63, 4.52 และมีค่า S.D. = 0.37, 0.44, 0.46) ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคได้

และนอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ยังมีส่วนเกี่ยวข้องและสามารถนำมาเชื่อมโยงกับหลักการของคุณลักษณะเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 5 มิติ 20 ด้านได้ด้วยส่วนหนึ่ง โดยมีส่วนเกี่ยวข้องและมีความสอดคล้องกับหลักการดังกล่าว ทั้งหมด 4 มิติ ได้แก่ มิติทางเศรษฐกิจ มิติทางสิ่งแวดล้อม มิติทางสังคมและชุมชน และมิติทางกายภาพ (โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์) ซึ่งการศึกษาวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้และมีส่วนช่วยที่สอดคล้องกับแนวทางดังกล่าวเป็นอย่างดีที่สุด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้นำมาอภิปรายผลการวิจัยโดยมีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

5.2.1 อภิปรายผลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่าวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษาบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ที่มีปริมาณมากและยังไม่มีวิธีการจัดการหรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ได้ดีเท่าที่ควร ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์แกรนิตโต้หลังเผา โดยปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากลักษณะการบิ่น แตก ร้าว และมีเฉดสีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD) ที่กำหนดไว้ ส่งผลให้มีปริมาณกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากเศษกระเบื้องเซรามิกส์ดังกล่าวในปริมาณมากและไม่สามารถนำมากำจัดได้ทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิจัยและหาแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับกรอบแนวความคิดนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ได้แก่ ลดปริมาณการใช้ (Reduce) นำมาใช้ซ้ำ (Reuse) และแปรรูปนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 4) ซึ่งจากการศึกษาวิจัย การสอบถามและการสัมภาษณ์ พบว่า บุคลากรและพนักงานของบริษัททุกหน่วยงานเห็นด้วยอย่างยิ่งในการนำหลัก 3Rs มาประยุกต์ใช้กับบริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณกาก

ของเสียและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีปริมาณมากในอุตสาหกรรม โดยนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้มากที่สุด

ทั้งนี้จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนมากที่สุด ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 โดยวัสดุที่ได้มีความพรุนตัว (มีรูพรุนขนาดเล็ก) และมีพื้นผิวขรุขระเล็กน้อย ทำให้มีสีสันและเกิดเป็นลวดลายที่แปลกใหม่ น่าสนใจ โดยมีต้นทุนวัสดุอยู่ที่ 0.60 บาทต่อกิโลกรัม และมีค่ากำลังรับแรงอัด 57.48 Mpa ซึ่งกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เพื่อช่วยแก้ปัญหาปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาแปรรูปเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตและนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งมีความสอดคล้องกับกรอบแนวความคิดหลักการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) หรือ หลัก3Rs ในส่วนของหลักการแปรรูปมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555 : 16) และเพื่อเป็นแนวทางในการนำวัสดุใหม่ประเภทเซรามิกส์คอมโพสิตมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนในส่วนของกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นต่อไปได้อย่างดี

5.2.2 อภิปรายผลการศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า กลุ่มผู้บริโภค รวมถึงกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายมีความต้องการให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีรูปทรงที่แปลกใหม่ มีพื้นผิว สีสัน และมีลวดลายที่น่าสนใจ รวมถึงต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง และมีการเรียงประสานกันได้ดีในการนำไปใช้งานจริง ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ ตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายหรือ VOC (Voice of the Customer) และจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้เลือกความต้องการให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยกำหนดให้มีการนำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ รูปแบบที่ 3 สูตร PCS7 มาใช้เป็นวัสดุในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อต้องการปรับเปลี่ยนและพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ในส่วนของวัสดุ พื้นผิว ลวดลายและสีสันใหม่ให้แตกต่างจากรูปแบบเดิม รวมถึงเพื่อให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาตามหลักการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Triz40) ที่สามารถนำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่เหมาะสมมากที่สุดนั้น พบว่า แนวทางในการใช้แก้ปัญหาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นนั้น ได้แก่ 1) ออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่สามารถนำมาต่อประสานกันได้ทุกด้าน ทุกมุม ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม 2) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีตัวล็อคหรือมีลักษณะการล็อคที่สนิทในตัว 3) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถนำมาจัดเรียงประสานได้หลายรูปแบบ โดยสามารถทำให้เกิดลวดลายใหม่ได้ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม 4) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ ใช้สำหรับงานปูพื้น ลานจอดรถ ทางเท้า และใช้สำหรับปูบนพื้นหญ้า 5) ใช้กระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมด้วยการขึ้นรูปด้วยคน เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนเครื่องจักรและจำนวนคน 6) นำวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3

(สีวัสดุจะออกโทนแดงอมส้ม) มาประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แทนการใช้สีฝุ่นที่ชั้นผิวหน้าในกระบวนการผลิต เพื่อแก้ปัญหาเรื่องต้นทุนและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนในปัจจุบัน โดยแนวทางออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ให้กับกลุ่มเป้าหมายนั้น มีความสอดคล้องกับแนวความคิดหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในส่วนของเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 10)

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์ แบบที่ 29) ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปแบบดังกล่าว โดยกำหนดให้มีมิติขนาดของผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ข้อกำหนดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เพื่อใช้ในการพิจารณาลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เพื่อทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก่อนนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

5.2.3 อภิปรายผลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุนด้วยวิธีการอัดแบบ ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีการกำหนดเกณฑ์ข้อกำหนดและมาตรฐานการทดสอบอยู่ทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ การทดสอบลักษณะทั่วไป มิติและการลบมุม ความได้ฉาก และความต้านแรงอัดหรือกำลังรับแรงอัด

ทั้งนี้จากการสรุปผลการทดสอบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 (คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น) ทุกรายการ โดยเป็นการทดสอบและหาค่าเฉลี่ยจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น ตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 และเกิดเป็นวัสดุผสมประเภทเซรามิกส์คอมโพสิตที่มีลักษณะพรุนตัว มีความแข็งแรงและมีความแกร่งสูง รวมถึงเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นนั้น สามารถนำมาใช้งานได้จริง มีประสิทธิภาพและผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 ที่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างดี ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอำพล วงศ์ษา และ วันชัย สะตะ (2556 : 1) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้เศษวัสดุเป็นส่วนผสมในคอนกรีตพรุน โดยมีวัตถุประสงค์หลักทั้งหมด 2 ส่วน คือ เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้เศษวัสดุจากเศษคอนกรีต, เศษคอนกรีตบล็อก และเศษอิฐมอญแทนมวลรวมธรรมชาติหรือหินปูนต่อสมบัติของคอนกรีตพรุน และเพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณซีเมนต์เพสต์ต่อสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตพรุน

5.2.4 อภิปรายผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถทำการจัดเรียงประสานได้ทั้งหมด 12 รูปแบบ โดยผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นสามารถนำมาใช้งานจริงได้ 2 ลักษณะ คือ 1) ใช้สำหรับงานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่าง ๆ โดยมีการจัดเรียงประสานได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ และ 2) สำหรับใช้งานปูบนพื้นหญ้า โดยมีการจัดเรียงประสานได้ทั้งหมด 9 รูปแบบ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น รวมถึงยังสามารถสร้างความแปลกใหม่ และน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่า กลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 กลุ่ม ในการศึกษาวิจัย ซึ่งได้แก่ 1) กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 2) กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในพื้นที่ชุมชน และ 3) กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยกลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีค่าโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37) ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี โดยมีต้นทุนในการผลิตและมีราคาจำหน่ายที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิม ซึ่งมีราคาต้นทุนอยู่ที่ 1.92 บาทต่อชิ้น และมีราคาขายอยู่ที่ 3.00 บาทต่อชิ้น ทำให้กลุ่มผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์สามารถเข้าถึงได้ง่าย ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวความคิดด้านการตลาดตามหลักกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่หรือหลัก 4Cs (บ๊อบ ลูเทอบอร์น. 2533 : 26) ในปัจจุบัน และในส่วนของกลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีค่าโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44) ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี โดยมีการใช้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่มีความแข็งแรงสูง มีน้ำหนักเบา (น้ำหนักน้อยกว่าผลิตภัณฑ์เดิมประมาณ 0.5 กิโลกรัม) และสามารถรองรับน้ำหนักการใช้งานได้ดี รวมถึงยังมีการใช้งานได้หลากหลาย มีความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวความคิดหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ในส่วนของเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรมและใช้เป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ (พัณณิตา พิมพ์มาศ. 2550 : 3) และสุดท้ายในส่วนของกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีค่าโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46) ซึ่งพบว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 และสามารถนำมาออกแบบเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้เป็นอย่างดี โดยวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตที่มีวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เป็นเนื้อวัสดุหลักสามารถสร้างความแปลกใหม่ และความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ รวมถึงยังสามารถช่วยลดปริมาณกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ได้ในปริมาณมาก ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาหรือการจัดการเกี่ยวกับกากของเสียและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นี้เป็นการนำวัสดุดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจหรือ EcoDesign โดยการประยุกต์นำหลักการของ 4R ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้ (สันทนา อมรไชย. 2552 : 31) โดยแนวทางดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรณีศึกษา บริษัท เคนไช ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด ได้อย่างเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อในด้านอื่น ๆ ได้ รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างดีที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ และเพื่อการทำวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์หรือกระเบื้องที่มีเนื้อหลักเป็นแกรนิตโต (หลังเผา) นั้น จะต้องมีการเก็บและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิอย่างต่อเนื่อง เพื่อจะได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งองค์ประกอบหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อวัสดุเหลือใช้ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์ดังกล่าว ได้แก่ ปัจจัยเรื่องวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต ปัจจัยเรื่องกระบวนการผลิต ปัจจัยเรื่องการคัดแยกประเภท รวมถึงการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์รูปแบบต่าง ๆ

2. วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา) ที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนั้น จำเป็นต้องมีการเก็บและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีการนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่าง ๆ ก่อนนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ เพราะฉะนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิกส์มีการเปลี่ยนแปลงสูตรการผลิต อัตราส่วนผสม หรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมถึงกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการเผา จะสามารถส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่าง ๆ ของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์ (หลังเผา) เปลี่ยนแปลงไปจากคุณสมบัติเดิม

3. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด 5 กระบวนการนั้น สามารถทำการเลือกกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและใช้เป็นส่วนผสมหลักในการสร้างผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทอื่น ๆ ได้ โดยสามารถเลือกสูตรการทดลองที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่สอดคล้องและผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับประเภทผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบหรือผลิตภัณฑ์ต้องการจะนำไปประยุกต์ใช้

4. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พรุน ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีการใช้วัตถุดิบหลัก ๆ อยู่ 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ซีเมนต์ และน้ำสะอาด จึงทำให้กรณีที่มีการชั่งวัตถุดิบเพื่อผสมเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณและอัตราส่วนที่ใช้ให้ถูกต้องทุกครั้ง เนื่องจากในกรณีที่มีอัตราส่วนของวัตถุดิบไม่คงที่ จะส่งผลให้ไม่สามารถทำการขึ้นรูปและแสดงลักษณะลวดลายบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมด้วยเช่นกัน

5. การกำหนดราคาต้นทุนการผลิตและราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์นั้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาวะทางเศรษฐกิจและกลไกทางการตลาด จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุและผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัจจุบันก่อนนำไปใช้เสมอ

6. การศึกษาวิจัยกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีสันและลวดลายที่เกิดจากการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาผสมด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 และเกิดเป็นวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต ซึ่งในกรณีที่ต้องการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นดังกล่าวมีสีสันที่แปลกใหม่นอกจากสีน้ำตาลส้มและสีน้ำตาลอ่อนจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์เดิมที่นำมาใช้ในการขึ้นรูป สามารถนำสีฝุ่นที่ใช้สำหรับซีเมนต์มาช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเกิดเป็นสีอื่น ๆ ให้เกิดความน่าสนใจและสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์มากขึ้นได้ เช่น สีแดง สีน้ำตาล สีเหลือง สีฟ้า สีน้ำเงิน สีเทา และสีดำ เป็นต้น ซึ่งในกรณีที่มีการนำสีฝุ่นมาใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นี้ ควรใช้ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต

7. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ในงานวิจัย สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหากากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีกระบวนการผลิตหรือตัวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างดี โดยจะต้องทำการศึกษา วิเคราะห์ และทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุเหลือใช้ก่อนทุกครั้ง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไป คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลที่สอดคล้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมมากที่สุด

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในปัจจุบันมีมากมายหลากหลายประเภท เช่น วัสดุเหลือใช้จากผลิตภัณฑ์กระเบื้อง เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ของตกแต่ง สุขภัณฑ์ วัสดุทนไฟ หรือปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น จึงทำให้วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใช้ประโยชน์ เพื่อสร้างเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์คอมโพสิตที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่เฉพาะและเกิดความแตกต่างจากรูปแบบเดิม รวมถึงอาจทำให้เกิดความน่าสนใจ และสร้างความแปลกใหม่ให้กับตัววัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างดี

2. จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์ พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 1-5 ที่มีการนำซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุประสานให้กับวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต แต่เนื่องจากในปัจจุบันกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกมาสู่ชั้นบรรยากาศโลกด้วยส่วนหนึ่ง ถึงจะเป็นปริมาณที่ไม่มากแต่อาจส่งผลเสียในอนาคตได้ ในกรณีนี้อาจจะนำวัสดุประสานประเภทอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้แทนซีเมนต์ในกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการดังกล่าว เพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตและตัวผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้

3. จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์และกระบวนการใช้ประโยชน์กระบวนการต่าง ๆ พบว่า มีกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 และ 5 ที่มีการนำวัสดุประเภทเส้นใย ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว มาใช้เพื่อเป็นส่วนเสริมแรงให้กับวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต โดยผลการทดสอบของกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการดังกล่าว ยังมีคุณสมบัติในส่วนของค่ากำลังรับแรงอัดที่ต่ำ ในกรณีนี้อาจนำเส้นใยประเภทอื่น ๆ เช่น เส้นใยปาล์ม เส้นใยสับปะรด และเส้นใยอื่น ๆ ที่เหมาะสม มาประยุกต์ใช้แทนเส้นใยมะพร้าวเพื่อช่วยให้วัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 และ 5 มีคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของค่ากำลังรับแรงอัดที่ดีขึ้นได้

4. ในปัจจุบันกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะมีผลิตภัณฑ์บางส่วนที่เกิดความเสียหายและไม่สามารถนำมาใช้งานได้ตามปกติ เช่น ปัญหาการแตก บิ่น ร้าว เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ได้แก่ ปัจจัยเรื่องการผลิต การขนส่งและการใช้งานจริงเป็นหลัก โดยเฉพาะในส่วนของการขนส่งและการใช้งานจริงนั้น มีผลมากต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปแบบต่าง ๆ ส่งผลให้กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายมีผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดและเสียหายปริมาณมาก จึงอาจจะต้องหาวิธีการหรือแนวทางต่าง ๆ เพื่อช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น การพัฒนาวัสดุที่ใช้ให้มีความทนทานและแข็งแรงมากขึ้น การออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่ลดการเสียดสีหรือกระแทกระหว่างขนส่ง เป็นต้น

5. จากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นนั้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวควรมีการออกแบบให้มีตัวเชื่อมประสานในลักษณะที่ทำการเข้ามุมหรือชิดขอบในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์วางด้วยตัวรูปแบบปกติได้ ซึ่งในกรณีนี้อาจจะต้องมีการออกแบบและผลิตตัวเชื่อมนี้ขึ้นมาในหลายรูปแบบเพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ที่ใช้ติดตั้ง และประหยัดเวลาในการใช้เครื่องตัดอิฐบล็อก หรือใช้เครื่องเจียรลูกหมูช่วยตัดเหมือนในยุคปัจจุบัน

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558. **ระบบการจัดการมลพิษกากอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2556. **คู่มือบัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน (กลุ่มครัวเรือน).** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนาที่ยั่งยืน.** กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558. **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ รุ่งแสงการพิมพ์.

เกื้อ วงศ์บุญสิน. 2545. **ประชากรกับการพัฒนา.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คชินท์ สายอินทวงศ์. 2551. **เซรามิก (Ceramic).** [Online]. Available : http://www.thaiceramicsociety.com/ab_cer.php.

คชินท์ สายอินทวงศ์. 2551. **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับหินปูน.** [Online]. Available : http://www.thaiceramicsociety.com/rm_soil_limestone.php.

ฉัตยาพร เสมอใจ. 2550. **พฤติกรรมผู้บริโภค (CONSUMER BEHAVIOR).** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เฉลิม สุจริต. 2540. **วัสดุการก่อสร้างสถาปัตยกรรม.** กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรวัฒน์ บุตตะโยธี. 2551. “ความพึงพอใจและพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มีต่อเมืองโบราณจังหวัดสมุทรปราการ”. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นิกร นุชเจริญผล. 2525. **ลายสาน.** กรุงเทพฯ : วิทยาลัยเทคนิค กรมอาชีวศึกษา.

บุริม โอทกานนท์. 2556. **4C’s การตลาดปฏิวัติ.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประชุม คำพุฒ. 2550. “การศึกษาการใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติดานการรับกำลังและการเปนฉนวนกันความร่อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ.” **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.** 30(2) : 363-374.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2547. **เซรามิกส์.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิพิธภัณฑ์ธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ. 2550. **เครื่องจักสานในประเทศไทย.** [Online]. Available : http://museum.socanth.tu.ac.th.

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541. **เนื้อดินเซรามิก.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ภาติยะ พัฒนาศักดิ์. 2558. **อุตสาหกรรม.** [Online]. Available : e-book.ram.edu/e-book/g/GE253(50)/GE253-11.pdf.

ภูมิพัฒน นันทนัทมณีโชติ. 2550. “การใช้เถ้าหนักทดแทนทรายในมอร์ตาร์.” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และอัญชิสา สันติจิตโต. 2555. “คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง.” **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง (JARS).** 9(1) : 113-122.

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. 2555. “คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง.” **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง (JARS).** 9(1) : 115-116.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2554. **หลักการพัฒนาแบบยั่งยืน.** ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยุทธนา บุญสินชัย, ศุภกิจ นนทนานันท์ และ อภินิติ โชติสังกาศ. 2554. “กำลังรับแรงดัดและพฤติกรรมการวิบัติของคอนกรีตพรุน โดยการประยุกต์ใช้วัสดุใยสังเคราะห์เสริมแรง.” **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 51(1) : 1-7.

วรพงษ์ เทียมสอน. 2555. **เซรามิกเพื่อการก่อสร้างและเซรามิกเพื่องานเทคนิค.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วรฤทธิ์ สายเนตร. 2557. “การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฝุ่นหินอ่อนมาผสมกับโพลีเอสเตอร์เรซิ่น.” วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วินิต ช่อวิเชียร. 2557. **คอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์.

วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. 2539. **เครื่องจักสานในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ศรศิลป์ โสภณสกุลวงศ์. 2559. **การสร้างแรงบันดาลใจในงานออกแบบผลิตภัณฑ์.** ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ศรันยา เกษมบุญญากร. 2554. **“การจำแนกลักษณะโครงสราง คุณสมบัติของเสนใย.”** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย. 2555. **บัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2550. **สถานการณ์และการจัดการกากอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

สยามเคมี หมวดเคมีอุตสาหกรรม. 2558. **แคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูน.** [Online]. Available : http://www.siamchemi.com.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2531. **มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2532. **มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 12-2532 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก).** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2555. **มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1-2555 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ).** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558.** กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.. 2558. **ความรูเบื้องตนเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และอุตสาหกรรมเซรามิก.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558. **เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. **คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน.** กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. **คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน ปี 2.** กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556. **หลักเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำเริง รักซ้อน. 2557. **ทฤษฎีและการทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : แองเกิ้ลออฟไซ.

เอนก สุวรรณบัณฑิต และภาสกร อดุลพัฒนกิจ. 2550. **จิตวิทยาบริการ.** กรุงเทพฯ : อดุลพัฒนกิจ.

อดุลย์ จาตุรงคกุล. 2550. **พฤติกรรมผู้บริโภค.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อำพล วงศ์ษา และวันชัย สะตะ. 2556. “การใช้เศษวัสดุเป็นส่วนผสมในคอนกรีตพรุน.” ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

Bob Lauterborn. 1990. **New Marketing Litany; Four P’s passe; C-words take over.** [Online]. Available : rlauterborn.com/pubs/pdfs/4_Cs.pdf.

Kozak and Decrop. 2009. **Consumer Goals in Vacation Decision Making.** [Online]. Available : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10548408.2014.

Philip Kotler. 2008. **Marketing Management.** [Online]. Available : socioline.ru/files/5/283/kotler_keller_-_marketing_edition.pdf.

Walter and Paul. 2014. **Consumer behavior.** [Online]. Available : https://www.slideshare.net/.../consumer-behaviour-31750690.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือรับรองและหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย
ภาคผนวก ข หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัย
ภาคผนวก ค หนังสือรับรองผลการพิจารณาบทความ
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์และทดสอบ
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์
ภาคผนวก ช ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

ภาคผนวก ก

หนังสือรับรองและหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย

1. หนังสือรับรองผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
2. หนังสือขอความอนุเคราะห์บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด
3. หนังสือขอความอนุเคราะห์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
4. หนังสือขอความอนุเคราะห์ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก
5. หนังสือขอความอนุเคราะห์ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน
6. หนังสือขอความอนุเคราะห์ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก

ประกาศคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2558 ให้ดำเนินการดังนี้

นายภัทรพล เรืองศรี รหัสประจำตัว 57603162 ให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน (The Study of Waste Recycling Process in Ceramic Industry for Designed of Community Products)" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
รักษาการแทนคณบดี

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/4182

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒3 ตุลาคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน กรรมการผู้จัดการ บริษัท เคนไซ ซีรามิกคส์ อินดัสตรี้ จำกัด

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอสัมภาษณ์กรรมการผู้จัดการ ,ผู้จัดการและหัวหน้าแผนก เรื่อง ๑.กระบวนการผลิตเซรามิกส์ ๒. กระบวนการกำจัดของเสียภายในโรงงาน ๓. กระบวนการนำของเสียไปใช้ในการผลิตเซรามิกส์ , ขอข้อมูลเกี่ยวกับของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ภายในโรงงานประเภทเซรามิกส์ ,ข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย เช่นวัตถุดิบ , ของเสีย , วัสดุเหลือใช้ และขอถ่ายภาพกระบวนการผลิต , กระบวนการกำจัดของเสียและกระบวนการอื่น ๆ เพื่อประกอบรายวิชา ๐๓๕๑๗๕๐๕ “วิทยานิพนธ์ ๑”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒
โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖
ติดต่ออาจารย์ผู้สอน โทร.๐๘๕-๐๖๕-๑๔๑๑

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร. 3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1193 **วันที่** 23 มีนาคม 2559

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ CE105, ขอใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน ได้แก่ เครื่องปั่นกวน, แบบหล่อทรงลูกบาศก์ ขนาด5x5x5 cm (แบบหล่อมอร์ต้า) และขอถ่ายภาพ ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับทดสอบวัสดุ ในช่วงวันที่ 4 -22 เมษายน 2559 (ในเวลาราชการ) เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 0800

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

2 มีนาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน ผู้จัดการห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตสินค้า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงรูปแบบและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และขอถ่ายภาพ กระบวนการผลิต เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 085-065-1411

ที่ ศธ 0524.04/ 0800

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

2 มีนาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน ผู้จัดการ ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตสินค้า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงรูปแบบและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และขอถ่ายภาพ กระบวนการผลิต เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 085-065-1411

ที่ ศธ 0524.04/ 0800

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

2 มีนาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน ผู้จัดการ ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตสินค้า ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงรูปแบบและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และขอถ่ายภาพ กระบวนการผลิต เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 085-065-1411

ภาคผนวก ข

หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัย

1. หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือเพื่อการวิจัย
2. หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์
3. หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

ที่ ศธ 0524.04/1376

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

11 เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายภัทรพล เรืองศรี มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 085-065-1411

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1376 วันที่ 11 เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนายภัทรพล เรืองศรี มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1376 วันที่ 11 เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ธนินทร์ รัตนโอฬาร

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนายภัทรพล เรืองศรี มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1377 วันที่ 11 เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์

เรียน ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 2295 วันที่ 14 กรกฎาคม 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์

เรียน ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1377 วันที่ 11 เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์

เรียน ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / **4866** วันที่ 29 พฤศจิกายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

เรียน รศ.ดร.สุรพล สุวรรณ

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / **4866** **วันที่** 29 พฤศจิกายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

เรียน ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 4866 วันที่ 29 พฤศจิกายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

เรียน ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 1575

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

๒๕ เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

เรียน ดร.อรัญ วานิชกร

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 085-065-1411

ที่ ศธ 0524.04/ 1575

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

๒๕ เมษายน 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

เรียน อาจารย์มิยอง ชอ

ด้วยนายภัทรพล เรืองศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ของ นายภัทรพล เรืองศรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 085-065-1411

ภาคผนวก ค

หนังสือรับรองผลการพิจารณาบทความวิจัย เพื่อตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ที่ ศธ 0524.04/0022

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

8 กุมภาพันธ์ 2560

เรื่อง รับรองผลการพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เรียน นายภัทรพล เรืองศรี

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ ประเภทบทความวิจัย เพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม ทางกองบรรณาธิการวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม และผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณาแล้ว บทความของท่านสามารถตีพิมพ์ในวารสารดังกล่าวได้ในปีที่ 16 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน 2560 โดยมีชื่อเรื่อง และรายชื่อผู้เขียนบทความตามรายละเอียดนี้

การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน
THE STUDY OF WASTE RECYCLING PROCESS IN CERAMIC INDUSTRY
FOR DESIGNED OF COMMUNITY PRODUCTS

ภัทรพล เรืองศรี[1] จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง[2] และทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา[3]
Pattarapol Ruengsri[1], Chaturong Louhapensang[2] and Songwut Egwutvongsa[3]
[1]นักศึกษาหลักสูตร ค.อ.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2,3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
pattarapol.r1988@gmail.com, klchatur@kmitl.ac.th, and momojojo108@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ)
บรรณาธิการ

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 0 2329 8000 ต่อ 3720
โทรสาร. 0 2329 8435

(ใบรับรองผลการพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ฉบับนี้เป็นฉบับจริง ไม่มีการถ่ายสำเนา)

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
2. แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
3. แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน
4. แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จำนวน 3 รูปแบบ)
5. แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (สำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์)
6. แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (สำหรับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)
7. แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (สำหรับผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

<u>รายละเอียด</u>

แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน และเพื่อทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยนำมาใช้ประกอบในการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ในรูปแบบต่าง ๆ

โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โปรดพิจารณาในการตอบแบบสอบถามดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อมูลลงในแบบสอบถามที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. สถานที่ทำงาน.....
3. ตำแหน่ง.....
4. แผนกหรือหน่วยงานที่สังกัด.....
5. ประสบการณ์ทำงาน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

1. บริษัทฯ หรือสถานที่ทำงานของท่าน เป็นอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทใด (โปรดระบุรายละเอียด)

.....

.....

2. บริษัทฯหรือหน่วยงานที่ท่านสังกัดอยู่ มีวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

3. วัสดุเหลือใช้ที่เป็นเซรามิกส์ในบริษัทฯ แผนก หรือหน่วยงานที่ท่านสังกัดอยู่ มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

4. วัสดุเหลือใช้ที่เป็นเซรามิกส์ในบริษัทฯ หรือหน่วยงานที่ท่านสังกัดอยู่ มีปริมาณเท่าไร (ต่อเดือน)

.....

.....

5. ท่านมีวิธีการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ที่เป็นเซรามิกส์อย่างไรบ้าง และมีการนำไปใช้ประโยชน์ต่อในด้านอื่น ๆ อีกหรือไม่ อย่างไร (โปรดระบุรายละเอียด)

.....

.....

.....

6. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นเซรามิกส์มาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น

.....

.....

.....

.....

7. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับนโยบายส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) ในการนำกากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs ได้แก่ ลดปริมาณการใช้ (Reduce) นำมาใช้ซ้ำ (Reuse) และแปรรูปนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle)

.....

.....

.....

.....

<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

<u>รายละเอียด</u>

แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ไว้ทั้งหมด 9 กระบวนการ

โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ โปรดพิจารณาในการตอบแบบประเมินดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ส่วนที่ 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

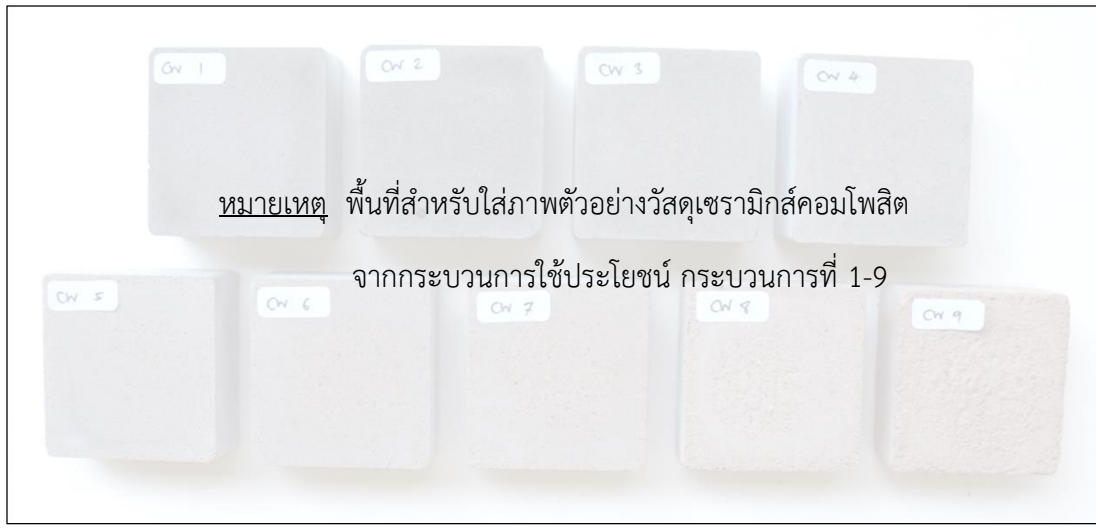
<u>เกณฑ์ในการประเมิน</u>

5 หมายถึง มากที่สุด
4 หมายถึง มาก
3 หมายถึง ปานกลาง
2 หมายถึง น้อย
1 หมายถึง น้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ตำแหน่งทางวิชาการ.....
3. หน่วยงานที่สังกัด.....
4. ความเชี่ยวชาญ.....
5. ประสบการณ์ทำงาน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์



<u>หมายเหตุ</u> พื้นที่สำหรับใส่ภาพตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-9

คำอธิบายภาพแสดงชิ้นตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่.....
คำอธิบายกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่..... คือ.....

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1. ด้านวัสดุ						
1.1	มีสีสัน พื้นผิว ลวดลายแปลกใหม่ น่าสนใจ					
1.2	เป็นการนำวัสดุกลับมาใชประโยชนใหม่					
1.3	เป็นการพัฒนาให้เกิดวัสดุผสมแบบใหม่					
1.4	เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้					
1.5	เป็นการช่วยลดปริมาณกากของเสียที่ต้องนำมากำจัด และฝังกลบ					
1.6	เป็นการช่วยลดปริมาณการปล อยก๊าซคารบอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก					
2. ด้านกระบวนการขึ้นรูป						
2.1	มีกระบวนการขึ้นรูปที่ง่ายและไม่ซับซ้อน					
2.2	สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้					
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์						
3.1	สามารถนำมาประยุกต์กับงานออกแบบได้					
3.2	สามารถนำมาทดแทนวัสดุบางประเภทได้					
4. ด้านความปลอดภัย						
4.1	มีการใช้วัสดุที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษ					
4.2	มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตราย					

<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน

<u>รายละเอียด</u>

แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งจากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามีกระบวนการที่สอดคล้องและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ทั้งหมด 5 กระบวนการ โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์หรือด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ โปรดพิจารณาในการตอบแบบประเมินดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ส่วนที่ 2 แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

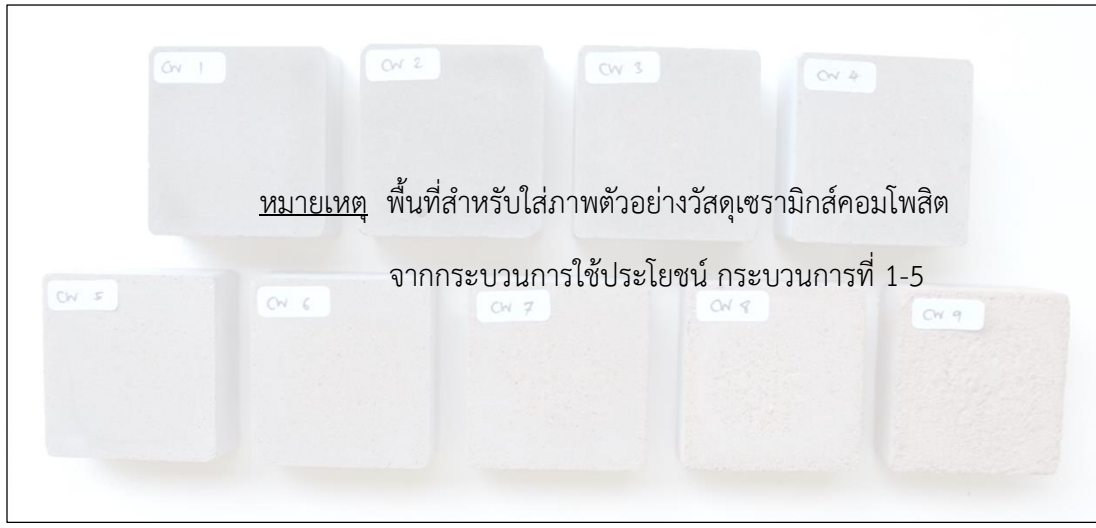
<u>เกณฑ์ในการประเมิน</u>

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ตำแหน่งทางวิชาการ.....
3. หน่วยงานที่สังกัด.....
4. ความเชี่ยวชาญ.....
5. ประสบการณ์ทำงาน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบประเมินกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน



<u>หมายเหตุ</u> พื้นที่สำหรับใส่ภาพตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิตจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1-5

คำอธิบายภาพแสดงชิ้นตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่.....
คำอธิบายกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่..... คือ.....

ลำดับ	รายละเอียดผลิตภัณฑ์ชุมชน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1. ผลิตภัณฑ์กระถาง						
1.1	กระถางตั้งพื้น					
1.2	กระถางตั้งโต๊ะ					
1.3	กระถางแบบแขวน					
2. ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้น						
2.1	แผ่นปูพื้นภายใน ได้แก่ กระเบื้องหินขัด					
2.2	แผ่นปูพื้นภายนอก ได้แก่ แผ่นพื้นทางเดิน					
3. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อก						
3.1	อิฐบล็อกปูพื้น					
3.3	อิฐบล็อกประสาน					
4. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านและอาคาร						
4.1	ของตกแต่งภายใน					
4.2	ของตกแต่งภายนอก					

<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จำนวน 3 รูปแบบ)

<u>รายละเอียด</u>

แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ซึ่งผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกจนเหลือ 3 รูปแบบ

โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ โปรดพิจารณาในการตอบแบบประเมินดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ส่วนที่ 2 แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จำนวน 3 รูปแบบ)
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

<u>เกณฑ์ในการประเมิน</u>

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ตำแหน่งทางวิชาการ.....
3. หน่วยงานที่สังกัด.....
4. ความเชี่ยวชาญ.....
5. ประสบการณ์ทำงาน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

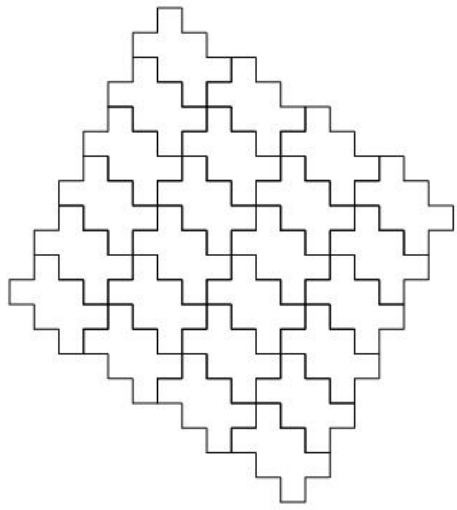
<u>หมายเหตุ</u> พื้นที่สำหรับใส่ภาพตัวอย่างแบบจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่ 1-3 (ขนาดอัตราส่วน 1 ต่อ 5)

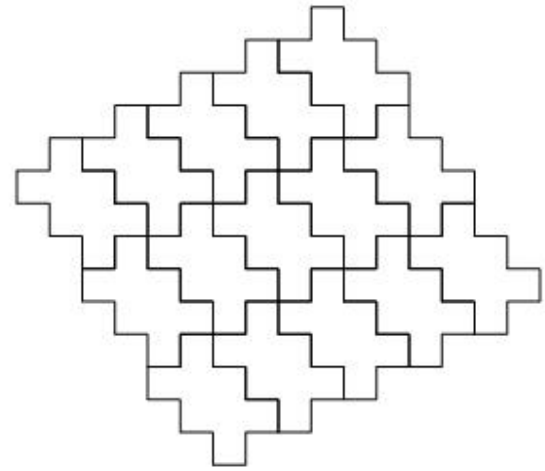
คำอธิบายภาพแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ รูปแบบที่.....

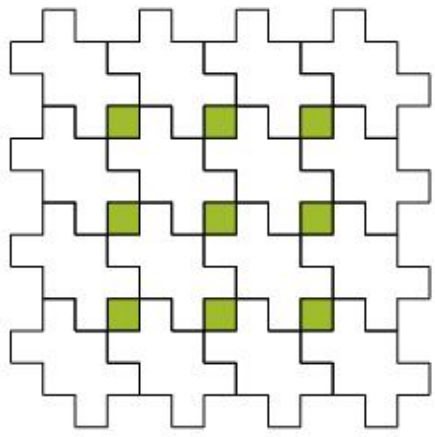
ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1. หน้าที่ใช้สอย (Function)						
1.1	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่หรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้หลากหลาย เช่น พื้นซีเมนต์ พื้นดิน และพื้นหญ้า					
1.2	สามารถนำมาจัดวางได้ถึง 12 รูปแบบ และทำให้เกิดลวดลายแบบใหม่ โดยใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม					
2. ความปลอดภัย (Safety)						
2.1	ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส					
3. ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)						
3.1	สามารถทนต่อแรงอัด แรงกด และแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นง่าย					
3.2	สามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี					
4. ความประหยัด (Economic)						
4.1	มีราคาต้นทุนในการผลิตที่ไม่สูง และสามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้					

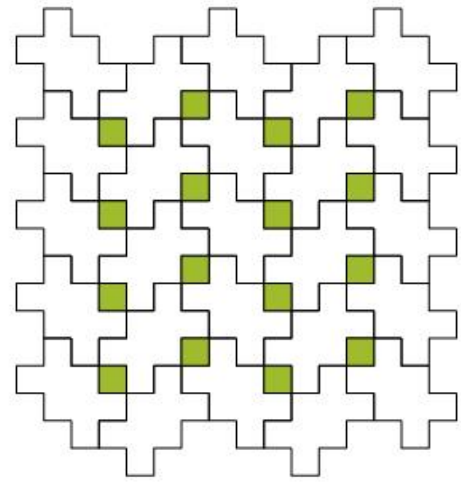
ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
5. วัสดุ (Materials)						
5.1	มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี					
6. โครงสร้าง (Construction)						
6.1	มีการออกแบบรูปทรงให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงและสามารถรองรับน้ำหนักได้ดี					
6.2	มีการออกแบบให้สามารถวางเชื่อมต่อกันได้สนิท					
7. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)						
7.1	สามารถหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก					
7.2	มีการนำมาใช้งานในการจัดวางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน					
8. ความสวยงาม (Aesthetics)						
8.1	มีการออกแบบรูปทรงและลวดลาย ทำให้เกิดความสวยงาม เมื่อนำมาจัดวางเรียงกันในลักษณะต่างๆ ทั้งรวม 12 รูปแบบ และเกิดความน่าสนใจ					
8.2	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ					
9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality)						
9.1	ผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุที่มีความพรุนตัว และมีความแข็งแรง ทนทานสูง					
9.2	ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและสามารถระบายน้ำได้ดี					
10. กรรมวิธีการผลิต (Production)						
10.1	มีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์					
10.2	มีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์					
11. การซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance)						
11.1	ผลิตภัณฑ์สามารถถอดหรือทำการเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องรื้อถอนออกทั้งหมด โดยสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่เฉพาะชิ้นหรือพื้นที่ได้					
12. การขนส่ง (Transportation)						
12.1	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์และใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ส่วนหนึ่ง					
12.2	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก-ปานกลาง โดยสามารถนำมาจัดเรียงซ้อนให้เสมอกันได้ ทำให้ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่งได้อย่างดี					

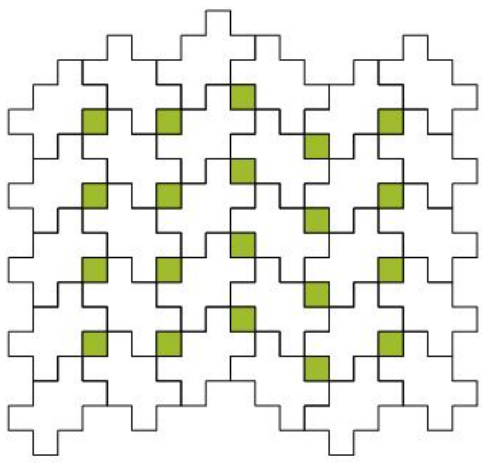
ตัวอย่างการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น <u>รูปแบบที่ 1</u>

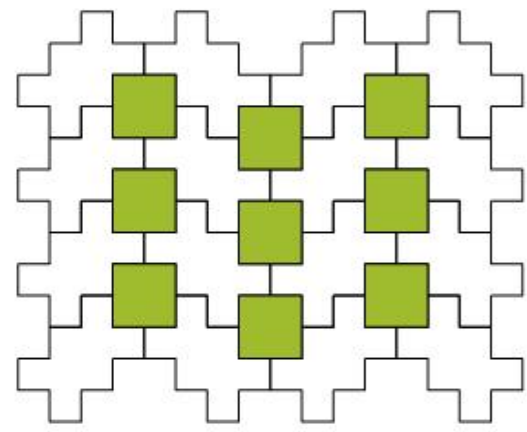




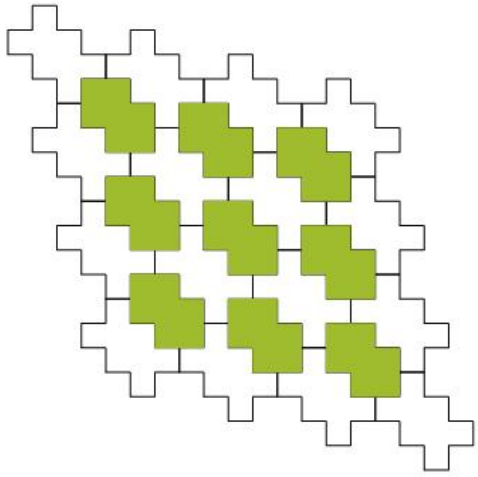


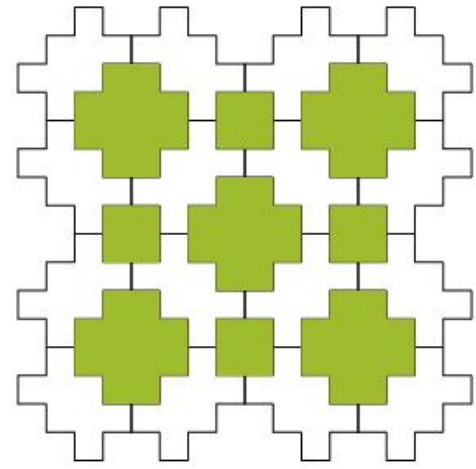


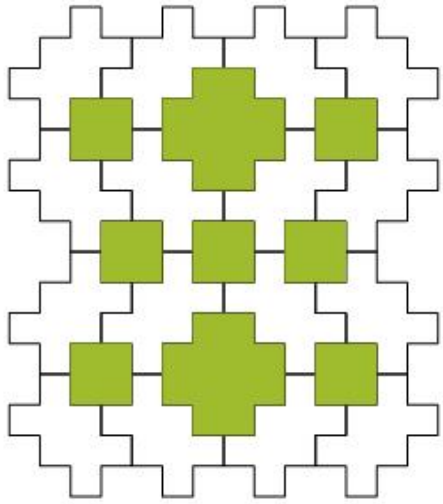


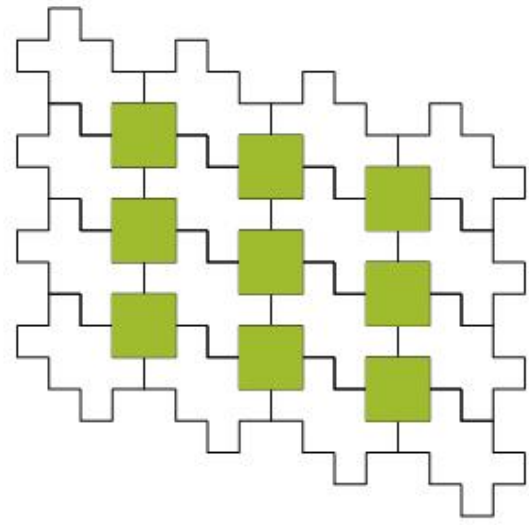


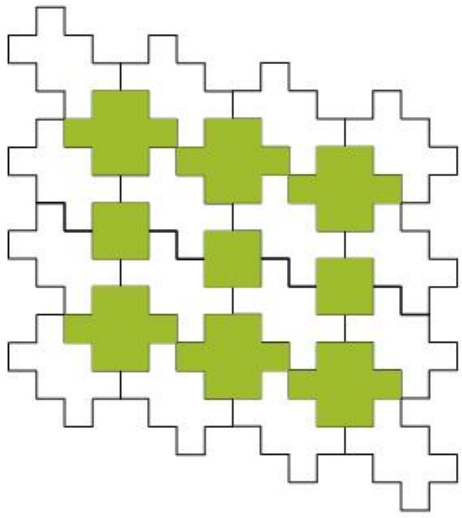
ตัวอย่างการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 1 (ต่อ)

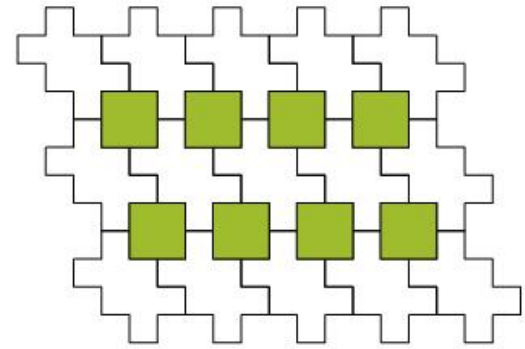




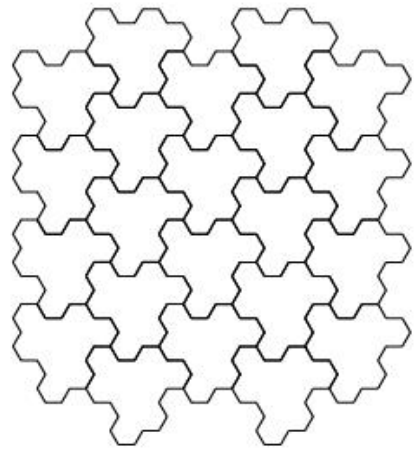


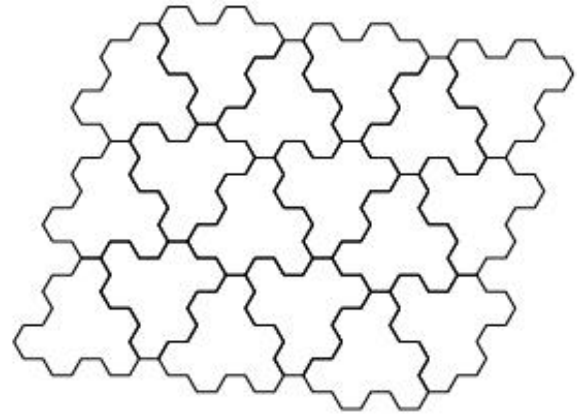


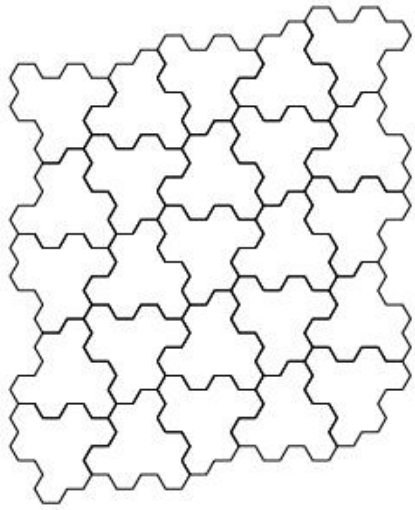


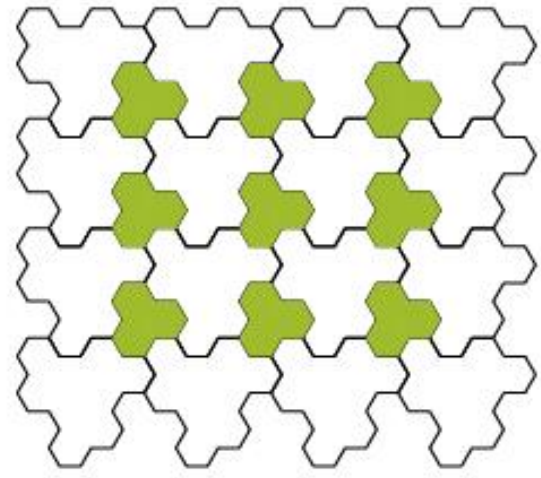


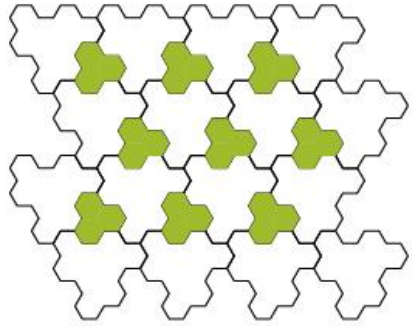
ตัวอย่างการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น <u>รูปแบบที่ 2</u>

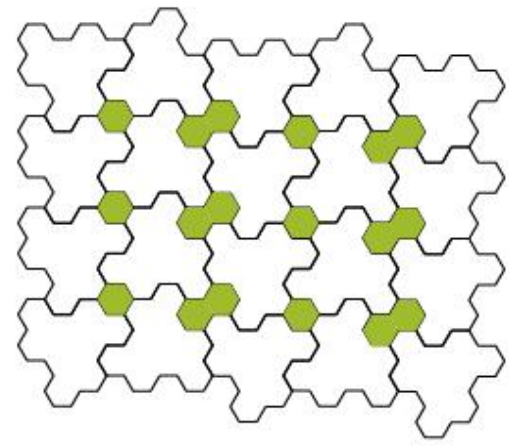




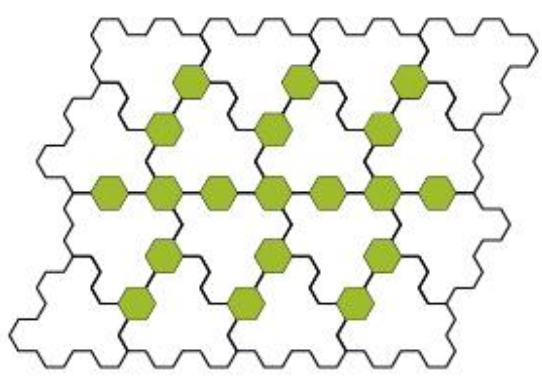


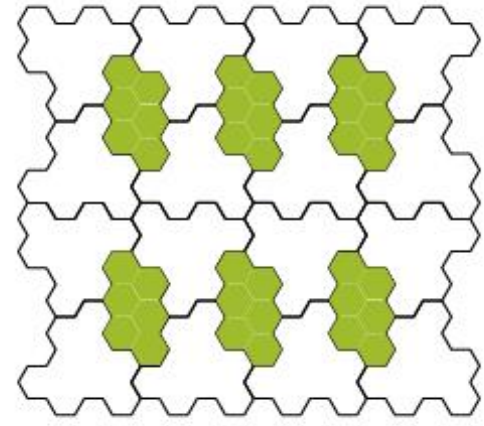


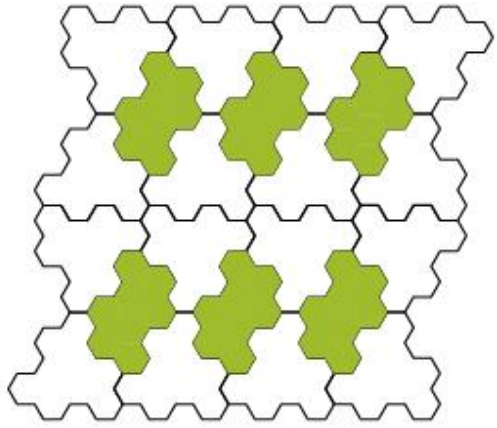


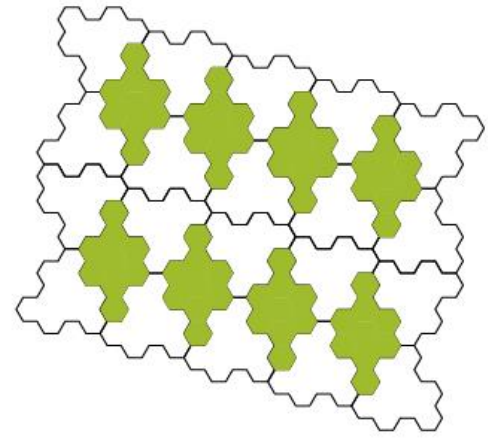


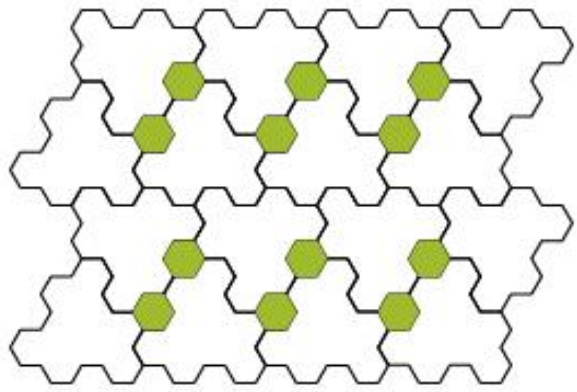
ตัวอย่างการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 (ต่อ)

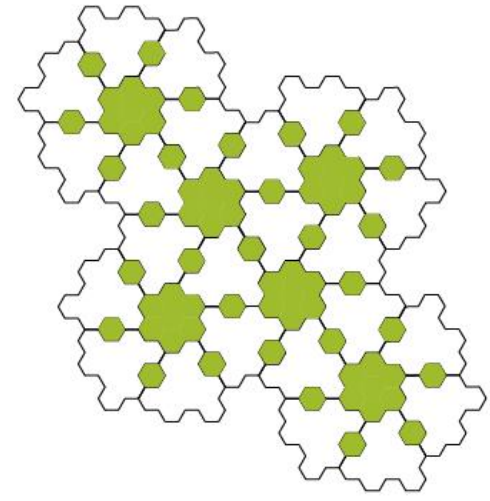




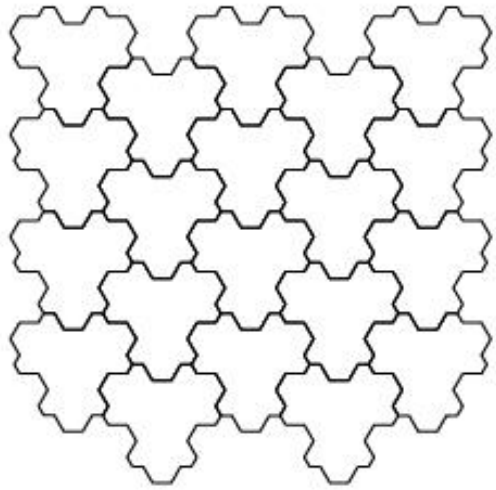


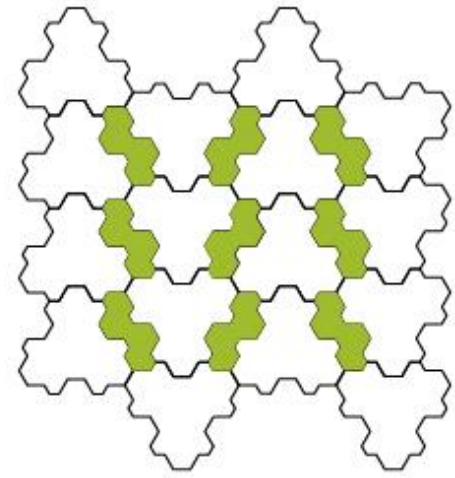


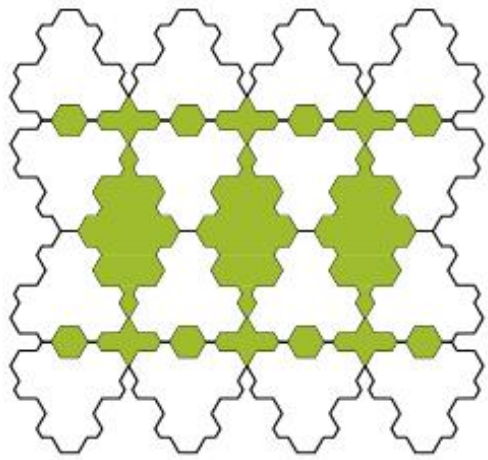


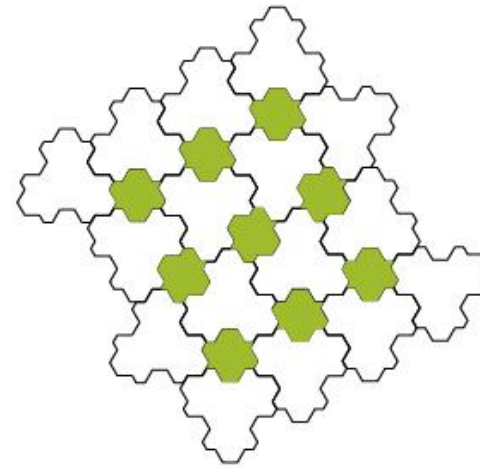


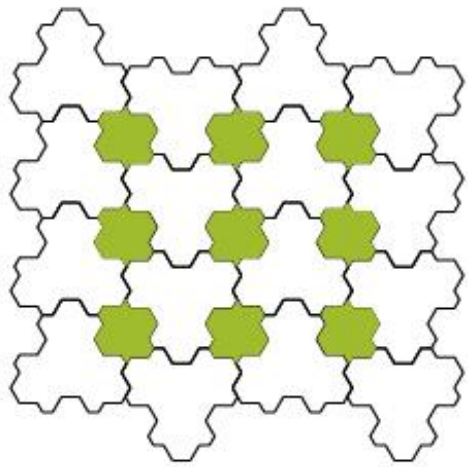
ตัวอย่างการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น <u>รูปแบบที่ 3</u>

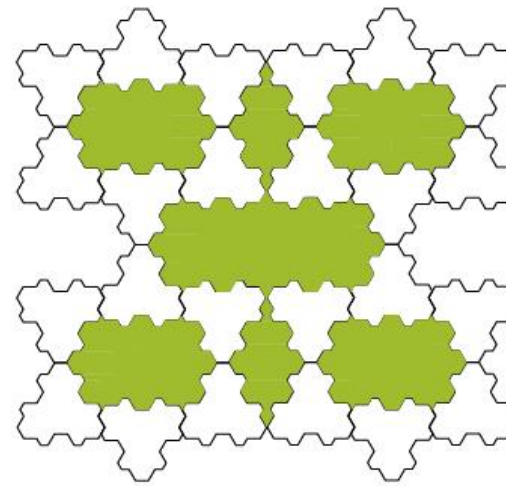




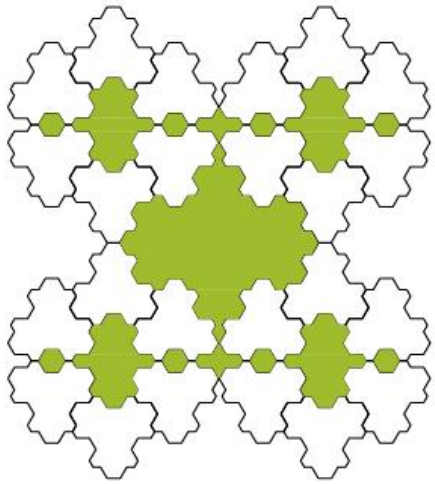


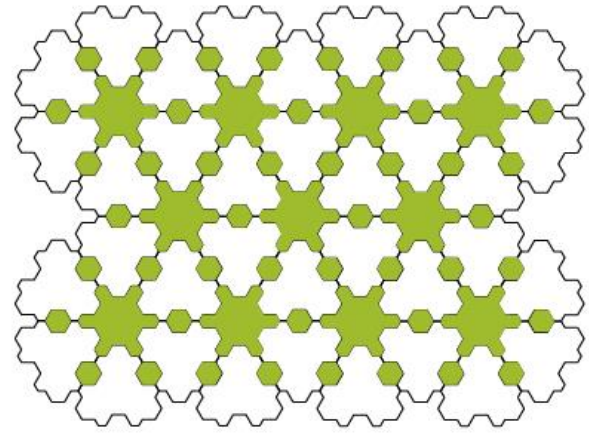


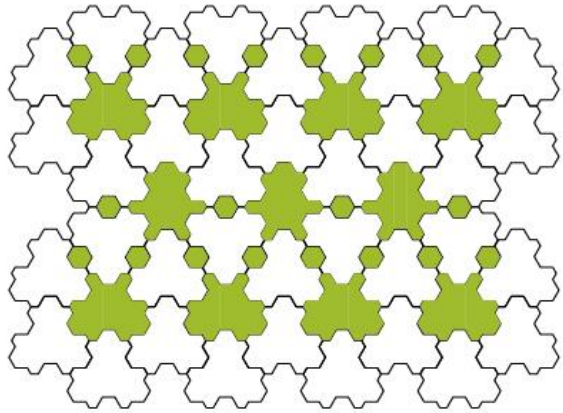




ตัวอย่างการวางเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น <u>รูปแบบที่ 3</u> (ต่อ)







<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (สำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์)

<u>รายละเอียด</u>

แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยเป็นรูปแบบที่ผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกที่เหมาะสมแล้ว

โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตและวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โปรดพิจารณาในการตอบแบบประเมินดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ส่วนที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

<u>เกณฑ์ในการประเมิน</u>

5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. อายุ.....อาชีพ.....
3. ชื่อบริษัทหรือสถานที่ทำงาน.....
4. ตำแหน่ง.....
5. ประสบการณ์ทำงาน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ภาพแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1. การลด (Reduce)						
1.1	สามารถช่วยลดปริมาณกากของเสีย หรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้					
1.2	สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ที่เป็นวัสดุประสานในตัวผลิตภัณฑ์ได้					
1.3	สามารถช่วยลดการใช้ทรัพยากรในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เดิมได้ เช่น หิน กรวด ทราย เป็นต้น					
1.4	สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการจัดการกากของเสีย / วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้					
1.5	สามารถช่วยลดพลังงานที่ใช้ในการจัดการกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้					
1.6	สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำต้นแบบและแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้					
1.7	สามารถช่วยลดปริมาณการปลอยก๊าซคารบอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกได้					

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
2. การใช้ซ้ำ (Reuse)						
2.1	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตัด เพื่อให้เข้ามุมหรือขอบของพื้นที่ใช้งาน สามารถนำมาใช้ซ้ำได้					
2.2	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้					
3. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)						
3.1	ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่ชำรุดเสียหาย แตก หัก หรือบิ่น สามารถนำมาทำการบดละเอียดและนำกลับมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใหม่ได้					
3.2	เป็นการนำกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่					
4. การซ่อมบำรุง (Repair)						
4.1	มีการใช้วัสดุที่มีความพรุนตัวทำให้มีน้ำหนักเบา สามารถหยิบจับหรือเคลื่อนย้ายได้ง่ายและสะดวก					
4.2	มีการออกแบบรูปทรงให้สามารถทำการถอดหรือทำการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ได้ง่ายและสะดวก					

<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (สำหรับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

<u>รายละเอียด</u>

แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยเป็นรูปแบบที่ผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกที่เหมาะสมแล้ว

โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โปรดพิจารณาในการตอบแบบประเมินดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ส่วนที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

<u>เกณฑ์ในการประเมิน</u>

5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. อายุ.....อาชีพ.....
3. ชื่อบริษัทหรือสถานที่ทำงาน.....
4. ตำแหน่ง.....
5. ประสบการณ์ทำงาน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
(สำหรับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

ภาพแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1. หน้าที่ใช้สอย (Function)						
1.1	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่หรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้หลากหลาย เช่น พื้นซีเมนต์ พื้นดิน และพื้นหญ้า					
1.2	สามารถนำมาจัดวางได้ถึง 12 รูปแบบ และทำให้เกิดลวดลายแบบใหม่ โดยใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม					
2. ความปลอดภัย (Safety)						
2.1	ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัส					
2.2	ผลิตภัณฑ์ไม่มีผลกระทบหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม					
3. ความแข็งแรง (Construction)						
3.1	สามารถทนต่อแรงอัด แรงกดและแรงกระแทกได้ดี					
3.2	สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นง่าย					
3.3	สามารถทนต่อการเสียดสีหรือการสัมผัสได้ดี					

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
4. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)						
4.1	สามารถหยิบ ยกหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มาใช้งานได้ง่ายและสะดวก					
4.2	มีการนำมาใช้งานในการจัดวางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน					
5. ความสวยงาม (Aesthetics)						
5.1	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ สามารถนำมาจัดวางเรียงกันในลักษณะต่างๆได้ทั้งหมดรวม 12 รูปแบบ					
5.2	มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เกิดความสวยงาม มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ					
6. ราคา (Cost)						
6.1	ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้					
6.2	ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตได้					
7. วัสดุ (Materials)						
7.1	มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดี					
7.2	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิว สีสันแปลกใหม่น่าสนใจ					
8. กรรมวิธีการผลิต (Production)						
8.1	มีการออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์					
8.2	มีการใช้วัสดุในการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์					
9. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (Maintenance)						
9.1	ผลิตภัณฑ์สามารถถอดหรือทำการเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องรื้อถอนออกทั้งหมด					
9.2	ผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่เฉพาะชิ้นหรือเฉพาะบางพื้นที่ได้					
10. การขนส่ง (Transportation)						
10.1	ผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้					
10.2	ผลิตภัณฑ์มีการออกแบบให้มีรูปทรงที่สามารถนำมาจัดเรียงซ้อนกันได้ ทำให้ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่งได้อย่างดี					

<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ (สำหรับผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

<u>รายละเอียด</u>

แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยเป็นรูปแบบที่ผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกที่เหมาะสมแล้ว

โดยขอความอนุเคราะห์ท่านผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นโปรดพิจารณาในการตอบแบบประเมินดังกล่าวตามความเป็นจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินมีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ส่วนที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

<u>เกณฑ์ในการประเมิน</u>

5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1. เพศ .....
2. อายุ ....
3. สถานภาพสมรส ....
4. ระดับการศึกษา .....
5. อาชีพ ....
6. รายได้ (ต่อเดือน) .....

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
(สำหรับผู้บริโภคและผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น)

ภาพแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1. ความต้องการของผู้บริโภค (Consumer Wants and Needs)						
1.1	มีรูปทรง สีสันที่แปลกใหม่และน่าสนใจ					
1.2	สามารถใช้ตกแต่งสถานที่ อาคารหรือพื้นที่บริเวณต่างๆได้หลากหลาย					
1.3	มีการใช้วัสดุที่มีพื้นผิวและลวดลายน่าสนใจ					
1.4	มีพื้นผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อการสัมผัสและใช้งาน					
1.5	สามารถทนต่อแรงกดและแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักหรือบิ่นได้ง่าย					
1.6	มีโครงสร้างที่แข็งแรง สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี					
2. ต้นทุนของผู้บริโภค (Consumer's Cost to Satisfy)						
2.1	ผลิตภัณฑ์แบบไม่มีสีที่ชั้นผิว มีความเหมาะสมของราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ 3.00 บาท (ต่อก้อน)					
2.2	ผลิตภัณฑ์แบบมีสีที่ชั้นผิว มีความเหมาะสมของราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ 3.50 บาท (ต่อก้อน)					

ลำดับ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
3. ความสะดวกในการซื้อ (Convenience to buy)						
3.1	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางแหล่งพื้นที่ชุมชนผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น					
3.2	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางศูนย์แสดงสินค้าชุมชน OTOP					
3.3	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางบริษัทผู้ผลิตและจำหน่าย					
3.4	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางร้านค้าผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง					
3.5	มีความเหมาะสมในการจำหน่ายผ่านทางเว็บไซต์					
4. การสื่อสาร (Communication)						
4.1	ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา สามารถช่วยลดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ในการนำมาใช้งานได้ดี					
4.2	ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัว สามารถระบายน้ำและความร้อนได้ดี					
4.3	ผลิตภัณฑ์สามารถนำมาจัดเรียงได้หลายรูปแบบ					
4.4	ผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน					
4.5	ผลิตภัณฑ์สามารถนำมาจัดเรียงได้ถึง 14 รูปแบบ โดยสามารถทำให้เกิดลวดลายใหม่ได้ในแต่ละพื้นที่ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม					

<u>ส่วนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์และทดสอบ

1. หนังสือผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพ
2. หนังสือผลการวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของขนาดอนุภาค
3. หนังสือผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์
4. หนังสือผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 827-2531

ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Nuclear Technology Service Center
Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)
เลขที่ 9/9 หมู่ที่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120 โทรศัพท์ 037 392912 โทรสาร 037 392913
9/9 Moo 7, Saimoon Sub-district, Ongkharak District, Nakon Nayok 26120 Thailand
Tel. 037 392912 Fax. 037 392913 www.tint.or.th

ที่ วท 5905/5751/2559

ถึง คุณ ภัทรพล เรืองศรี

ด้วย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ตามคำร้องขอของ คุณ ภัทรพล เรืองศรี เสร็จเรียบร้อยแล้ว

จึงขอนำส่งหนังสือแจ้งผลวิเคราะห์ ที่ วท 5905/5751/2559 วันที่ 26 พฤษภาคม 2559 มาเพื่อโปรดทราบ

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
26 พฤษภาคม 2559

ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์
โทร. 037392912
โทรสาร 037392913

ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Nuclear Technology Service Center
Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)
เลขที่ 9/9 หมู่ที่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120 โทรศัพท์ 037 392912 โทรสาร 037 392913
9/9 Moo 7, Saimoon Sub-district, Ongkharak District, Nakon Nayok 26120 Thailand
Tel. 037 392912 Fax. 037 392913 www.tint.or.th

ที่ วท. 5905/5751/2559
วันที่ออก : 26 พฤษภาคม 2559

หนังสือแจ้งผลการวิเคราะห์

ผู้ใช้บริการ : คุณ ภัทรพล เรืองศรี
วันที่รับตัวอย่าง : 24 พฤษภาคม 2559
วัตถุประสงค์ : องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพ

เลขที่รับศท. : 0549/2559
วันที่วิเคราะห์ : 25 พฤษภาคม 2559
วิธีวิเคราะห์ : XRF Standardless method

รายงานผล

ตัวอย่าง	ลักษณะ	ธาตุที่พบ
Ceramic Waste	ผงสีน้ำตาลแดง	ซิลิคอน อะลูมิเนียม เหล็ก โพแทสเซียม โซเดียม ไทเทเนียม แบเรียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส ฟอสฟอรัส รูบิเดียม เซอร์โคเนียม กำมะถัน โครเมียม

รายละเอียดเพิ่มเติมตามเอกสารแนบ

วิเคราะห์โดย
(นางอรพรรณ ลีลานุพัฒน์)
นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ชำนาญการ

ตรวจทานโดย
(นายวุฒิเดช ธรฤทธิ์)
หัวหน้าฝ่ายตรวจวัดวิเคราะห์โดยเทคนิคเชิงนิวเคลียร์

อนุมัติโดย
(นายอำไพ สุขบำเพ็ง)
ผู้จัดการศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์

รายงานผลวิเคราะห์นี้ต้องไม่ถูกสำเนาแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันฯ

ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Nuclear Technology Service Center
Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)
เลขที่ 9/9 หมู่ที่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120 โทรศัพท์ 037 392912 โทรสาร 037 392913
9/9 Moo 7, Saimoon Sub-district, Ongkharak District, Nakon Nayok 26120 Thailand
Tel. 037 392912 Fax. 037 392913 www.tint.or.th

ที่ วท. 5905/5751/2559

Attachment Page 1/1

Issued Date : 26 May 2016

ANALYSIS REPORT

Client : คุณ ภัทรพล เรืองศรี

Request No. : 0549/2559

Date received : 24 May 2016

Date analyzed : 25 May 2016

Objective : Qualitative composition

Method : XRF Standardless

Client Reference/Code No. : Ceramic Waste

Element	Concentration (%)	Compound	Concentration (%)
Si	31.41	SiO_2	67.20
Al	11.24	Al_2O_3	21.25
Fe	4.00	Fe_2O_3	5.71
K	1.72	K_2O	2.07
Na	0.53	Na_2O	0.71
Ti	0.51	TiO_2	0.85
Ba	0.50	BaO	0.56
Ca	0.46	CaO	0.64
Mg	0.45	MgO	0.75
Mn	0.06	MnO	0.08
P	0.03	P_2O_5	0.06
Rb	0.03	Rb_2O	0.03
Zr	0.02	ZrO_2	0.03
S	0.02	SO_3	0.05
Cr	0.01	Cr_2O_3	0.02

* Note- Light element as C, H, B, N, F can not be detected by XRF.

The results are reported based on 100% normalization of oxide compounds.

This report represented our findings basing upon the sample(s) and time as described above only.

Analyzed by

(Mrs. Orapun Leelanupat)
Senior Nuclear Scientist

Verified by

(Mr. Wuthidaj Thorarith)
Head of Nuclear Analytical Techniques

Approved by

(Mr. Umpai Sookbumperng)
Manager of Nuclear Technology Service Center

This report shall not be reproduced, except in full, without prior written permission of the institute.

MTEC
a member of NSTDA

MTEC1770/59

รายงานผลการวิเคราะห์

วันที่รายงาน	:	18 พฤษภาคม 2559
ตัวอย่างจาก	:	นายภัทรพล เรืองศรี 52/759 หมู่ที่ 10 ถ.พหลโยธิน ต.ห้วยบง อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี 18000 โทรศัพท์ : 08 5065 1411
ทดสอบโดย	:	ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ หน่วยวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
วันที่รับตัวอย่าง	:	11 เมษายน 2559
วันที่วิเคราะห์	:	15 พฤษภาคม 2559
ตัวอย่างที่วิเคราะห์	:	Ceramic waste powder จำนวน 1 ตัวอย่าง
การบ่งชี้ตัวอย่าง	:	Ceramic waste (S)
เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์	:	Mastersizer-2000, Malvern Instruments Limited
เทคนิคในการวิเคราะห์	:	Laser diffraction Technique
สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์	:	Red light source : He-Ne laser source, λ : 633 nm. Blue light source : Solid state light source Beam length : 2.35 mm. Particle size range analysis : 0.02-2,000 μm. Dispersion unit : Hydro 2000S (A) Dispersing medium : De-ionized water Additive : 0.1% w/v Sodium hexametaphosphate Treatment : Ultrasonic 10 minutes with ultrasonic bath. : Stirring at 2000 rpm during measuring. ค่าดัชนีหักเหของตัวอย่าง : 1.530 จำนวนครั้งในการทดลอง 3 ครั้ง Laser power : 81.9

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2564 6500 โทรสาร 0 2564 6501-5

National Metal and Materials Technology Center
National Science and Technology Development Agency
114 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120 Thailand.
Tel. +66 2564 6500 Fax. +66 2564 6501-5 http://www.mtec.or.th

MTEC
a member of NSTDA

การเตรียมตัวอย่าง :

1.) เตรียมเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์แบบเปียกโดยใช้สารละลาย 0.1% w/v Sodium hexametaphosphate เป็นตัวกลาง จากนั้นปรับความเร็วรอบ Stirrer ของ Hydro 2000S (A) ไปที่ 2,000 rpm

2.) นำตัวอย่าง 1 กรัม ไปกระจายตัวในสารละลาย 0.1% w/v Sodium hexametaphosphate แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath นาน 10 นาที ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์

3.) เทตัวอย่างลงไปใน Chamber ของ Hydro 2000S (A) จากนั้นทำการวัดตัวอย่างด้วยเครื่อง Mastersizer 2000.

4.) ทำการวัดตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง

ความหมายทางเทคนิค :

ค่า Obscuration คือ ค่าที่อนุภาคมาปิดบัง (บดบัง) ลำแสงเลเซอร์ที่ยิงออกมา (เปอร์เซ็นต์) ซึ่งช่วงที่ใช้ในการพิจารณาแบ่งได้ดังนี้

1. การวัดตัวอย่างแบบ Dry analysis ค่า Obscuration ที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.1-5%
2. การวัดตัวอย่างแบบ Wet analysis ค่า Obscuration ที่ใช้อยู่ระหว่าง 10-30%

ค่า Residual คือ ค่าความผิดพลาดในการวิเคราะห์อันอาจจะเกิดจากผลทางอิเล็กทรอนิกส์ในขณะที่อนุภาคไหลเข้าสู่เซลล์ขณะที่ทำการตรวจวัดซึ่งค่านี้ ไม่ควรจะเกิน 5%

ค่า D [4, 3] คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคในเชิงปริมาตร

ค่า D [3, 2] คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคในเชิงพื้นที่ผิว

ค่า D (v, 0.1) คือ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่พบอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับขนาดที่วิเคราะห์ได้เป็นไมครอน

ค่า D (v, 0.5) คือ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่พบอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับขนาด ที่วิเคราะห์ได้เป็นไมครอน

ค่า D (v, 0.9) คือ 90 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่พบอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับขนาด ที่วิเคราะห์ได้เป็นไมครอน

ค่า Span คือ ค่าความกว้างในการกระจายตัวของอนุภาคที่ไม่ขึ้นกับค่ามัธยฐาน (D (v, 0.5))

ค่า Uniformity คือ ค่าการวัดความเบี่ยงเบนสมบูรณ์จาก**ค่ามัธยฐาน (D (v, 0.5))**

MTEC
a member of NSTDA

ค่า **Specific Surface Area** คือ ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งคำนวณจากค่าความหนาแน่นของอนุภาคที่วิเคราะห์ และค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคในเชิงพื้นที่ผิว

ผลการวิเคราะห์ :

ผลการวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Mastersizer-2000 แสดงดังตารางที่ 1 และเอกสารแนบที่ 1-3

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของตัวอย่าง Ceramic waste (S)

จำนวนครั้งในการวิเคราะห์	จำนวนการวิเคราะห์ซ้ำ	D [4,3] ไมครอน	D (v,0.1) ไมครอน	D (v,0.5) ไมครอน	D (v,0.9) ไมครอน	Span
1	1	22.45	1.27	11.44	48.37	4.12
	2	22.44	1.27	11.55	47.67	4.02
	3	22.99	1.27	11.59	48.34	4.06
2	1	22.15	1.28	11.64	47.97	4.01
	2	22.26	1.28	11.68	48.24	4.02
	3	22.80	1.28	11.69	47.74	3.97
3	1	22.13	1.28	11.72	48.03	3.99
	2	22.88	1.28	11.75	48.96	4.06
	3	22.64	1.28	11.76	48.15	3.98
ค่าเฉลี่ย		22.52	1.28	11.65	48.16	4.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.32	0.01	0.11	0.39	0.05
% ค่าความผิดพลาด		1.42	0.78	0.94	0.81	1.24

หมายเหตุ : ความหนาแน่นและพื้นที่ผิวจำเพาะที่แสดงไว้ในเอกสารแนบเป็นค่าที่ตั้งไว้ในเครื่อง ไม่เกี่ยวข้องกับสมบัติของสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

MTEC a member of NSTDA

การแปลผล/ความคิดเห็น : ไม่มี

เอกสารแนบ :

เอกสารแนบหน้าที่	รายละเอียด
1-3	ผลการวิเคราะห์ขนาดและกระจายขนาดอนุภาคของ Ceramic waste (S)

ทดสอบโดย :

(นายสามารถ นุชสาย)

(นายอรินทรเชษฐ์ ศิรินันทวิทยา)

ตรวจสอบโดย :

(นางปิยวรรณ ปนิทานเต)

หมายเหตุ

1. ศูนย์ฯ ไม่อนุญาตให้มีการแก้ไข เพิ่มเติม หรือเปลี่ยนแปลงรายงาน หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของรายงาน เว้นแต่จะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร จากศูนย์ฯ
2. ทางศูนย์ฯ ไม่สามารถรับผิดชอบต่อความเสียหายใด ๆ ที่จะเกิดขึ้น ไม่ว่าโดยทางตรงหรือทางอ้อม ในกรณีที่นำข้อมูล ผลการวิเคราะห์ ข้อสรุปหรือคำแนะนำฉบับนี้ไปใช้ในการออกแบบ การผลิต หรือเพื่อจุดประสงค์ใดก็ตาม
3. ผลการทดลองเป็นจริงเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

MTEC
a member of NSTDA

MTEC
a member of NSTDA

Result : Analysis Report

เอกสารแนบที่ 1

Sample Details

Sample ID : Ceramic waste (S)_1 **Measured :** 16 พฤษภาคม 2559 10:36:38

Sample File : D:\PCL\Mastersizer 2000\TS_59\MTEC1770_59.mea **Analysed :** 16 พฤษภาคม 2559 10:36:40

Sample Notes : Dispersion medium : De-ionized water.
Additive : 0.1% w/v Sodium hexametaphosphate.
Treatment : Ultrasonic 10 minutes with ultrasonic bath before measurement and stirring at 2000 rpm during measuring.

System Details

Accessory Name :	Hydro 2000S (A)	**Beam Length (mm) :**	2.35	**Obscuration (%) :**	21.53	**Residual (%) :**	0.724
Particle RI :	1.530	**Absorption :**	0.1	**Dispersant Name :**	Water	**Dispersant RI :**	1.330

Result Statistics

Distribution Type :	Volume	**Concentration :**	0.0143 %Vol	**Specific Surface Area :**	1.57	m²/g	
Mean Diameters :		**D (0.1) :**	1.28 um	**D (0.5) :**	11.76 um	**D (0.9) :**	48.15 um
D [4,3] :	22.64 um	**D [3,2] :**	3.81 um	**Span :**	3.984	**Uniformity :**	1.54

Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00
0.023	0.00
0.027	0.00
0.032	0.00
0.037	0.00
0.043	0.00
0.050	0.00
0.059	0.00
0.068	0.00
0.080	0.00
0.093	0.00
0.108	0.00
0.126	0.00
0.147	0.00

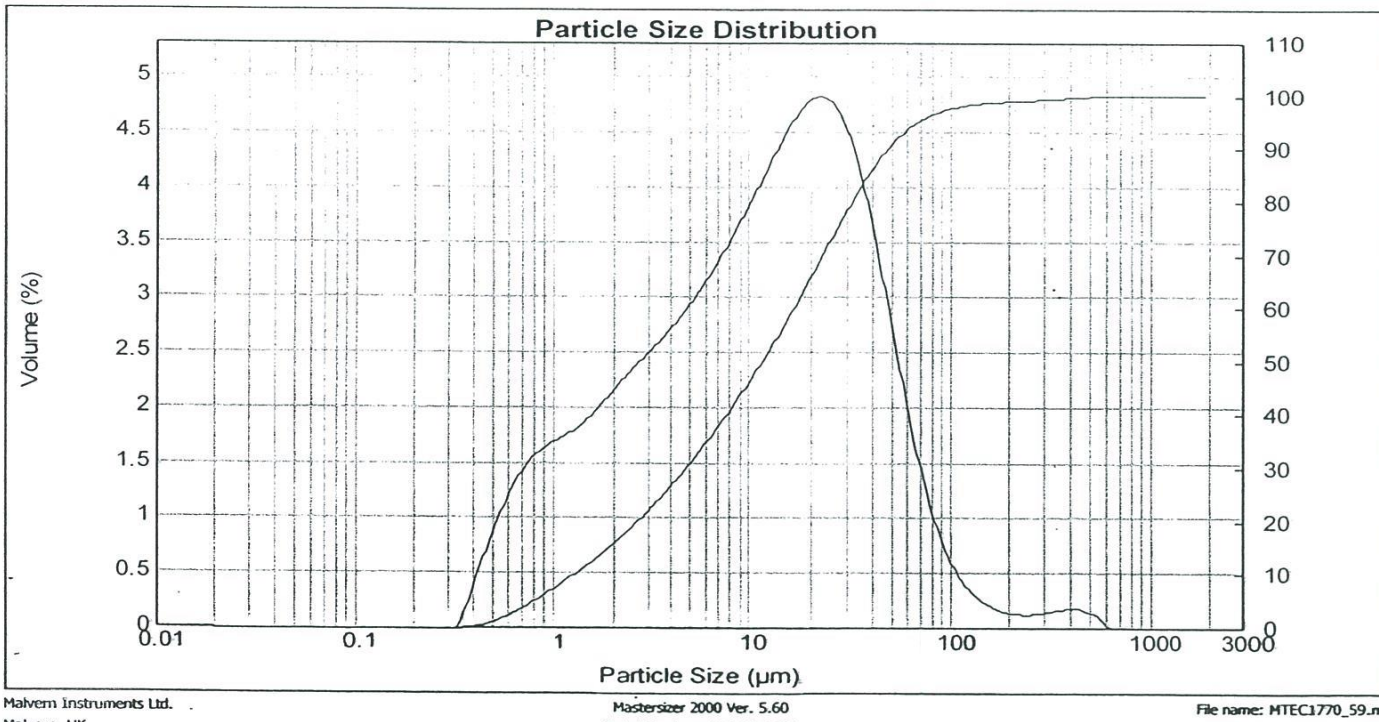
Size (µm)	Volume In %
0.147	0.00
0.172	0.00
0.200	0.00
0.233	0.00
0.272	0.00
0.317	0.00
0.370	0.02
0.431	0.34
0.502	0.67
0.586	1.00
0.683	1.27
0.796	1.47
0.928	1.60
1.082	1.69

Size (µm)	Volume In %
1.082	1.75
1.262	1.83
1.471	1.94
1.715	2.07
2.000	2.21
2.332	2.35
2.719	2.47
3.170	2.59
3.696	2.72
4.309	2.86
5.024	3.01
5.857	3.19
6.829	3.38
7.962	

Size (µm)	Volume In %
7.962	3.59
9.283	3.82
10.823	4.07
12.619	4.32
14.713	4.56
17.154	4.74
20.000	4.84
23.318	4.80
27.187	4.60
31.698	4.23
36.957	3.71
43.089	3.10
50.238	2.45
58.573	

Size (µm)	Volume In %
58.573	1.84
68.291	1.32
79.621	0.91
92.832	0.62
108.234	0.42
126.191	0.29
147.128	0.21
171.539	0.15
200.000	0.13
233.183	0.12
271.871	0.13
316.979	0.16
369.570	0.17
430.887	

Size (µm)	Volume In %
430.887	0.17
502.377	0.12
585.729	0.01
682.910	0.00
796.214	0.00
928.318	0.00
1082.339	0.00
1261.915	0.00
1471.285	0.00
1715.392	0.00
2000.000	



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel := +[44] (0) 1684-892456 Fax +[44] (0) 1684-892789

Mastersizer 2000 Ver. 5.60
Serial Number : MAL1021434

File name: MTEC1770_59.mea
Record Number: 46
18/5/2559 11:21:02

MTEC
a member of NSTDA

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0 - 2329 - 8333

COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT : การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน

CLIENT : นายภัทรพล เรืองศรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม - สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Reference No. : 59-1051

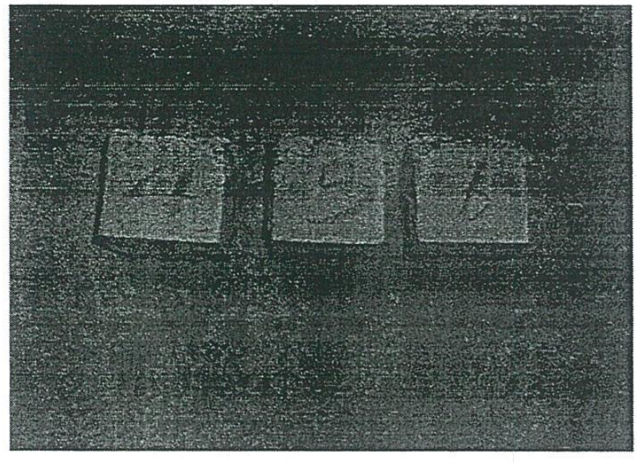
TYPE OF SPECIMEN : ☐ CYLINDER ☑ CUBE

Date of Request : 4/5/2016

SAMPLE DESCRIPTION : PCS 7

Date of Submission : 11/7/2016

Spec. No.	Dimension (cm.)			Weight	Cross Sectional	Weight per Volume	Date of Casting	Date of Testing	Ages	Ultimate Load	Compressive Strength	
	Width	Length	Height	(kg.)	Area ($cm.^2$)	($kg./m.^3$)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg.)	(ksc)	(Mpa)
1	5.01	5.04	5.00	0.253	25.25	2,006.94	28-Apr-16	18-May-16	20	14,866	588.75	57.74
2	5.02	5.07	5.01	0.258	25.45	2,019.43	28-Apr-16	18-May-16	20	14,911	585.85	57.45
3	5.01	5.07	5.01	0.254	25.40	1.999.10	28-Apr-16	18-May-16	20	14,829	583.78	57.25



Note : 1) There are three tested samples for this data sheet.

2) Certification applies to test samples only.

3) No erasure or alterations.

TESTED BY: (Mr. Somdot Natesawang)

CERTIFIED BY:

ดร.ชลิดา อู่ตะเภา

ที่ วท 0307/ 5526

ถึง นายภัทรพล เรืองศรี

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ หมายเลขปฏิบัติการ L60/01670.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L60/01670 วันที่ 13 มีนาคม 2560

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
พฤ 16 มี.ค. 2560
DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

กองวัสดุวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail: physics@dss.go.th

แบบ วศ.1

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์	-	L60/01670.1

ผลการทดสอบ

ความยาว , มิลลิเมตร	246.27
ความกว้าง , มิลลิเมตร	230.51
ความหนา , มิลลิเมตร	57.78
การลบมุม	
ด้านที่ 1 , มิลลิเมตร	6.75
ด้านที่ 2 , มิลลิเมตร	4.77
ลักษณะทั่วไป	ผ่าน
ความได้ฉากของด้านข้างโดยรอบกับผิวล่างของบล็อก , มิลลิเมตร	0.80
ความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่างของบล็อก , มิลลิเมตร	0.60

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายภัทรพล เรืองศรี
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	52/759 ม.10 ซอย 2/1 ถนนพหลโยธิน ตำบลห้วยบง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี 18000
ลักษณะตัวอย่าง	คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ขนาดความกว้าง 230 มิลลิเมตร ความยาว 250 มิลลิเมตร ความหนา 60 มิลลิเมตร จำนวน 3 ก้อน
วันที่ทดสอบ	26 – 27 เมษายน 2560
วิธีทดสอบ	มอก. 827 - 2531

ผู้รับรอง
(นายอนนท์ ป้อมประสิทธิ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

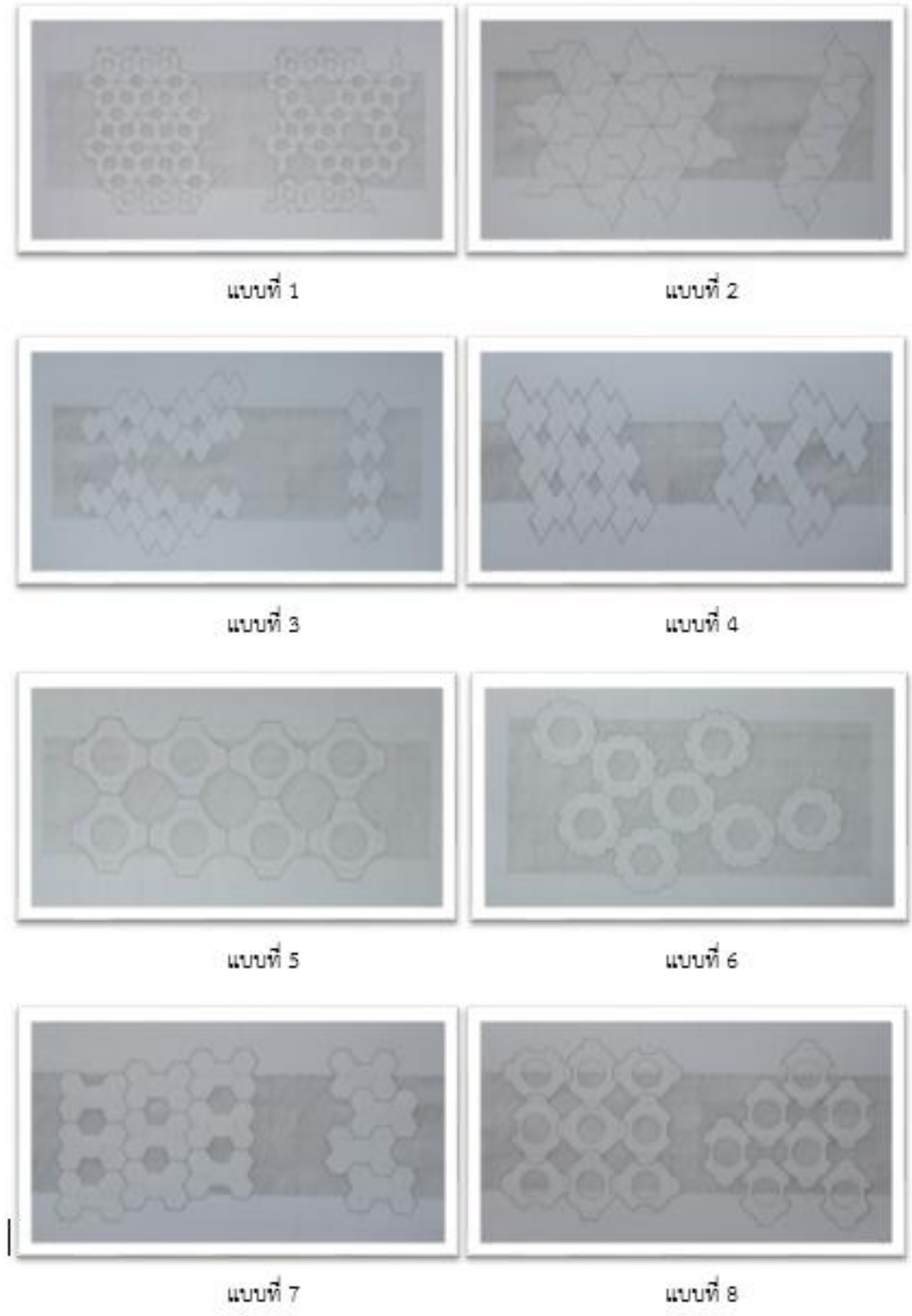
ผู้รายงาน
(นายมนตรี ศรีศิริ)
นายช่างเครื่องกล ชำนาญงาน

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

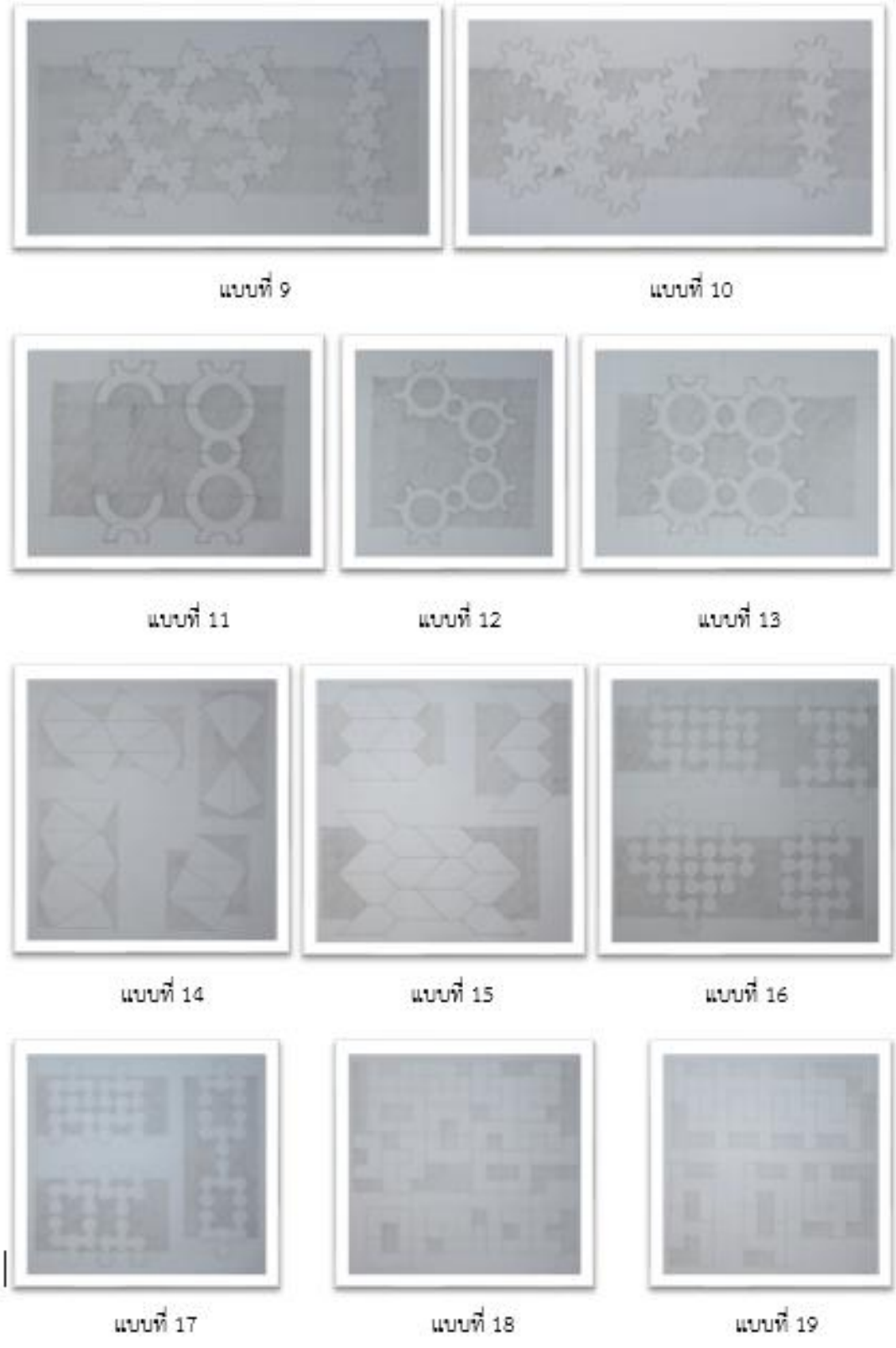
ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์

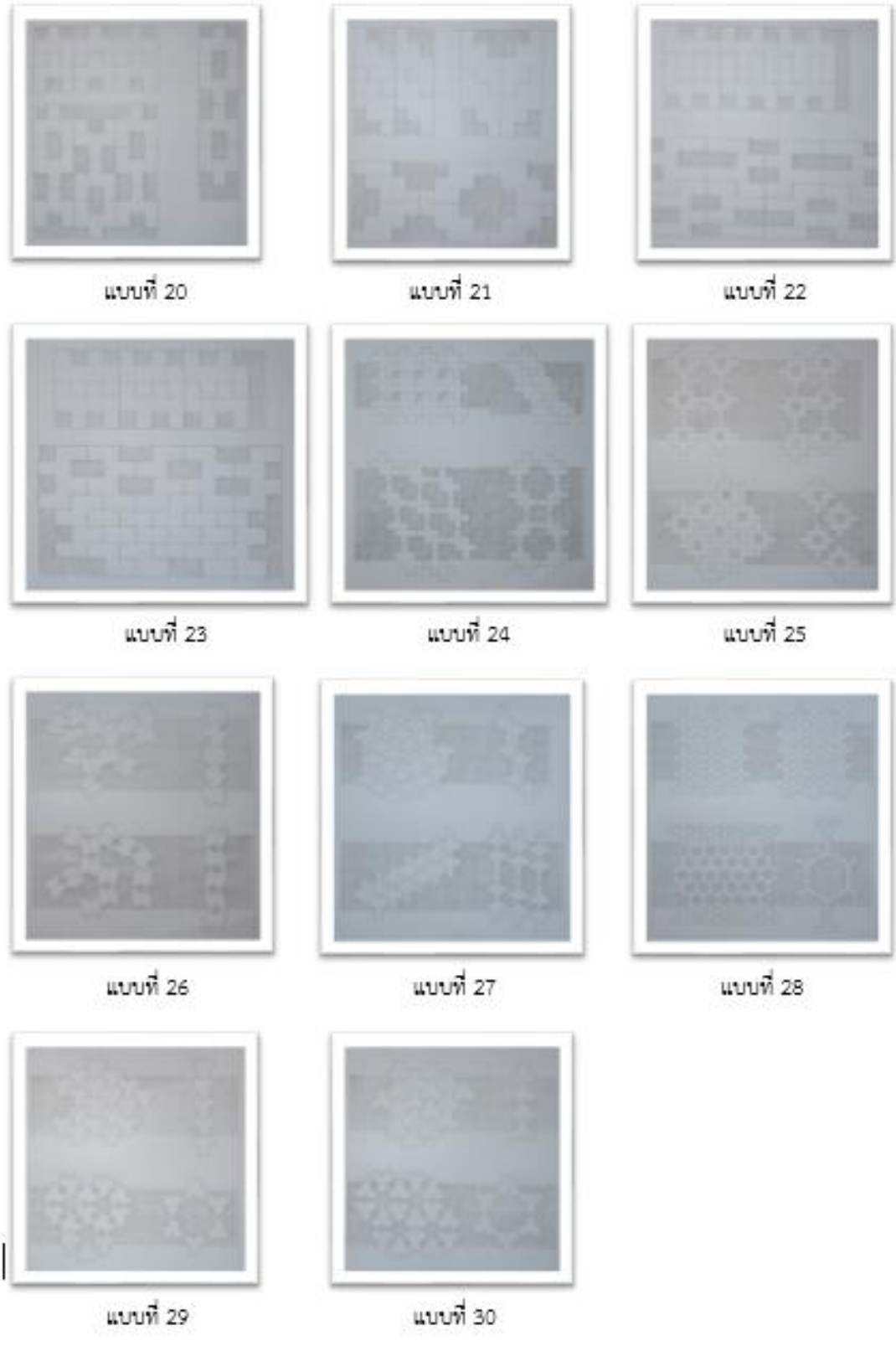
1. แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จำนวน 30 รูปแบบ
2. แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 รูปแบบ
3. แสดงภาพเขียนแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
4. แสดงรูปแบบตัวเชื่อมขอบข้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
5. แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในแหล่งพื้นที่ชุมชน
6. แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
7. แสดงภาพจำลองสถานที่ตัวอย่างการติดตั้งและนำไปใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์



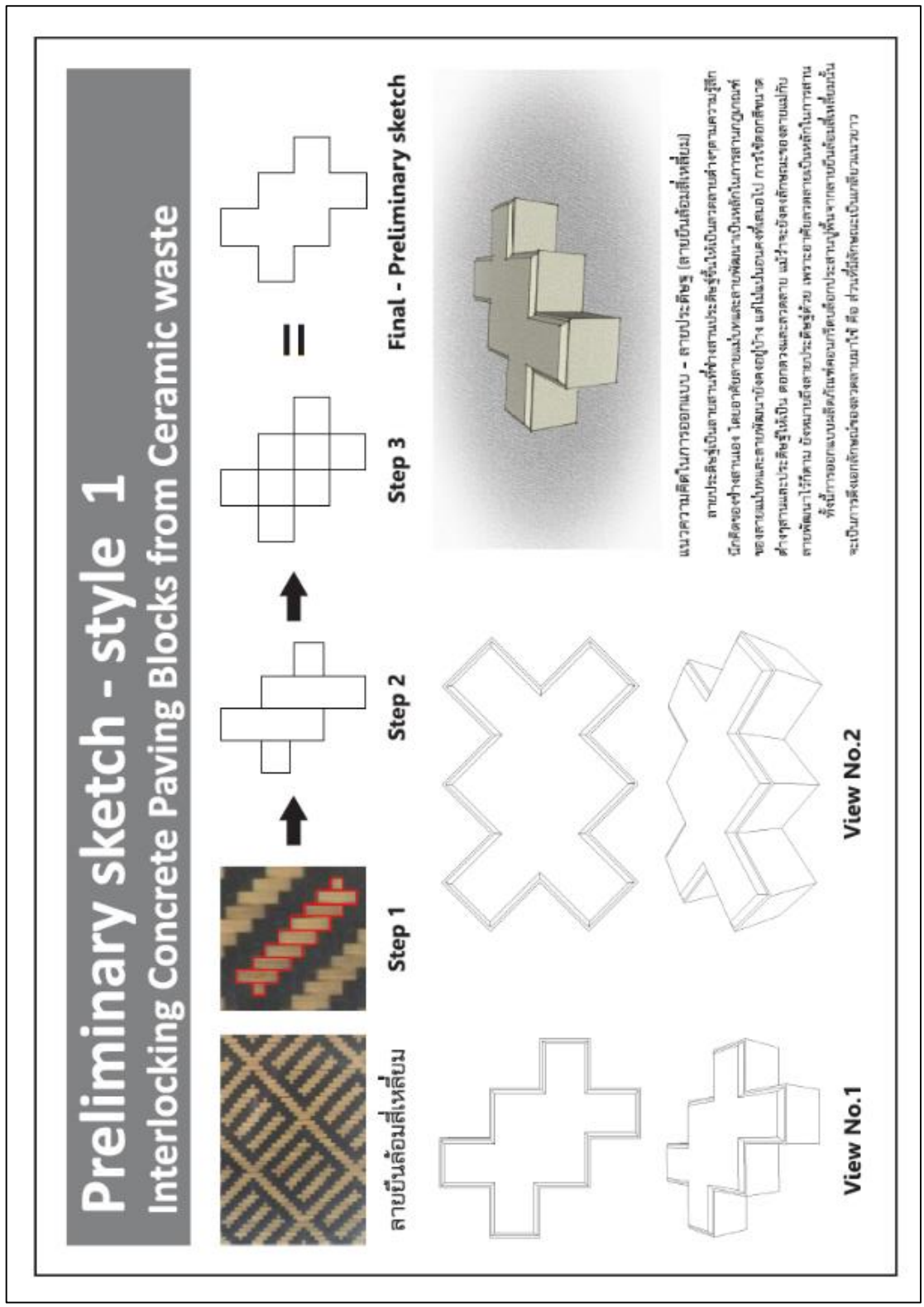
ภาพที่ ฉ.1 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 1-8
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ ฉ.2 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 9-19
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

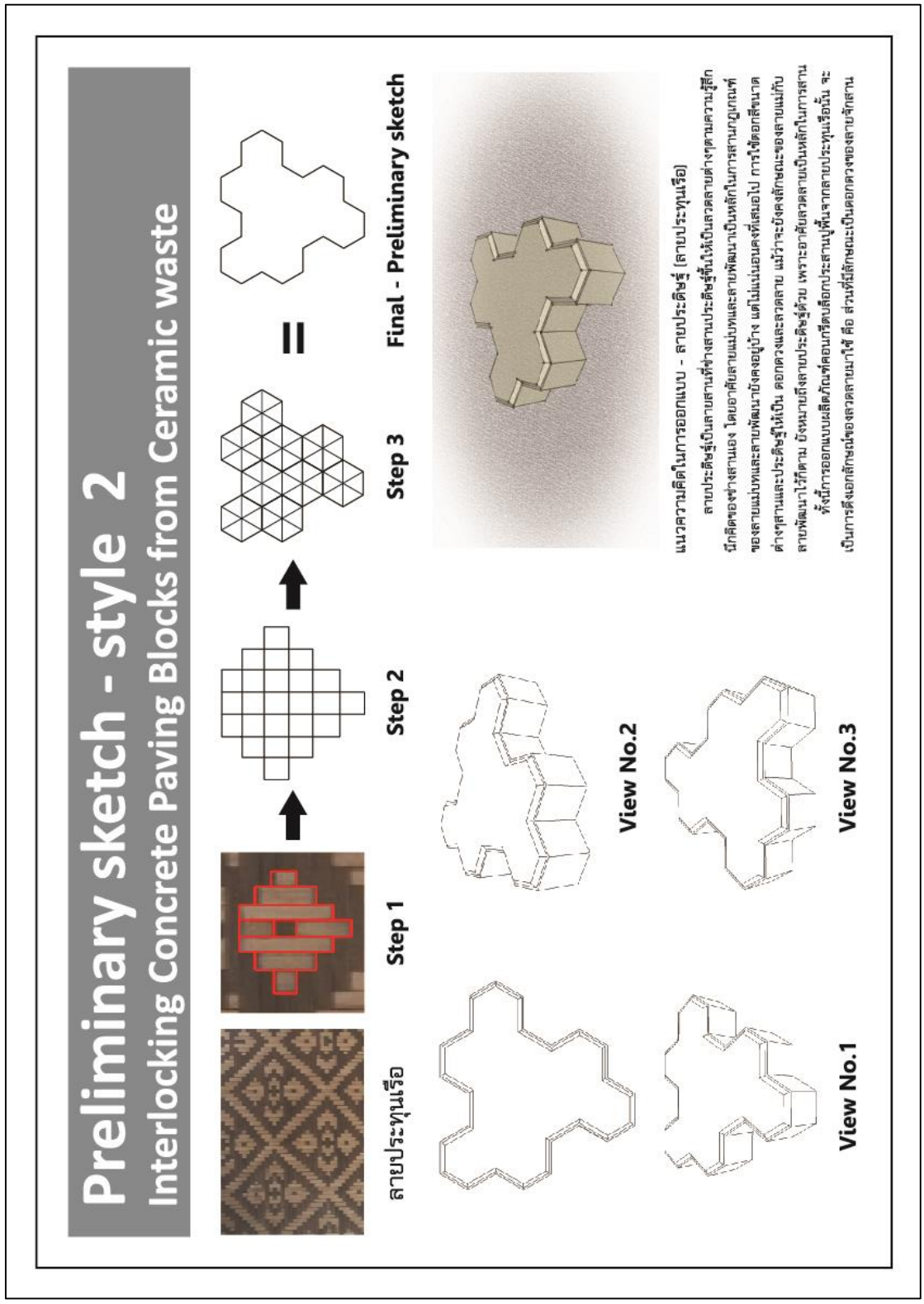


ภาพที่ ฉ.3 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น แบบที่ 20-30
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



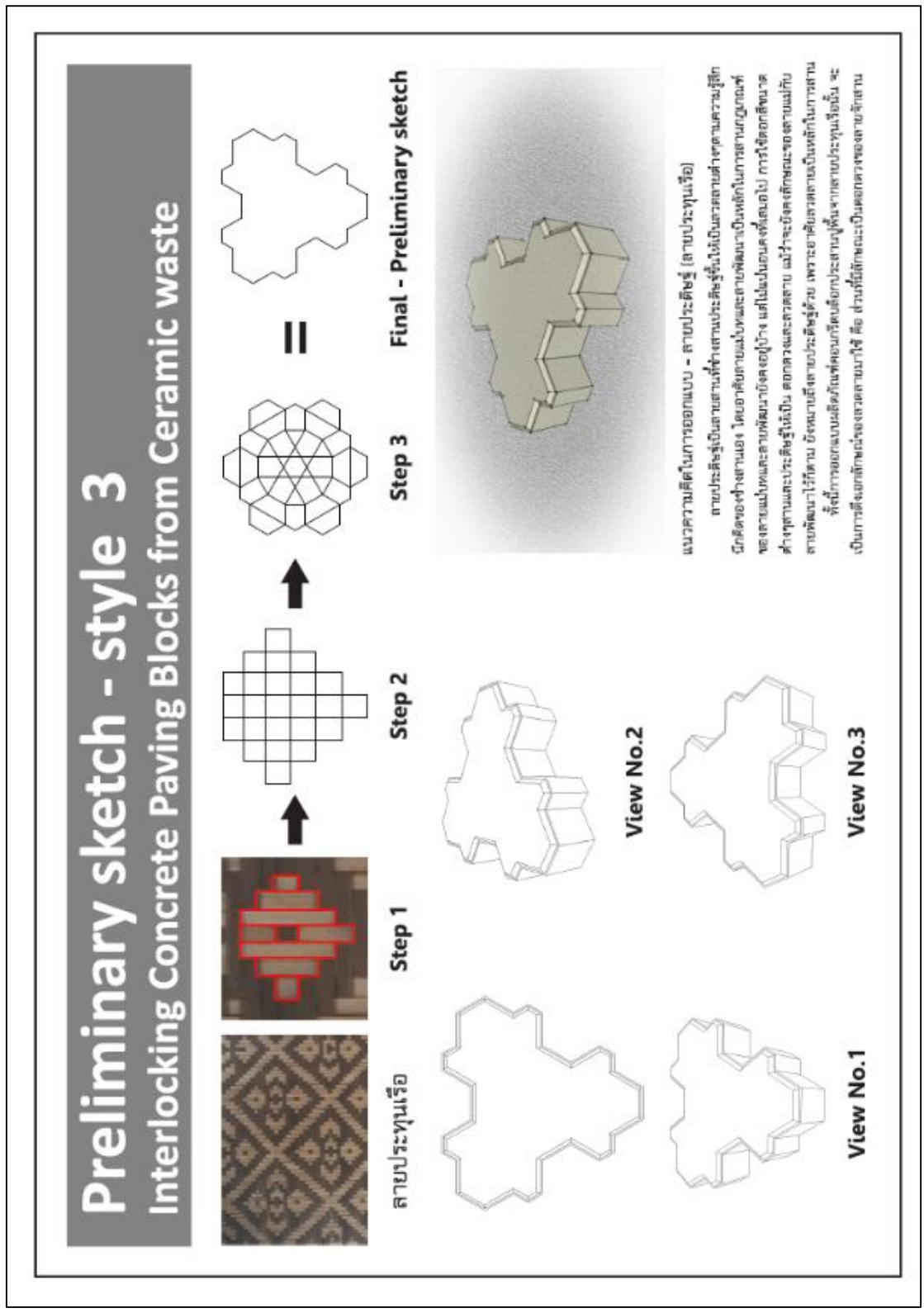
ภาพที่ ฉ.4 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 1

ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



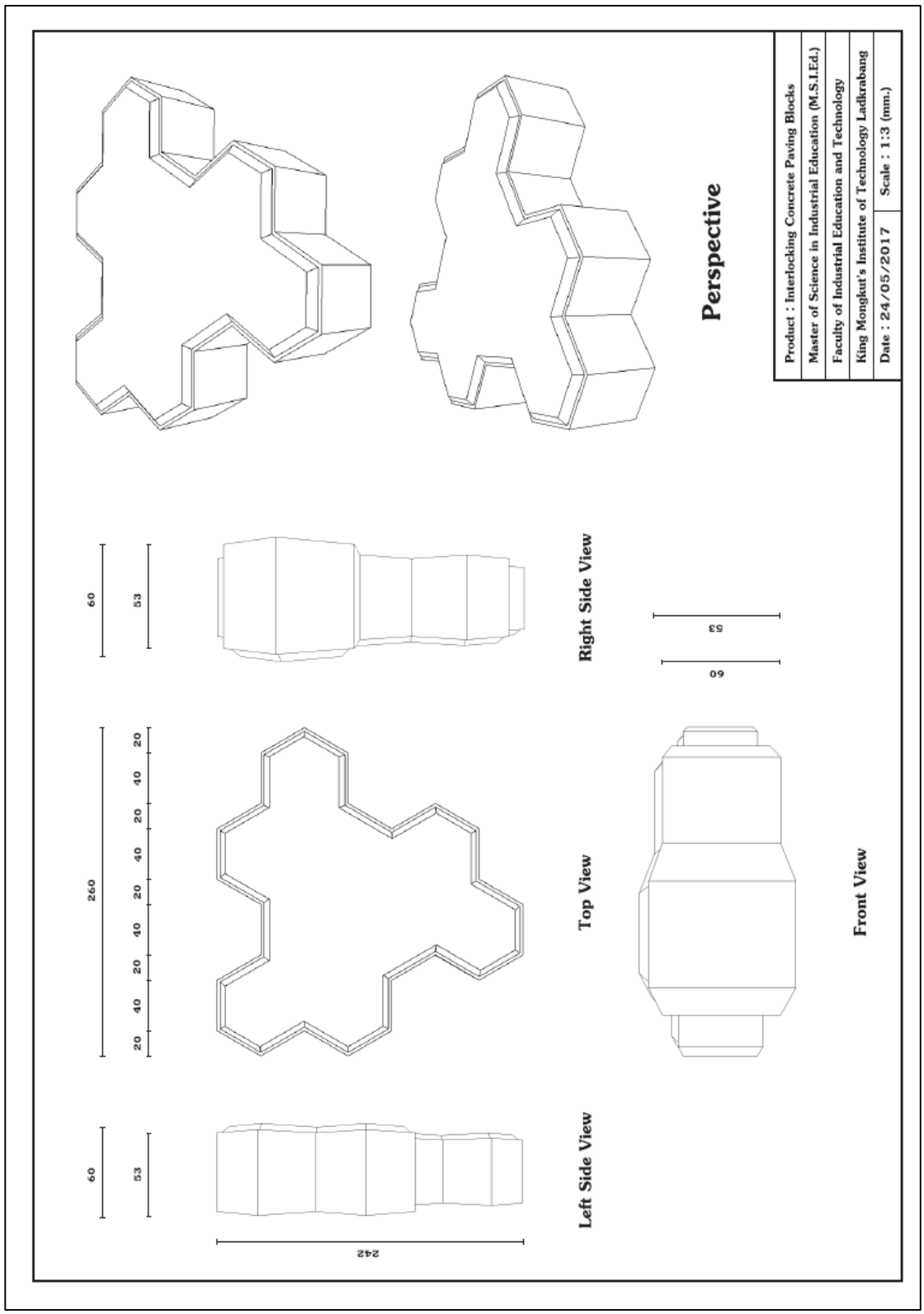
ภาพที่ ฉ.5 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 2

ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

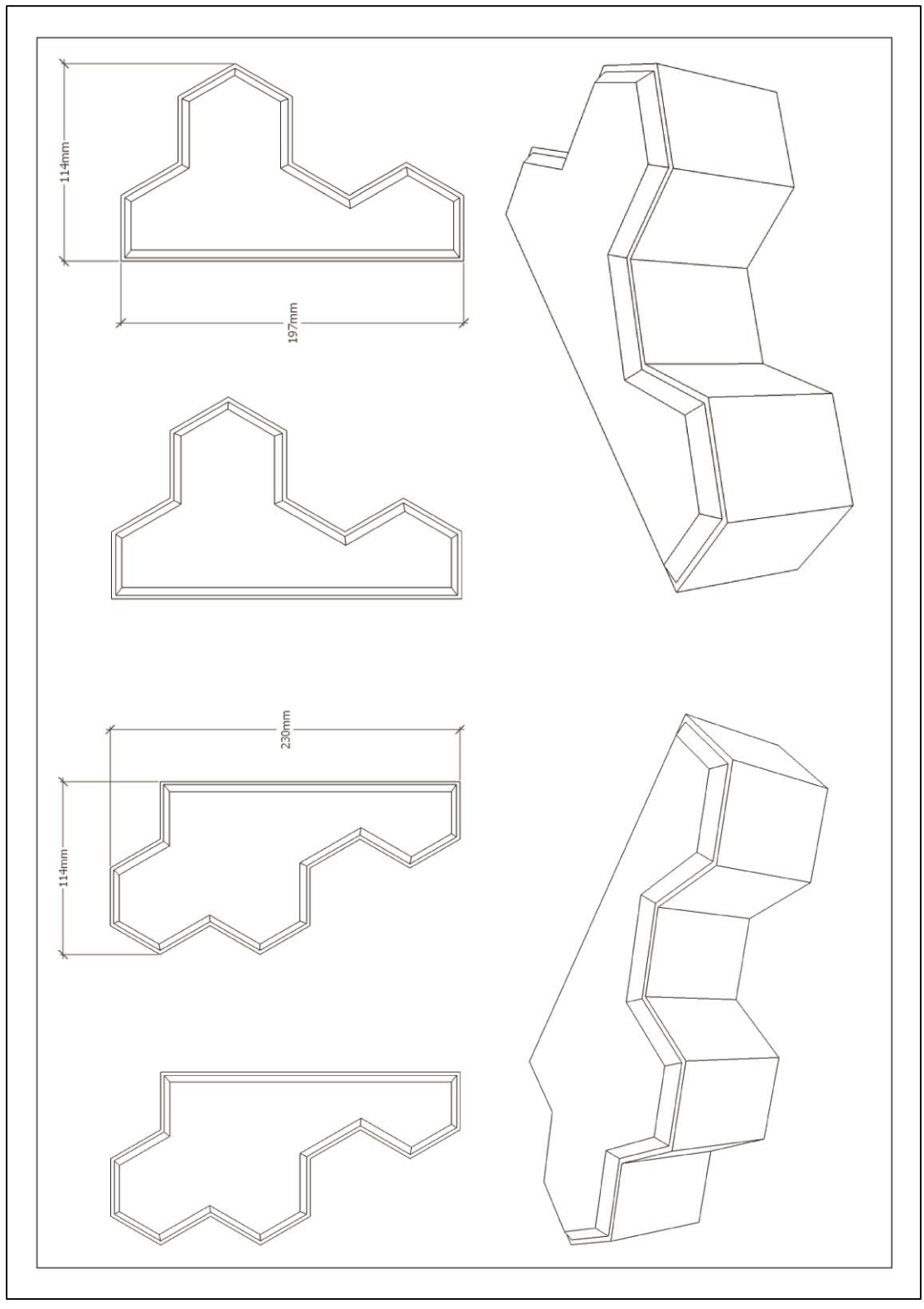


ภาพที่ ฉ.6 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบที่ 3

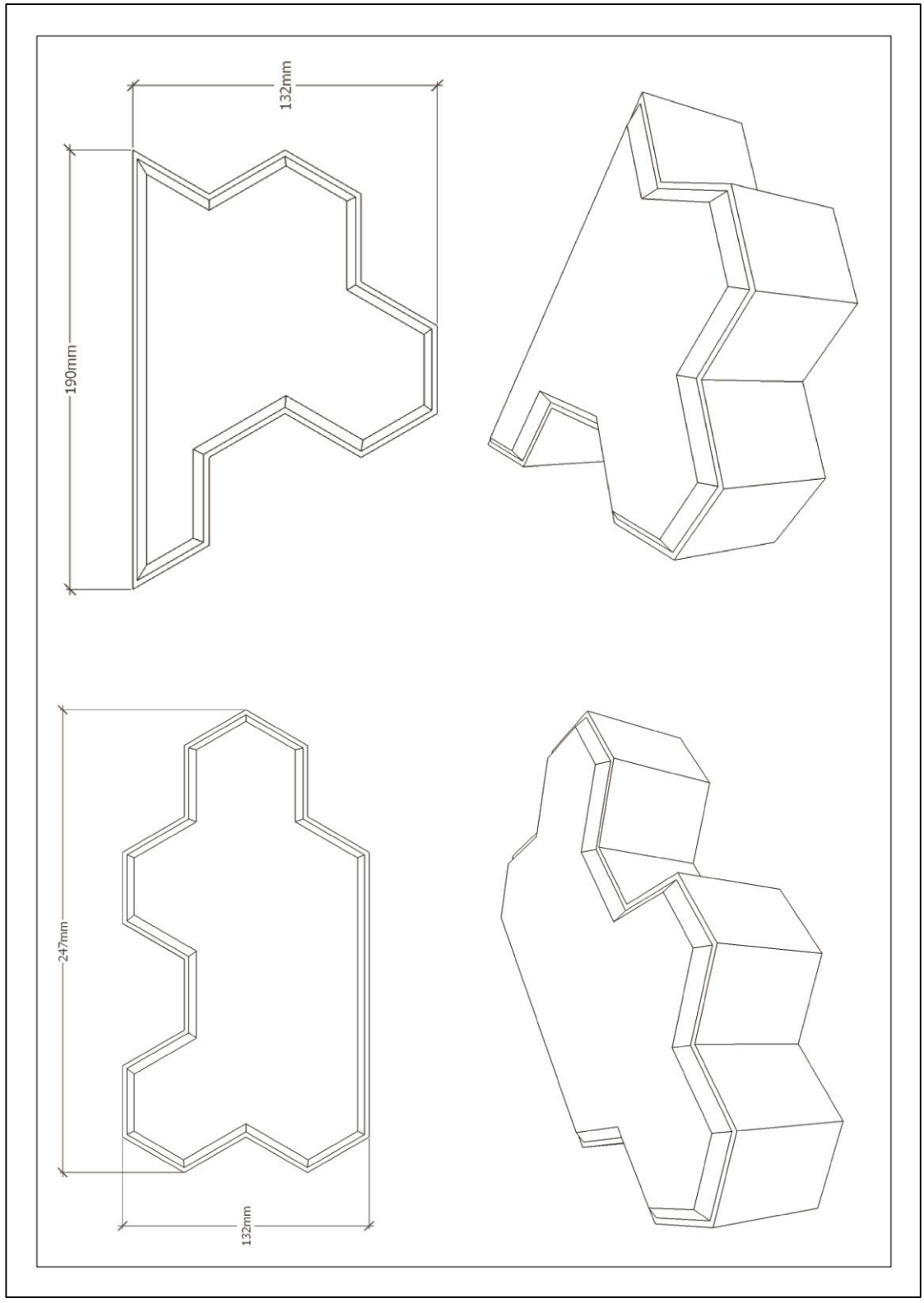
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ ฉ.7 แสดงภาพเขียนแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ ฉ.8 แสดงรูปแบบตัวเชื่อมประสานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (รูปแบบที่ 1, 2)
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)



ภาพที่ ฉ.9 แสดงรูปแบบตัวเชื่อมประสานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (รูปแบบที่ 3, 4)
ที่มา : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ตารางที่ ฉ.1 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในแหล่งพื้นที่ชุมชน

รายละเอียดข้อมูล	ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น			หมายเหตุ
	วัชราภา คอนกรีตบล็อก	นายาว ซีเมนต์บล็อก	พี.เจ. อิฐตัวหนอน	
1. อายุกลุ่มผลิตภัณฑ์ชุมชน	20 ปีขึ้นไป	10 ปีขึ้นไป	20 ปีขึ้นไป	-
2. จำนวนสมาชิก	15 คน	6 คน	6 คน	ชาย, หญิง
3. ผลิตภัณฑ์				
3.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์	2 แบบ คือ - บล็อกปูหญ้า - บล็อกปูพื้น	1 แบบ - บล็อกปูพื้น	2 แบบ - บล็อกปูหญ้า - บล็อกปูพื้น	-
3.2 รูปทรงผลิตภัณฑ์	4 แบบ	6 แบบ	8 แบบ	เรขาคณิต
3.3 ผิวชั้นหน้าผลิตภัณฑ์	4 สี	5 สี	7 สี	-
3.4 จำนวนผลิตชิ้นงาน (ต่อวัน)	200 - 300 ชิ้น	200 - 300 ชิ้น	200 - 300 ชิ้น	เฉลี่ยต่อวัน
4. วัตถุดิบที่ใช้				
4.1 ซีเมนต์ (ซีเมนต์ขาว, ดำ)	มี	มี	มี	-
4.2 ทราย (ละเอียด, หยาบ)	มี	มี	มี	-
4.3 หินฝุ่น	มี	มี	มี	-
4.4 สีผสมซีเมนต์	มี	มี	มี	-
5.เทคโนโลยีที่ใช้				
5.1 เครื่องผสมวัตถุดิบมวลหลัก	มี	ไม่มี	ไม่มี	-
5.2 เครื่องผสมวัตถุดิบสี	มี	มี	มี	-
5.2 เครื่องอัดขึ้นรูป	มี	ไม่มี	ไม่มี	-
5.3 แผ่นเหล็กรองขึ้นรูป	มี	ไม่มี	ไม่มี	-
5.3 พิมพ์เหล็กแบบประกอบ	ไม่มี	มี	มี	-
5.4 ไม้กระทุ้ง	ไม่มี	มี	มี	-
5.5 ไม้ตี	ไม่มี	มี	มี	-
5.6 เหล็กตบ	ไม่มี	มี	มี	-
5.5 แผ่นรองชิ้นงานหลังขึ้นรูป	มี	มี	มี	-
6. ปัญหาที่พบ				
6.1 รูปทรง	ไม่หลากหลาย	ไม่หลากหลาย	ไม่หลากหลาย	-
6.2 วัตถุดิบ	ขนาดไม่คงที่	ขนาดไม่คงที่	ขนาดไม่คงที่	ขนาดหินฝุ่น
6.3 มวลผสม	-	สัดส่วนไม่คงที่	สัดส่วนไม่คงที่	ปริมาณน้ำ
6.4 เครื่องมือและอุปกรณ์	เครื่องอัดชำรุด	ไม้กระทุ้งชำรุด	ไม้กระทุ้งชำรุด	-
6.5 การขึ้นรูป	อัดไม่แน่น	อัดไม่แน่น	อัดไม่แน่น	-
6.6 คุณสมบัติผลิตภัณฑ์	ไม่เสถียร	ไม่เสถียร	ไม่เสถียร	-
6.7 ลักษณะทั่วไป	ร้าว, บิ่น	ร้าว, บิ่น	ร้าว, บิ่น	หลังขึ้นรูป

ตารางที่ ฉ.2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ลำดับ	ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดผลิตภัณฑ์			ราคา (ต่อชิ้น)	
		วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต	สีผลิตภัณฑ์	พื้นผิวผลิตภัณฑ์	ราคาต้นทุน	ราคาจำหน่าย
1		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์	ดั้งเดิม	ขรุขระเนื้อละเอียด	1.92 บาท	3.00 บาท
2		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นแดง	แดง	เนื้อละเอียด	2.24 บาท	3.25 บาท
3		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นเหลือง	เหลือง	เนื้อละเอียด	2.30 บาท	3.30 บาท
4		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นเขียว	เขียว	เนื้อละเอียด	3.46 บาท	4.50 บาท
5		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นน้ำเงิน	น้ำเงิน	เนื้อละเอียด	2.90 บาท	4.00 บาท
6		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นเทา	ขาว	เนื้อละเอียด	2.02 บาท	3.05 บาท
7		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นดำ	เทา	เนื้อละเอียด	2.06 บาท	3.10 บาท
8		1.วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ 2. ซีเมนต์ 3. สีฝุ่นดำ	ดำ	เนื้อละเอียด	2.14 บาท	3.15 บาท

ภาพที่ ฉ.10 แสดงภาพจำลองสถานที่ตัวอย่างการติดตั้งและนำไปใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

ที่มา : จากเว็บไซต์ www.scgbuildingmaterials.com (ตกแต่งภาพเพิ่มเติม)

ภาคผนวก ช

ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

1. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลวัสดุเหลือใช้ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด
2. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์
3. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น
4. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์
5. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก
6. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก
7. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน
8. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน
9. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก
10. แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก

ภาพที่ ช.1 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลวัสดุเหลือใช้ บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด
ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2558)

ภาพที่ ช.1 (ต่อ)

ภาพที่ ช.2 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (ผศ.ดร.นราธิป วิทยากร) คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.3 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (ผศ.ดร.ปุณณมา ศิริพันธ์โนน) คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.4 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ (ผศ.ดร.ปานไพลิน สีหาราช) คณาจารย์กลุ่มวิชาเคมีอินทรีย์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.5 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (รศ.สุรพล สุวรรณ) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.6 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.7 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล) คณาจารย์ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.8 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.9 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ดร.มิยอง ซอ) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2559)

ภาพที่ ช.10 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ (รศ.สุรพล สุวรรณ) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.11 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ (ผศ.ดร.สมโชค สินนุกูล) คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.12 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ (ผศ.ดร.ญาดา ชวาลกุล) คณาจารย์ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.13 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ (ผศ.ดร.อรัญ วานิชกร) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.14 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ (ดร.มิยอง ซอ) คณาจารย์ภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.15 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ภาพที่ ช.16 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ภาพที่ ช.17 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชน ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก
ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ภาพที่ ช.18 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชราภาคอนกรีตบล็อก (คุณรินลตา ตั้งพงศ์ไพบูลย์ ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ)

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.19 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ร้านพีเจ อิฐตัวหนอน (คุณภูวนารถ ชูชม ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ)
ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.20 แสดงภาพถ่ายการเก็บข้อมูลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจจากตัวแทนกลุ่มชุมชน ร้านนายาวซีเมนต์บล็อก (คุณผล กล่อมสุนทร ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ)

ภาพโดย : อานนท์ ตนซื่อ (2560)

ภาพที่ ช.21 แสดงภาพถ่ายตัวแทนกลุ่มชุมชนที่ทำการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ด้วยการใช้แบบพิมพ์ยางซิลิโคนในการขึ้นรูป

ภาพโดย : ภัทรพล เรืองศรี (2560)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายภัทรพล เรืองศรี	
วัน-เดือน-ปีเกิด	5 ธันวาคม 2531	
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี	
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 52/759 หมู่ 10 ซอย 2/1 ถนนพหลโยธิน ตำบลห้วยบง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี 18000	
ประวัติการศึกษา	ปี 2554	สำเร็จการศึกษา ศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต (ศป.บ.) (เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง) คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขาวิชาออกแบบเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ประวัติการทำงาน	ปี 2554	พนักงานฝ่ายเทคนิค แผนกห้องเทคนิค บริษัท เคนไซ ซีรามิคส์ อินดัสตรี้ จำกัด
	ปี 2555-2559	นักวิจัย Technology for Excellence แผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development) บริษัท สยามซานิทารีแวร์อินดัสทรี จำกัด
	ปัจจุบัน	อาจารย์พิเศษ คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขาวิชาออกแบบเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา