

การออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปโชคดีโดยใช้หลักการ
นิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน
DESIGN AND CONSTRUCTION OF LUCKY INCENSE
MACHINE USING PNEUMATICS CONTROL FOR
COMPACTION



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2560
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND CONSTRUCTION OF LUCKY INCENSE
MACHINE USING PNEUMATICS CONTROL FOR
COMPACTION



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงการพิเศษ	การออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ ในการอัดรูปชิ้นงาน	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนัทธมน อินอ่อนกุล	รหัสนักศึกษา 57050987
	นางสาวพัชชา โสตสงค์	รหัสนักศึกษา 57051005
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ณัฐพร พรหมรส	

บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงานเพื่อลดการใช้พลังงานทางไฟฟ้า สามารถลดขั้นตอนและแรงงานคนที่ใช้ในการผลิตรูปและลดของเสียของวัตถุดิบในระหว่างการผลิตหรือในขั้นตอนการอัดรูปชิ้นงาน โดยเครื่องอัดรูปโซคตินี้จะใช้แรงดันลมเป็นกระบวนการผลิต ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเครื่องอัดรูปโดยการใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการแบ่งอัตราส่วนประกอบของวัตถุดิบเป็น 4 สูตร คือ สูตร 1 2 3 และ 4 โดยในแต่ละสูตรมีการแบ่งอัตราส่วนประกอบออกเป็น 3 สูตร คือ สูตร 1ก, 1ข, และ 1ค. ตามลำดับ และสูตร 2 3 และ 4 ก็แบ่งอัตราส่วนประกอบเช่นเดียวกันกับสูตรที่ 1 และในการทดสอบการอัดรูปและรูปที่ได้จากการอัดนั้นได้ทดสอบโดยการชั่งน้ำหนักของรูป วัดความแข็งของรูป ความหนาแน่น ความเค้นและจุดรูปเพื่อจับเวลาการเผาไหม้ของรูป และทดสอบคุณภาพของรูปที่อัดขึ้นด้วยเครื่องที่สร้างขึ้นเทียบกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบที่ใช้งานอยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท และหารูปที่เหมาะสมที่สุดกับการอัดรูปกับเครื่องที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยสูตรที่เหมาะสมกับเครื่องที่สร้างขึ้นคือ สูตร 1ก, 1ข, และ 4ค.

คำสำคัญ : ความแข็ง ความเค้น เครื่องอัดรูป ระบบนิวแมติกส์ รูปโซคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Design and Construction of Lucky Incense Machine Using Pneumatics Control for Compaction	
Students	Ms. Nattamon Inonkul	Student ID 57050987
	Ms. Padcha Sodsong	Student ID 57051005
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2560	
Advisor	Assist.Prof.Dr. Nathaporn Promros	

Abstract

We designed and constructed the luck incense pressing machine by the principle of pneumatics, to reduce the consumption of electricity. This pressing machine was operated by air pressure, which has benefits of a few processes of production, low demand of operating worker, and reduced the wasted material in the production process. We tested the pressing machine by using different ratios of the base material, which was separated into four formulas: 1, 2, 3, and 4. We also divided the ratio of mix material into three kinds: a, b, and c for each formula. For testing, the pressed incense was measured the weight, hardness, density, stress and burning time and was compared the quality of created incense with the manufactured incense from Inmongkol Ltd., for finding the suitable formula to produce with the constructed pressing machine. From the obtained results, the formulas 1a, 1b, and 1c are the most suitable for this pressing machine.

Keywords : Hardness, Stress, Incense Machine, Pneumatic System, Lucky Incense

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ณัฐพร พรหมรส อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานพิเศษ ที่อบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี ซื่อสัตย์สุจริต มีความรับผิดชอบ ตั้งใจทำงาน อ่อนน้อมถ่อมตน รับฟังความคิดเห็นเห็นคนอื่น เชื่อฟังคำสั่งสอนของครูอาจารย์และพ่อแม่ เป็นคนมีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม มีน้ำใจนักกีฬา กตัญญูรู้คุณพ่อแม่ครูอาจารย์ รวมทั้งมอบหมายหัวข้อโครงการงานพิเศษเรื่องนี้แก่ผู้วิจัย ทั้งยังสนับสนุนในเรื่องต่างๆ ทั้งในเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ปฏิบัติงาน รวมไปถึงคำแนะนำและความรู้ใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ประยุกต์ในการปฏิบัติงานแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด อีกทั้งคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขส่วนต่างๆ ภายในระบบการทำโครงการงานพิเศษเรื่องนี้ให้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี

รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม ผศ.ดร.เชษฐา รัตนพันธ์ อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สละเวลาอันมีค่าของพวกท่าน และให้เกียรติอย่างมากในการเป็นคณะกรรมการสอบวิชาโครงการพิเศษนี้แก่ผู้วิจัย รวมถึงให้คำแนะนำในการปรับปรุงเนื้อหาและเล่มโครงการงานพิเศษนี้

คณาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้มอบวิชาความรู้ต่างๆด้านฟิสิกส์ให้แก่ผู้วิจัยเพื่อนำมาใช้ในโครงการงานพิเศษในครั้งนี้และนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพ

นายราเชน อินทรมงคล นางณิชชา อินทรมงคล ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำโครงการงานพิเศษเล่มนี้

นายอดิสร นพจุฑกุล นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นายวีรศรุต แก่นไร่ นายพีรศิลป์ เจริญยืนยาว นางสาววิวรรณ เฉลียวพงษ์ นายธนชัย แจงเจริญ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำโครงการงานพิเศษเล่มนี้

เพื่อนนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นตลอดงานวิจัยในครั้งนี้ อันมีผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

มารดา ครอบครัว และญาติพี่น้องที่คอยให้การสนับสนุนในหลายด้านในการทำโครงการงานพิเศษเล่มนี้

นัทธมน อินอ่อนกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ **พดชา โสติดสงค์** ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กระบวนการอัดขึ้นรูปโดยใช้หลักการทางนิวแมติกส์	4
2.2 การทำงานของระบบนิวแมติกส์	6
2.2.1 เครื่องอัดอากาศ (Compressor)	6
2.2.2 เครื่องระบายความร้อน (After Coolers)	6
2.2.3 ถังเก็บลมอัด (Compressor Air Receiver)	6
2.2.4 เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main Filter)	7
2.2.5 ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit)	7
2.3 ระเบิดสุบหรือระเบิดกลม	8
2.4 การคำนวณที่ใช้ในงานวิจัย	9
2.4.1 การคำนวณระเบิดสุบ	9
2.4.2 การคำนวณหาความหนาแน่นของรูป	10
2.5 เหล็กกล้าไร้สนิม	10
2.6 สารประกอบที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตรูป	11
2.6.1 ยางบง เปลือกไม้ใช้ทำรูป	11
2.6.2 แป้งที่ใช้สำหรับทำรูป (ผงจันทร์ขาว)	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.3 น้ำ	13
2.6.4 ผงปูนขาว	13
2.7 ความแข็ง (Hardness)	14
2.7.1 การทดสอบความแข็งแบบ Shore (Shore Hardness Test)	14
2.8 ความเค้น (Stress)	15
2.9 โปรแกรม SolidWorks	15
2.9.1 ประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม SolidWorks	16
2.9.2 ลักษณะการทำงานของโปรแกรม SolidWorks	16
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
2.10.1 งานวิจัยภายในประเทศ	17
2.10.2 งานวิจัยต่างประเทศ	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	20
3.1 การออกแบบและสร้างระบบ	20
3.1.1 จัดหาวัสดุอุปกรณ์	20
3.1.2 การออกแบบและพัฒนาแบบ	22
3.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน	31
3.2.1 การเตรียมวัสดุดิบในอัตราส่วนต่างๆ	31
3.2.2 ระยะเวลาในการเผาไหม้	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	32
4.1 เครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน	32
4.1.1 โครงสร้างของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน	33
4.1.2 ตัวแปรที่ถูกกำหนดไว้ในการทดลอง	39
4.2 การตรวจคุณภาพความแข็งของรูปโซคติที่มีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสารประกอบ	46
4.2.1 การตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการชั่งน้ำหนักของรูปที่ได้จากการอัด	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการวัดความแข็งของรูปที่ได้จากการอัด	47
4.2.3 การตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการคำนวณความหนาแน่นและคำนวณความเค้นของรูปที่ได้จากการอัด	48
4.3 ตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องอัดรูปโซคติแบบนิวแมติกส์ที่สร้างขึ้นและรูปทรงของรูปที่เครื่องอัดรูปอัดขึ้นรูปได้ (ความยาว ความกว้าง และความหนาของรูป) ที่เป็นไปตามที่กำหนดไว้	94
บทที่ 5 สรุปลวิจัยและข้อเสนอแนะ	96
5.1 สรุปลผลการวิจัย	96
5.2 ข้อเสนอแนะ	98
เอกสารอ้างอิง	99
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก	102
ภาคผนวก ข	104
ภาคผนวก ค	105
ภาคผนวก ง	106
ภาคผนวก จ	107
ภาคผนวก ฉ	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
2.1 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบไฮดรอลิก	5
2.2 Shore Durometer Type A and D	15
4.1 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 1ก.	40
4.2 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 1ข.	40
4.3 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 1ค.	41
4.4 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 2ก.	41
4.5 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 2ข.	42
4.6 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 2ค.	42
4.7 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 3ก.	43
4.8 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 3ข.	43
4.9 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 3ค.	44
4.10 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 4ก.	44
4.11 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 4ข.	45
4.12 แสดงอัตราส่วนของการผสมของรูปในสูตรที่ 4ค.	45
4.13 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ	50
4.14 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็นสูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.	53
4.15 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็นสูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.	56
4.16 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็นสูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.	59
4.17 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็นสูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.	62
4.18 แสดงข้อมูลน้ำหนักของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 แสดงข้อมูลความแข็งแรงรูปของสูตรที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่	67
4.20 แสดงข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่	69
4.21 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งแรงและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ดีที่สุดกับสูตรที่ใช้อยู่ในโรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท	71
4.22 แสดงข้อมูลความแข็งแรง ความหนาแน่นและความเค้นของรูประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ	74
4.23 แสดงข้อมูลความแข็งแรง ความหนาแน่นและความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็นสูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.	76
4.24 แสดงข้อมูลความแข็งแรง ความหนาแน่นและความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็นสูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.	78
4.25 แสดงข้อมูลความแข็งแรง ความหนาแน่นและความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็นสูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.	80
4.26 แสดงข้อมูลความแข็งแรง ความหนาแน่นและความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็นสูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.	82
4.27 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท	84
4.28 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	86
4.29 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	88
4.30 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	90
4.31 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

4.32 แสดงคุณสมบัติของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นเทียบกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ

94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	8
2.2	11
2.3	12
2.4	12
2.5	13
2.6	13
2.7	13
3.1	20
3.2	21
3.3	21
3.4	22
3.5	22
3.6	23
3.7	25
3.8	26
3.9	27
3.10	28
3.11	29
3.12	30
4.1	32
4.2	34
4.3	35
4.4	35
4.5	36
4.6	37
4.7	37
4.8	38
4.9	39

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ก.	40
4.11 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ข.	40
4.12 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ค.	41
4.13 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ก.	41
4.14 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ข.	42
4.15 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ค.	42
4.16 ส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ก.	43
4.17 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ข.	43
4.18 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ค.	44
4.19 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ก.	44
4.20 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ข.	45
4.21 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ค.	45
4.22 รูปแสดงรูปที่อัดเสร็จแล้วนำไปตากเพื่อให้รูปแห้ง	46
4.23 เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนักรูปที่ตากแห้ง	47
4.24 รูปแสดงเครื่องวัดความแข็งของชิ้นงาน	48
4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	51
4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	51
4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	52
4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	54
4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	54
4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	55
4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 2ก. 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสุตร 2ก. 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	57
4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสุตร 2ก. 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	58
4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสุตร 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	60
4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสุตร 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	60
4.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสุตร 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	61
4.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสุตร 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	63
4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสุตร 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	63
4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสุตร 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น	64
4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักรูปของสุตรที่ดีที่สุดสุตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่	66
4.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งรูปของสุตรที่ดีที่สุดของสุตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่	68
4.42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสุตรที่ดีที่สุดสุตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่	70
4.43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักของรูปของสุตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ	72
4.44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งของรูปของสุตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ	72
4.45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสุตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	75
4.47 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็นสูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.	77
4.48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็นสูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.	79
4.49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็นสูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.	81
4.50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็นสูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.	83
4.51 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทร์มงคล จังหวัดชัยนาท	85
4.52 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	87
4.53 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	89
4.54 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	91
4.55 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น	93
4.56 รูปแสดงรูปที่อัดได้จากเครื่องอัดรูปที่ใช้นิวแมติกส์ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน	95
4.57 รูปแสดงรูปที่อัดได้จากเครื่องอัดรูปที่นำมาเปรียบเทียบ	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
mm	มิลลิเมตร
kPa	กิโลปาสคาล
°C	องศาเซลเซียส
μm	ไมโครเมตร
mm^2	ตารางมิลลิเมตร
N	นิวตัน
N/m^2	นิวตันต่อตารางเมตร
kg/m^3	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
m^3	ลูกบาศก์เมตร
cm	เซนติเมตร
mg/m^3	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
g	กรัม
s	วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

รูปเป็นสิ่งที่ใช้เพื่อเป็นเครื่องสัการบูชาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณเพื่อบูชาเทพเจ้า ในอดีตรูปทำจากเนื้อไม้หอม (Aromatic wood) หลายชนิด เช่น ไม้จันทน์ขาว (Sandalwood) จันทน์เทศ (Nutmeg) กายาน (Gum Benzoin) ไม้กฤษณา (Agar wood) กันเกรา (Tembusu) หรือต้นบงหรือโกวบัวะ (นำมาผสมน้ำเพื่อให้เนื้อผงรูปเหนียวพอที่จะปั้นเป็นรูปได้) บดเนื้อไม้ให้เป็นผงละเอียดนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำรูป [1] รูปไทยในอดีตที่ผลิตจากไม้หอม มีลักษณะคล้ายรูปจีนโบราณและเนื่องจากตัววัตถุดิบเป็นไม้หอม ควันรูปค่อนข้างละเอียด ไม่ระคายเคืองจมูกและตา ในปัจจุบันเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนไปประกอบกับวัตถุดิบที่แพงขึ้น ไม้หอมต่างๆ ที่นำมาผลิตรูปเริ่มมีราคาแพง ผู้ผลิตส่วนใหญ่จึงเปลี่ยนมาใช้ซีลี้อย่างพาราแทน เนื่องจากมีราคาถูกกว่าและมีสีขาวนวลเหมือนไม้จันทน์ขาวลักษณะเป็นผงละเอียดขึ้นรูปได้ง่าย แล้วจึงนำมาผสมน้ำหอมเรียกว่า "รูปหอม" เมื่อนำมาจุดจะให้ความหอมและกลิ่นหอม ความแตกต่างของรูปมีองค์ประกอบที่แปรเปลี่ยนไปตามวัฒนธรรม ประเพณี และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้วิธีการใช้ การจุดมีความแตกต่างกันไป ที่จริงรูปถูกนำมาใช้เพราะมันจะสร้างบรรยากาศทางจิตวิญญาณหรือปกปิดกลิ่นไม่พึงประสงค์หรืออะไรก็ตามที่เป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เป็นสภาพแวดล้อมเกี่ยวข้องกับวิญญาณในการบูชาและพิธีกรรม จะเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้และในปัจจุบันรูปมีการเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัยทำให้รูปแบบของรูปมีความหลากหลายเพิ่มขึ้นเช่น รูปร่าง สีสน และกลืน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปขึ้นงานเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตขึ้นงานและเพื่อลดการเกิดการสูญเสียวัตถุดิบและขึ้นงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและที่สำคัญเพื่อลดการใช้แรงงานคนในการผลิตซึ่งการทำงานของเครื่องอัดรูปโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปขึ้นงานยังสามารถทำให้ผลิตขึ้นงานได้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในเวลาจำกัด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) ออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปขึ้นงาน
- 2) เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า
- 3) เพื่อลดการสูญเสียวัตถุดิบและขึ้นงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4) เพื่อลดขั้นตอนในการผลิตขึ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดชิ้นงานให้ชิ้นงานมีขนาดตามที่กำหนดและผลิตชิ้นงานได้ปริมาณเพิ่มขึ้นตามเวลาที่กำหนด
- 2) ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องอัดรูปว่ามีประสิทธิภาพการทำงานตรงตามที่กำหนด
- 3) ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการอัดขึ้นรูปโดยเครื่องอัดรูปที่ใช้หลักการนิวแมติกส์ เช่น ขนาดของชิ้นงานเป็นไปตามที่กำหนดและความเหนียวในการอัดขึ้นรูปของชิ้นงาน

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

การดำเนินงาน	ระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
ค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง										
ออกแบบเครื่องอัดรูปที่ใช้หลักการนิวแมติกส์										
จัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดรูปและทำการสร้างเครื่องอัดรูป										
ทำการทดสอบเครื่องอัดรูป										
ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการอัดขึ้นรูป										
วิเคราะห์และสรุปผล										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ได้ทักษะและความรู้ในการออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks และการออกแบบโดยการวาดมือ เพื่อออกแบบและสร้างอัตราูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัตราูปชิ้นงาน
- 2) ได้เครื่องอัตราูปโซคติที่สามารถเพิ่มจำนวนการผลิตชิ้นงานและลดจำนวนแรงงานคนในการผลิต
- 3) ได้ทักษะความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของนิวแมติกส์ และหลักการทำงานของเครื่องอัตราูป
- 4) ได้ความรู้และทักษะในการสร้างเครื่องอัตราูปเพื่อสามารถนำไปประกอบอาชีพได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวให้ทราบถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยได้อธิบายกระบวนการอัดขึ้นรูปของแท่งรูปด้วยกระบวนการอัดแบบนิวแมติกส์และขนาดของแรงที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป สมบัติของสารประกอบที่ใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตรูปในงานวิจัย รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปของแท่งรูป

2.1 กระบวนการอัดขึ้นรูปโดยใช้หลักการทางนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์ [2] หมายถึง ระบบทำงานโดยใช้อากาศเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เช่น กระจบบอกสูบลม มอเตอร์ลม เป็นต้น ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับลมและลมที่เคลื่อนที่ ลมอัดจึงเป็นพลังงานเก่าแก่ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว โดยประมาณ 3,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราชมนุษย์ได้ใช้ลูกสูบเป่าลมในการช่วยถ่วงแร่และในเวลาต่อมาชาวกรีกโบราณได้สร้างปืนใหญ่โดยใช้ลมอัดเป็นตัวส่งกำลังและคนป่าได้ใช้ลมอัดเป่าลูกดอกจากกระจบบอกไม้ไผ่สำหรับการทำอาหารหรือป้องกันตัวและส่วนของการพัฒนาทางอุตสาหกรรมได้มีการคิดค้นเครื่องมือใช้ลมอัดเป็นตัวส่งกำลัง เช่น การทำเหมืองแร่ การเจาะอุโมงค์ และการสร้างทางรถไฟ ต่อมาประเทศเยอรมนีได้สร้างเครื่องจักรดีเซลที่ใช้นิวแมติกส์เป็นตัวส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ชนิดดีเซลขับเคลื่อนไปยิงกระจบบอกสูบ 2 ตัว โดยผ่านตัวปรับความดันทำนองเดียวกับแรงอัดของเครื่องไอน้ำแต่มีปัญหายุ่งยากมากจึงไม่มีการสร้างรถจักรดีเซลชนิดนิวแมติกส์ปัจจุบันรถจักรดีเซลจะทำงานโดยใช้ไฮดรอลิกเป็นตัวส่งกำลัง และยังมีเครื่องมือขนาดเล็กที่ใช้หลักการอัดลม เช่น ค้อนลม เครื่องไสไม้ สว่าน เครื่องขัดกระดาษทราย เครื่องเลื่อย เป็นต้น

การใช้เครื่องจักรแทนแรงคนทำให้ลมอัดเป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานง่ายๆ เป็นการทำงานโดยอัตโนมัติ เช่น เบรกลมของรถไฟ การจับยึดชิ้นงาน สายพานลำเลียง แขนกลและอื่นๆ และในปัจจุบันได้มีการนำลมอัดมาใช้สำหรับงานต่างๆ อย่างกว้างขวาง ได้แก่ งานการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม งานการบรรจุหีบห่อ งานด้านกระบวนการผลิตอาหาร งานเชื่อมโลหะ งานขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักเบา งานพิมพ์และงานอื่นๆ อีกมากมาย

ลักษณะเฉพาะทางนิวแมติกส์สามารถนำมาเปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิกได้ดังนี้

- 1) โดยทั่วไประบบนิวแมติกส์มีค่าความดันระหว่าง 4-7 kPa ซึ่งมีน้อยกว่าความดันที่ใช้ในระบบไฮดรอลิก ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับงานเบาๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แม้ว่ากำลังทางนิวแมติกส์จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่ากำลังทางไฮดรอลิกในเรื่องการควบคุมความเร็วรอบหมุนและการหมุนระหว่างกลางเพราะคุณสมบัติอัดตัวได้ง่ายของลมแต่พลังงานนิวแมติกส์สามารถเก็บไว้ได้ในถังเก็บ ในกรณีของการทำงานแบบเป็นช่วงอาจใช้เครื่องอัดอากาศที่มีความจุขนาดเล็กแล้วเก็บพลังงานนิวแมติกส์ไว้ใช้งานหนักในระยะเวลาอันสั้น

3) ลมอัดมีค่าความต้านทานในการไหลน้อยจึงสามารถทำงานได้เร็วกว่ากำลังในระบบไฮดรอลิก

4) พลังงานในระบบนิวแมติกส์จะถูกส่งผ่านท่อเพื่อขับให้กลไกทำงานที่ความเร็วตามต้องการได้อย่างอิสระโดยเครื่องควบคุมความเร็วและที่แรงขับเคลื่อนที่ต้องการโดยวาล์วควบคุมความดัน

5) ระบบไฮดรอลิกมักมีการรั่วไหลของน้ำมัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดไฟไหม้หรือทำให้เกิดสิ่งสกปรกขึ้นในขณะที่ในระบบลมอัดไม่มีปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้น

6) ในโรงงานส่วนใหญ่ ลมอัดถูกนำมาใช้ประโยชน์สำหรับงานอื่นอยู่แล้วแต่สำหรับระบบไฮดรอลิกจำเป็นต้องมีชุดต้นกำลัง

7) ระบบไฮดรอลิกมีขอบเขตอุณหภูมิการทำงานต่ำคือ ระหว่าง 60-70 °C เมื่อเปรียบเทียบกับระบบลมอัดแล้วระบบลมอัดมีความสามารถในการใช้งานโดยที่อุณหภูมิสูงถึง 160 °C ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเลือกอุปกรณ์การทำงานที่เหมาะสม

การเปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบไฮดรอลิก

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบไฮดรอลิก

ระบบนิวแมติกส์	ระบบไฮดรอลิก
1) ความดันใช้งานประมาณ 6 บาร์ (bar) ไม่เกิน 10 บาร์ ถ่ายทอดกำลังงานได้น้อย	1) ความดันใช้งาน 60 บาร์ ถ่ายทอดกำลังงานได้มาก
2) ลมอัดมีการยุบตัวเมื่อมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงหรือถูกแรงกด ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ	2) น้ำมันมีความหนาแน่นมากกว่า โอกาสยุบตัวมีน้อย
3) ลมอัดสะอาดไม่ต้องมีท่อไหลกลับ	3) อาจมีการรั่วไหลของน้ำมัน ทำให้เกิดอันตรายได้และมีท่อไหลกลับลงถัง
4) อุปกรณ์มีขนาดเล็ก ราคาถูก	4) อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ ราคาแพง
5) ไม่เกิดอันตรายเมื่อเกิดอุบัติเหตุ เพราะลมอัดไม่ติดไฟและไม่ระเบิด	5) เมื่อเกิดอุบัติเหตุจากท่อแตกและเกิดอันตรายมากเพราะน้ำมันไฮดรอลิกติดไฟได้
6) อุณหภูมิใช้งานสูงประมาณ 160 °C	6) อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 70 °C
7) ต้องมีอุปกรณ์ช่วยผสมน้ำมันหล่อลื่น	7) อุปกรณ์หล่อลื่นด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำงานของระบบนิวแมติกส์

การทำงานของระบบนิวแมติกส์จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่นอกวงจรและส่วนที่อยู่ในวงจร อุปกรณ์ในส่วนที่อยู่นอกวงจร ได้แก่ เครื่องอัดลม ถังเก็บลม เครื่องระบายความร้อน เครื่องทำลมแห้ง เป็นต้น และอุปกรณ์ที่อยู่ในวงจร ได้แก่ เครื่องกรองลมอัด วาล์วควบคุมความดัน อุปกรณ์เติมน้ำมันหล่อลื่น (อุปกรณ์ทั้ง 3 ตัวนี้รวมกันเรียกว่า ชุดบริการลมอัด) ตัวเก็บเสียง วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลม วาล์วควบคุมความเร็วหรือวาล์วควบคุมอัตราการไหลและกระบอกสูบลม เป็นต้น

2.2.1 เครื่องอัดอากาศ (Compressor)

เครื่องอัดอากาศ คือ เครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่อัดอากาศที่ดูดเข้ามาที่มีความดันปกติให้มีความดันสูงขึ้นแล้วเก็บไว้ในถังเก็บลมอัดเพื่อนำไปใช้งานโดยการจ่ายไปตามท่อลมให้กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทำงานต่างๆ ต่อไป ชนิดของเครื่องอัดอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่

- 1) เครื่องอัดอากาศชนิดไดอะแฟรม (diaphragm compressor)
- 2) เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (piston compressor)
- 3) เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดหมุน (root compressor)
- 4) เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (screw compressor)
- 5) เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (sliding vane rotary compressor)
- 6) เครื่องอัดอากาศชนิดกังหันหรือกระแสอากาศ (turbo compressor or flow compressor)

2.2.2 เครื่องระบายความร้อน (After Coolers)

เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอัดอากาศ เพื่อทำลมอัดให้เย็นลงและกำจัดไอน้ำร้อนจำนวนมากที่ผสมรวมกับลมอัด เพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์ทางนิวแมติกส์ก็จะเกิดการกัดกร่อนทำให้เกิดความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนสามารถแบ่งได้เป็นทั้งแบบใช้น้ำหล่อเย็นและใช้ลมเป่าระบายความร้อน เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลดอุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 °C

2.2.3 ถังเก็บลมอัด (Compressor Air Receiver)

ถังเก็บลมมีหน้าที่เก็บปริมาณลมอัดให้เพียงพอกับปริมาณการใช้งาน และจ่ายลมอัดไปใช้งานด้วยความดันสม่ำเสมอ ตลอดจนแยกไอน้ำที่มากับลมอัดให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำโดยแยกออกจากลมอัดให้อยู่ด้านล่างของถังและข้อสำคัญเมื่อมีความดันสูงเกิดขึ้นภายในถังเก็บลมอัดจะต้องมีการระบายออกสู่บรรยากาศด้วยวาล์วจำกัดความดัน (Pressure Relief Valve) ที่ติดตั้งไว้บนถังเก็บลมอัด โดยทั่วไปขนาดของถังเก็บลมอัดขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องอัดอากาศ (Compressor) และปริมาณลมที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ ถังเก็บลมอัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารทิสวอนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 1) ถังเก็บลมแบบแนวนอน ส่วนมากใช้กับเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ถังเก็บลมอัดแบบแนวตั้ง ส่วนมากใช้กับเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่

2.2.4 เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main Filter)

เนื่องจากอากาศมีความชื้น ฝุ่น ละอองน้ำและคราบน้ำมันปะปนมาด้วย ดังนั้น จึงต้องกรองลมอัดให้สะอาดเสียก่อน ก่อนที่จะส่งลมอัดไปใช้งานหรือผ่านการกรองละเอียดอีกครั้งหนึ่งซึ่งการทำงานของเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัดจะทำงานโดยเมื่อลมอัดถูกส่งผ่านเข้ามาในถังผ่านไส้กรองซึ่งเป็นไส้กรองละเอียดประมาณ 0.01 - 3 μm ที่ทำจากโลหะซินเทอรักระดาษไวร์โคลท (wire cloth) ไหมเทียมหรือฝ้ายที่มีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง ความละเอียดของการกรองจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ฝุ่นละอองและไอน้ำที่ปะปนมาจะผ่านไส้กรองไม่ได้ ไอน้ำจะรวมตัวกลายเป็นหยดน้ำอยู่ทางด้านล่างของถังและระบายออกสู่ภายนอกส่วนไส้กรองถ้าสกปรกต้องถอดนำมาเป่าลมทำความสะอาดบางชนิดต้องทิ้งและเปลี่ยนใหม่

2.2.5 ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit)

ก่อนที่จะนำลมอัดไปใช้ในระบบนิวแมติกส์ ลมอัดควรผ่านชุดควบคุมคุณภาพลมอัดก่อน เพราะลมอัดที่มาจากถังเก็บลมจะประกอบไปด้วยความชื้นและละอองน้ำกลั่นตัวปนมากับลมอัดตลอดจนแรงดันลมอัดที่สูงถ้าปล่อยเข้าไปในระบบจะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น วาล์ว ข้อต่อ เป็นต้น จึงต้องมีการปรับความดันก่อนนำไปใช้ในวงจรนิวแมติกส์ โดยชุดควบคุมคุณภาพลมอัดจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ชนิด ดังนี้

1) ชุดกรองอากาศ (Filter)

ชุดกรองอากาศทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ ความชื้นหรือน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำโดยหลักการทำงานของชุดกรองอากาศคือเมื่อลมอัดไหลเข้าทางด้านท่อลมเข้าผ่านเข้ามาภายในครอบแก้วซึ่งเป็นที่จำกัด ทำให้ลมอัดไหลวนละอองน้ำและฝุ่นละอองจะถูกเหวี่ยงไปมากระทบกับผนังครอบแก้ว เมื่อไหลผ่านไส้กรองจะได้ลมอัดที่สะอาดผ่านออกสู่ท่อทางออก ส่วนละอองน้ำและฝุ่นละอองที่จับอยู่ที่ผิวของครอบแก้ว เมื่อมีจำนวนมากจะสะสมรวมกันอยู่ทางด้านล่างของครอบแก้วและถ้ามีปริมาณมากจะต้องหมุนสกรูถ่ายน้ำออกด้านล่าง

2) ชุดควบคุมความดัน (Regulator)

ความดันลมอัดจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอถ้านำไปใช้อาจทำให้อุปกรณ์นิวแมติกส์ชำรุดเสียหาย ทำให้ระบบการทำงานของวงจรทำงานผิดพลาดอายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลงเพราะความดันลมไม่เหมาะสม ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือเรกูเลเตอร์ (regulator) เพื่อทำหน้าที่ปรับความดันใช้งานให้คงที่และเหมาะสมกับความต้องการของระบบและปรับความดันทางด้านต้นทางให้สูงกว่าความดันปลายทาง

3) เกจวัดความดัน (pressure gauge)

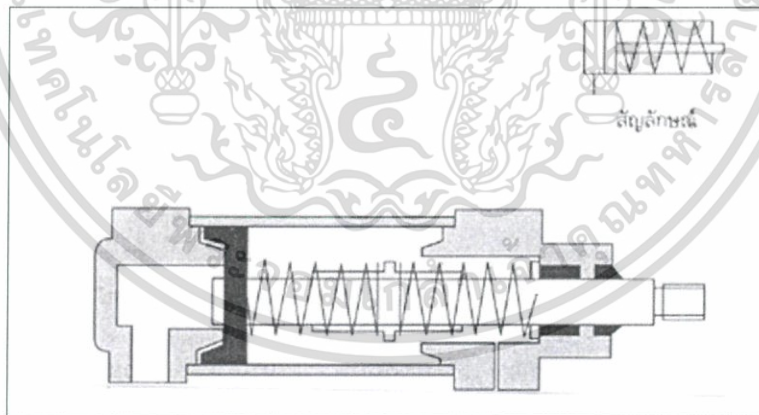
โดยปกติเกจวัดความดันจะติดตั้งอยู่ทางออกของตัวควบคุมความดันลมอัดเกจวัดความดันลมอัดจะเป็นแบบท่อสปริงรูปทรงกลมโค้งงอในแนวรัศมีและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นท่อกลวง ส่วนปลายข้างหนึ่งยึดติดกับช่องที่ให้ความดันลมอัดผ่านเข้ามาภายในชุดสปริง เมื่อมีใช้

แรงดันของลมท่อบริงรูปทรงกลมจึงยืดออกให้ท่อตรงส่วนปลายอีกด้านของท่อบริงจะยึดติดกับชุดกลไกต่อระหว่างท่อบริงกับเฟืองเข็ม

2.3 กระบอกสูบหรือกระบอกลม

กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว [3]

กระบอกสูบชนิดนี้จะมีรูลมเพียงรูเดียวใช้สำหรับให้ลมอัดเข้าเพื่อดันลูกสูบให้วิ่งออกส่วนจังหวะถอยกลับจะกลับด้วยแรงของสปริง ดังนั้น การใช้งานของกระบอกสูบชนิดนี้จึงควรใช้ในจังหวะดันออกเท่านั้นโดยกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียวเป็นอุปกรณ์ที่ให้แรงในแนวเส้นตรงและทำงานในทิศทางเดียวมักจะเป็นทิศทางให้ก้านสูบวิ่งออกขณะที่ก้านสูบวิ่งออกจะดันให้สปริงภายในกระบอกสูบบุบตัวเมื่อตัดสัญญาณลมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบให้วิ่งออก สปริงที่ยุบตัวจะคลายตัวออกมาพร้อมกับดันให้ลูกสูบถอยกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียวจะมีรูต่อลมรูเดียวอยู่ทางด้านลูกสูบส่วนอีกรูหนึ่งอยู่ทางด้านก้านสูบจะเป็นรูระบายลมเท่านั้นซึ่งเจาะไว้โดยที่ไม่มีเกลียวสำหรับใส่ข้อต่อลมดังแสดงในรูปที่ 2.1 แรงของกระบอกสูบที่เกิดจากการใส่ลมอัดเข้าไปดันลูกสูบ (ในกรณีของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว) จะได้ลดลงเพราะต้องลบด้วยแรงต้านของสปริง ตัวอย่างการใช้งานของกระบอกสูบชนิดนี้ เช่น การจับยึดชิ้นงาน (clamping) การส่งชิ้นงาน (ejecting) การอัดชิ้นงาน (pressing) การยกชิ้นงาน (lifting) การป้อนชิ้นงาน (feeding) เป็นต้น ความเร็วของลูกสูบอยู่ในช่วง 50-500 mm/s



รูปที่ 2.1 กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณที่ใช้ในงานวิจัย

2.4.1 การคำนวณกระบอกสูบ [4]

กระบอกสูบทำงานเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ 42 mm เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 20 mm แรงเสียดทาน 10 % ทฤษฎีความดันใช้งาน 6 bar.

- 1) แรงที่คำนวณได้จากทฤษฎีของกระบอกสูบขณะเคลื่อนที่
 - พื้นที่หน้าตัดลูกสูบสามารถหาได้จากสมการ

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \dots(2.1)$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (mm^2)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ (mm)

- พื้นที่หน้าตัดของวงแหวนสามารถหาได้จากสมการ

$$A' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad \dots(2.2)$$

เมื่อ A' คือ พื้นที่หน้าตัดวงแหวน (mm^2)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ (mm)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (mm)

แรงที่ได้จากทฤษฎีขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออกสามารถหาได้จากสมการ

$$F_{th} = A \square P \quad \dots(2.3)$$

เมื่อ F_{th} คือ แรงที่คำนวณได้จากทฤษฎี (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (mm^2)

P คือ ความดันลมอัด (bar. หรือ N/m^2)

- แรงที่ได้จากทฤษฎีขณะลูกสูบเคลื่อนที่กลับสามารถหาได้จากสมการ

$$F_{th} = A' \square P \quad \dots(2.4)$$

เมื่อ F_{th} คือ แรงที่คำนวณได้จากทฤษฎี (N)

A' คือ พื้นที่หน้าตัดวงแหวน (mm^2)

P คือ ความดันลมอัด (bar. หรือ N/m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวิชาการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งแรงเสียดทานมีค่า 10% ของแรงทฤษฎี อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) แรงที่เกิดขึ้นจริงของกระบอกสูบ
 - แรงที่เกิดขึ้นจริงของกระบอกสูบทางเดียวสามารถหาได้จากสมการ

$$F_n = (A \square P) - (F_R + F_F) \quad \dots(2.5)$$

- เมื่อ F_n คือ แรงที่เกิดขึ้นจริง (N)
 F_R คือ แรงเสียดทาน (N)
 F_F คือ แรงต้านเนื่องจากสปริง (N)

2.4.2 การคำนวณหาความหนาแน่นของรูป

- การหาความหนาแน่นของรูปสามารถหาได้จากสมการ [5]

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots(2.6)$$

- เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)
 m คือ มวลรวมของวัตถุ (kg)
 V คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)

2.4.3 การคำนวณหาความเค้นของรูป

- การหาความหนาแน่นของรูปสามารถหาได้จากสมการ [6]

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots(2.7)$$

- เมื่อ σ คือ ความเค้น (N/m^2 หรือ kPa)
 F คือ แรงภายนอกที่กระทำวัตถุ (N)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (m^2)

2.5 เหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิมหรือสแตนเลส [7] เป็นเหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง สแตนเลสเป็นโลหะผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งส่วนประกอบจะมีปริมาณคาร์บอนต่ำมีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลักประมาณ 10.5 % หรือมากกว่าทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (chromium oxide film : CrO_2 หรือเรียกว่า passive film) ที่มองไม่เห็นเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวหน้า

ทำให้เหล็กกล้ามีความต้านทานการกัดกร่อนฟิล์มปกป้องนี้จะมีบางเทียบเท่ากับวาทกรรม 1 แผ่นบนตึกสูง 20 ชั้น ถ้าฟิล์มที่ผิวหน้านั้นถูกทำลายไม่ว่าจากแรงกล สารเคมี หรือ

ออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศแม้จำนวนน้อยนิดจะเข้าทำปฏิกิริยากับโครเมียม สร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ทดแทนชั้นใหม่ด้วยตัวมันเองนอกจากนี้สแตนเลส สามารถปรับปรุงคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนและสมบัติอื่นๆ ที่ต้องการให้สูงขึ้นได้โดยการเพิ่มส่วนผสมของโครเมียมและเพิ่มธาตุอื่นๆ เช่น โมลิบดีนัม นิกเกิลและไนโตรเจนเข้าไป สแตนเลสมีอยู่มากกว่า 60 ชนิด ประโยชน์ของเหล็กกล้าไร้สนิมมีดังต่อไปนี้

- 1) ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)
- 2) งานอุณหภูมิเย็นจัด ป้องกันการแตกเปราะ
- 3) ใช้งานอุณหภูมิสูง (High temperature) ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง
- 4) มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High strength vs. mass)
- 5) งานที่ต้องการสุขอนามัย (Hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง
- 6) งานด้านสถาปัตยกรรม (Aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี
- 7) ไม่ปนเปื้อน (No contamination) ป้องกันการทำปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา
- 8) ต้านทานการขัดถูแบบเปียก (Wet abrasion resistance)



รูปที่ 2.2 เหล็กกล้าไร้สนิมหรือสแตนเลส

2.6 สารประกอบที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตรูป

2.6.1 ยางบง เปลือกไม้ใช้ทำรูป

ยางบง [8] เป็นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง เป็นไม้ที่ไม่ผลัดใบ มีมากในบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแถบจังหวัดมุกดาหาร นครพนม อุบลราชธานี ในป่าดงดิบสามารถพบได้โดยเฉพาะในแถบที่มีฝนตกชุกมากๆ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงเต็มที่ไม่เกิน 15 m ลำต้นตรง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกต้นเรียบสีเทาแก่ทรงตันเป็นพุ่มแตกกิ่งก้านมาก ประโยชน์ของเนื้อไม้นิยมใช้ไม้บงมาทำเครื่องมือเครื่องใช้ เปลือกบดให้ละเอียดผสมขี้เถ้าและการใช้ทำรูป



รูปที่ 2.3 รูปแสดงลักษณะของต้นยางบง



รูปที่ 2.4 รูปแสดงเปลือกของต้นยางบง

2.6.2 แป้งที่ใช้สำหรับทำรูป (ผงจันทร์ขาว)

จันทร์ขาว [9] พบขึ้นตามป่าโปร่งและป่าดิบแล้งทั่วไปเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กสูงราว 4-7 m เรือนยอดเป็นพุ่มยวรี เปลือกสีเทาอ่อนเรียบหรือแตกเป็นร่องเล็กๆ ไปตามความยาวของลำต้น เนื้อไม้มีสีขาวหรือสีเหลืองอ่อนใบเป็นใบเดี่ยวป้อมมนหรือรูปขอบขนานขนาดกว้าง 4-9 cm ยาว 12-20 cm โคนและปลายใบสอบมนเนื้อใบหนาเกลี้ยงเป็นมัน มีก้านใบแบนยาวราว 2 cm โดยนำเปลือกมาบดให้ละเอียดแล้วนำมาทำเป็นผงที่ไว้สำหรับทำรูปหอม



รูปที่ 2.5 รูปแสดงผงแป้งที่ใช้สำหรับทำรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 น้ำ

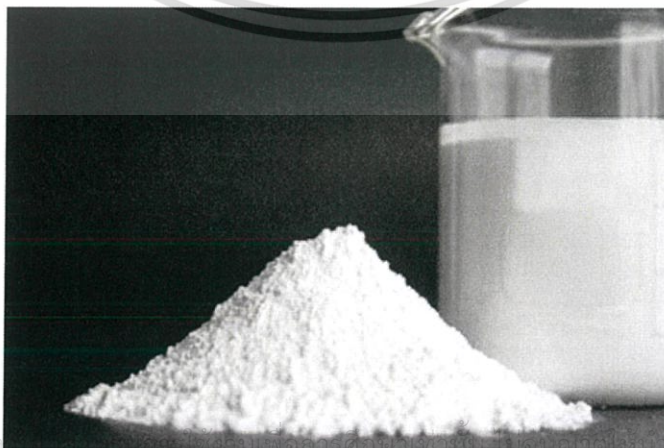
น้ำ [10] เป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันที่มีเพียงพอต่อชีวิตมากที่สุด โดยการทำ
รูปจะต้องใช้น้ำเป็นตัวผสมให้ผงรูปรวมตัวกัน



รูปที่ 2.6 รูปแสดงน้ำที่ใช้สำหรับทำรูป

2.6.4 ผงปูนขาว

ปูนขาว (lime) [11] เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเผาหินปูนจนเหลือ CaO หรือ
แคลเซียมออกไซด์ มีลักษณะเป็นก้อนหรือผงสีขาวเมื่อละลายน้ำจะให้สภาพเป็นด่าง นิยมใช้มากใน
ภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร ปูนขาวสามารถผลิตได้จากกระบวนการเผาหินปูนที่อุณหภูมิ
มากกว่า $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ เพื่อกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออก (CO_2) จนได้เป็นผลิตภัณฑ์ปูนขาวของแคลเซียม
ออกไซด์ (CaO) ในการผลิตรูปหอนั้นจะใช้ปูนขาวเป็นส่วนประกอบเพื่อให้รูปมีลักษณะคงสภาพเดิม
เมื่อเกิดการเผาไหม้



รูปที่ 2.7 รูปแสดงผงปูนขาวที่ใช้สำหรับทำรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความแข็ง (Hardness)

ความแข็ง [12] คือ คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถต้านทานหรือทนต่อการเสียรูปแบบพลาสติก โดยปกติเกิดจากการทำให้เป็นรอยจากการกด อย่างไรก็ตามความแข็งอาจรวมถึง ความต้านทานต่อการตัด การขีดการขีดและการตัด

ในการวัดความแข็งนั้น ความแข็งไม่ใช่คุณสมบัติเนื้อแท้ของวัสดุที่กำหนดได้ด้วยคำจำกัดความที่แน่นอนบนหน่วยพื้นฐานของมวล ความยาว และเวลา ค่าคุณสมบัติความแข็งคือผลของกระบวนการวัดที่กำหนด

ความแข็งของวัสดุได้ถูกประเมินอย่างยาวนานโดยความต้านทานต่อการขีดและการตัด ตัวอย่างเช่น วัสดุ B ขีดวัสดุ C เป็นรอยแต่ไม่สามารถขีดวัสดุ A เป็นรอย ในทางกลับกัน วัสดุ A ขีดวัสดุ B เป็นรอยเล็กน้อยและขีดวัสดุ C เป็นรอยมาก

การทดสอบความแข็งโดยการเปรียบเทียบมีข้อจำกัดในการใช้งานและไม่สามารถให้ข้อมูลตัวเลขที่แม่นยำหรือกำหนดสเกลเฉพาะสำหรับวัสดุและโลหะสมัยใหม่ วิธีโดยปกติเพื่อหาค่าความแข็งคือการวัดจากความลึกหรือพื้นที่ของรอยกดที่เหลือทิ้งไว้จากหัวกดที่มีรูปร่าง ภาระ (load) และเวลาที่เจาะจง วิธีมาตรฐานหลัก 3 มาตรฐาน สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและขนาดของรอยกด คือ ร็อคเวลล์ บริเนลล์และวิกเกอร์แต่ละวิธีของมาตรฐานได้ถูกแบ่งเป็นสเกล กำหนดโดยภาระที่ใช้และลักษณะของหัวกด ด้วยเหตุผลของการใช้งานและการสอบเทียบ

2.7.1 การทดสอบความแข็งแบบ Shore (Shore Hardness Test)

วิธีทดสอบความแข็ง Shore Scleroscope วัดความแข็งในเทอมความยืดหยุ่นของวัสดุ ทดสอบโดยปล่อยหัวค้อนปลายเพชร (ขนาด 2.5 g) ในท่อแก้ว ความสูงที่กระดอนกลับวัดได้จากสเกลที่ได้แบ่งเป็น 100 ส่วน ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยจากการกระดอนของเหล็กกล้าคาร์บอนชุบแข็งที่สมบูรณ์ สเกลมากกว่า 100 จะเป็นโลหะที่มีความแข็งมากเกิน ค่าความแข็งขึ้นอยู่กับความสูงที่กระดอนกลับของหัวค้อนวัสดุที่แข็ง ความสูงกระดอนมาก ความแข็งก็จะมาก วัสดุที่อ่อนความสูงกระดอนจะน้อย ความแข็งก็จะน้อย

การทดสอบแบบ Shore Durometer ใช้หัวกดชุบแข็ง สปริงที่ได้ปรับค่าอย่างถูกต้อง ความลึกของหัวกดและแผ่นกด หัวกดจะถูกติดตั้งตรงกลางของฐานกดและมีระยะยึดตัว 2.5 mm จากผิวของฐานตำแหน่งระยะยึดตัวเต็มที่เข็มชี้แสดงค่าศูนย์ เมื่อหัวกดถูกกดจนกระทั่งแนบติดผิวหน้าฐานกด ตัวบ่งชี้แสดงค่า 100 ดังนั้นทุกๆ จุดของ Shore มีค่าเท่ากับระยะกด 0.0025 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 Shore Durometer Type A and D [12]

Durometer	Indenting foot	Applied mass (kg)	Resulting force (N)
Type A	Hardened steel rod 1.1 mm – 1.4 mm diameter, with a truncated 35° cone, 0.79 mm diameter	0.822	8.064
Type D	Hardened steel rod 1.1 mm – 1.4 mm diameter, with a 30° conical point, 0.1 mm radius tip	4.550	44.64

2.8 ความเค้น (Stress)

ความเค้น [6] คือ แรงภายนอกที่กระทำผ่านจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้นหรือแรงภายนอกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใช้สัญลักษณ์ว่า “ σ ” (sigma) เมื่อวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลแรงภายนอกที่กระทำบนวัตถุจะต้องมีแรงภายในต้านขนาดรวมแล้วเท่ากับแรงภายนอกของวัตถุที่ถูกกระทำ โดยความเค้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งของชิ้นงานที่ทดสอบโดย Shore Durometer ซึ่งในการทดสอบได้ใช้ Shore Durometer Type D ซึ่งมีแรงที่เกิดขึ้น 44.64 N ดังแสดงในตารางที่ 2.2 นั่นคือ ค่าความเค้นคืออัตราส่วนระหว่างแรงที่เกิดขึ้นของการวัดความแข็งกับพื้นที่หน้าตัดของชิ้นรูป

2.9 โปรแกรม SolidWorks

โปรแกรม SolidWorks [13] พัฒนาขึ้นในปี 1995 โดยบริษัท Dassault System ในประเทศฝรั่งเศสเป็นซอฟต์แวร์เพื่อให้ นักออกแบบใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำลองในคอมพิวเตอร์ ก่อนที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง โดยตัวซอฟต์แวร์จะจัดอยู่ในตระกูล CAD (Computer Aided Design) ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานจำลองในรูปแบบ 3D Solid Models เป็นแบบงานแยกชิ้น (Part) และแบบงานประกอบ (Assembly) เพื่อนำไปสร้างเป็น 2D Standard Engineering (CADD = Computer Aided Design and Drafting) โปรแกรม SolidWorks เป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง คือ สามารถที่จะทำงานมากมายหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานที่ต้องขึ้นเป็น solid หรือ surface ก็มีเครื่องที่รองรับเป็นอย่างดี เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วสามารถที่จะประกอบชิ้นงานได้ใน Mode ของชุดคำสั่ง Assembly รวมทั้งผู้ต้องการ Drawing ของชิ้นงาน ก็เพียงลากชิ้นงานมาวางในใบงาน แล้วขนาดจะมองเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถที่จะประหยัดเวลาในการทำงานและสนุกกับการทำงานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 ประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม SolidWorks

ประสิทธิภาพของโปรแกรม SolidWorks เป็นการเจาะลึกให้หนักออกแบบสามารถสร้างชิ้นงานจำลองทางด้าน Mechanical Engineering Design ได้อย่างสมบูรณ์แบบ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการคำนวณทางวิศวกรรมและการตรวจสอบความผิดพลาดของ 3D Solid Models เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและลดระยะเวลาการทำงานในการออกแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในบริษัทและองค์กร

2.9.2 ลักษณะการทำงานของโปรแกรม SolidWorks

โปรแกรม SolidWorks แบ่งหมวดการทำงานหลักออกเป็น 3 หมวดคือ Part, Assembly และ Drawing โดยรูปแบบการทำงานทั้ง 3 หมวดมีลักษณะการใช้งานดังนี้

1) Part Mode เป็นหมวดการทำงานเริ่มต้นก่อนที่จะก้าวสู่การทำงานในหมวด Assembly และ Drawing ในขั้นตอนนี้จะมีการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ การใช้ 2D Sketch เพื่อนำไปสู่การสร้างเป็น 3D Feature และมีเงื่อนไขเป็น Feature-Based Modeling และ Parametric โดยมีการอ้างอิงจาก Solid Mode

- Feature-Based Modeling คือ การออกแบบซอฟต์แวร์ให้สามารถทราบถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของ Solid Model ที่สร้างขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงและแก้ไข Model ในลำดับการทำงานแต่ละขั้นได้ง่ายและรวดเร็ว
- Parametric Model คือ การออกแบบซอฟต์แวร์ซึ่งใช้เงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขขนาดรูปร่างทางเรขาคณิตของ Model ที่สร้างขึ้นมา
- Solid Model คือ แบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ที่สามารถแสดงค่าต่างๆ เช่น Density, Material, Mass, Weight เป็นต้น และยังสามารถมองเห็น 3D Model ได้ทุกมุมมอง

2) Assembly Mode เป็นหมวดการทำงานเพื่อนำ Part Model เข้าไปประกอบเป็นเครื่องจักรกลหรือกลไกต่างๆ และมีเงื่อนไขเป็น Feature Base และ Parametric เช่นเดียวกับ Part Model โดย Part Model และ Assembly จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เมื่อทำการแก้ไขในหมวดใดอีกหรือมีการประกอบที่ซ้อนหรือทับกันหมวดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการแก้ไขไปด้วย การทำงานใน Assembly สามารถช่วยให้หนักออกแบบสามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการสร้าง Part ได้โดยการใช้คำสั่งต่างๆ เช่น คำสั่ง Interference Detection เพื่อตรวจสอบการขัดกันเมื่อมีการเคลื่อนที่ โดยใช้คำสั่ง Move Component เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกลไก คำสั่ง Simulation เพื่อจำลองต้นกำลังในการทำงานจริงของเครื่องจักร หรือหากชิ้นงานจำลองที่ออกแบบมีข้อผิดพลาดก็สามารถแก้ไข Part ใน Assembly ได้เลย ทำให้การออกแบบเป็นเรื่องง่าย และผู้ออกแบบจะสนุกกับการทำงาน Design การทำงานใน Assembly Mode มีลักษณะการทำงาน 2 กรณี ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bottom-Up Assembly คือ การนำ 3D Models ต่างๆ ที่สร้างเสร็จแล้วใน Part Mode ไปวางในหน้าต่าง Assembly เพื่อทำการประกอบ โดยการใช้นำคำสั่ง Mate หรือ Smart Mate ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะสำหรับผู้ใช้ในระดับเริ่มต้นหรือขั้น Basic
- Top-Down Assembly คือ การสร้าง 2D Sketch เป็นโครงร่างระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ระหว่าง Part หรือการสร้าง Part ใน Assembly โดยให้มีขนาดและรูปร่างที่มีการอ้างอิงกับ Part อื่นๆ ทั้งในส่วน Sketch และ Feature วิธีนี้เหมาะกับผู้ใช้ในระดับ Advance

3) Drawing Mode เป็นหมวดการทำงานเพื่อสร้าง 2D Standard Engineering โดยในหมวดนี้เป็นการสร้างมุมมองและกำหนดรายละเอียดตามระบบมาตรฐานต่างๆ โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ

- Generative Drafting ซึ่งเป็นการสร้าง 2D Sketch และ Interaction Drafting ซึ่งเป็นการนำ 3D Model จาก Part และ Assembly มาวางใน Drawing เพื่อสร้างเป็น 2D Drafting จะมีลักษณะเป็น Parametric และ Relation เช่นกัน แต่จะไม่สามารถใช้คำสั่งใน Drawing Commands ได้ เพราะคำสั่งต่างๆ จะต้องอ้างอิงกับ 3D Model
- Interaction Drafting คือ การนำ 3D Model จาก Part และ Assembly มาวาง Drawing เพื่อสร้างเป็น 2D Drafting การทำงานในหมวดนี้สามารถใช้คำสั่งจาก Annotation Command และ Drawing Command เพื่อสร้างมุมมองและกำหนดรายละเอียดได้โดยอัตโนมัติ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ทรรศนีย์ พฤกษาลิทธิ [14] ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับสารต่างๆ ในควันธูปว่ามีสารเคมีหลายกลุ่มที่เป็นอันตรายแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ สารอินทรีย์ระเหยง่าย สารอินทรีย์กึ่งระเหย อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ของควันธูปทั้งที่เป็นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 μm และขนาดเล็กกว่า 2.5 μm ในอนุภาคฝุ่นยังพบโลหะชนิดต่างๆ ทั้งทองแดง ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก ฯลฯ และกลุ่มสุดท้ายคือก๊าซบางชนิดจากการเผาไหม้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ฯลฯ ผู้ที่เสี่ยงอันตรายในการได้รับสารเคมีจากควันธูป ได้แก่ กลุ่มที่สัมผัสควันธูปเป็นหลักคือบุคคลทั่วไปที่มีกิจกรรมสวดมนต์ไหว้พระซึ่งต้องจุดธูปอยู่เป็นประจำและกลุ่มผู้ประกอบการ

ไม่ว่าจะเป็นผู้ที่ทำงานในวัด ศาลเจ้าจีน มูลนิธิในศาลเจ้า กลุ่มผู้ขายสินค้าในบริเวณดังกล่าว ที่ผ่านมามีเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การกล่าวอ้างถึงอันตรายของควันธูป โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาเรื่องควันธูป และการปลดปล่อยสารไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายต่างๆ จากการเก็บข้อมูลจากแหล่งกำเนิดโดยตรงซึ่งพบว่ามีสารหลายกลุ่ม สำหรับสารเคมีที่ตนสนใจศึกษาคือสารอินทรีย์ระเหยง่ายเนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีองค์ประกอบของสารหลายชนิดที่เป็นมลพิษทางอากาศ เช่น เบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน ฯลฯ หรือที่เรียกย่อๆ ว่าสารบีเทค จากหลักฐานการศึกษาวิจัยสารอินทรีย์ระเหยง่ายมีอันตรายสูงและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น สารเบนซีนจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้หากสัมผัสในระยะยาว สารเอทิลเบนซีนมีผลทำให้เกิดมะเร็งในท่อไต ฯลฯ ส่วนสารโทลูอิน ทำให้ร่างกายอ่อนล้า อ่อนแรง สูญเสียความจำ คลื่นไส้ เบื่ออาหาร สารไซลีนทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง มีอาการเคืองตา แสบตา แสบจมูกและระคายเคืองในลำคอ

นักรบ เจริญสุข [15] ได้ศึกษาการทำรูปเพื่อพัฒนาส่วนผสมในการผลิตรูปเพื่อลดสารก่อมะเร็งในควันรูปเป็นสูตรรูปทดลองเบื้องต้น จากนั้นนำรูปทดลองไปคัดเลือกโดยใช้เกณฑ์การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ที่มีประสบการณ์ด้านการผลิตรูปเป็นเวลานาน 10 - 30 ปี ประกอบกับเงื่อนไขการผลิตรูปของโรงงาน คือ การยึดเกาะ กลิ่นและปริมาณควัน หลังจากนั้นนำรูปที่ผ่านเกณฑ์การประเมินไปวิเคราะห์สารเคมีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เพื่อหาสารก่อมะเร็ง 2 ชนิด คือเบนซีน และ 1,3 บิวทาไดอิน ผลการวิจัยพบว่ารูปที่พัฒนาจากวัตถุดิบ 10 ชนิด คือ ไม้ไผ่สีสุก ชี้เลื่อยไม้สัก ชี้เลื่อย ไม้ประดู่ ผงเปลือกหอยนางรม ผงคาร์บอน ผงยางบง จันขาว จันเขียว จันเหลือง และผงว่านหอมร่วมกับโรงงานเป็นรูปทดลองทั้งหมด 30 สูตร เมื่อนำรูปทดลองให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินพบว่าผ่านเกณฑ์การยึดเกาะที่ดี กลิ่นไม่ฉุนและปริมาณควันน้อย จำนวน 7 สูตร ได้แก่ รูปสูตร S-3, S-6, S-9, S-12, S-15, S-21 และ S-30 จากนั้นวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณเบนซีน และ 1,3 บิวทาไดอิน พบว่า รูปทดลองสูตร S-9 ที่เติมผงเปลือกหอยนางรมร้อยละ 24 มีปริมาณเบนซีน และ 1,3 บิวทาไดอินต่ำที่สุดคือ เบนซีน 5.2 mg/m^3 และ 1,3 บิวทาไดอิน 12.0 mg/m^3 เมื่อเทียบเคียงปริมาณเบนซีนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 และเกณฑ์มาตรฐานของ OSHA 32 mg/m^3 แต่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ ACGIH, 2013 1.6 mg/m^3 และปริมาณ 1,3 บิวทาไดอิน สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ OSHA และเกณฑ์มาตรฐานของ ACGIH, 2013 2.2 และ 4.4 mg/m^3 ตามลำดับ

ศิริพล ทองอ่อน [16] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้ศึกษาและสร้างเครื่องอัดรูปที่ใช้สกรูเป็นตัวอัดขึ้นรูปตามที่กำหนดเพื่อช่วยลดเวลาและแรงงานคน อีกประการคือช่วยให้ได้เครื่องผลิตรูปมีราคาต่ำกว่าต่างประเทศและเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมรูปที่เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมและการนำเครื่องทำอัดรูปจากงานวิจัยไปใช้งานได้จริงจนเป็นที่ยอมรับและพัฒนาการเรียนรู้ด้านการผลิตรูป ซึ่งส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน ผลสำเร็จของงานวิจัยอาจสรุปได้ดังนี้ เพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถด้านเศรษฐกิจชุมชน พัฒนาอาชีพการผลิตรูปสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือนให้กับชุมชนทั่วไปและเพิ่มโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่ตลาดทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าภายในประเทศและต่างประเทศ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Madhur Bakhle และคณะวิจัย [17] ได้ออกแบบและการผลิตเครื่องทำรูปแบบใช้เท้าเหยียบต้นทนต์ต่ำ เพื่อลดขั้นตอนการใช้แรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตรูปไม้ไผ่ซึ่งมีการระบุไว้ในบทความนี้ เครื่องจะขึ้นอยู่กับกลไกการอัดรูปให้ติดกับไม้ไผ่ ส่วนประกอบหลักของเครื่องนี้ ได้แก่ ระบบที่ใช้เกียร์ที่ทำงานโดยใช้เท้าเหยียบ ระบบเพลลาและเฟือง และเครื่องอัดขึ้นรูป เนื่องจากวัตถุดิบที่ใส่ลงไปมีลักษณะเป็นกิ่งของแข็งและต้องใช้กำลังสูงในการอัดขึ้นรูปการทดสอบการอัดในที่แคบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (เครื่องทดสอบแบบสากล) ได้ดำเนินการเพื่อให้ได้ค่าประมาณของแรงที่ต้องการสำหรับการอัดขึ้นรูป ในระหว่างการทดลองนี้มีการใช้แรงที่แตกต่างกันออกไปและกระทำบนแท่นวางจนทำให้มีการอัดขึ้นรูปจากเบา การใช้ค่าประมาณแรงนี้การวิเคราะห์ FEA และการคำนวณทางทฤษฎีระบบเกียร์แบบผสมสองขั้นตอนที่เหมาะสมและระบบการใช้เท้าเหยียบที่ได้รับการออกแบบ ระบบคั่นเกียร์และเกียร์ได้รับการออกแบบตามหลักสรีรศาสตร์ เพื่อให้แรงที่ใช้ส่งผลให้ความเหนื่อยล้าของกล้ามเนื้อน้อยที่สุดสำหรับผู้ปฏิบัติงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างระบบของเครื่องอัดอากาศโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงานซึ่งจะรวมถึงการจัดการวัสดุอุปกรณ์ การออกแบบและการสร้างเครื่องอัดอากาศ และในส่วนถัดมาจะอธิบายถึงการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน

3.1 การออกแบบและสร้างระบบ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างระบบของเครื่องอัดอากาศโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือการจัดการวัสดุและอุปกรณ์สำหรับนำมาประกอบเป็นระบบของเครื่อง ส่วนของการสร้างเครื่องอัดและภาคสำหรับใส่ผงรูปที่จะทำการอัดขึ้นรูป

3.1.1 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์

เป็นส่วนของการจัดหาสิ่งซื้ออุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบกันเป็นระบบของเครื่องอัดอากาศโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน ซึ่งจะประกอบด้วยกระบอกสูบ

- กระบอกสูบ TCM Series รุ่น TC M 40 x 50 S G

Specification		6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Bore size(mm)		6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Acting type		Double acting											
Fluid		Air(to be filtered by 40 μ m filter element)											
Operating pressure		0.15~0.7MPa(23~100psi)						0.1~1.0MPa(14~145psi)					
Proof pressure		1.05MPa(152psi)						1.5MPa(215psi)					
Temperature °C		-20~70											
Speed range mm/s		50~500						30~500				50~400	
Stroke tolerance		0~100 ^{+1.0}						>100 ^{+1.5}					
Cushion type		Bumper											
Non-rotating tolerance (1)	Linear bearing	-	± 0.08°	± 0.07°	± 0.06°	± 0.05°	± 0.04°						
	Bronze bearing	± 0.1°	± 0.10°	± 0.09°	± 0.08°	± 0.06°	± 0.05°						
Port size (2)		M3 x 0.5		M5 x 0.8		1/8"		1/4"		3/8"			

รูปที่ 3.1 รูปแสดงสเปกกระบอกสูบ [4]

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าความเร็วการเคลื่อนที่ไป-กลับของช่วงชักที่สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วสูงสุดอยู่ที่ 500 mm/s ดังนั้น การเคลื่อนที่ไป-กลับจะมีเท่ากับ 5 r/s ซึ่งหมายถึงว่าสามารถผลิตชิ้นงานได้ถึง 5 ชิ้นในเวลา 1 วินาที หรือสามารถผลิตชิ้นงานได้สูงสุด 48000 ชิ้นในเวลา

8 ชั่วโมง แต่เนื่องจากจากผู้วิจัยได้จัดซื้อกระบอกสูบ TCM Series รุ่น TC M 40 x 50 S G ดังแสดง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นรุ่นธรรมดาที่ไม่ใช่แบบไฮสปีด จึงทำให้มีการต่อกระบอกลูกสูบกับปั๊มลมโดยตรง จึงไม่สามารถกำหนดความเร็วการเคลื่อนที่ไป-กลับของช่วงชักได้หรือไม่สามารถคำนวณชิ้นงานที่ผลิตได้ในจำนวนที่แน่นอน

Bore size (mm)	Stroke (mm)																
	10	20	25	30	40	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	
12	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
16	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
20		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
25		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
32			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
40				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
50					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
63						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
80							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
100								●	●	●	●	●	●	●	●	●	

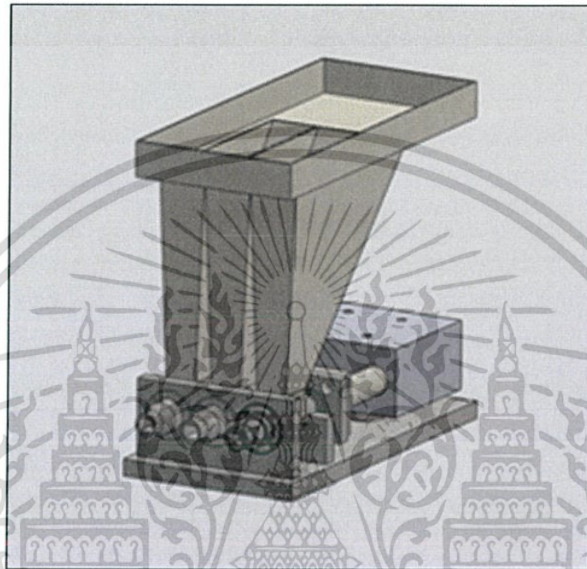
รูปที่ 3.2 รูปแสดง Bore size และ Stroke [4]



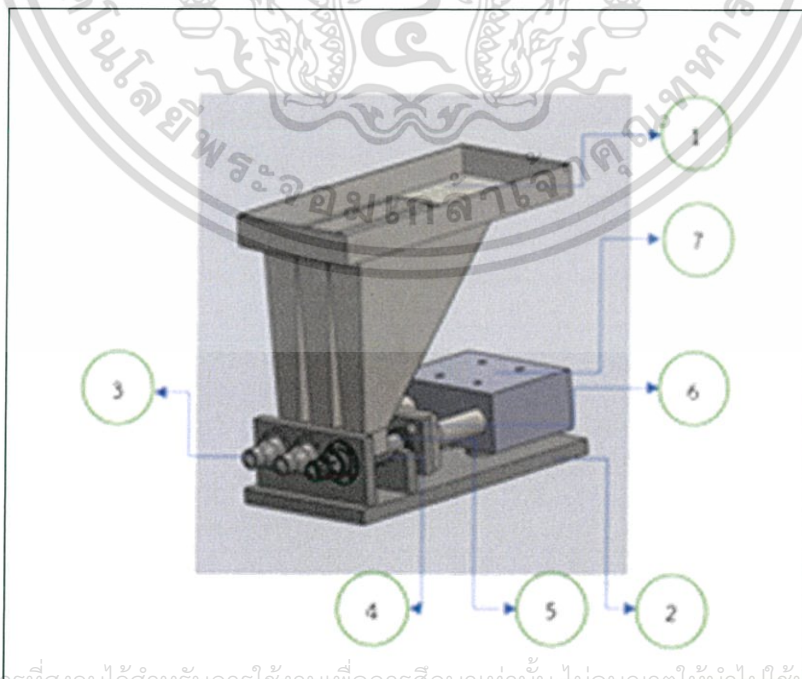
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.3 รูปแสดงกระบอกลูกสูบที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดรูปเซคตี [4]
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งหมดนี้หมดแต่เปลี่ยนแปลงและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบและพัฒนาแบบ

เป็นส่วนของการออกแบบ และพัฒนาแบบเพื่อที่จะสามารถนำมารองรับตัวระบบของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้โปรแกรม Solid Works ในการออกแบบและพัฒนาแบบเพื่อศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องอัดรูปและสามารถรองรับจำนวนผงรูปที่ใส่ไปเพื่อทำการอัดโดยสามารถปรับเปลี่ยนสภาพที่ใส่ผงรูปได้และสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วในการอัดขึ้นรูปของรูปโซคติได้



รูปที่ 3.4 รูปแสดงเครื่องอัดรูปโซคติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3.5 รูปแสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องอัดรูปโซคติ

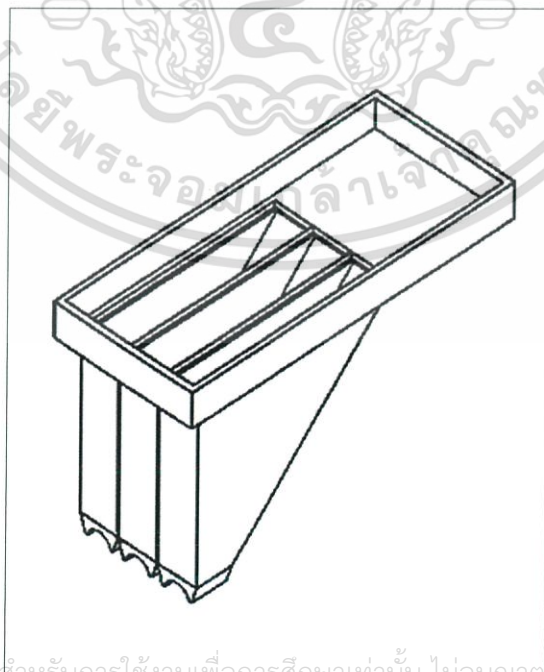
จากรูปที่ 3.5 ได้แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องอัดรูปโซคติที่ได้แสดงไว้ตามหมายเลขต่างๆ ดังนี้

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. ถาดใส่ผงรูป | 2. แท่นอัด |
| 3. แกนดัน | 4. แผ่นยึดแกน |
| 5. ปากเครื่องอัดรูปโซคติ | 6. ฐานรองเครื่องอัดรูปโซคติ |
| 7. แบบจำลองกระบอกสูบ | |

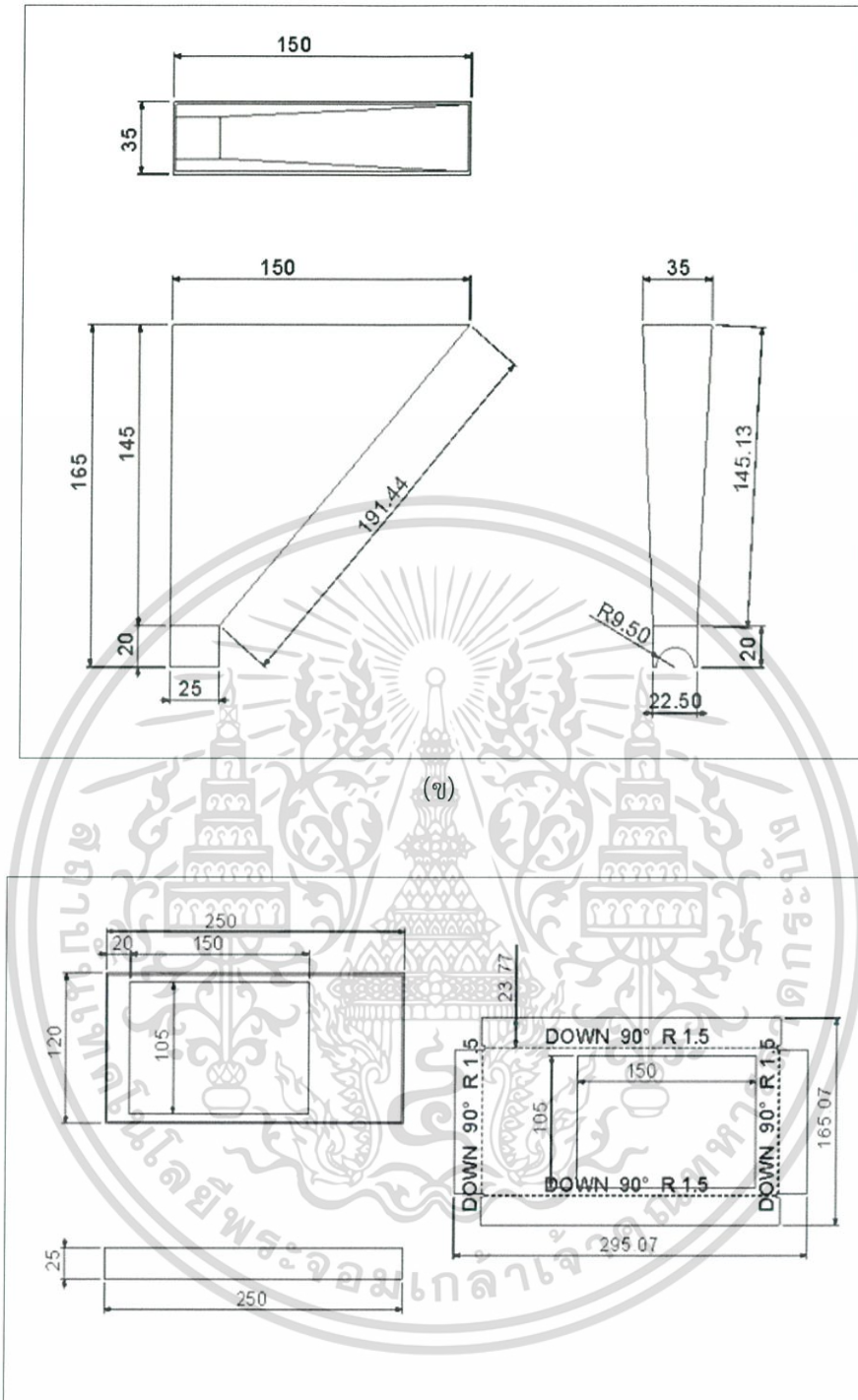
โดยจะอธิบายลักษณะของชิ้นส่วนต่างๆ และแบบของชิ้นส่วนต่างๆ ที่นำมาประกอบเป็นเครื่องอัดรูปโซคติได้ดังต่อไปนี้

1. ถาดใส่ผงรูป

ในส่วนของถาดใส่ผงรูปจะไว้สำหรับใส่ผงรูปที่ไว้ใช้ในการอัดรูปโดยถาดใส่ผงรูปนั้นผู้วิจัยต้องการให้ขนาดของถาดใส่ผงรูปให้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่มี 3 ช่องเชื่อมติดกัน โดยในแต่ละช่องจะมีขนาดของถาดใส่ผงรูปที่ขนาดความกว้างด้านบนและด้านล่างเท่ากันที่ขนาด 22.5 mm และขนาดของความยาวด้านบนมีขนาด 150 mm ส่วนด้านล่างมีความยาวที่ 25 mm เนื่องจากด้านล่างจะต้องเอาไว้เชื่อมต่อกับแท่นอัด และเมื่อทำถาดใส่รูปครบ 3 ช่องแล้วก็นำมาเชื่อมติดกัน ส่วนความสูงของถาดใส่รูปจะมีขนาด 165 mm โดยส่วนของช่องใส่ผงรูปนั้นจะทำจากแผ่นสแตนเลสหนา 4 mm และส่วนด้านบนสุดของที่ใส่ผงรูปเรียกว่าที่ปักผงรูปโดยส่วนนี้จะนำแผ่นสแตนเลสมาพับให้มีลักษณะคล้ายกล่องและมีความกว้าง 120 mm และความยาว 250 mm โดยในส่วนนี้จะมีการเจาะช่องไว้สำหรับใส่ช่องที่เชื่อมไว้โดยการเจาะช่องจะมีขนาดความกว้าง 105 mm และความยาว 150 mm ห่างจากมุมที่พับ 20 mm และนำไปเชื่อมติดกันกับช่องทั้ง 3 ช่องที่เชื่อมไว้ โดยจะแสดงไว้ในรูปที่ 3.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(ก)



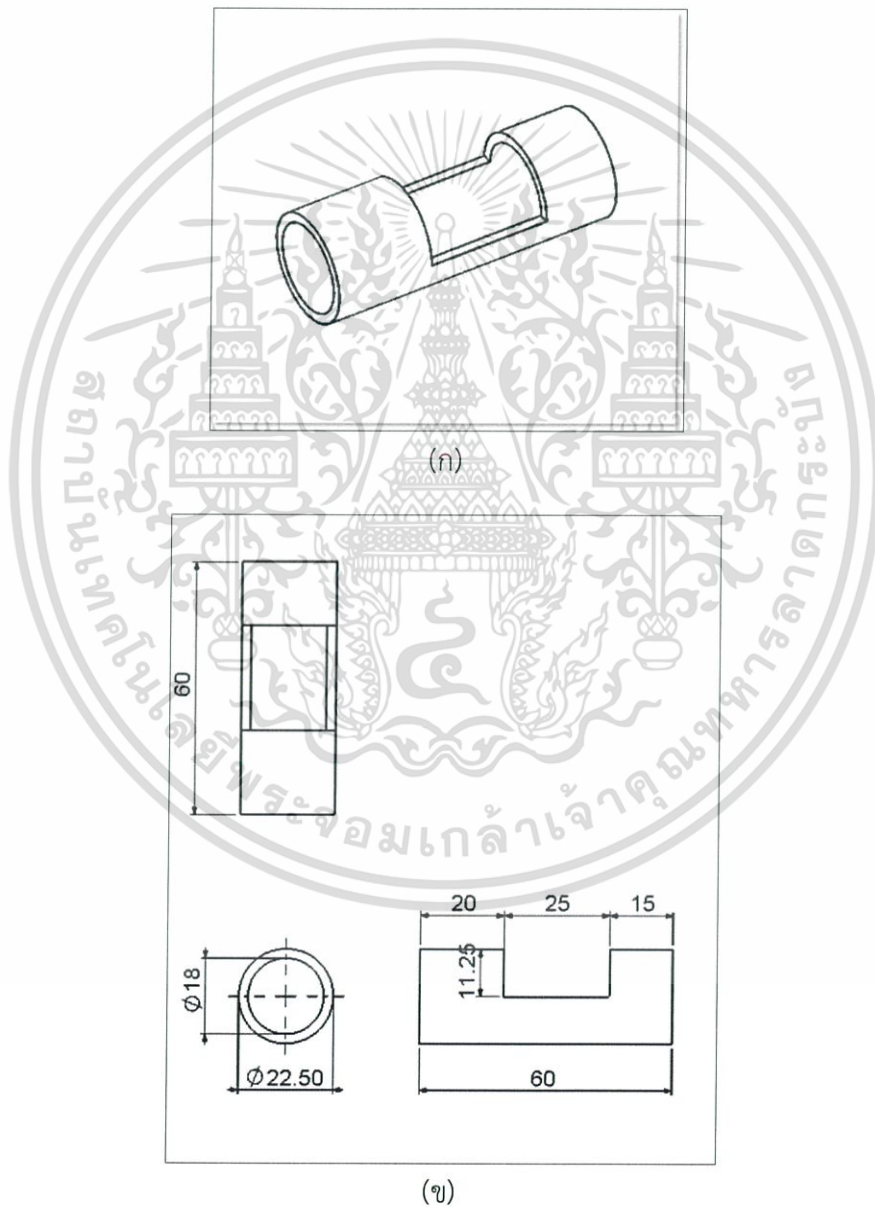
รูปที่ 3.6 ภาพแสดงขนาดใส่ผังรูป

- (ก) ภาพแสดงขนาดใส่ผังรูปในมุมมองไอโซเมตริก
- (ข) ภาพแสดงขนาดของช่องใส่ผังรูปในมุมมองต่างๆ
- (ค) ภาพแสดงขนาดของที่พับผังรูปในมุมมองต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แทนอัด

ในส่วนของแทนอัดนั้นได้ออกแบบให้มีลักษณะรูปทรงกระบอกและเจาะรูด้านบน เพื่อไว้เชื่อมกับถาดใส่ผงรูป โดยส่วนนี้จะทำมาจากสแตนเลสตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.50 mm ขนาดความยาว 60 mm แล้วเจาะรูทะลุตามยาวโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 mm แล้วเจาะรูด้านบนให้มีขนาดความยาว 25 mm โดยห่างจากขอบด้านขวา 15 mm และห่างจากขอบด้านซ้าย 20 mm โดยเจาะลึก 11.25 mm โดยที่เจาะนั้นเพื่อนำที่ถาดที่ใส่ผงรูปมาเชื่อมต่อเพื่อให้ผงรูปไหลเข้าสู่แทนอัดและให้แกนต้นทำงานเพื่ออัดต่อไป โดยแทนอัดจะแสดงในรูปที่ 3.7

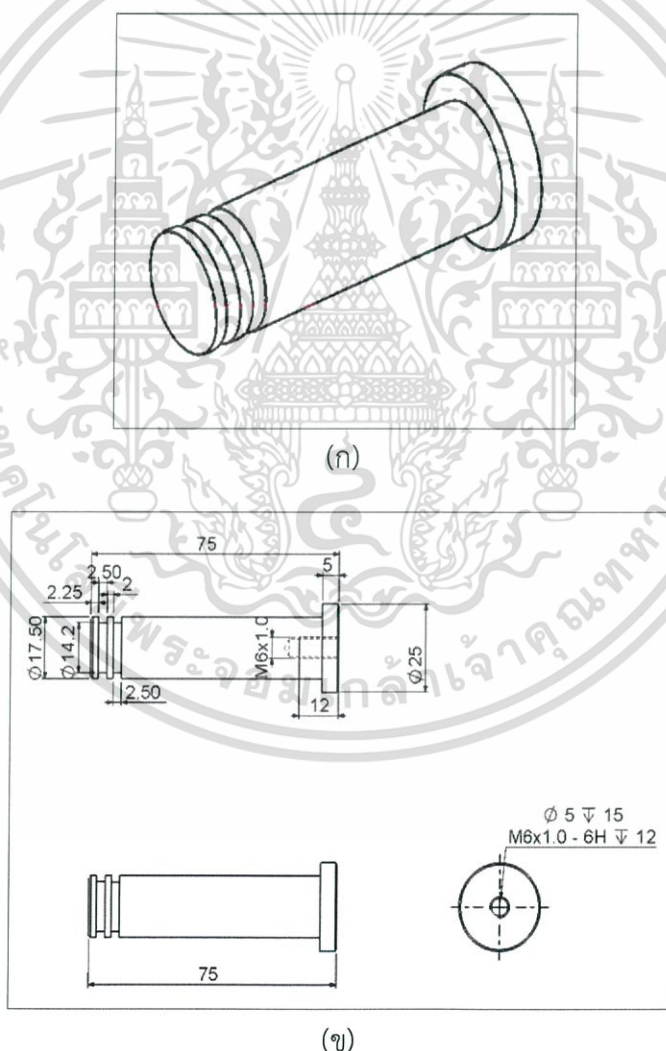


รูปที่ 3.7 ภาพแสดงแทนอัด

(ก) ภาพแสดงแทนอัดในมุมมองไอโซเมตริก
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ข) ภาพแสดงขนาดของแทนอัดในมุมมองต่างๆ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงในสิ่งใดก็ตามโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แกนต้น

แกนต้นเป็นส่วนที่ต้นให้ผงรูปอัดตัวเป็นก้อนโดยแกนต้นจะยึดติดกับแผ่นยึดแกนที่ต่อมาจากกระบอกลมอีกที โดยที่แกนต้นจะต้นผงรูปที่ไหลมาจากถาดใส่ผงลงมาสู่แท่นอัดและแกนต้นจะทำหน้าที่ต้นผงรูปให้รวมตัวกันและไหลออกทางปากเครื่อง ผู้วิจัยได้ออกแบบลักษณะของแกนต้นจะเป็น สเตนเลสตันมีลักษณะเป็นแท่งต้นมีความยาว 75 mm และแท่งสเตนเลสตันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm โดยจะทำการกลึงให้เหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.50 mm ยาว 70 mm ส่วนอีก 5 mm ที่เหลือให้คงไว้ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm และได้ทำการเจาะร่องให้มีขนาด 2.50 mm จำนวน 2 ร่อง เพื่อไว้ใส่โอริงเพื่อป้องกันการเสียดสีของแกนต้นกับแท่นอัด และได้มีการเจาะรูทางด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm โดยเจาะรูที่มีขนาด 6 mm เจาะลึก 1 mm เพื่อไว้ติดสกรูสำหรับยึดกับแผ่นยึดแกน และจะแสดงส่วนประกอบของแกนต้นไว้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงแกนต้น

(ก) ภาพแสดงแกนต้นในมุมมองไอโซเมตริก

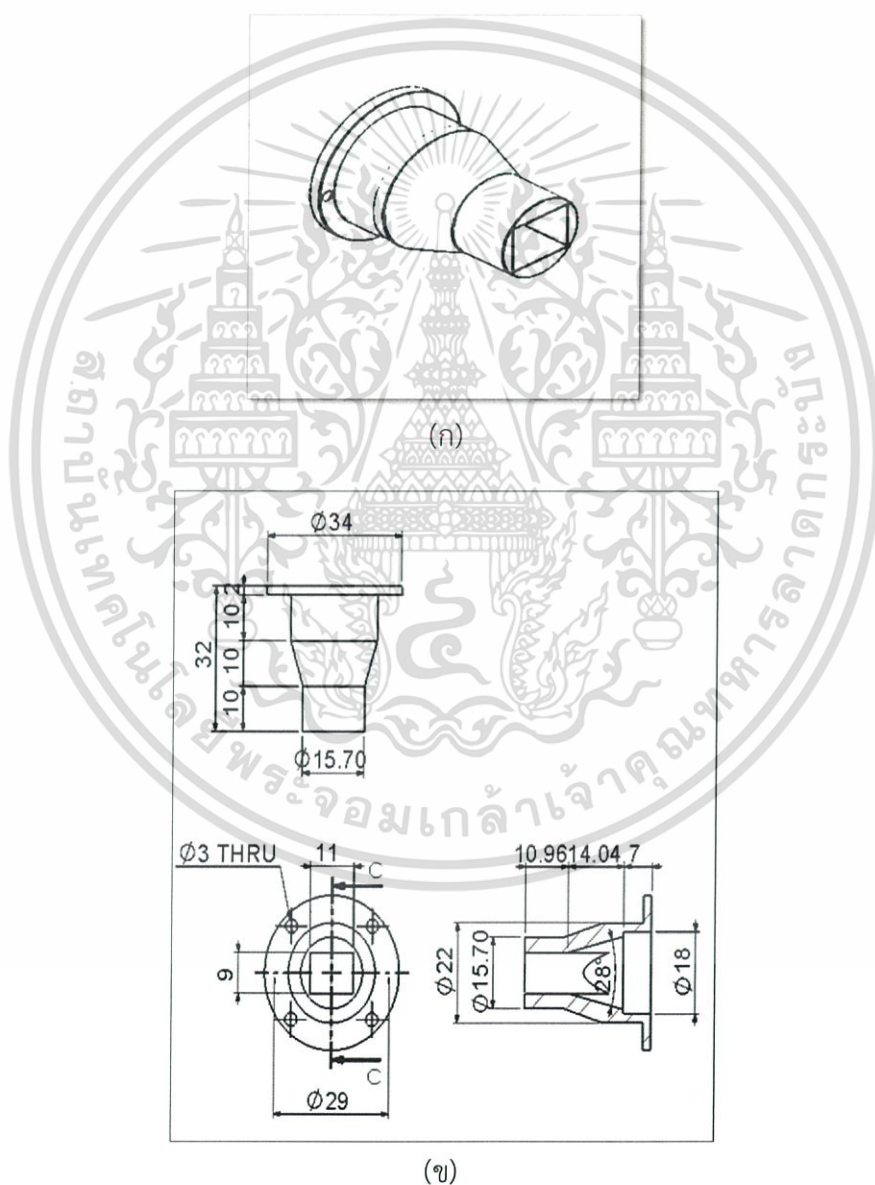
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(ข) ภาพแสดงขนาดของแกนต้นในมุมมองต่างๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ไปยังสื่อและช่องทางอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปากเครื่องอัดรูปโซคติ

ผู้วิจัยได้ออกแบบปากเครื่องอัดรูปโซคติให้มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกระบอกโดยใช้วัสดุสแตนเลสที่มีความยาวประมาณ 32 mm โดยที่ปากเครื่องอัดรูปส่วนหน้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.70 mm จะมีการเจาะรูตรงปากเครื่องส่วนหน้าให้ทะลุเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดปากเครื่อง 9 × 11 mm และที่ปากเครื่องส่วนท้ายมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 mm โดยส่วนท้ายมีความหนา 2 mm เพื่อเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm จำนวน 4 รูไว้เพื่อยึดติดกับแท่นอัดและภายในปากเครื่องจะมีการเจาะรูให้กลวงทำมุมเอียงภายในที่มุม 28° เพื่อให้แกนดันได้อัดเข้าสู่ปากเครื่องและสามารถอัดผงรูปออกมาในลักษณะที่ต้องการได้ โดยปากเครื่องอัดรูปจะแสดงในรูปที่ 3.10



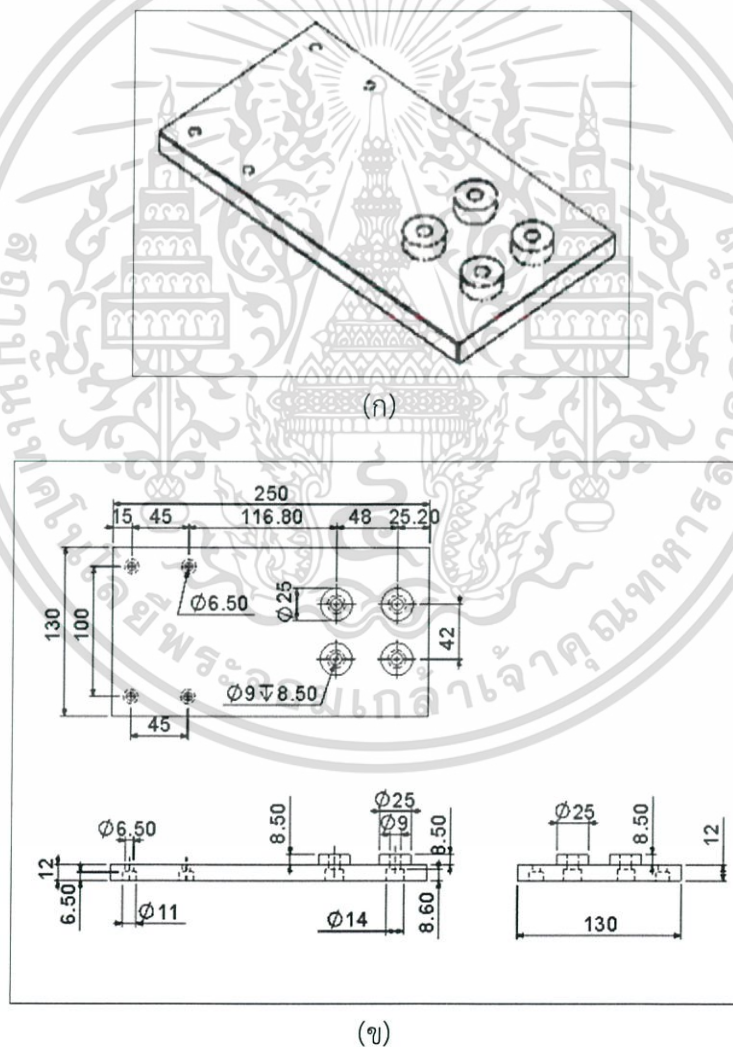
รูปที่ 3.10 ภาพแสดงลักษณะของปากเครื่องอัดรูปโซคติ

(ก) ภาพแสดงปากเครื่องอัดรูปในมุมมองไอโซเมตริก
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ในชื่อของโครงการวิจัยเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ภาพแสดงขนาดของปากเครื่องอัดรูปโซคติในมุมมองต่างๆ

6. ฐานรองเครื่องอัดรูปโซคติ

ฐานรองเครื่องอัดรูปโซคติ เป็นส่วนที่ไว้สำหรับรองตัวเครื่องเพื่อที่ยึดไว้กับโต๊ะ ป้องกันไม่ให้ตัวเครื่องขยับหรือเคลื่อนย้ายขณะที่เครื่องกำลังทำงาน โดยฐานรองเครื่องจะทำมาจาก แผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 12 mm โดยจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดความกว้าง 130 mm และความยาว 250 mm จะมีการเจาะรูขนาด 6.50 mm ไว้ 4 รู ซึ่งในแต่ละรูจะมี ระยะห่างระหว่างรูอยู่ที่ความกว้าง 110 mm ความยาว 45 mm และอยู่ห่างจากขอบที่ 15 mm เพื่อเอาไว้ใส่สกรูและยึดติดกับเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น โดยจะยึดติดในส่วนที่เป็นแท่นอัดกับปากเครื่อง ไว้และมีการเจาะรูที่มีขนาด 9 mm ทะลุลงไป และมีการเพิ่มแท่งสแตนเลสที่มีความหนา 8.50 mm และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm เข้าไปบนรูที่เจาะที่มีขนาด 9 mm เพื่อไว้สำหรับการใส่สกรู ไว้ยึดกับตัวกระบอบกสูบลมโดยลักษณะของแผ่นยึดแกนจะแสดงในรูปที่ 3.11

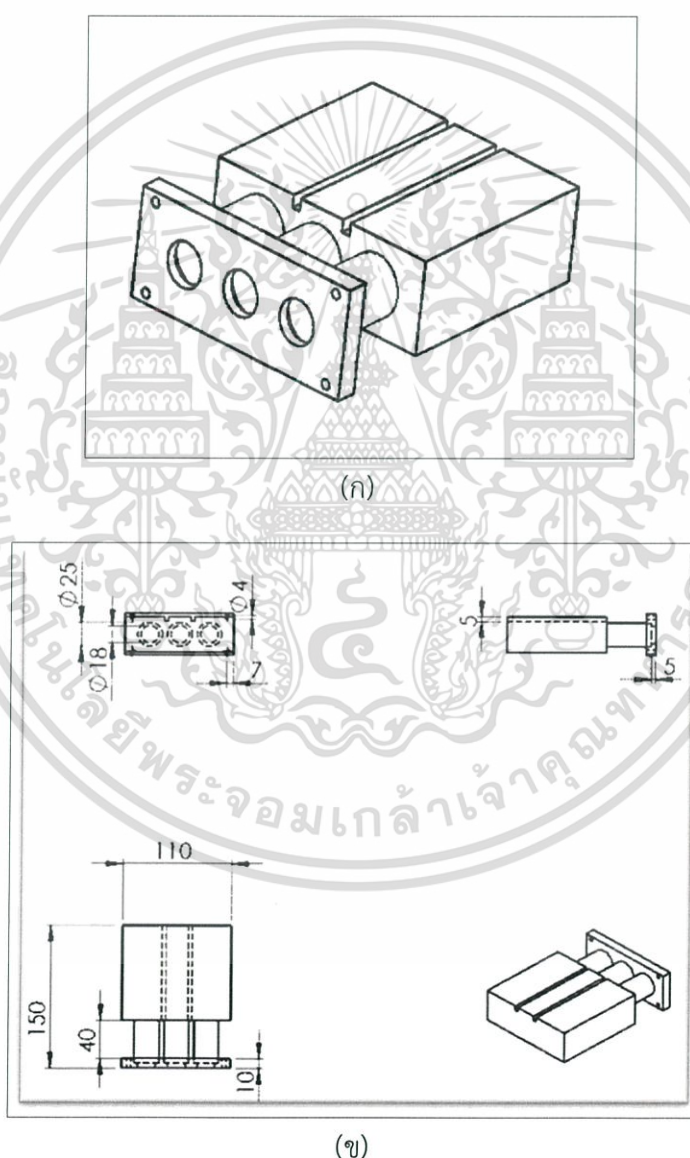


รูปที่ 3.11 ภาพแสดงฐานรองเครื่องอัดรูปโซคติ

(ก) ภาพแสดงฐานรองเครื่องอัดรูปโซคติในมุมมองไอโซเมตริก
 (ข) ภาพแสดงฐานรองเครื่องอัดรูปโซคติในมุมมองต่างๆ

7. แบบจำลองของกระบอกสูบ

กระบอกสูบจะทำหน้าที่อัดแรงดันเข้าไปในระบบของการอัดขึ้นรูปของรูปโซคติ โดยการอัดนั้นจะใช้หลักการของนิวแมติกส์แทนระบบไฮดรอลิกเพราะทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยแบบที่เขียนเป็นแบบจำลองของกระบอกสูบเนื่องจากกระบอกสูบเป็นอุปกรณ์ที่สั่งซื้อ โดยลักษณะของกระบอกสูบจะมีขนาดความกว้าง 110 mm และมีความยาวขณะที่แกนดันดันออก 150 mm และเป็นกระบอกสูบ TCM Series รุ่น TC M 40 x 50 S G โดยตัวกระบอกสูบจะเป็นอลูมิเนียมและตัวของแกนดันกระบอกสูบจะเป็นสแตนเลสกลมที่มีความยาว 50 mm และที่ปลายแกนดันจะติดด้วยแผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 10 mm โดยแบบจำลองกระบอกสูบจะแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ภาพแสดงแบบจำลองของกระบอกสูบ

(ก) ภาพแสดงแบบจำลองกระบอกสูบในมุมมองแบบไอโซเมตริก
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีเห็นชอบโดยผู้เกี่ยวข้องอย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ภาพแสดงแบบจำลองกระบอกสูบในมุมมองต่างๆ

3.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องอัดอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน

เมื่อทำการสร้างเครื่องอัดรูปเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้จัดเตรียมการทดลองเพื่อการทดสอบระบบของเครื่องอัดรูปโซคติไว้ดังนี้

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบในอัตราส่วนต่างๆ

ในการเตรียมวัตถุดิบที่นำมาทำรูปเพื่ออัดขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ เบื้องต้นนั้นผู้ผลิตจะต้องเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ทำรูปได้แก่ ผงจันทร์ขาว ผงปูนขาว ผงเปลือกไม้บงและน้ำ ซึ่งผู้วิจัยได้นำส่วนผสมวัตถุดิบทั้งหมดมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาว่าสูตรไหนที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการทางนิวแมติกส์มากที่สุดและสูตรไหนมีความใกล้เคียงกับรูปที่ใช้เปรียบเทียบ

3.2.2 การทดลองอัดรูปโดยค่าแรงดันลมในช่วง 5-7 bar.

เมื่อได้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละสูตรแล้ว จึงทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานโดยการจ่ายแรงดันลมผ่านกระบอกสูบแล้วสังเกตแรงดันลมที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานว่าใช้แรงดันลมจากถังลมอย่างน้อยเท่าไรที่สามารถการอัดขึ้นรูปชิ้นงานหรือกระบอกสูบสามารถทำงานได้

3.3 การทดสอบชิ้นงาน

3.3.1 ความแข็ง ความเค้นและความหนาแน่นของชิ้นงาน

ผู้วิจัยได้ผลิตเครื่องอัดรูปโซคติแบบนิวแมติกส์ และได้ผสมวัตถุดิบของรูปแต่ละสูตรเพื่อนำมาอัดขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อเปรียบเทียบความแข็ง ความเค้นและความหนาแน่นของเนื้อชิ้นงานแต่ละสูตร เมื่อนำมาทดสอบความแข็งของชิ้นงานในสูตรเดิมของเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบแล้วมีความแข็งมีค่า 31 Shore ความเค้นมีค่า 107 kPa และความหนาแน่นมีค่า 630 kg/m³ แล้วจึงนำค่าความแข็ง ความเค้นและความหนาแน่นของชิ้นงานมาเปรียบเทียบกัน

3.3.2 ระยะเวลาในการเผาไหม้

ระยะเวลาในการเผาไหม้ของสูตรเดิมที่ใช้กับเครื่องอัดรูปโซคติแบบไฮดรอลิกนั้นอยู่ที่ประมาณ 15.36 s ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบจุดรูปแต่ละสูตรที่อัดขึ้นรูปชิ้นงานแบบนิวแมติกส์เพื่อหาระยะเวลาของแต่ละสูตรแล้วทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ คือฐานวางระบบของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดขึ้นรูปของแท่งรูปและการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดรูปโซคติที่มีเงื่อนไขในการทดลองโดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน

1. เครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงานที่ได้ออกแบบและวิธีการทดสอบเครื่องอัดรูปโดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของส่วนผสมในการอัดรูป
2. การตรวจสอบคุณภาพของรูปโซคติที่มีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ
3. ตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องอัดรูปโซคติแบบนิวแมติกส์ที่สร้างขึ้นและมิติของรูปที่เครื่องอัดรูปอัดขึ้นรูปได้ (ความยาว ความกว้างและความหนาของรูป) ที่เป็นไปตามที่กำหนดไว้

4.1 เครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน

โครงสร้างของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงานได้มีการแก้ไขและปรับปรุงจนสามารถนำมาใช้งานในการอัดรูปโซคติได้ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 เป็นภาพถ่ายแสดงเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.1 รูปถ่ายเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงานที่ถูกสร้างขึ้นมาโดย
(ก) มุมมองทางด้านข้าง (ข) มุมมองทางด้านหน้า (ค) มุมมองทางด้านบน

4.1.1 โครงสร้างของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงาน

โครงสร้างของเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดรูปชิ้นงานจะมี ส่วนประกอบสำคัญอยู่ 5 ส่วนโดยมีส่วนที่ใช้ใส่ผงรูป ครอบอกสูบ แกนดัน แท่งอัดและปากเครื่อง โดยแต่ละชิ้นส่วนจะทำมาจากสแตนเลสและเชื่อมกันด้วยน็อตที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) ที่ใส่ผงรูปในส่วนของถาดใส่ผงรูปจะไว้สำหรับใส่ผงรูปที่ไว้ใช้ในการอัดรูปโดยถาดใส่ผงรูปนั้นมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่มี 3 ช่องเชื่อมติดกันโดยในแต่ละช่องจะมีขนาดของถาดค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ผงรูปที่ขนาดความกว้างด้านบนและด้านล่างเท่ากันที่ขนาด 22.5 mm และขนาดของความยาวด้านบนมีขนาด 150 mm ส่วนด้านล่างมีความยาวที่ 25 mm เนื่องจากด้านล่างจะต้องเอาไว้เชื่อมต่อกับแท่นอัด และเมื่อทำถาดใส่รูปครบ 3 ช่องแล้วก็นำมาเชื่อมติดกัน ส่วนความสูงของถาดใส่รูปจะมีขนาด 165 mm โดยส่วนของช่องใส่ผงรูปนั้นจะทำจากแผ่นสแตนเลสหนา 4 mm และส่วนด้านบนสุดของที่ใส่ผงรูปเรียกว่าที่ปักผงรูปโดยส่วนนี้จะนำแผ่นสแตนเลสมาพับให้มีลักษณะคล้ายกล่องและมีความกว้าง 120 mm และความยาว 250 mm โดยในส่วนนี้จะมีการเจาะช่องไว้สำหรับใส่ช่องที่เชื่อมไว้โดยการเจาะช่องจะมีขนาดความกว้าง 105 mm และความยาว 150 mm ห่างจากมุมที่พับ 20 mm และนำไปเชื่อมติดกันกับช่องทั้ง 3 ช่องที่เชื่อมไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

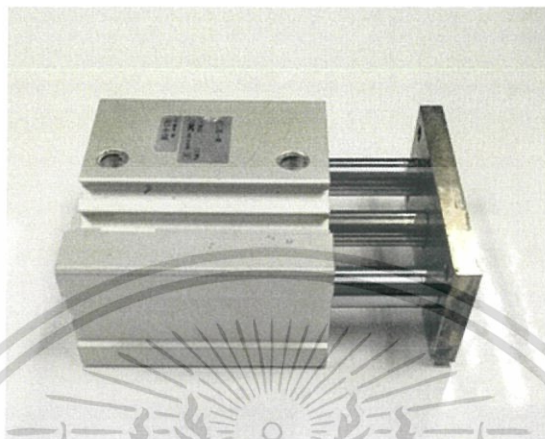


รูปที่ 4.2 ที่ใส่ผงรูป

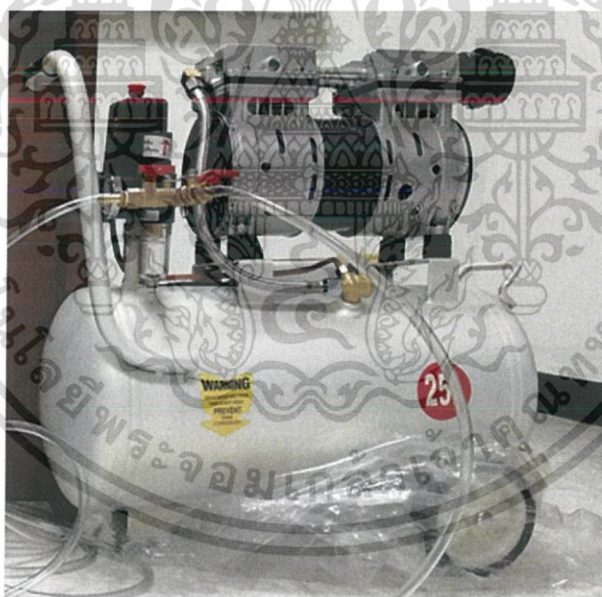
2) ครอบกดรูป ทำหน้าที่อัดแรงดันเข้าไปในระบบของการอัดขึ้นรูปของรูปโซคติ โดยการอัดนั้นจะใช้หลักการของนิวแมติกส์แทนระบบไฮดรอลิกเพราะทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยคณะผู้วิจัยได้สั่งซื้อครอบกดรูป TCM Series รุ่น M 40 x 50 S G ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ลักษณะของครอบกดรูปจะมีขนาดความกว้าง 110 mm และมีความยาวขณะที่แกนดันดันออก 150 mm ตัวครอบกดรูปจะเป็นอลูมิเนียมและตัวของแกนดันดันกดรูปจะเป็นสแตนเลสกลมที่มีความยาว 50 mm และที่ปลายแกนดันดันจะติดด้วยแผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 10 mm เนื่องจากเป็นครอบกดรูปแบบธรรมดาไม่สามารถปรับความเร็วได้และเนื่องจากรุ่นที่สามารถปรับความเร็วได้ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศทำให้ต้องรอเวลาในการนำสินค้าเข้ามา ทำให้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ครอบกดรูปแบบธรรมดาแทนและมีการต่อสายตรงจากเครื่องปั๊มลมเข้าครอบกดรูป โดยปั๊มลมที่คณะผู้วิจัยเลือกใช้เป็นปั๊มลม

เอกสารที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความทนทานสูง ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นเวลานานโดยไม่ต้องบำรุงรักษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงเงียบ ไม่ใช้น้ำมัน เคลื่อนย้ายสะดวก เหมาะกับงานอุตสาหกรรมที่ต้องการมาตรฐาน ปราศจากสารอันตราย กระแสไฟฟ้า 220/50 V/Hz กำลังไฟฟ้า 600 W ปริมาณลม 110 L/min ระดับเสียง 65 (dB) แรงดัน 8 bar ขนาดถัง 25 L น้ำหนัก 19.5 kg. แสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 กระบอกสูบลม



รูปที่ 4.4 เครื่องปั๊มลม

3) แกนดันและแผ่นยึดแกน โดยแกนดันเป็นส่วนที่ดันให้ผงรูปอัดตัวเป็นก้อนโดยแกนดันจะต่อจากตัวยึดแกนที่ทำหน้าที่ต่อมาจากกระบอกลมอีกที โดยที่แกนดันจะดันผงรูปที่ไหลมาจากถาดใส่ผงลงมาสู่แท่นอัดและแกนดันจะทำหน้าที่ดันผงรูปให้รวมตัวกันและไหลออกทางปากเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.5 เป็นภาพถ่ายแกนดันและแผ่นยึดแกน โดยแผ่นยึดแกนจะทำหน้าที่ยึดระหว่างแกนดันกับแผ่นของกระบอกสูบที่ใช้ในการอัดโดยที่ลักษณะของแผ่นยึดแกนและแผ่นยึดแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำมาจากสแตนเลสที่มีความหนา 10 mm กว้าง 45 mm และขนาดความยาว 120 mm และมีการเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.20 mm โดยเจาะจำนวน 3 รู และแต่ละรูอยู่ห่างกัน 35 mm โดยที่รูที่ 1 กับ รูที่ 3 อยู่ห่างจากขอบ 25 mm และเจาะไม่ทะลุเข้าไปมีความลึก 4 mm และมีการเจาะทะลุโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.60 mm และในแต่ละมุมจะมีการเจาะรูทะลุเพื่อไว้ใส่สกรูที่ไว้ยึดติดกับกระบอกสูบ โดยเจาะรูมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 mm และแต่ละรูจะอยู่ห่างกันทางด้านกว้าง 30 mm และทางด้านยาว 96 mm และในส่วนแกนต้นเป็นส่วนที่ต้นให้ฝังรูปอัดตัวเป็นก้อนโดยแกนต้นจะต่อจากตัวยึดแกนที่ทำหน้าที่ต่อมาจากกระบอกลมอีกที โดยที่แกนต้นจะต้นฝังรูปที่ไหลมาจากถาดใส่ผงลงมาสู่แท่นอัดและแกนต้นจะทำหน้าที่ต้นฝังรูปให้รวมตัวกันและไหลออกทางปากเครื่อง ลักษณะของแกนต้นจะเป็นสแตนเลสต้นมีลักษณะเป็นแท่งต้นมีความยาว 75 mm และแท่งสแตนเลสต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm โดยจะทำการกลึงให้เหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.50 mm ยาว 70 mm ส่วนอีก 5 mm ที่เหลือให้คงไว้ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm และได้ทำการเจาะร่องให้มีขนาด 2.50 mm จำนวน 2 ร่อง เพื่อไว้ใส่โอริงเพื่อป้องกันการเสียดสีของแกนต้นกับแท่นอัด ได้มีการเจาะรูทางด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm โดยเจาะรูที่มีขนาด 6 mm เจาะลึก 1 mm เพื่อไว้ติดสกรูสำหรับยึดกับแผ่นยึดแกน



รูปที่ 4.5 แกนต้นและแผ่นยึดแกน

4) แท่นอัดจะมีลักษณะรูปทรงกระบอกและเจาะรูด้านบนเพื่อไว้เชื่อมกับถาดใส่ผงรูป โดยส่วนนี้จะทำมาจากสแตนเลสต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.50 mm ขนาดความยาว 60 mm แล้วเจาะรูทะลุตามยาวโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 mm แล้วเจาะรูด้านบนให้มีขนาด ความยาว 25 mm โดยห่างจากขอบด้านขวา 15 mm และห่างจากขอบด้านซ้าย 20 mm โดยเจาะลึก 11.25 mm โดยที่เจาะนั้นเพื่อนำที่ถาดที่ใส่ผงรูปมาเชื่อมต่อเพื่อให้ผงรูปไหลเข้าสู่แท่นอัดและให้แกนต้นต้นเพื่ออัดต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แท่นอัด

5) ปากเครื่องอัดรูปโซคติจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกใช้สแตนเลสที่มีความยาว 32 mm และแบ่งส่วนท้าย 2mm ไว้เพื่อใช้สำหรับติดยึดกับแท่นอัด โดยปากเครื่องอัดรูปจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 mm และมีการกลึงให้ปลายอีกด้านหนึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.70 mm โดยปลายด้านที่มีขนาด 34 mm จะมีการเจาะรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3 mm จำนวน 4 รูไว้เพื่อใส่สกรูเพื่อยึดติดกับแท่นอัด และในส่วนของด้านที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.70 mm นั้นจะมีการเจาะรูเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดความกว้าง 9 mm และความยาว 11 mm จะเจาะทะลุไปจนถึงอีกด้าน ภายในปากเครื่องจะมีการเจาะรูให้กลวงและมีการทำมุมเอียงภายในที่มุม 28° เพื่อให้แกนต้นได้อัดเข้าสู่อุปกรณ์และสามารถอัดผงรูปออกมาในลักษณะที่ต้องการได้ จะแสดงลักษณะของปากเครื่องอัดรูปโซคติไว้ในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปากเครื่องอัดรูปโซคติ

หลังจากที่ได้ชิ้นส่วนทั้งหมดที่ได้จากการกลึงที่โรงกลึงศิริวิสารเกษราแล้วคณะผู้วิจัยได้ทำการประกอบชิ้นส่วนทั้งให้เข้าด้วยกันและได้ทำการต่อสายลมจากเครื่องปั๊มลมเข้าสู่กระบอกสุบลม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เพื่อทำการทดสอบเครื่องอัดรูปที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นว่าสามารถใช้งานได้ตามที่คณะผู้วิจัยคาดหวัง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้หรือไม่ และเมื่อคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเครื่องอัดรูปแล้วปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตามที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้โดยจะแสดงลักษณะการต้อบ้ลมเข้ากระบอกสูบไว้ในรูปที่ 4.8 และแสดงรูปการทดสอบอัดรูปและชิ้นงานที่ได้ออกมาจากการทดสอบเครื่องไว้ในรูปที่ 4.9



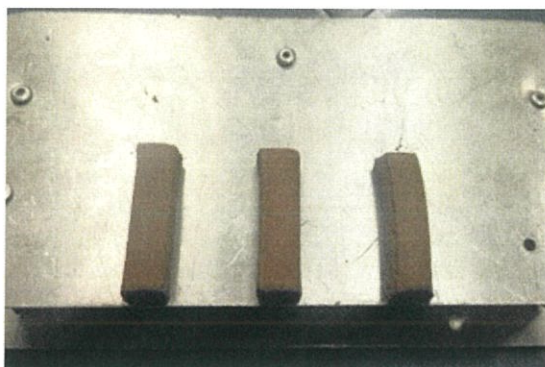
รูปที่ 4.8 เครื่องอัดรูปไฮดรอลิกที่ใช้หลักการนิวแมติกส์ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานต้อกับบ้ลม



(ก)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อกา(ก)ษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

รูปที่ 4.9 รูปชิ้นงานที่เป็นรูปโซคดีที่มีขนาดตามที่กำหนดไว้

- (ก) ภาพแสดงการอัดรูปออกมาเป็นชิ้นงานมุมมองทางด้านข้าง
- (ข) ภาพแสดงการอัดรูปออกมาเป็นชิ้นงานมุมมองทางด้านหน้า
- (ค) ภาพแสดงชิ้นงานที่อัดออกมาโดยเครื่องอัดรูป

4.1.2 ตัวแปรที่ถูกกำหนดไว้ในการศึกษาทดลอง

คณะผู้วิจัยได้ทำการกำหนดตัวแปรทั้งหมดและได้ทำการเปลี่ยนอัตราส่วนของสารประกอบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตรูป ซึ่งการเปลี่ยนอัตราส่วนในการผสมนั้นจะมีผลทำให้น้ำหนัก ความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปได้มีการเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับรูปโซคดีที่มีอยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท โดยคณะผู้วิจัยได้กำหนดสูตรที่ใช้ในการผลิตรูปออกเป็น 4 สูตร และในแต่ละสูตรจะแสดงอัตราส่วนของส่วนผสมไว้ โดยตารางที่ 4.1 4.2 และ 4.3 จะแสดงตัวแปรที่ใช้ในสูตรที่ 1ก, 1ข, และ 1ค, ตามลำดับ โดยตารางที่ 4.4 4.5 และ 4.6 จะแสดงตัวแปรที่ใช้ในสูตรที่ 2ก, 2ข, และ 2ค, ตามลำดับ โดยตารางที่ 4.7 4.8 และ 4.9 จะแสดงตัวแปรที่ใช้ในสูตรที่ 3ก, 3ข, และ 3ค, ตามลำดับ และตารางที่ 4.10 4.11 และ 4.12 จะแสดงตัวแปรที่ใช้ในสูตรที่ 4ก, 4ข, และ 4ค, ตามลำดับ โดยผู้วิจัยได้นำมาทำการทดลองเพื่อทดสอบหาสูตรที่เครื่องอัดรูปโซคดีแบบนิวแมติกส์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีตัวแปรที่ควบคุมได้ คือ แรงดันลมที่ 7 bar และ กระจกสูบลมที่มีความโตของกระจกสูบที่ 40 mm และมีช่วงชักของกระจกสูบที่ 50 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ก.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	300 g
ผงเปลือกไม้บง	100 g
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g
น้ำเปล่า	100 ml



รูปที่ 4.10 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ก.

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ข.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	300 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	125 ml.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.11 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ข.
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ค.

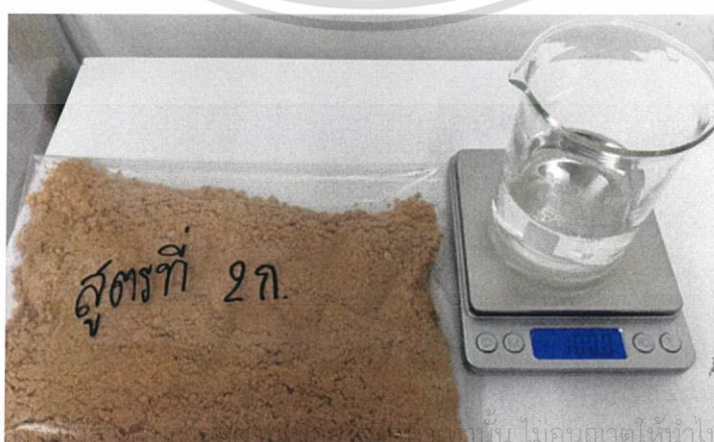
ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	300 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	150 ml.



รูปที่ 4.12 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 1ค.

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ก.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	50 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	100 ml.



รูปที่ 4.13 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะและต้องอยู่ในวงจำกัดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ข.

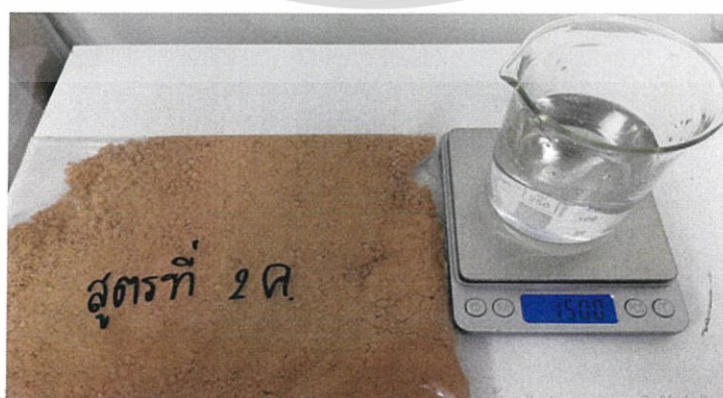
ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	50 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	125 ml.



รูปที่ 4.14 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ข.

ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ค.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	50 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	150 ml.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.15 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 2ค.
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ก.

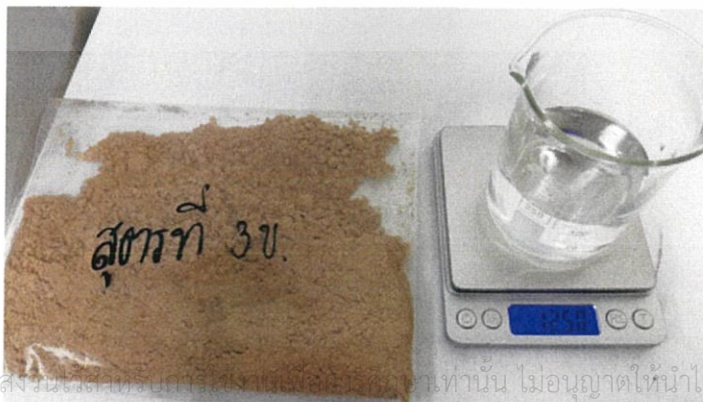
ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	100 ml.



รูปที่ 4.16 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ก.

ตารางที่ 4.8 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ข.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	125 ml.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 4.17 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ข. กสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ค.

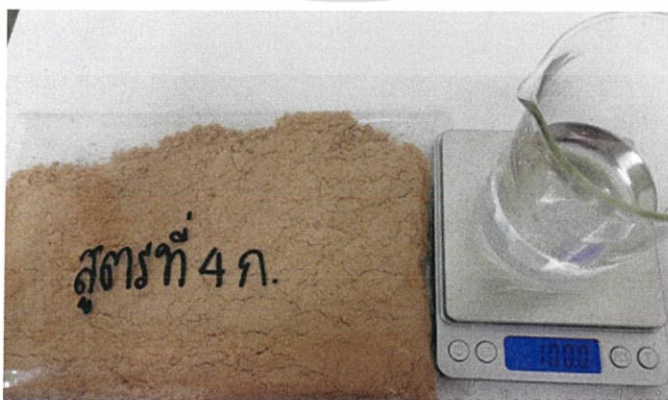
ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	100 g.
น้ำเปล่า	150 ml.



รูปที่ 4.18 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 3ค.

ตารางที่ 4.10 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ก.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	50 g.
น้ำเปล่า	100 ml.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 4.19 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ก. เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ข.

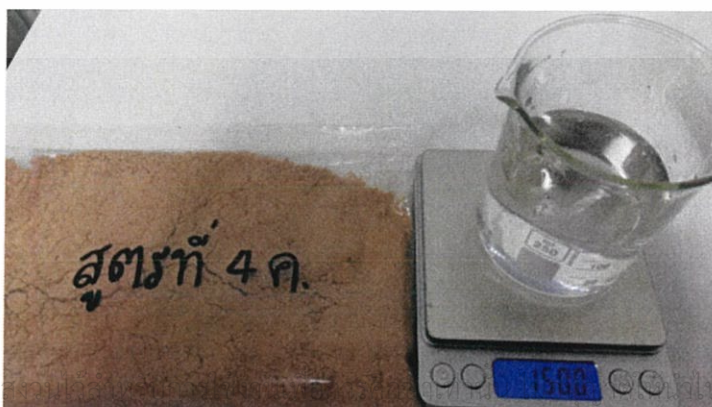
ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	50 g.
น้ำเปล่า	125 ml.



รูปที่ 4.20 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ข.

ตารางที่ 4.12 แสดงอัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ค.

ตัวแปรในการทดลอง	ปริมาณ
ผงจันทร์ขาว	200 g.
ผงเปลือกไม้บง	100 g.
ผงปูนสำหรับทำรูป	50 g.
น้ำเปล่า	150 ml.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 4.21 อัตราส่วนของการผสมผงรูปในสูตรที่ 4ค.เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำส่วนผสมของผงรูปในอัตราส่วนที่คณะผู้วิจัยได้กำหนดไว้มาผสมเข้ากับน้ำแล้ว ได้นำผงรูปที่ผสมแล้วไปทดสอบอัดรูปกับเครื่องอัดรูปแบบนิวแมติกส์ที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อหาอัตราส่วน ในสูตรที่คณะผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นว่าอัตราส่วนใดที่เหมาะสมกับเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่โดยที่เครื่อง สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่ออัดรูปเสร็จออกมาเป็นชิ้นงานก็นำชิ้นงานไปตากให้ แห้งเพื่อที่จะนำรูปที่แห้งไปตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการ ชั่งน้ำหนัก วัดความแข็ง คำนวณความหนาแน่น และคำนวณความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดรูปแบบนิวแมติกส์ที่ผู้วิจัยสร้าง ขึ้น โดยรูปที่ 4.22 จะแสดงรูปที่อัดเสร็จแล้วและนำไปตากให้แห้ง



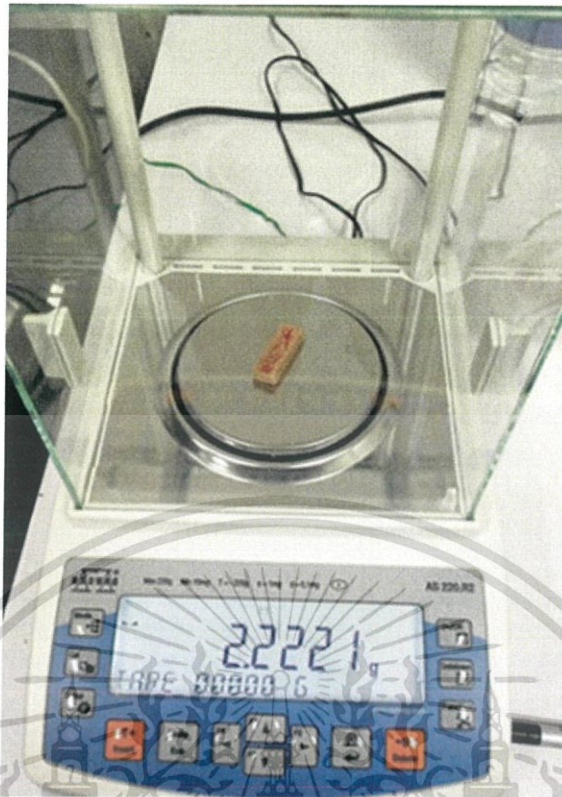
รูปที่ 4.22 รูปแสดงรูปที่อัดเสร็จแล้วนำไปตากเพื่อให้รูปแห้ง

4.2 การตรวจสอบคุณภาพความแข็งของรูปโคลิกติที่มีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของ สารประกอบ

4.2.1 การตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการชั่งน้ำหนักของรูปที่ได้จากการอัด

เมื่อรูปที่ตากแห้งแล้วคณะผู้วิจัยได้นำรูปมาชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้เป็น เครื่องชั่งแบบละเอียดโดยใช้เครื่องชั่งรุ่น AS220.R2 RADWAG พิกัดน้ำหนัก 220 g ค่าละเอียด 0.0001 g แทนชั่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 85 mm ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.23 เพื่อหาน้ำหนักของรูปใน แต่ละชิ้นโดยคณะผู้วิจัยได้สุ่มตรวจรูปจำนวน 20 แห่งของแต่ละสูตรเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับรูปที่โรง รูปหอมอินทรมงคลได้ผลิตไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนักรูปที่ตากแห้ง

4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการวัดความแข็งของรูปที่ได้จากการอัด

โดยการตรวจสอบความแข็งของรูปได้จากเครื่องวัดความแข็ง DUROMETER TYPE SHORE D ที่น้ำหนักสปริง 4.46 kgf. 10 lbs. กรวยมุม 30° ปลายแหลมโดยเครื่องวัดความแข็งของชิ้นงานทำมีหลักการทำงานคือ สปริงจะส่งน้ำหนักไปยังหัวกดซึ่งจะกดลงบนพื้นผิวของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ และเกิดความต้านทานต่อการเกิดรอยกดของพื้นผิวที่ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบจะสามารถอ่านค่าความแข็งได้โดยตรงจากหน้าปัด DUROMETER โยค่าที่อ่านได้สามารถอ่านได้จาก 0 – 100 กล่าวได้ว่า วัสดุที่อ่านค่าได้สูงแสดงว่ามีความแข็งมาก หรือ มีความต้านทานต่อการเกิดรอยกดได้สูง โดยจะแสดงรูปเครื่อง DUROMETER TYPE SHORE D ไว้ที่รูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.24 รูปแสดงเครื่องวัดความแข็งของชิ้นงาน

(ก) รูปแสดงแท่นวางของเครื่องวัดความแข็ง DUROMETER

(ข) รูปแสดงเครื่องวัดความแข็ง DUROMETER TYPE SHORE D

4.2.3 การตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการคำนวณความหนาแน่นและคำนวณความเค้นของรูปที่ได้จากการอัด

ในการตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการคำนวณความหนาแน่นและความเค้นของรูปที่อัดขึ้นนั้นจะสามารถตรวจสอบได้จากการนำรูปที่ได้มาวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของรูป และนำมาคำนวณปริมาตรของรูปว่าที่คณะผู้วิจัยอัดรูปขึ้นมามีปริมาตรเท่าใดและนำปริมาตรที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นของรูป โดยความหนาแน่นของรูปจะคำนวณมาจากสมการที่ 2.6 และคำนวณความเค้นของรูปมาจากสมการที่ 2.7

เมื่อคณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลในการการตรวจสอบคุณภาพของรูปโดยการชั่งน้ำหนักของรูป วัดความแข็งของรูป คำนวณความหนาแน่นของรูป และคำนวณความเค้นของรูปเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้นำมาแสดงในตารางที่ 4.13 จะแสดงตารางข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ ตารางที่ 4.14 จะแสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค. ตารางที่ 4.15 จะแสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค. ตารางที่ 4.16 จะแสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค. ตารางที่ 4.17 จะแสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค. ตารางที่ 4.18 จะแสดงข้อมูลน้ำหนักรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ ตารางที่ 4.19 จะแสดงข้อมูลความแข็งรูปของสูตรที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ ตารางที่ 4.20 จะแสดงข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ ตารางที่ 4.21 จะแสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ดีที่สุดกับสูตรที่ใช้อยู่ในโรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท ตารางที่ 4.22 จะแสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้น ของรูประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ ตารางที่ 4.23 จะแสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค. ตารางที่ 4.24 จะแสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค. ตารางที่ 4.25 จะแสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค. ตารางที่ 4.26 จะแสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค. ตารางที่ 4.27 จะแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท ตารางที่ 4.28 จะแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น ตารางที่ 4.29 จะแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น ตารางที่ 4.30 จะแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น และตารางที่ 4.31 จะแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

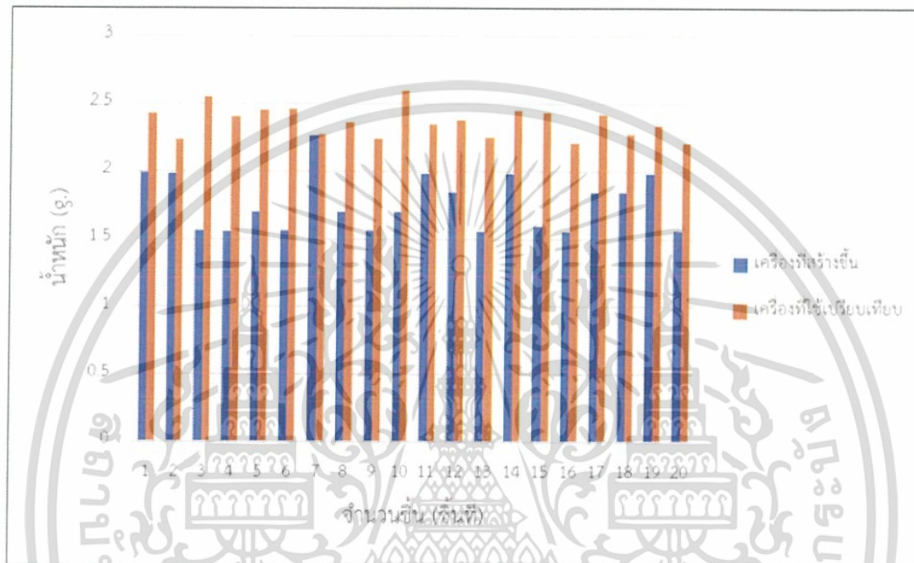
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ

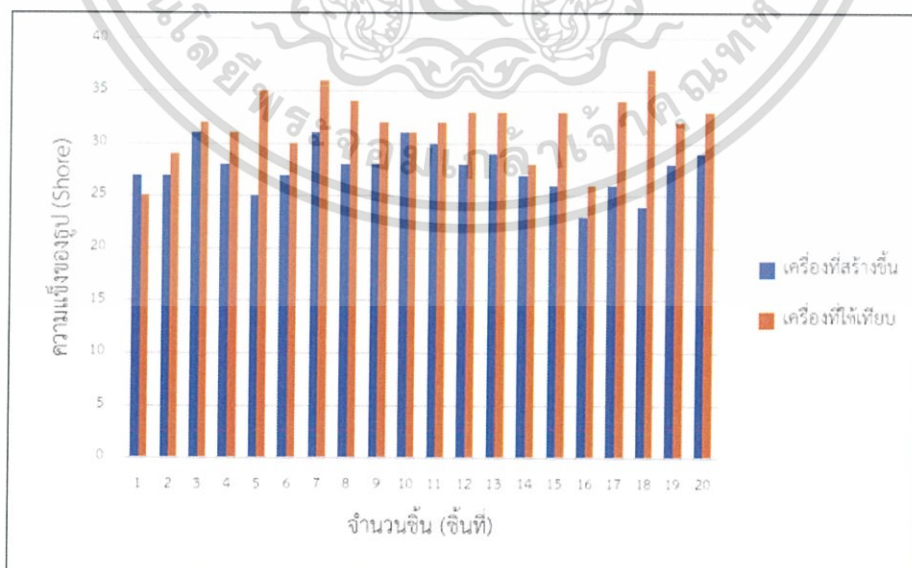
ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชิ้น (g.)		ความแข็งของรูปแต่ละชิ้น (Shore)		ความหนาแน่นของรูปแต่ละชิ้น (kg/m ³)	
	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ
1	1.989	2.429	27	25	505.638	584.327
2	1.984	2.231	27	29	488.605	641.982
3	1.559	2.546	31	32	506.475	644.770
4	1.550	2.399	28	31	489.392	624.216
5	1.700	2.447	25	35	485.504	637.814
6	1.559	2.458	27	30	489.937	635.355
7	2.267	2.270	31	36	516.225	594.434
8	1.700	2.361	28	34	492.699	630.177
9	1.558	2.240	28	32	478.949	600.069
10	1.701	2.596	31	31	533.366	632.635
11	1.984	2.349	30	32	525.703	637.407
12	1.842	2.379	28	33	505.106	632.135
13	1.555	2.244	29	33	470.937	579.435
14	1.984	2.451	27	28	515.475	638.079
15	1.595	2.437	26	33	518.271	631.381
16	1.557	2.211	23	26	513.376	581.165
17	1.842	2.419	26	34	256.560	645.891
18	1.842	2.276	24	37	459.844	660.433
19	1.984	2.338	28	32	492.955	711.818
20	1.559	2.208	29	33	449.138	684.753
เฉลี่ย	1.765	2.364	28	31	484.708	631.414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.13 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ โดยรูปที่ 4.25 จะแสดง การเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ รูปที่ 4.26 จะแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ และรูปที่ 4.27 จะแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ

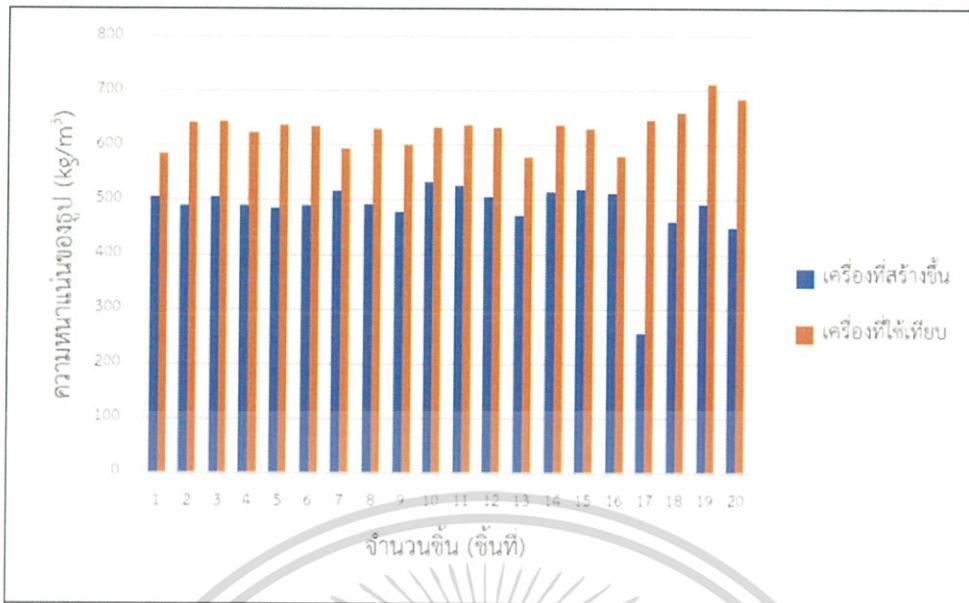


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ

เอกสารถูกบันทึกและเก็บรักษาไว้ที่ห้องเก็บเอกสารของศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ

จากรูปที่ 4.25 จะแสดงให้เห็นว่ารูปที่อัดได้จากเครื่องที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นจะมีน้ำหนักเบากว่ารูปที่อัดได้จากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบเนื่องจากเครื่องที่สร้างขึ้นไม่สามารถอัดผงรูปของรูปสูตรเก่าได้ดีเพราะผงรูปสูตรเก่านั้นมากเกินไปทำให้แรงดันในการอัดไม่พอที่จะอัด

จากรูปที่ 4.26 จะแสดงให้เห็นว่ากราฟของรูปที่อัดได้จากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นและเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบมีความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 4.27 จะแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของรูปที่ได้จากการคำนวณในชิ้นงานแต่ละชิ้นของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบโดยค่าความหนาแน่นของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นมีค่าน้อยกว่ารูปที่อัดจากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบเพราะน้ำหนักแปรผันตรงกับ

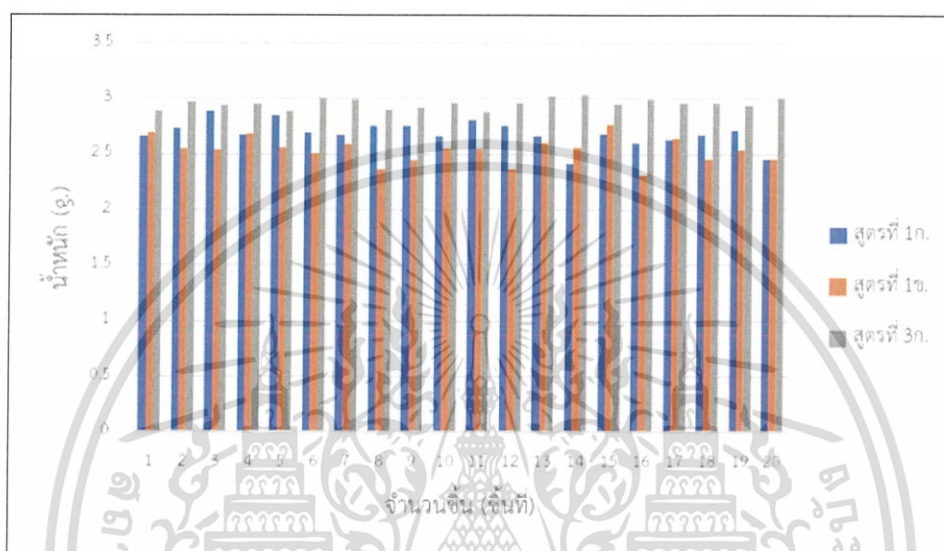
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.

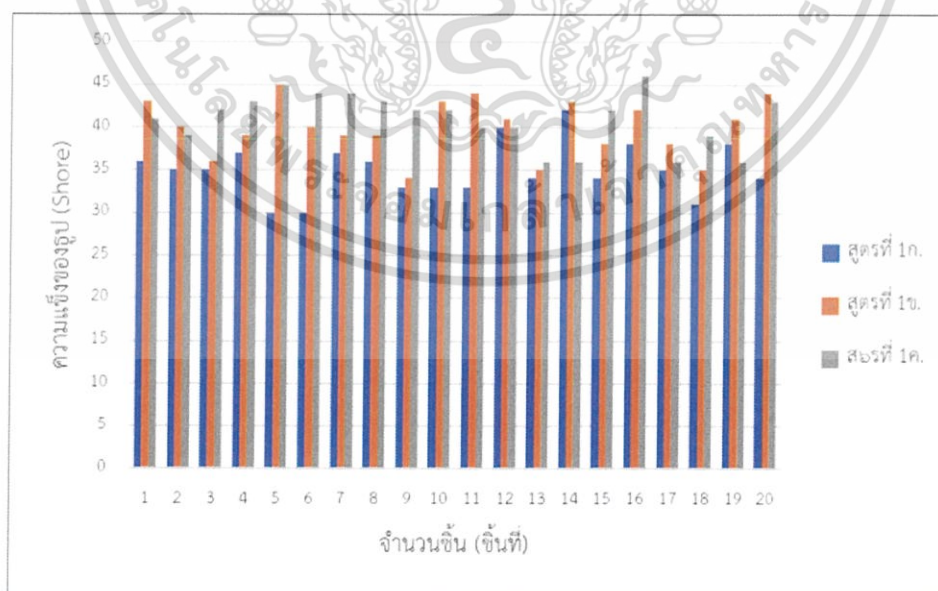
ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชั้น (g.)			ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)		
	สูตร 1 ก.	สูตร 1 ข.	สูตร 1 ค.	สูตร 1ก.	สูตร 1ข.	สูตร 1ค.	สูตร 1ก.	สูตร 1ข.	สูตร 1ค.
1	2.659	2.690	2.888	36	43	41	632.288	561.110	562.765
2	2.729	2.541	2.966	35	40	39	594.275	604.682	565.140
3	2.884	2.538	2.941	35	36	42	608.705	623.297	536.761
4	2.670	2.682	2.952	37	39	43	571.593	572.969	560.991
5	2.848	2.554	2.883	30	45	45	620.509	628.704	563.525
6	2.694	2.502	3.005	30	40	44	615.594	597.230	569.764
7	2.671	2.591	2.986	37	39	44	626.416	638.781	580.285
8	2.749	2.362	2.900	36	39	43	594.046	616.775	538.385
9	2.751	2.445	2.914	33	34	42	642.987	630.924	597.014
10	2.657	2.550	2.963	33	43	42	585.167	610.733	594.913
11	2.803	2.549	2.881	33	44	40	588.966	603.155	538.452
12	2.750	2.357	2.959	40	41	40	624.609	601.461	594.871
13	2.663	2.599	3.027	34	35	36	602.406	611.245	612.087
14	2.416	2.553	3.035	42	43	36	614.401	619.857	572.550
15	2.684	2.767	2.950	34	38	42	612.428	564.522	558.042
16	2.593	2.309	2.996	38	42	46	583.520	597.313	561.200
17	2.628	2.642	2.959	35	38	36	626.673	608.969	622.711
18	2.669	2.454	2.965	31	35	39	600.802	610.047	584.155
19	2.707	2.537	2.936	38	41	36	583.743	614.902	611.882
20	2.452	2.452	3.002	34	44	43	577.393	594.436	553.768
เฉลี่ย	2.684	2.534	2.955	35	40	40	624.225	605.556	573.964

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.14 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยรูปที่ 4.28 จะแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น รูปที่ 4.29 จะแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น และรูปที่ 4.30 จะแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัด จากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

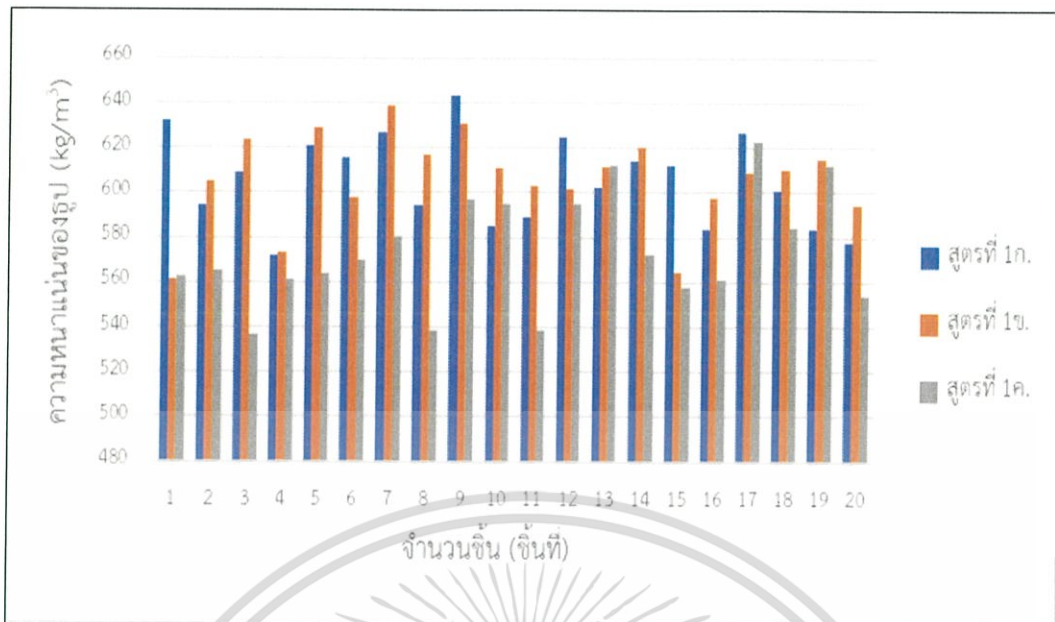


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.28 จะแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของรูปในสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นจะเห็นได้น้ำหนักของแต่ละสูตรมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน โดยน้ำหนักเฉลี่ยจะอยู่ที่ 2.724 g

จากรูปที่ 4.29 จะแสดงให้เห็นว่าความแข็งของรูปในแต่ละสูตรมีความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 38 Shore

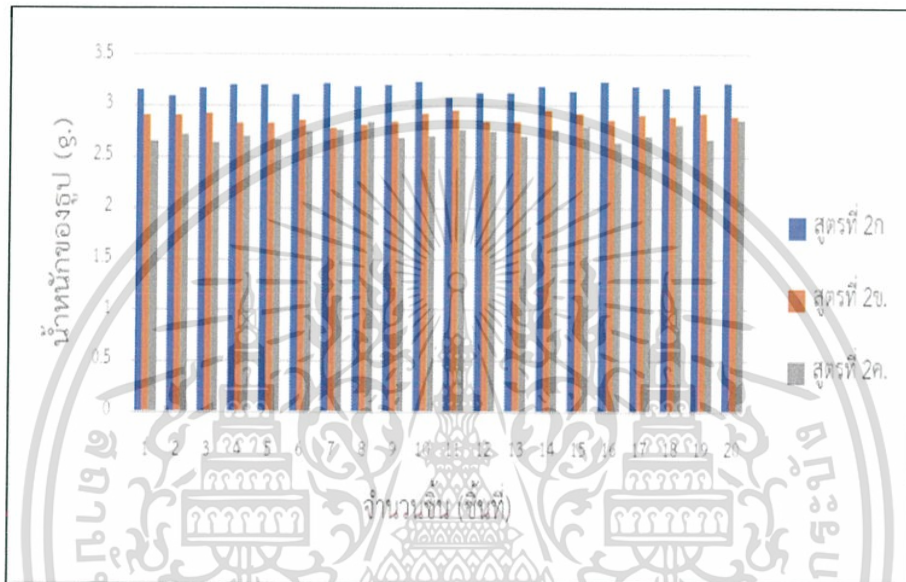
จากรูปที่ 4.30 จะแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าไม่คงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานไม่เท่ากัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 601.248 kg/m³

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.

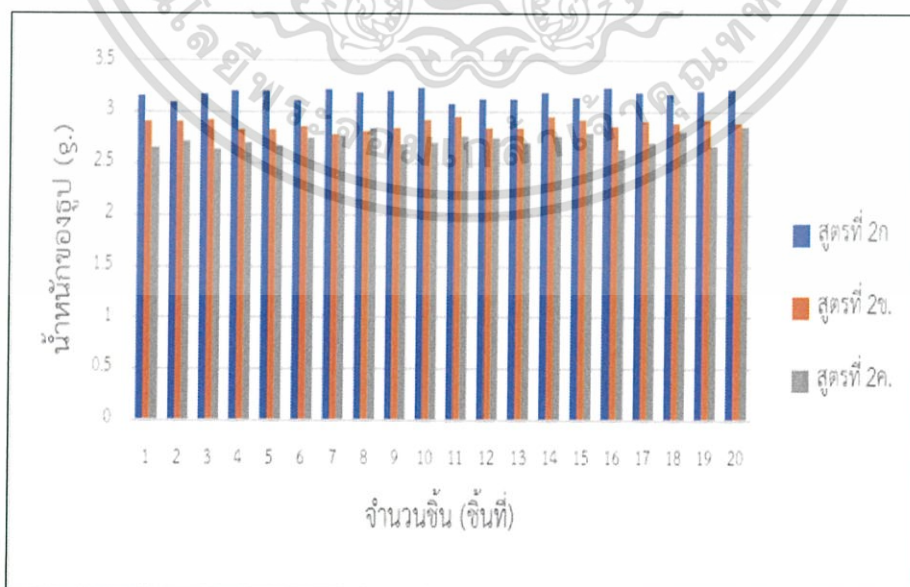
ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชิ้น (g.)			ความแข็งของรูปแต่ละชิ้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชิ้น (kg/m ³)		
	สูตร 2 ก.	สูตร 2 ข.	สูตร 2 ค.	สูตร 2ก.	สูตร 2ข.	สูตร 2ค.	สูตร 2ก.	สูตร 2ข.	สูตร 2ค.
1	3.150	2.907	2.652	35	37	32	591.768	509.630	477.409
2	3.090	2.911	2.719	40	40	34	583.390	523.407	470.847
3	3.166	2.915	2.644	37	39	35	603.112	522.434	458.899
4	3.205	2.824	2.710	40	40	36	586.079	460.744	505.380
5	3.204	2.827	2.674	39	40	36	592.341	512.565	481.494
6	3.105	2.864	2.749	45	36	38	617.656	493.074	511.495
7	3.221	2.778	2.764	41	37	35	607.603	464.630	493.148
8	3.188	2.816	2.836	42	36	32	592.797	497.146	480.243
9	3.207	2.848	2.685	43	41	35	594.849	482.638	520.821
10	3.238	2.921	2.694	49	39	34	553.914	514.809	484.107
11	3.082	2.955	2.757	42	40	35	545.189	538.340	492.570
12	3.129	2.844	2.742	41	37	32	501.977	500.360	481.339
13	3.124	2.847	2.694	43	38	37	517.353	527.913	532.688
14	3.184	2.952	2.766	42	39	35	527.760	542.562	523.146
15	3.141	2.918	2.803	42	42	36	538.889	520.403	531.241
16	3.231	2.857	2.637	39	39	30	530.581	517.602	535.073
17	3.195	2.899	2.703	41	40	35	533.426	540.733	481.813
18	3.181	2.894	2.812	38	41	34	539.808	457.818	502.804
19	3.208	2.928	2.674	35	41	36	537.448	486.557	520.268
20	3.227	2.889	2.859	44	39	35	538.170	521.866	490.185
เฉลี่ย	3.174	2.880	2.879	41	39	35	561.706	506.762	527.114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.15 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยรูปที่ 4.31 จะแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 2ก, 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น รูปที่ 4.32 จะแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 2ก, 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น และรูปที่ 4.33 จะแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 2ก, 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

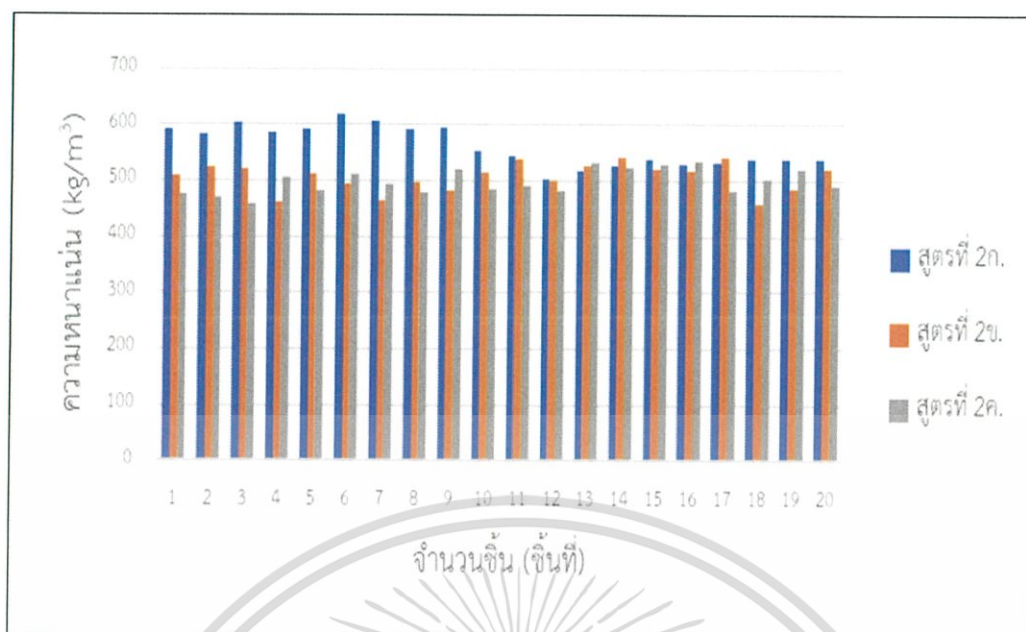


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 2ก, 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 2ก, 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

ไม่่ว่ากรณีใดก็ตาม ให้ติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ฝ่ายเภสัชกรรม โรงพยาบาลศิริราช โทร. 0-2535-5555



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 2ก. 2ข. และ 2ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.31 จะแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของรูปในสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. มีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 2.965 g

จากรูปที่ 4.32 จะแสดงให้เห็นถึงความแข็งของสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. ว่ามีความแข็งที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 38 Shore

จากรูปที่ 4.33 จะแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าคงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานมีค่าใกล้เคียงกัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 531.860 kg/m³

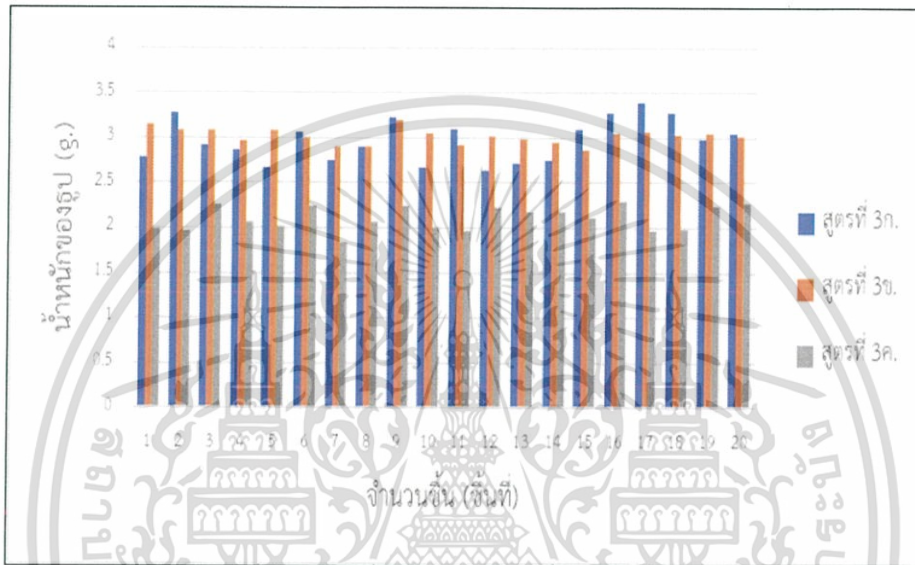
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.

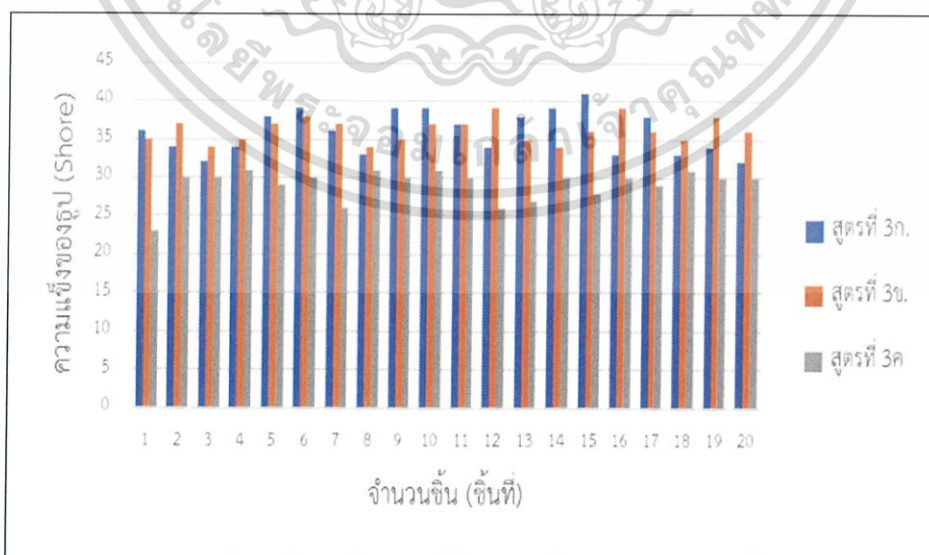
ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชั้น (g.)			ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)		
	สูตร 3 ก.	สูตร 3 ข.	สูตร 3 ค.	สูตร 3ก.	สูตร 3ข.	สูตร 3ค.	สูตร 3ก.	สูตร 3ข.	สูตร 3ค.
1	2.780	3.146	1.983	36	35	23	559.835	549.587	435.680
2	3.273	3.075	1.963	34	37	30	586.860	562.127	519.533
3	2.916	3.082	2.264	32	34	30	572.282	541.793	517.034
4	2.859	2.971	2.071	34	35	31	550.853	548.605	554.158
5	2.675	3.083	2.023	38	37	29	548.103	544.916	520.936
6	3.059	2.998	2.248	39	38	30	511.596	555.100	503.603
7	2.744	2.894	1.838	36	37	26	553.887	581.368	476.430
8	2.903	2.905	2.063	33	34	31	565.235	567.937	492.536
9	3.232	3.186	2.247	39	35	30	527.649	666.721	537.186
10	2.668	3.040	1.993	39	37	31	543.684	609.395	528.835
11	3.088	2.913	1.962	37	37	30	561.490	619.469	538.712
12	2.632	3.012	2.225	34	39	26	556.973	594.613	600.655
13	2.718	2.983	2.178	38	35	27	579.332	620.620	532.225
14	2.755	2.953	2.180	39	34	30	573.376	576.049	556.739
15	3.099	2.870	2.119	41	36	28	575.419	571.045	551.672
16	3.273	3.047	2.293	33	39	30	586.755	563.779	545.825
17	3.393	3.056	1.964	38	36	29	589.288	603.797	530.468
18	3.268	3.026	1.988	33	35	31	590.688	578.897	563.246
19	2.973	3.053	2.242	34	38	30	550.322	565.512	546.521
20	3.048	3.008	2.282	32	36	30	597.357	501.615	537.562
เฉลี่ย	2.968	3.015	2.106	36	36	29	564.050	576.148	529.478

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

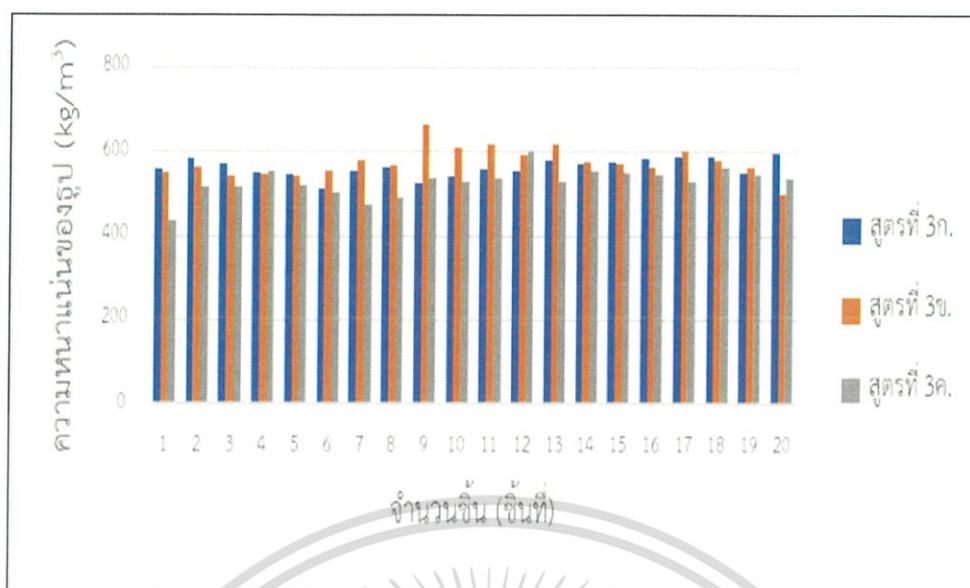
จากตารางที่ 4.16 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยรูปที่ 4.34 จะแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 3ก, 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น รูปที่ 4.35 จะแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 3ก, 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น และรูปที่ 4.36 จะแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 3ก, 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 3ก, 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 3ก, 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.34 จะแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของรูปในสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยเมื่อดูจากรูปและจะเห็นได้ว่า สูตรที่ 3ค. จะมีน้ำหนักเบาที่สุด และน้ำหนักของรูปในสูตรนี้จะเฉลี่ยอยู่ที่ 2.696 g

จากรูปที่ 4.35 จะแสดงให้เห็นว่าความแข็งของรูปในสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. มีความแข็งที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 34 Shore

จากรูปที่ 4.36 จะแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าคงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานมีค่าใกล้เคียงกัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 550.542 kg/m³

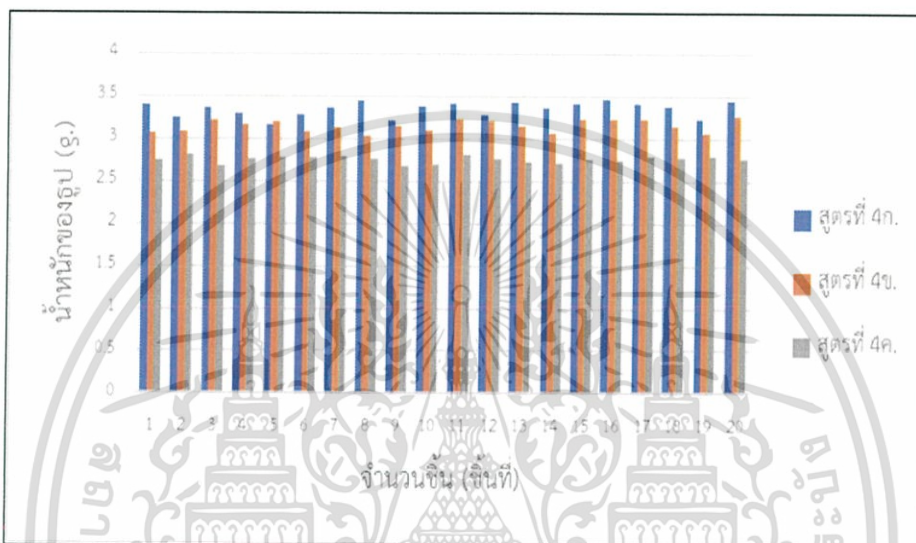
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.

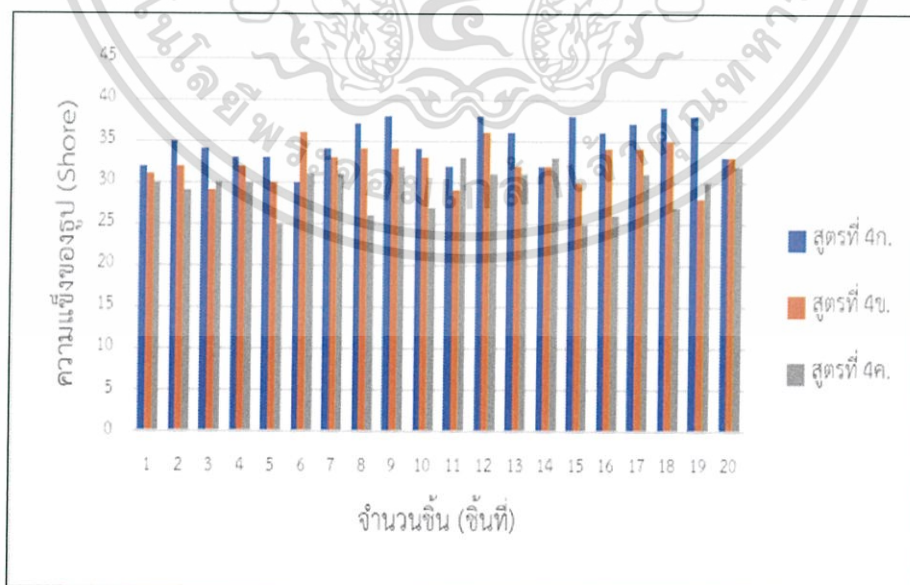
ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชั้น (g.)			ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)		
	สูตร 4 ก.	สูตร 4 ข.	สูตร 4 ค.	สูตร 4ก.	สูตร 4ข.	สูตร 4ค.	สูตร 4ก.	สูตร 4ข.	สูตร 4ค.
1	3.394	3.067	2.756	32	31	30	581.003	623.490	512.314
2	3.244	3.080	2.823	35	32	29	589.037	584.715	488.939
3	3.371	3.216	2.688	34	29	30	600.455	627.644	510.396
4	3.308	3.158	2.759	33	32	30	603.946	585.774	507.408
5	3.161	3.200	2.777	33	30	25	587.756	601.781	493.760
6	3.287	3.080	2.783	30	36	31	592.888	600.844	520.971
7	3.363	3.127	2.799	34	33	31	617.004	611.336	511.734
8	3.444	3.037	2.758	37	34	26	613.976	586.868	497.672
9	3.209	3.148	2.675	38	34	32	604.443	620.638	521.225
10	3.389	3.097	2.698	34	33	27	598.141	586.521	533.663
11	3.423	3.236	2.819	32	29	33	593.827	356.476	540.528
12	3.279	3.212	2.767	38	36	31	590.141	609.649	564.987
13	3.431	3.153	2.737	36	32	31	549.141	585.263	520.197
14	3.365	3.068	2.719	32	32	33	618.479	597.447	534.080
15	3.414	3.236	2.768	38	30	25	628.213	617.819	538.085
16	3.463	3.241	2.746	36	34	26	640.720	622.871	507.384
17	3.413	3.236	2.805	37	34	31	636.710	629.640	529.660
18	3.377	3.154	2.784	39	35	27	605.661	616.822	558.743
19	3.235	3.071	2.790	38	28	30	604.243	600.138	567.242
20	3.451	3.262	2.765	33	33	32	599.452	612.039	575.775
เฉลี่ย	3.351	3.154	2.761	35	32	30	575.580	593.889	526.739

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.17 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยรูปที่ 4.37 จะแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 4ก, 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น รูปที่ 4.38 จะแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 4ก, 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น และรูปที่ 4.39 จะแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 4ก, 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

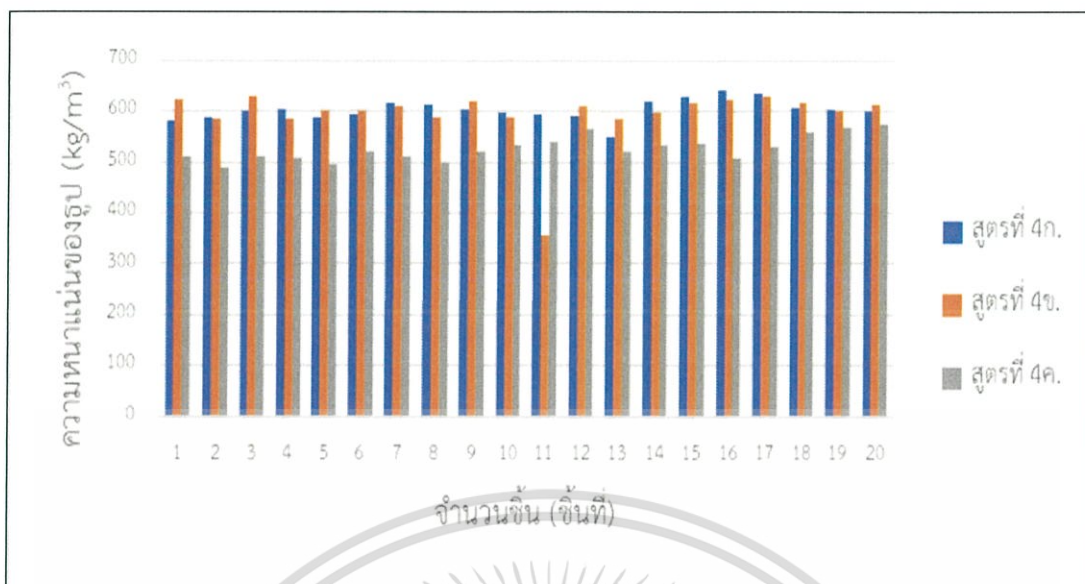


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของรูปสูตร 4ก, 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของรูปสูตร 4ก, 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปสูตร 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยการอัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.37 จะแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของรูปในสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยเมื่อดูจากรูปและจะเห็นได้ว่ารูปในแต่ละสูตรจะมีค่าใกล้เคียงกัน และน้ำหนักของรูปในสูตรนี้จะเฉลี่ยอยู่ที่ 3.088 g

จากรูปที่ 4.38 จะแสดงให้เห็นว่าความแข็งของรูปในสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. มีความแข็งของรูปจะมีค่าความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 32 Shore

จากรูปที่ 4.39 จะแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าไม่คงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานมีค่าไม่เท่ากัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 565.402 kg/m³

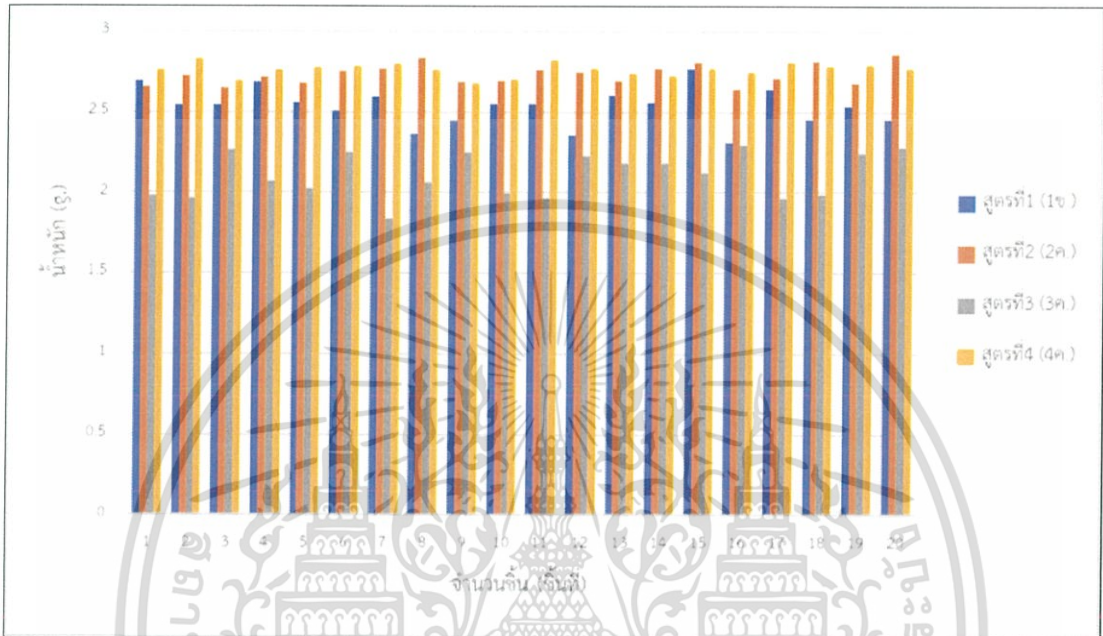
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงข้อมูลน้ำหนักรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่

ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชั้น (g.)			
	สูตร 1 (1ข.)	สูตร 2 (2ค.)	สูตร 3 (3ค.)	สูตร 4 (4ค.)
1	2.690	2.652	1.983	2.756
2	2.541	2.719	1.963	2.823
3	2.538	2.644	2.264	2.688
4	2.682	2.710	2.071	2.759
5	2.554	2.674	2.023	2.777
6	2.502	2.749	2.248	2.783
7	2.591	2.764	1.838	2.799
8	2.362	2.836	2.063	2.758
9	2.445	2.685	2.247	2.675
10	2.550	2.694	1.993	2.698
11	2.549	2.757	1.962	2.819
12	2.357	2.742	2.225	2.767
13	2.599	2.694	2.178	2.737
14	2.553	2.766	2.180	2.719
เฉลี่ย	2.767	2.803	2.119	2.768
16	2.309	2.637	2.293	2.746
17	2.642	2.703	1.964	2.805
18	2.454	2.812	1.988	2.784
19	2.537	2.674	2.242	2.790
20	2.452	2.859	2.282	2.765
เฉลี่ย	2.534	2.879	2.106	2.761

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.18 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักรูปที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตร โดยรูปที่ 4.40 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักรูปที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 ที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่

จากรูปที่ 4.40 จะแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของรูปในสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนักของรูปในสูตรที่ 1ข. จะเป็นรูปที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับรูปที่ใช้เทียบมากที่สุด อยู่ที่ 2.534 g

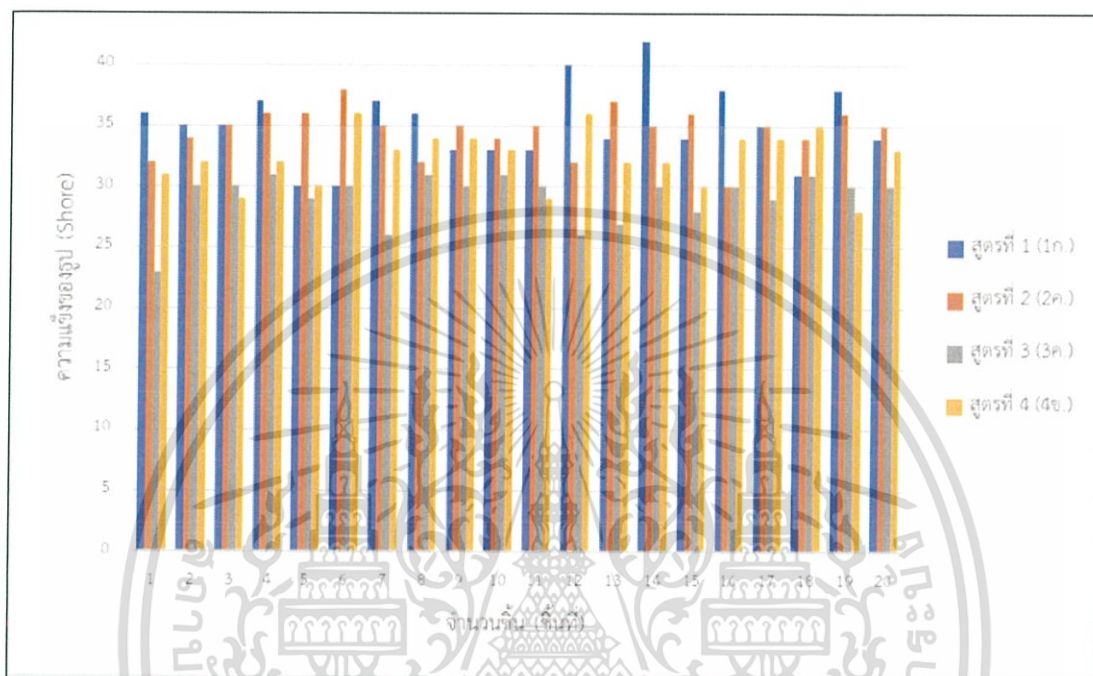
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงข้อมูลความแข็งแรงของสูตรที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่

ลำดับ	ความแข็งแรงของรูปแต่ละชั้น (Shore)			
	สูตร 1 (1ก.)	สูตร 2 (2ค.)	สูตร 3 (3ค.)	สูตร 4 (4ข.)
1	36	32	23	31
2	35	34	30	32
3	35	35	30	29
4	37	36	31	32
5	30	36	29	30
6	30	38	30	36
7	37	35	26	33
8	36	32	31	34
9	33	35	30	34
10	33	34	31	33
11	33	35	30	29
12	40	32	26	36
13	34	37	27	32
14	42	35	30	32
15	34	36	28	30
16	38	30	30	34
17	35	35	29	34
18	31	34	31	35
19	38	36	30	28
20	34	35	30	33
เฉลี่ย	35	35	29	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.19 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งแรงของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ โดยรูปที่ 4.41 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งแรงของสูตรที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งแรงของสูตรที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่

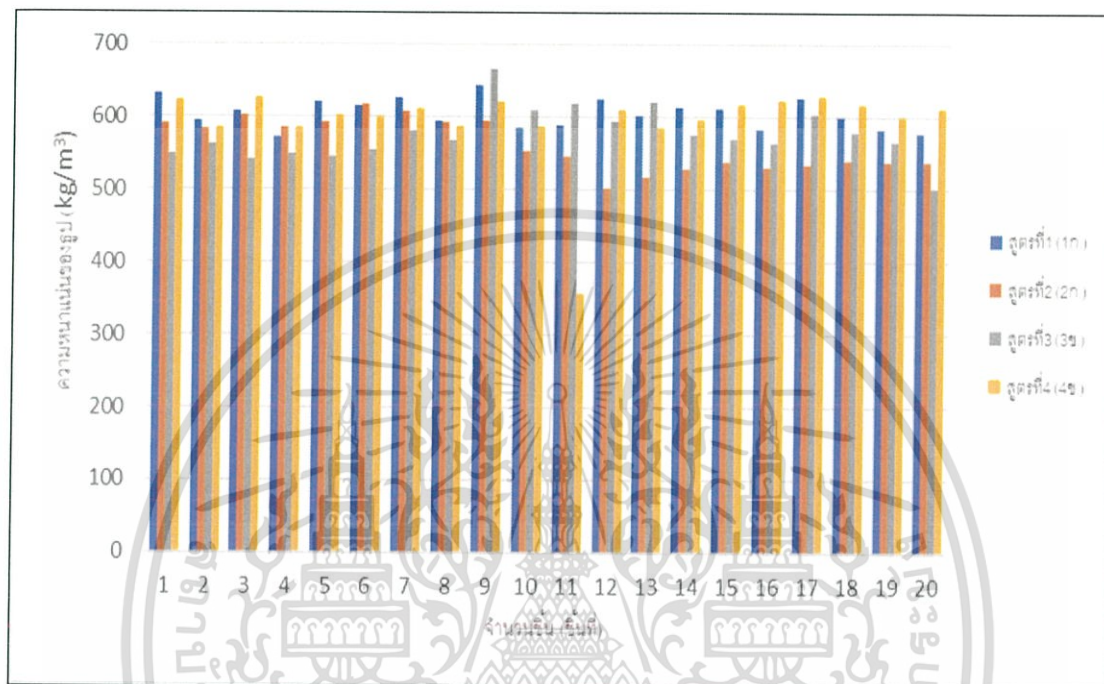
จากรูปที่ 4.41 จะแสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงของรูปของสูตรที่ดีที่สุดของสูตร 1 2 3 และ 4 นั้นมีความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกัน โดยจะมีสูตรที่มีความแข็งแรงใกล้เคียงกับความแข็งแรงของรูปที่ใช้เทียบคือ สูตรที่ 4ข. อยู่ที่ 32 Shore

ตารางที่ 4.20 แสดงข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่

ลำดับ	ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)			
	สูตร 1 (1ก.)	สูตร 2 (1ก.)	สูตร 3 (3ข.)	สูตร 4 (4ข.)
1	632.288	591.768	549.587	623.490
2	594.275	583.390	562.127	584.715
3	608.705	603.112	541.793	627.644
4	571.593	586.079	548.605	585.774
5	620.509	592.341	544.916	601.781
6	615.594	617.656	555.100	600.844
7	626.416	607.603	581.368	611.336
8	594.046	592.797	567.937	586.868
9	642.987	594.849	666.721	620.638
10	585.167	553.914	609.395	586.521
11	588.966	545.189	619.469	356.476
12	624.609	501.977	594.613	609.649
13	602.406	517.353	620.620	585.263
14	614.401	527.760	576.049	597.447
15	612.428	538.889	571.045	617.819
16	583.520	530.581	563.779	622.871
17	626.673	533.426	603.797	629.640
18	600.802	539.808	578.897	616.822
19	583.743	537.448	565.512	600.138
20	577.393	538.170	501.615	612.039
เฉลี่ย	624.225	561.706	576.148	593.889

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.20 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ รูปที่ 4.42 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 จากการอัดโดยเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่

จากรูปที่ 4.42 จะแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของรูปในสูตรที่ดีที่สุดสูตร 1 2 3 และ 4 โดยความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกัน และจะมีสูตรที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับรูปที่ใช้เทียบ คือสูตรที่ 1ก. อยู่ที่ 624.255 kg/m^3

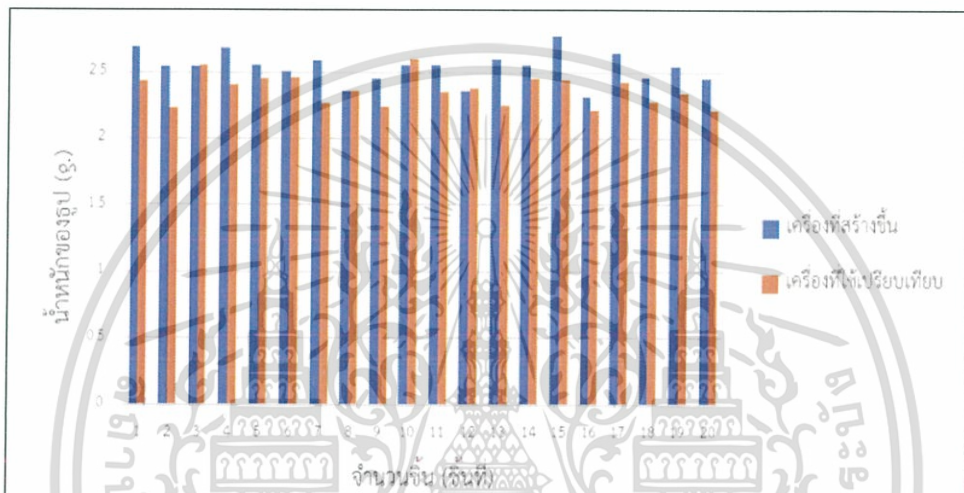
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็ง และความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ดีที่สุดกับสูตรที่ใช้อยู่ในโรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท

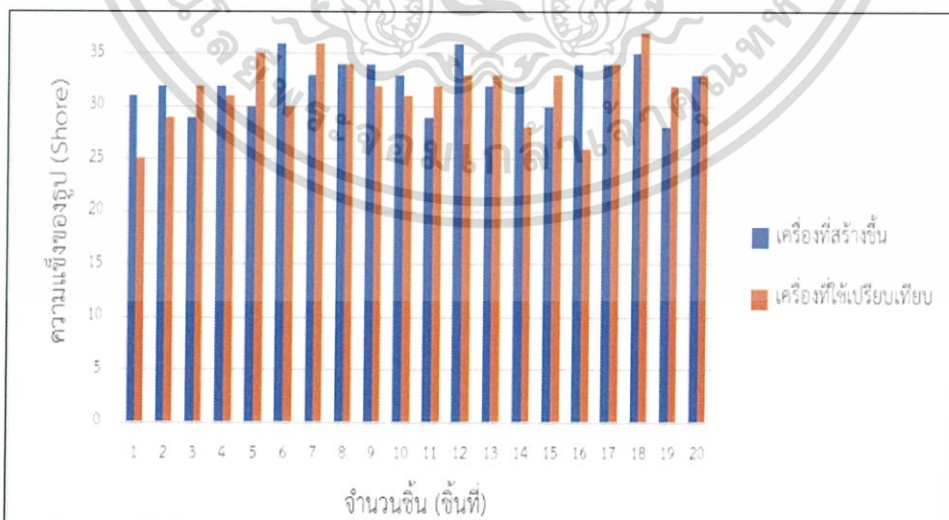
ลำดับ	น้ำหนักของรูปแต่ละชิ้น (g.)		ความแข็งของรูปแต่ละชิ้น (Shore)		ความหนาแน่นของรูปแต่ละ ชิ้น (kg/m ³)	
	เครื่องที่ สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้ เปรียบเทียบ	เครื่องที่ สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้ เปรียบเทียบ	เครื่องที่ สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้ เปรียบเทียบ
1	2.690	2.429	31	25	632.288	584.327
2	2.541	2.231	32	29	594.275	641.982
3	2.538	2.546	29	32	608.705	644.770
4	2.682	2.399	32	31	571.593	624.216
5	2.554	2.447	30	35	620.509	637.814
6	2.502	2.458	36	30	615.594	635.355
7	2.591	2.270	33	36	626.416	594.434
8	2.362	2.361	34	34	594.046	630.177
9	2.445	2.240	34	32	642.987	600.069
10	2.550	2.596	33	31	585.167	632.635
11	2.549	2.349	29	32	588.966	637.407
12	2.357	2.379	36	33	624.609	632.135
13	2.599	2.244	32	33	602.406	579.435
14	2.553	2.451	32	28	614.401	638.079
15	2.767	2.437	30	33	612.428	631.381
16	2.309	2.211	34	26	583.520	581.165
17	2.642	2.419	34	34	626.673	645.891
18	2.454	2.276	35	37	600.802	660.433
19	2.537	2.338	28	32	583.743	711.818
20	2.452	2.208	33	33	577.393	684.753
เฉลี่ย	2.534	2.364	32	31	624.225	631.414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

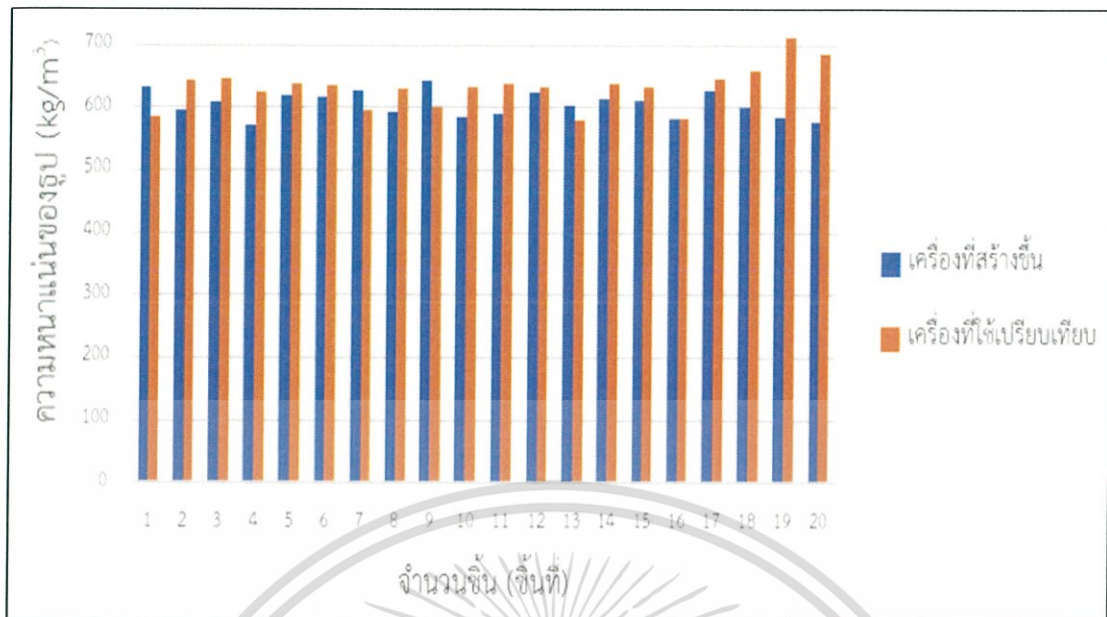
จากตารางที่ 4.21 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงข้อมูลน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ดีที่สุดกับสูตรที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท โดยรูปที่ 4.43 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักของรูปของสูตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ รูปที่ 4.44 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งของรูปของสูตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ และรูปที่ 4.45 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักของรูปของสูตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความแข็งของรูปของสูตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นของรูปของสูตรที่ดีที่สุดที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบ

จากรูปที่ 4.43 จะแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบโดยค่าของน้ำหนักของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.534 g. และน้ำหนักของรูปที่อัดจากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.364 g

จากรูปที่ 4.44 จะแสดงให้เห็นถึงค่าความแข็งของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับรูปที่ใช้เปรียบเทียบโดยค่าความแข็งรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นจะเฉลี่ยอยู่ที่ 32 Shore. และค่าความแข็งของรูปที่อัดจากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31 Shore. จะให้ได้ว่าค่าความแข็งของรูปมีค่าใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 4.45 จะแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่นของรูปที่อัดจากเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับรูปที่อัดจากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบโดยค่าความหนาแน่นของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 624.225 kg/m³ และค่าความหนาแน่นของรูปที่อัดจากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 631.414 kg/m³

เมื่อคณะผู้วิจัยได้แสดงข้อมูลของน้ำหนัก ความแข็งและความหนาแน่นของรูปในแต่ละสูตรและสูตรที่ดีที่สุดแล้ว ยังได้ทำการคำนวณหาความเค้นของชิ้นงานเพื่อแสดงการเปรียบเทียบว่าความเค้นของชิ้นงานมีค่าแปรผันตรงกับค่าความแข็งและความหนาแน่นของรูป โดยคณะผู้วิจัยได้คำนวณความเค้นและรวบรวมข้อมูลความเค้นของรูปในสูตรต่างๆ จะแสดงใน ตาราง 4.22 ตาราง ที่ 4.23 ตารางที่ 4.24 และตารางที่ 4.26

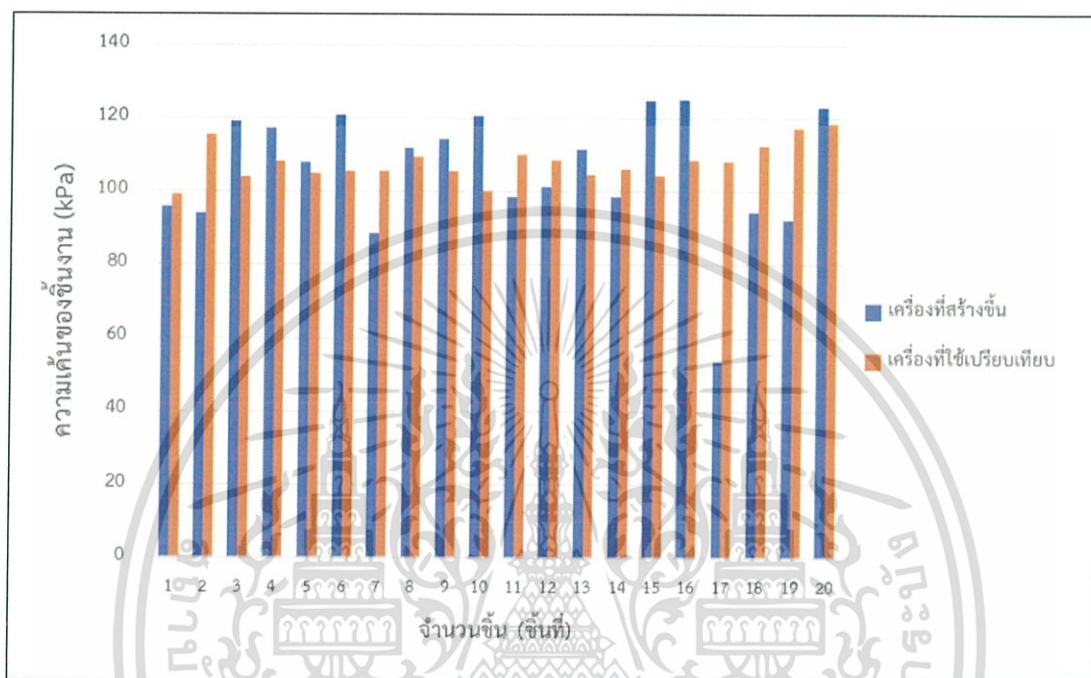
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้น ของรูประหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ

ลำดับ	ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)		ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)		ความเค้นของรูปแต่ละชั้น (kPa)	
	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ
1	27	25	505.638	584.327	95.967	99.333
2	27	29	488.605	641.982	94.086	115.588
3	31	32	506.475	644.77	119.193	103.998
4	28	31	489.392	624.216	117.407	108.331
5	25	35	485.504	637.814	107.924	104.931
6	27	30	489.937	635.355	120.927	105.656
7	31	36	516.225	594.434	88.502	105.441
8	28	34	492.699	630.177	111.911	109.484
9	28	32	478.949	600.069	114.449	105.671
10	31	31	533.366	632.635	120.797	99.974
11	30	32	525.703	637.407	98.510	110.076
12	28	33	505.106	632.135	101.317	108.533
13	29	33	470.937	579.435	111.534	104.631
14	27	28	515.475	638.079	98.680	106.197
15	26	33	518.271	631.381	124.873	104.286
16	23	26	513.376	581.165	125.077	108.497
17	26	34	256.560	645.891	53.5134	108.381
18	24	37	459.844	660.433	94.243	112.405
19	28	32	492.955	711.818	92.262	117.391
20	29	33	449.138	684.753	122.930	118.482
เฉลี่ย	28	31	484.708	631.414	105.705	107.864

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.22 สามารถนำมาข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่นและความเค้นของรูป ระหว่างเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบมาเขียนกราฟการเปรียบเทียบได้ โดยรูปที่ 4.46 จะแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ



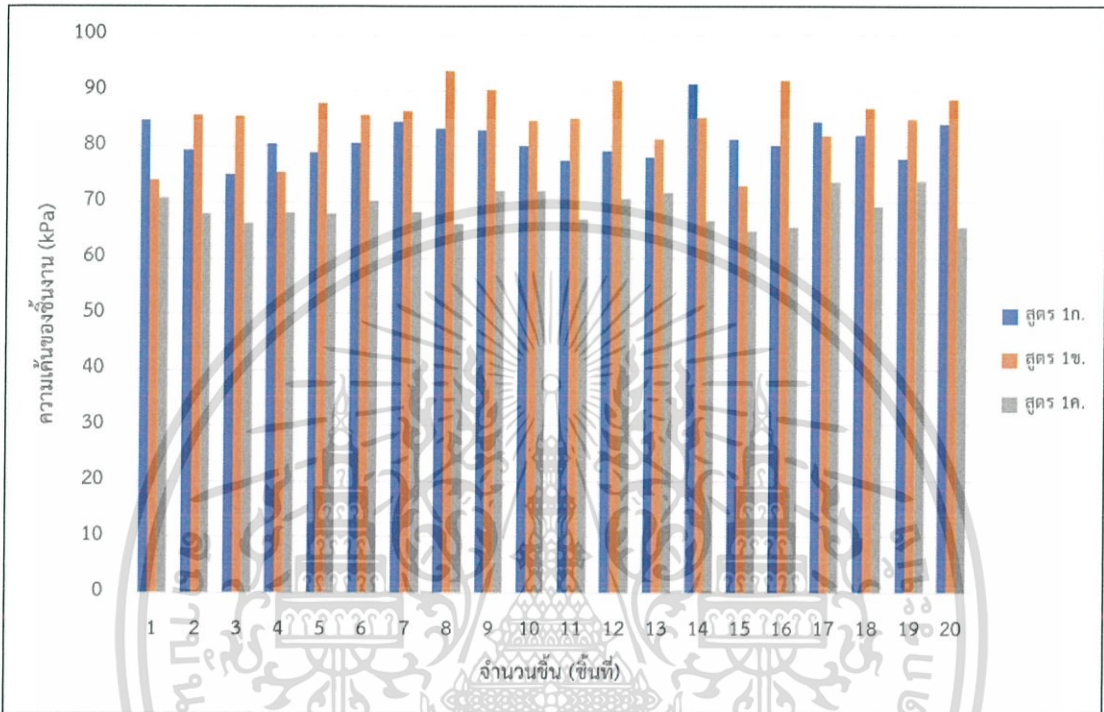
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปจากการอัดโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ

จากรูปที่ 4.46 จะแสดงให้เห็นว่าความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างขึ้นกับความเค้นของรูปที่ได้จากเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกัน โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องที่สร้างขึ้นจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 105.705 kPa และความเค้นเฉลี่ยของรูปที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 107.864 kPa

ตารางที่ 4.23 แสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.

ลำดับ	ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)			ความเค้น (kPa)		
	สูตร 1ก.	สูตร 1ข.	สูตร 1ค.	สูตร 1ก.	สูตร 1ข.	สูตร 1ค.	สูตร 1ก.	สูตร 1ข.	สูตร 1ค.
1	36	43	41	632.288	561.111	562.766	84.702	73.922	70.800
2	35	40	39	594.276	604.682	565.141	79.308	85.594	68.036
3	35	36	42	608.705	623.298	536.761	74.977	85.501	66.314
4	37	39	43	571.594	572.969	560.991	80.550	75.331	68.201
5	30	45	45	620.51	628.704	563.526	87.680	87.680	68.038
6	30	40	44	615.594	597.23	569.765	80.581	85.661	70.336
7	37	39	44	626.417	638.781	580.285	84.486	86.366	68.266
8	36	39	43	594.047	616.776	538.385	83.144	93.594	66.131
9	33	34	42	642.987	630.925	597.014	82.926	90.192	72.150
10	33	43	42	585.167	610.734	594.914	80.018	84.673	72.132
11	33	44	40	588.966	603.156	538.453	77.468	85.021	67.062
12	40	41	40	624.609	601.462	594.872	79.285	91.900	70.715
13	34	35	36	602.406	611.245	612.087	78.139	81.365	71.852
14	42	43	36	614.402	619.858	572.551	91.249	85.166	66.763
15	34	38	42	612.428	564.523	558.043	81.364	73.021	64.833
16	38	42	46	583.521	597.313	561.200	80.146	91.897	65.634
17	35	38	36	626.674	608.97	622.711	84.511	81.897	73.733
18	31	35	39	600.802	610.047	584.156	81.981	86.863	69.303
19	38	41	36	583.743	614.903	611.882	77.757	84.927	73.775
20	34	44	43	577.393	594.437	553.768	84.084	88.384	65.614
เฉลี่ย	35	40	40	624.225	605.556	573.964	81.277	84.948	68.985

จากตารางที่ 4.23 สามารถนำข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค. มาเขียนกราฟการเปรียบเทียบได้ โดยรูปที่ 4.47 แสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 1 โดยสูตรที่ 1 จะแบ่งเป็น สูตร 1ก. สูตร 1ข. และสูตร 1ค.

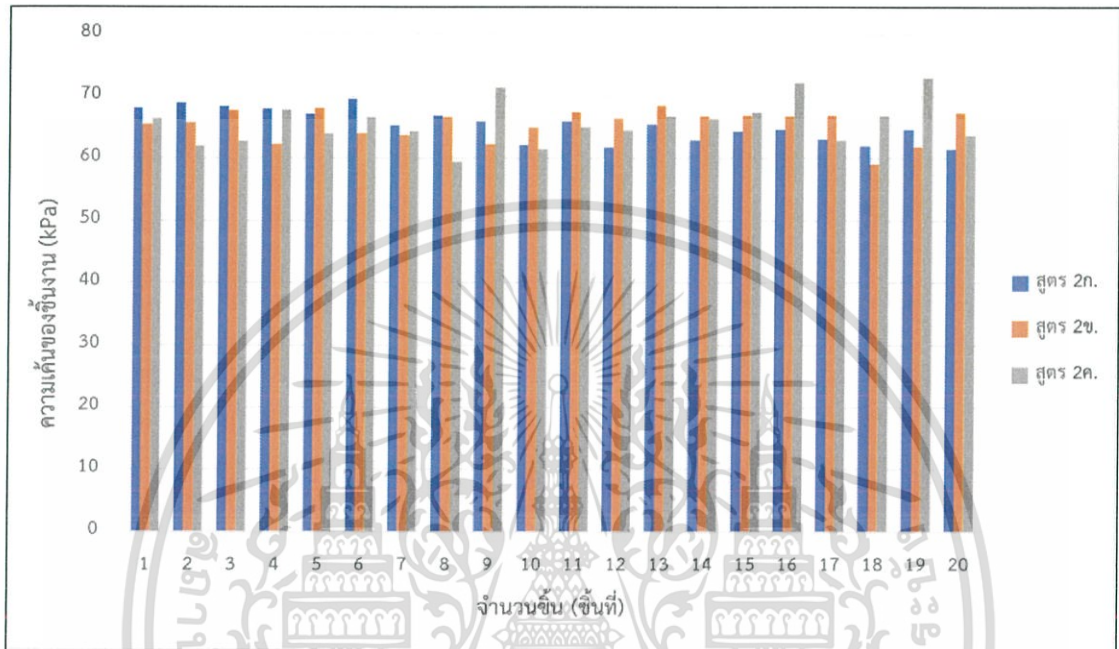
จากรูปที่ 4.47 จะแสดงให้เห็นว่าความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกันในสูตรที่ 1ก. และ 1ข. ในส่วนของสูตรที่ 1ค. มีค่าน้อยที่สุดโดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่ในสูตร 1ก. มีค่าเท่ากับ 81.277 kPa สูตรที่ 1ข. มีค่าเท่ากับ 84.948 kPa และสูตรที่ 1ค. มีค่าเท่ากับ 68.985 kPa

ตารางที่ 4.24 แสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.

ลำดับ	ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)			ความเค้น (kPa)		
	สูตร 2ก.	สูตร 2ข.	สูตร 2ค.	สูตร 2ก.	สูตร 2ข.	สูตร 2ค.	สูตร 2ก.	สูตร 2ข.	สูตร 2ค.
1	35	37	32	591.768	509.630	477.409	68.089	65.501	66.360
2	40	40	34	583.390	523.408	470.847	68.839	65.736	61.994
3	37	39	35	603.113	522.435	458.900	68.351	67.682	62.757
4	40	40	36	586.080	460.744	505.38	67.992	62.258	67.847
5	39	40	36	592.341	512.566	481.495	67.170	68.137	64.047
6	45	36	38	617.657	493.075	511.496	69.523	64.012	66.692
7	41	37	35	607.603	464.630	493.149	65.331	63.761	64.352
8	42	36	32	592.798	497.147	480.244	66.891	66.591	59.479
9	43	41	35	594.849	482.638	520.821	65.973	62.257	71.432
10	49	39	34	553.914	514.809	484.107	62.159	64.898	61.508
11	42	40	35	545.189	538.340	492.570	65.930	67.411	65.068
12	41	37	32	501.978	500.361	481.340	61.730	66.436	64.478
13	43	38	37	517.354	527.913	532.688	65.415	68.436	66.798
14	42	39	35	527.760	542.563	523.146	62.960	66.767	66.434
15	42	42	36	538.890	520.403	531.241	64.395	66.942	67.422
16	39	39	30	530.581	517.603	535.074	64.725	66.800	72.260
17	41	40	35	533.427	540.734	481.813	63.050	66.938	62.934
18	38	41	34	539.808	457.819	502.804	62.042	59.160	66.966
19	35	41	36	537.449	486.557	520.269	64.675	61.858	73.025
20	44	39	35	538.170	521.866	490.185	61.489	67.244	63.746
เฉลี่ย	41	39	35	561.706	506.762	527.114	65.336	65.441	65.780

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.24 สามารถนำข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค. มาเขียนกราฟการเปรียบเทียบได้ โดยรูปที่ 4.48 จะแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 จะแบ่งเป็น สูตร 2ก. สูตร 2ข. และสูตร 2ค.

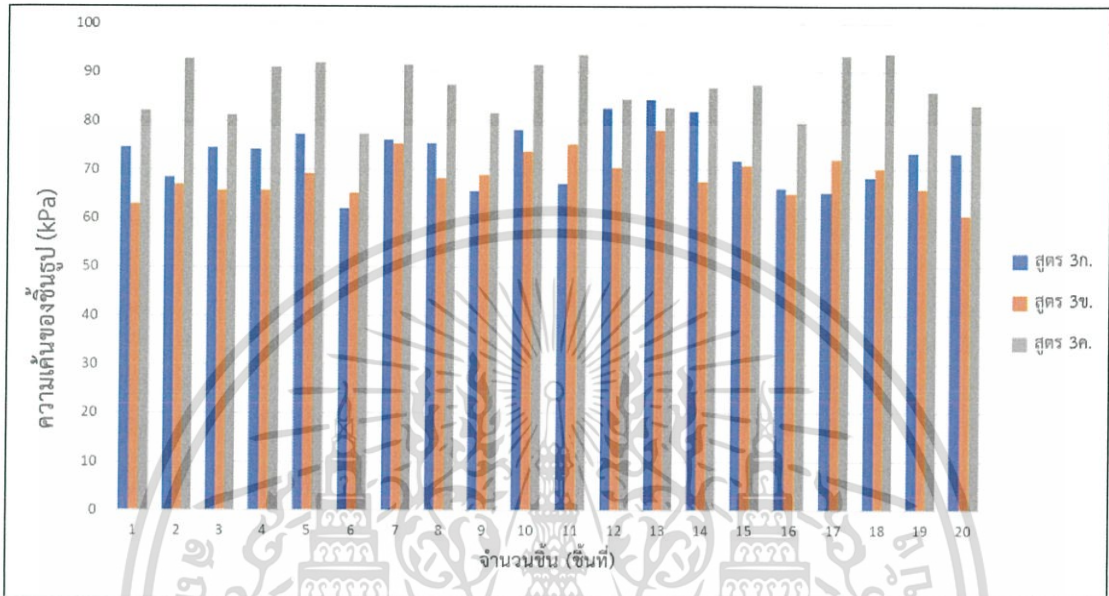
จากรูปที่ 4.48 จะแสดงให้เห็นว่าความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกันในทุกสูตร โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่ในสูตร 2ก. มีค่าเท่ากับ 65.336 kPa สูตรที่ 2ข. มีค่าเท่ากับ 65.441 kPa และสูตรที่ 2ค. มีค่าเท่ากับ 65.780 kPa

ตารางที่ 4.25 แสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.

ลำดับ	ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)			ความเค้น kPa		
	สูตร 3ก.	สูตร 3ข.	สูตร 3ค.	สูตร 3ก.	สูตร 3ข.	สูตร 3ค.	สูตร 3ก.	สูตร 3ข.	สูตร 3ค.
1	36	35	23	559.835	549.587	435.681	74.600	62.997	82.181
2	34	37	30	586.860	562.128	519.533	68.427	66.993	92.858
3	32	34	30	572.283	541.793	517.035	74.380	65.666	81.247
4	34	35	31	550.854	548.605	554.159	74.205	65.685	91.019
5	38	37	29	548.103	544.916	520.936	77.175	69.180	92.058
6	39	38	30	511.597	555.100	503.603	62.026	65.210	77.286
7	36	37	26	553.887	581.368	476.431	76.048	75.328	91.624
8	33	34	31	565.235	567.937	492.537	75.429	68.155	87.393
9	39	35	30	527.649	666.722	537.187	65.649	68.922	81.626
10	39	37	31	543.685	609.395	528.836	78.229	73.634	91.544
11	37	37	30	561.491	619.470	538.712	67.109	75.072	93.600
12	34	39	26	556.973	594.614	600.655	82.645	70.396	84.586
13	38	35	27	579.332	620.621	532.225	84.384	78.097	82.783
14	39	34	30	573.376	576.050	556.740	81.850	67.469	86.953
15	41	36	28	575.42	571.045	551.673	71.771	70.780	87.371
16	33	39	30	586.755	563.780	545.826	66.096	65.086	79.579
17	38	36	29	589.289	603.797	530.468	65.356	72.139	93.419
18	33	35	31	590.688	578.897	563.247	68.327	70.199	93.807
19	34	38	30	550.323	565.512	546.521	73.357	65.813	85.938
20	32	36	30	597.357	501.615	537.562	73.139	60.511	83.168
เฉลี่ย	36	36	29	564.050	576.148	529.478	73.010	68.867	87.002

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวทสวไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.25 สามารถนำข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่นและความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค. มาเขียนกราฟการเปรียบเทียบได้ โดยรูปที่ 4.49 จะแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 3ก. สูตร 3ข. และสูตร 3ค.

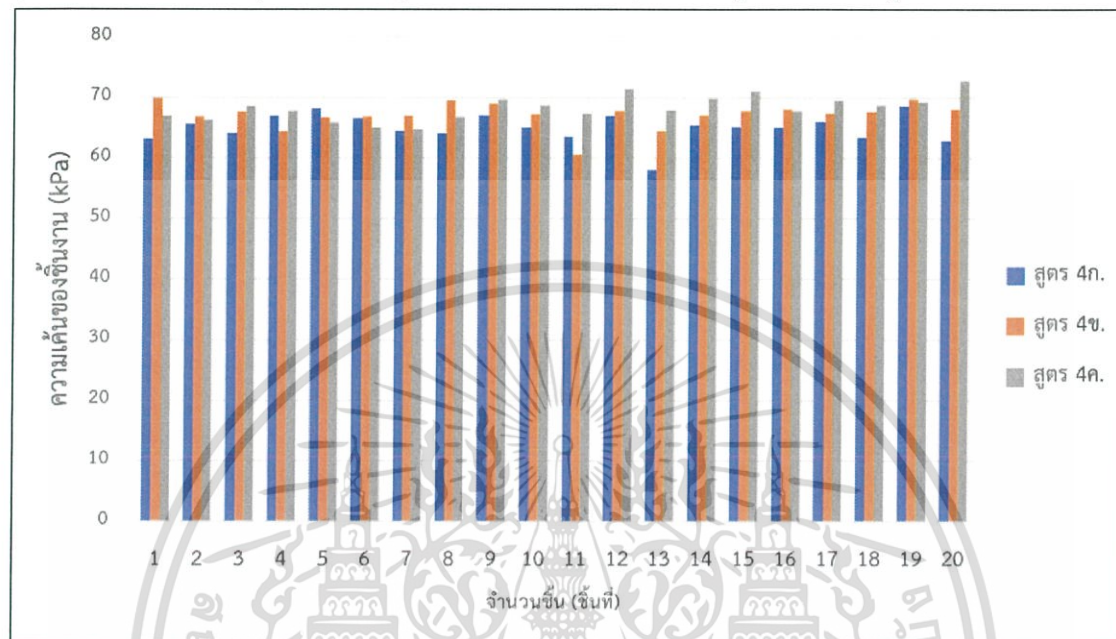
จากรูปที่ 4.49 จะแสดงให้เห็นว่าความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วมีค่าใกล้เคียงกันในสูตรที่ 3ก. และ 3ข. ส่วนในสูตรที่ 3ค. จะมีค่าความเค้นมากที่สุด โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 3ก. มีค่าเท่ากับ 73.010 kPa สูตรที่ 3ข. มีค่าเท่ากับ 68.867 kPa และสูตรที่ 3ค. มีค่าเท่ากับ 87.002 kPa

ตารางที่ 4.26 แสดงข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่น และความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.

ลำดับ	ความแข็งของรูปแต่ละชั้น (Shore)			ความหนาแน่นของรูปแต่ละชั้น (kg/m ³)			ความเค้น kPa		
	สูตร 4ก.	สูตร 4ข.	สูตร 4ค.	สูตร 4ก.	สูตร 4ข.	สูตร 4ค.	สูตร 4ก.	สูตร 4ข.	สูตร 4ค.
1	32	31	30	581.004	623.490	512.315	63.104	69.772	66.966
2	35	32	29	589.037	584.716	488.939	65.637	66.849	66.253
3	34	29	30	600.456	627.645	510.396	64.075	67.682	68.552
4	33	32	30	603.946	585.775	507.408	66.981	64.331	67.808
5	33	30	25	587.756	601.782	493.761	68.137	66.651	65.797
6	30	36	31	592.888	600.845	520.972	66.504	66.787	65.090
7	34	33	31	617.004	611.336	511.735	64.438	66.936	64.795
8	37	34	26	613.976	586.868	497.672	64.135	69.600	66.850
9	38	34	32	604.443	620.639	521.226	67.092	68.990	69.672
10	34	33	27	598.142	586.522	533.664	65.075	67.210	68.693
11	32	29	33	593.828	356.476	540.529	63.491	40.120	67.351
12	38	36	31	590.142	609.650	564.987	66.996	67.770	71.451
13	36	32	31	549.142	585.264	520.198	58.087	64.448	67.872
14	32	32	33	618.480	597.447	534.081	65.392	67.094	69.869
15	38	30	25	628.213	617.820	538.085	65.135	67.751	71.051
16	36	34	26	640.720	622.871	507.384	64.998	68.020	67.800
17	37	34	31	636.711	629.640	529.661	65.956	67.313	69.519
18	39	35	27	605.662	616.823	558.744	63.407	67.572	68.707
19	38	28	30	604.244	600.139	567.242	68.613	69.693	69.325
20	33	33	32	599.453	612.040	575.775	62.877	68.006	72.855
เฉลี่ย	35	32	30	575.580	593.889	526.739	65.007	66.130	68.314

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.26 สามารถนำข้อมูลความแข็ง ความหนาแน่นและความเค้นของรูปของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค. มาเขียนกราฟการเปรียบเทียบได้ โดยรูปที่ 4.50 จะแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 3 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นของรูปเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นใหม่ของสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 4 จะแบ่งเป็น สูตร 4ก. สูตร 4ข. และสูตร 4ค.

จากรูปที่ 4.50 จะแสดงให้เห็นว่าความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสูตร โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 4ก. มีค่าเท่ากับ 65.007 kPa สูตรที่ 4ข. มีค่าเท่ากับ 66.130 kPa และสูตรที่ 4ค. มีค่าเท่ากับ 68.314 kPa

เมื่อคำนวณความเค้นของรูปในแต่ละสูตรแล้วคณะผู้วิจัยได้นำรูปทั้งหมดทุกสูตรไปจุดเพื่อจับเวลาการเผาไหม้ของรูปเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเวลาในการเผาไหม้ของรูปในสูตรเดิมที่ผลิตจากโรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท โดยเมื่อจุดและจับเวลาการเผาไหม้แล้วผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาแสดงในตารางที่ ตารางที่ 4.27 เป็นการแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท ตารางที่ 4.28 เป็นการแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น ตารางที่ 4.29 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น ตารางที่ 4.30 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น และตารางที่ 4.31 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

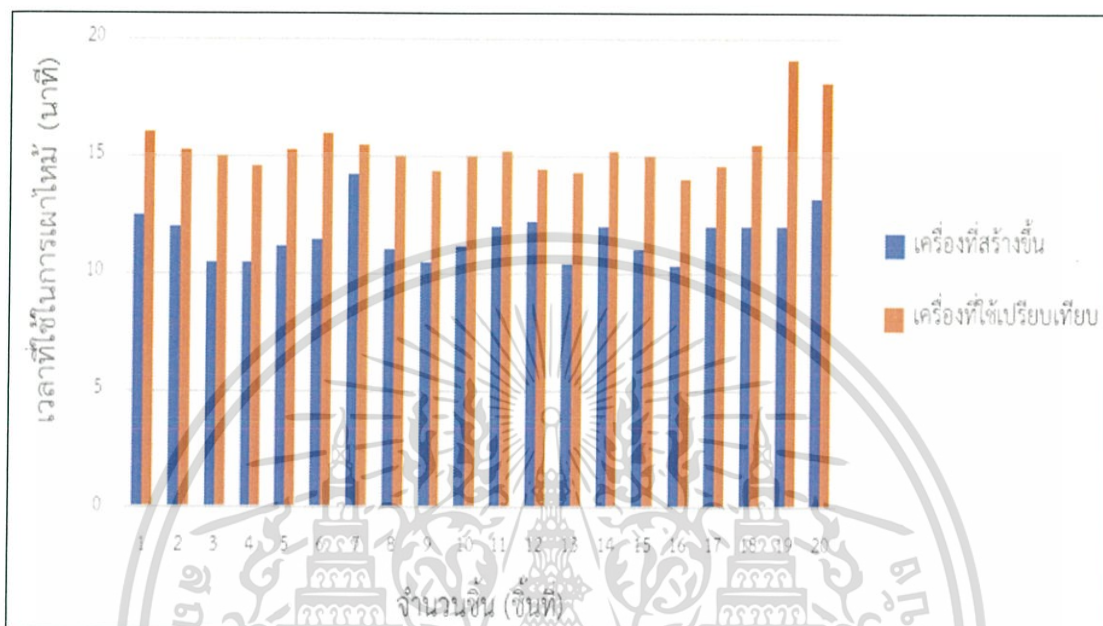
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้
เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท

ลำดับ	ระยะเวลาของการเผาไหม้ (นาที)	
	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ
1	12.48	16.05
2	12.00	15.25
3	10.45	15.00
4	10.45	14.55
5	11.20	15.29
6	11.42	16.00
7	14.23	15.45
8	11.00	15.00
9	10.45	14.35
10	11.20	15.00
11	12.00	15.20
12	12.23	14.45
13	10.40	14.30
14	12.00	15.20
15	11.00	15.00
16	10.35	14.00
17	12.00	14.55
18	12.00	15.48
19	12.00	19.10
20	13.16	18.16
เฉลี่ย	12.00	15.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.27 สามารถข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท มาเขียนกราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาทได้โดยจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดที่ใช้เปรียบเทียบโดยเป็นรูปสูตรเก่าที่ใช้อยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท

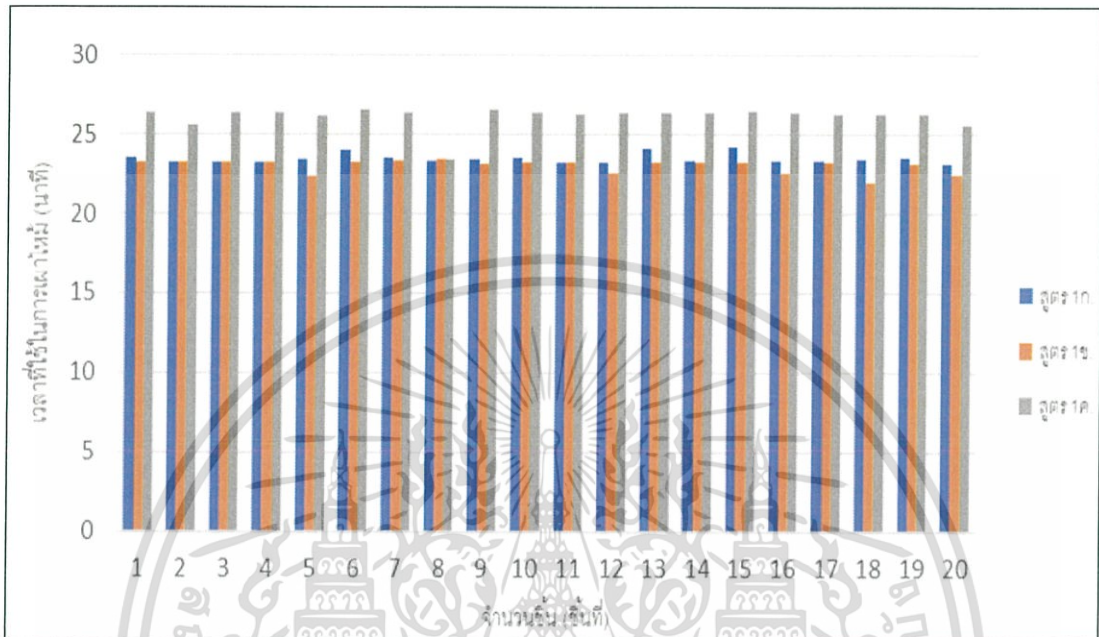
จากรูปที่ 4.51 จะแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบโดยการเผาไหม้ของรูปที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นจะมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ 12.00 นาที และรูปที่อัดจากเครื่องที่ใช้เปรียบเทียบจะมีเวลาในการเผาไหม้เฉลี่ยอยู่ที่ 15.36 นาที

ตารางที่ 4.28 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

ลำดับ	ระยะเวลาของการเผาไหม้ (นาที)		
	สูตร 1ก.	สูตร 1ข.	สูตร 1ค.
1	23.49	23.24	26.34
2	23.25	23.20	25.55
3	23.26	23.24	26.39
4	23.2	23.22	26.34
5	23.45	22.33	26.22
6	24.00	23.25	26.54
7	23.55	23.29	26.34
8	23.29	23.40	23.40
9	23.45	23.15	26.55
10	23.55	23.24	26.35
11	23.19	23.28	26.25
12	23.26	22.57	26.34
13	24.12	23.26	26.34
14	23.35	23.22	26.35
15	24.2	23.24	26.45
16	23.35	22.55	26.35
17	23.30	23.24	26.24
18	23.40	22.00	26.26
19	23.49	23.18	26.26
20	23.12	22.45	25.55
เฉลี่ย	23.46	23.02	26.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.28 สามารถข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่สูตรที่ 1ก, 1ข, และ 1ค. มาเขียนกราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก, 1ข, และ 1ค. ได้โดยจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก, 1ข, และ 1ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.52 จะแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 1ก, 1ข, และ 1ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 1ก. จะใช้เวลา 23.46 นาที สูตรที่ 1ข. จะใช้เวลา 23.02 นาที และสูตรที่ 1ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 26.12 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 1ข.

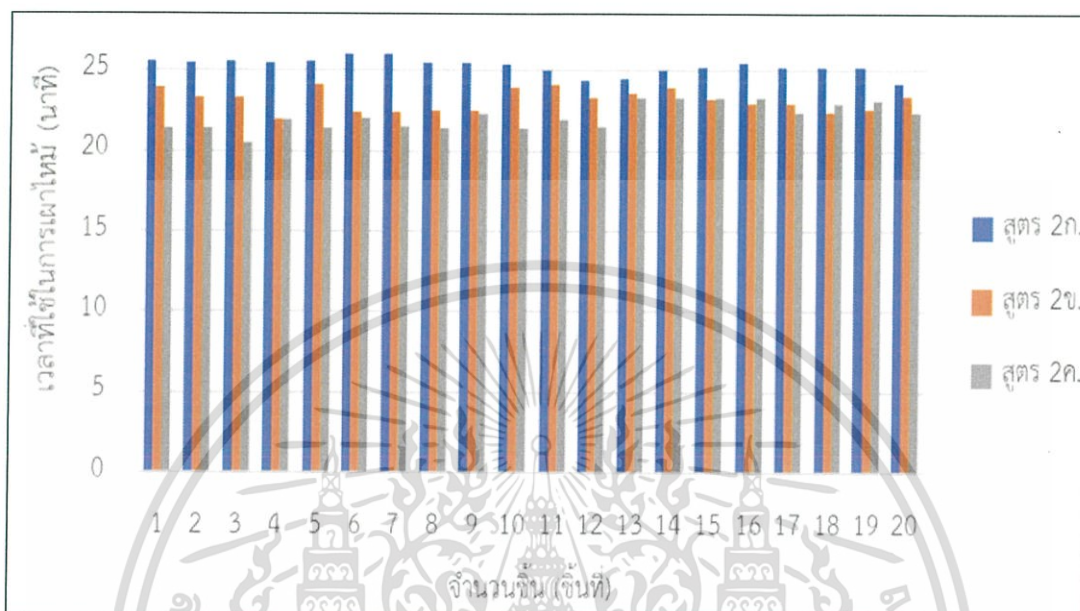
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก, 2ข, และ 2ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

ลำดับ	ระยะเวลาของการเผาไหม้ (นาที)		
	สูตร 2ก.	สูตร 2ข.	สูตร 2ค.
1	25.58	24.00	21.44
2	25.50	23.35	21.40
3	25.58	23.35	20.55
4	25.5	22.00	22.00
5	25.55	24.15	21.44
6	26.00	22.45	22.10
7	26.00	22.45	21.48
8	25.45	22.55	21.40
9	25.45	22.48	22.30
10	25.40	24.00	21.40
11	25.00	24.13	22.00
12	24.45	23.35	21.55
13	24.50	23.55	23.35
14	25.00	24.00	23.30
15	25.24	23.20	23.35
16	25.50	23.00	23.35
17	25.24	23.00	22.46
18	25.22	22.40	23.00
19	25.26	22.56	23.12
20	24.25	23.45	22.40
เฉลี่ย	25.28	23.17	22.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.29 สามารถข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่สูตรที่ 2ก, 2ข. และ 2ค. มาเขียนกราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก, 2ข. และ 2ค. ได้โดยจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก, 2ข. และ 2ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.53 จะแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก, 2ข. และ 2ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 2ก. จะใช้เวลา 25.28 นาที สูตรที่ 2ข. จะใช้เวลา 23.17 นาที และสูตรที่ 2ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 22.16 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 2ค.

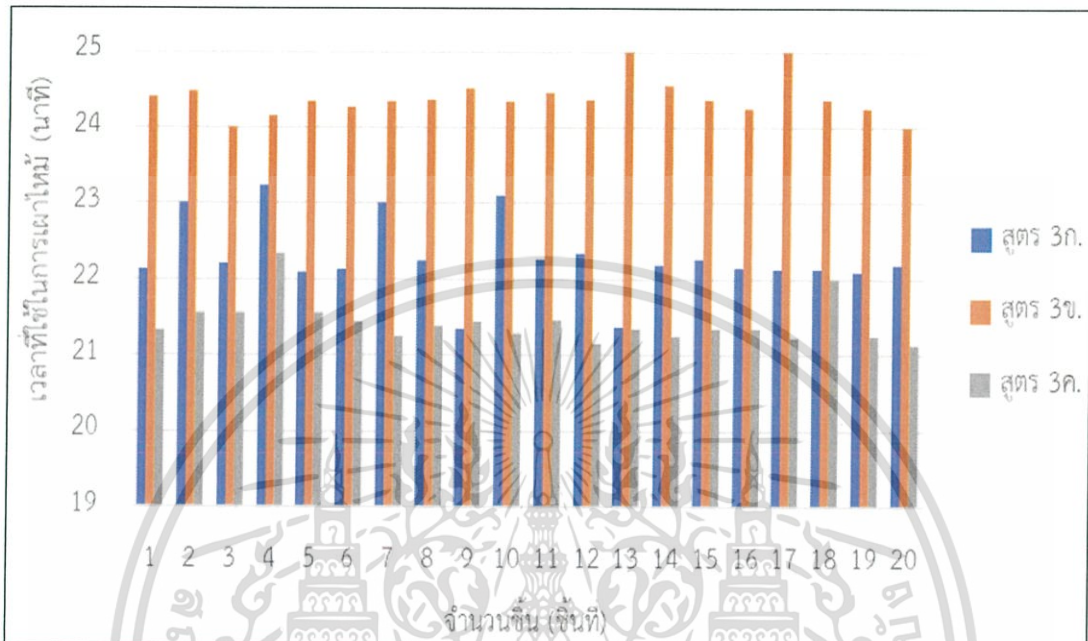
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

ลำดับ	ระยะเวลาของการเผาไหม้ (นาที)		
	สูตร 3ก.	สูตร 3ข.	สูตร 3ค.
1	22.14	24.41	21.33
2	23.00	24.48	21.55
3	22.20	24.00	21.55
4	23.24	24.15	22.35
5	22.10	24.35	21.55
6	22.14	24.26	21.45
7	23.00	24.35	21.25
8	22.25	24.36	21.39
9	21.35	24.51	21.45
10	23.10	24.35	21.30
11	22.26	24.45	21.46
12	22.35	24.36	21.15
13	21.36	25.00	21.35
14	22.19	24.55	21.25
15	22.26	24.36	21.34
16	22.15	24.25	21.34
17	22.13	25.00	21.24
18	22.13	24.36	22.00
19	22.10	24.25	21.25
20	22.19	24.00	21.13
เฉลี่ย	22.28	24.39	21.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.30 สามารถข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่สูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. มาเขียนกราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ได้โดยจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.54 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.54 จะแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 3ก. จะใช้เวลา 22.28 นาที สูตรที่ 3ข. จะใช้เวลา 24.39 นาที และสูตรที่ 3ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 21.43 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 3ค.

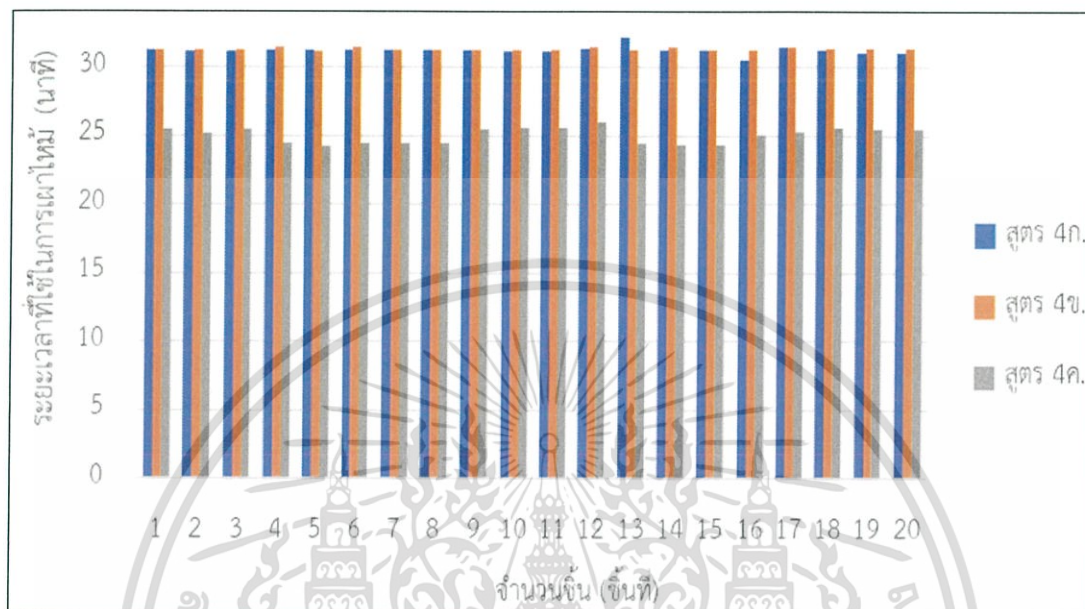
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 แสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก, 4ข, และ 4ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

ลำดับ	ระยะเวลาของการเผาไหม้ (นาที)		
	สูตร 4ก.	สูตร 4ข.	สูตร 4ค.
1	31.21	31.26	25.46
2	31.20	31.25	25.20
3	31.20	31.30	25.46
4	31.22	31.45	24.46
5	31.25	31.20	24.25
6	31.26	31.42	24.50
7	31.30	31.26	24.46
8	31.25	31.25	24.45
9	31.22	31.29	25.50
10	31.15	31.24	25.55
11	31.20	31.26	25.55
12	31.31	31.42	26.00
13	32.21	31.26	24.45
14	31.29	31.42	24.34
15	31.21	31.24	24.38
16	30.55	31.24	25.07
17	31.45	31.42	25.29
18	31.25	31.33	25.58
19	31.10	31.36	25.45
20	31.00	31.40	25.46
เฉลี่ย	31.24	31.31	25.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.31 สามารถข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปที่สูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. มาเขียนกราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ได้โดยจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.55



รูปที่ 4.55 กราฟแสดงข้อมูลระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ตามลำดับที่อัดจากเครื่องที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.55 จะแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 4ก. จะใช้เวลา 31.24 นาที สูตรที่ 4ข. จะใช้เวลา 31.31 นาที และสูตรที่ 4ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 25.04 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 4ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องอัดรูปโซคติแบบนิวแมติกส์ที่สร้างขึ้นและลักษณะรูปทรงของรูปที่เครื่องอัดรูปอัดขึ้นรูปได้ (ความยาว ความกว้างและความหนาของรูป) ที่เป็นไปตามที่กำหนดไว้

จากการทดลองอัดรูปโซคติในหัวข้อที่ 4.1 ได้ผลทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.32 แสดงคุณสมบัติของเครื่องอัดรูปที่สร้างขึ้นเทียบกับเครื่องอัดรูปที่ใช้เปรียบเทียบ

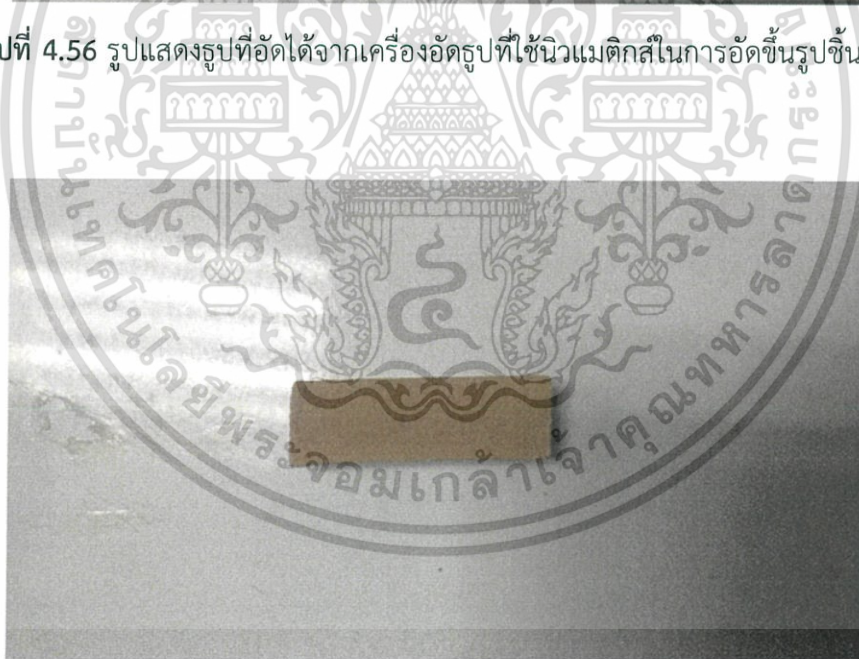
เครื่องอัดรูปโซคติที่สร้างขึ้น	เครื่องที่ใช้เปรียบเทียบ
1. เครื่องมีขนาดกระทัดรัด สามารถเครื่องย้ายได้ง่าย	1. เครื่องมีขนาดใหญ่ไม่สามารถเครื่องย้ายได้
2. เครื่องใช้สแตนเลสในการสร้างเครื่องทำให้น้ำหนักเบากว่าเครื่องที่ใช้เทียบ	2. เครื่องมีน้ำหนักมาก
3. แรงที่ใช้ในการอัด 5-7 Bar.	3. แรงที่ใช้ในการอัด 100 Bar.
4. เครื่องอัดใช้พลังงานลมในการอัดและลมที่ใช้ในการอัดเป็นลมสะอาด	4. เครื่องอัดเป็นแบบไฮดรอลิกทำให้ใช้พลังงานทางไฟฟ้ามากกว่าในการอัด
5. สามารถลดขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน	5. จำนวนขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานมีหลายขั้นตอน
6. สามารถลดการสูญเสียวัตถุดิบในการอัดชิ้นงาน	6. การสูญเสียวัตถุดิบในการอัดมีจำนวนมาก
7. เครื่องปั๊มลมที่ใช้มีขนาดกระทัดรัดและมีเสียงเงียบ	7. ในการอัดแต่ละครั้งทำให้เกิดเสียงดังในการอัด
8. เครื่องปั๊มลมสามารถใช้กับพลังงานทดแทนได้เนื่องจากปั๊มลมที่เลือกใช้มีขนาดเล็กและมีการใช้กระแสไฟที่ 2.5 A.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของรูปเมื่อตัดจากเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานโดยผู้วิจัยได้สุ่มชิ้นงานมาอย่างหนึ่งชิ้นจะได้ขนาดของชิ้นงานที่อัดได้มีขนาด $8.73 \times 10 \times 35.26$ mm และมีปริมาตร 3078.198 mm³ ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับรูปโซคติที่อัดได้จากเครื่องอัดรูปเดิมที่มีอยู่โดยรูปเครื่องเดิมมีขนาด $9 \times 11 \times 35$ mm และมีปริมาตร 3465 mm³



รูปที่ 4.56 รูปแสดงรูปที่อัดได้จากเครื่องอัดรูปที่ใช้นิวแมติกส์ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน



รูปที่ 4.57 รูปแสดงรูปที่อัดได้จากเครื่องอัดรูปที่นำมาเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบสร้างเครื่องอัดรูปโซคติโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดรูปมาจากสแตนเลสโดยตัวเครื่องมีขนาดฐานประมาณ 130 × 250 mm และขนาดความสูง 231 mm ซึ่งเครื่องอัดรูปประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ คือ 1.) ถาดใส่ผงรูปทำมาจากสแตนเลสที่มีขนาดความกว้างด้านบนและด้านล่างเท่ากันที่ขนาด 22.5 mm และขนาดของความยาวด้านบนมีขนาด 150 mm ส่วนด้านล่างมีความยาวที่ 25 mm ส่วนความสูงของถาดใส่รูปจะมีขนาด 165 mm 2.) แท่นอัดทำมาจากสแตนเลสตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.50 mm ขนาดความยาว 60 mm 3.) แกนตันจะเป็นสแตนเลสตันมีลักษณะเป็นแท่งตันมีความยาว 75 mm และแท่งสแตนเลสตันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm 4.) แผ่นยึดแกนทำมาจากสแตนเลสที่มีความหนา 10 mm กว้าง 45 mm และขนาดความยาว 120 mm และมีการเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.20 mm โดยเจาะจำนวน 3 รู 5.) ปากเครื่องอัดรูปโซคติลักษณะรูปร่างเป็นทรงกระบอกโดยใช้วัสดุสแตนเลสมีความยาวประมาณ 32 mm 6.) ฐานรองเครื่องอัดรูปเป็นส่วนของไว้สำหรับรองตัวเครื่องเพื่อยึดไว้กับโต๊ะป้องกันไม่ให้ตัวเครื่องขยับหรือเคลื่อนย้ายขณะที่เครื่องกำลังทำงานโดยฐานรองเครื่องจะทำมาจากแผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 12 mm โดยจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดความกว้าง 130 mm และความยาว 250 mm และ 7.) กระจกสูบและปั๊มลมโดยลักษณะของกระจกสูบจะมีขนาดความกว้าง 110 mm และมีความยาวขณะที่แกนตันยื่นออก 150 mm และเป็นกระจกสูบ TCM Series รุ่น TC M 40 × 50 S G โดยตัวกระจกสูบจะเป็นอลูมิเนียมและตัวของแกนตันกระจกสูบจะเป็นสแตนเลสกลม และเครื่องปั๊มลมจะเป็นปั๊มลมเสียงเงียบ ไม้ใช้น้ำมัน เคลื่อนย้ายสะดวก เหมาะกับงานอุตสาหกรรมที่ต้องการมาตรฐาน ปราศจากสารอันตราย กระแสไฟฟ้า 220/50 V/Hz กำลังไฟฟ้า 600 W ปริมาณลม 110 L/min ระดับเสียง 65 (dB) แรงดัน 8 bar ขนาดถัง 25 L น้ำหนัก 19.5 kg. ซึ่งตัวเครื่องอัดรูปโซคติมีขนาดกระทัดรัดทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ประหยัดพลังงานทางไฟฟ้า ลดของเสียที่ได้จากขั้นตอนการผลิตและลดแรงงานคนที่ใช้ในการอัดรูปได้ทดสอบระบบการขึ้นรูปชิ้นงานโดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการอัดรูปให้มีการอัดผงรูปแบบร่วน ผงรูปแบบหนืดและผงรูปแบบเหลวโดยใช้เครื่องอัดรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถใช้งานได้

ในส่วนของรูปที่อัดออกจากเครื่องอัดรูปที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการนำรูปที่อัดได้ในแต่ละสูตรจำนวน 4 สูตร และในแต่ละสูตรผู้วิจัยได้แบ่งเป็น สูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. สูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. สูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. และสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. ตามลำดับ

โดยผู้วิจัยได้สุ่มรูปในแต่ละสูตรมา 20 ชิ้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบน้ำหนักของรูป เปรียบเทียบความใช้

แข็งของรูปและเปรียบเทียบความหนาแน่นของรูปที่อัดได้จากเครื่องอัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเครื่องอัดรูปที่ใช้งานอยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท และได้ทดสอบสูตรที่เหมาะสมกับเครื่องอัดรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยในสูตรที่ 1 จะมีน้ำหนักของรูปในสูตรที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. ที่อัดโดยเครื่องที่สร้างขึ้นจะเห็นได้ว่าน้ำหนักของแต่ละสูตรมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน โดยน้ำหนักเฉลี่ยจะอยู่ที่ 2.724 g ความแข็งของรูปในแต่ละสูตรมีความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 38 Shore ความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าไม่คงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานไม่เท่ากัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 601.248 kg/m^3 และความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกันในสูตรที่ 1ก. และ 1ข. ในส่วนของสูตรที่ 1ค. มีค่าน้อยที่สุด โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 1ก. มีค่าเท่ากับ 81.277 kPa สูตรที่ 1ข. มีค่าเท่ากับ 84.948 kPa และสูตรที่ 1ค. มีค่าเท่ากับ 68.985 kPa โดยในสูตรที่ 2 น้ำหนักของรูปในสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. มีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 2.965 g ความแข็งมีความแข็งที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 38 Shore ความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าคงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานมีค่าใกล้เคียงกัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 531.860 kg/m^3 และความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกันในทุกสูตร โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 2ก. มีค่าเท่ากับ 65.336 kPa สูตรที่ 2ข. มีค่าเท่ากับ 65.441 kPa และสูตรที่ 2ค. มีค่าเท่ากับ 65.780 kPa โดยในสูตรที่ 3 น้ำหนักของรูปในสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. น้ำหนักของรูปในสูตรนี้จะเฉลี่ยอยู่ที่ 2.696 g ความแข็งมีความค่าความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 34 Shore ความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าคงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานมีค่าใกล้เคียงกัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 550.542 kg/m^3 และความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสูตร โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 3ก. และ 3ข. ส่วนในสูตรที่ 3ค. จะมีค่าความเค้นมากที่สุด โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 3ก. มีค่าเท่ากับ 73.010 kPa สูตรที่ 3ข. มีค่าเท่ากับ 68.867 kPa และสูตรที่ 3ค. มีค่าเท่ากับ 87.002 kPa และในสูตรที่ 4 น้ำหนักของรูปในสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. น้ำหนักของรูปในสูตรนี้จะเฉลี่ยอยู่ที่ 3.088 g ความแข็งมีความแข็งของรูปจะมีค่าความแข็งที่เฉลี่ยอยู่ที่ 32 Shore ความหนาแน่นของแต่ละสูตรมีค่าไม่คงที่เนื่องจากชิ้นงานที่อัดได้มีปริมาตรของชิ้นงานมีค่าไม่เท่ากัน และแสดงให้เห็นว่ารูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 565.402 kg/m^3 และความเค้นของรูปที่ได้จากการอัดรูปโดยเครื่องอัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเค้นเฉลี่ยแล้วมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสูตร โดยความเค้นเฉลี่ยของรูปที่อยู่ในสูตร 4ก. มีค่าเท่ากับ 65.007 kPa สูตรที่ 4ข. มีค่าเท่ากับ 66.130 kPa และสูตรที่ 4ค. มีค่าเท่ากับ 68.314 kPa และในเวลาในการเผาไหม้ของแต่ละสูตรจะให้ระยะเวลาในการเผาไหม้ที่ไม่เท่ากันโดยระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตร ที่ 1ก. 1ข. และ 1ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 1ก. จะใช้เวลา 23.46 นาที สูตรที่ 1ข. จะใช้เวลา 23.02 นาที และสูตรที่ 1ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 26.12 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 1ข. สูตรที่ 2 ระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 2ก. 2ข. และ 2ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 2ก. จะใช้เวลา 25.28 นาที สูตรที่ 2ข. จะใช้เวลา 23.17 นาที และสูตรที่ 2ค. จะใช้

ใช้เวลาอยู่ที่ 22.16 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 2ค. สูตรที่ 3 ระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 3ก. 3ข. และ 3ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 3ก. จะใช้เวลา 22.28 นาที สูตรที่ 3ข. จะใช้เวลา 24.39 นาที และสูตรที่ 3ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 21.43 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 3ค. และสูตรที่ 4 ระยะเวลาการเผาไหม้ของรูปสูตรที่ 4ก. 4ข. และ 4ค. โดยระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของสูตรที่ 4ก. จะใช้เวลา 31.24 นาที สูตรที่ 4ข. จะใช้เวลา 31.31 นาที และสูตรที่ 4ค. จะใช้เวลาอยู่ที่ 25.04 นาที โดยระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับสูตรเดิมที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 4ค.

โดยในสูตรที่ 1ข. มีน้ำหนักของรูปใกล้เคียงกับรูปที่ใช้เปรียบเทียบมากที่สุด ส่วนรูปที่มีความแข็งแรงใกล้เคียงกับรูปที่ใช้เปรียบเทียบคือ สูตรที่ 4ค. และสูตรที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับรูปที่ใช้เทียบคือ สูตรที่ 1ก. และในการอัดรูปในแต่ละครั้งผู้วิจัยได้ทำการควบคุมแรงอัดไว้ที่ 7 bar. เนื่องจากผู้วิจัยได้เลือกใช้กระบอกสูบที่มีความยาวของช่วงชักอยู่ที่ 50 mm ทำให้การอัดรูปในแต่ละครั้งรูปที่อัดออกมาจะมีขนาดความยาวที่ 50 mm และขนาดของรูปจะมีขนาด $8.73 \times 10 \times 35.26$ mm ซึ่งเป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ผู้ศึกษาควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดรูปแบบใช้ระบบนิวแมติกส์ในการอัดรูปเพื่อที่จะทำความเข้าใจถึงลักษณะโครงสร้างและความแข็งแรงของเครื่องอัดรูป
- 2) ผู้ศึกษาควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของตัวแปรที่มีผลต่อการอัดรูป
- 3) สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายด้านควรที่จะทดลองในเรื่องของการจุดรูปในแต่ละชั้นเวลาใช้เวลานานเท่าไรในการจุดและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] TNEWS TV ONLINE. 2016. รูป [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.tnews.co.th/contents/200008>
- [2] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. (2546). นิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [3] สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. 2004. กระบอกสุบลมทางเดียว [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://library.tru.ac.th/images/academic/book/b65840/09chap3.pdf>
- [4] SMC. (2018). กระบอกสุบลมทางเดียว. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.smcworld.com/docs/new/en/mgp.html>
- [5] ทีมงานทรูปลูกปัญญา. (2015). ความหนาแน่น [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.truelookpanya.com/new/asktruelookpanya/questiondetail/10084>
- [6] มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. 2018. ความเค้น [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.scribd.com/document/356341505/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5-5-%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84-%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94>
- [7] บริษัท แมกซ์สตีล จำกัด. (2010). เหล็กกล้าไร้สนิม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://maxsteelthai.com/index.php?option=com_content&view=article&id=123:-stainless-steel&catid=42
- [8] ทีมงาน monmai.com. (2013). ยางบัง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.monmai.com/%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%9A%E0%B8%87/>
- [9] สมุนไพรรักษาพระจันทร์. (2016). ผงจันทร์ขาว [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.xn--82c3abfc1abuucd7e5dpc5g8jxc5d.com/product/9/%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%B8%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%99%E0%B9%8C%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7>
- [10] เว็บไซต์เมดไทย (MedThai). 2017. น้ำ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://medthai.com/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3/>

- [11] เคมีการเกษตร. (2018). ปูนขาว [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.siamchemi.com/%E0%B8%9B%E0%B8%B9%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7/>
- [12] วีระชัย ลามอ. 2007. ความแข็ง (Hardness) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_5_2550_hardness.pdf
- [13] Solidwork. 2016. Solidwork. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://solidworkweb.blogspot.com/>
- [14] ทรรศนีย์ พลุกษาสีทธิ. 2015. อันตรายคว้นรูปมีสารพิษก่อมะเร็ง . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.thaihealth.or.th/Content/29264-%E0%B8%A>
- [15] นักรบ เจริญสุข. 2015. งานวิจัยที่เกี่ยวกับรูป [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/44813>
- [16] ศิริพล ทองอ่อน. 2014. งานวิจัยที่เกี่ยวกับรูป [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.thaiinvention.net>
- [17] Madhur Bakhle และคณะวิจัย. 2016. งานวิจัยเครื่องอัดรูปต่างประเทศ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <file:///C:/Users/natta/Downloads/Design-And-Fabrication-Of-An-Incense-Stick-Making-Machine-1.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณกระบอกสูบ

กระบอกสูบทำงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 mm เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 20 mm แรงเสียดทาน 10 % ทฤษฎีความดันใช้งาน 6 bar. และแรงดันเนื่องจากสปริงมีค่า 735 N

1) แรงที่คำนวณได้จากทฤษฎีของกระบอกสูบขณะเคลื่อนที่

- พื้นที่หน้าตัดลูกสูบหาได้จากสมการ (2.1)

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{(3.14)(42)^2}{4}$$

$$A = 1384.74 \text{ mm}^2$$

∴ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบเท่ากับ 1384.74 mm²

- พื้นที่หน้าตัดของวงแหวนหาได้จากสมการ (2.2)

$$A' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$A' = \frac{3.14}{4} [(42)^2 - (20)^2]$$

$$A' = 1070.74 \text{ mm}^2$$

∴ พื้นที่หน้าตัดวงแหวนเท่ากับ 1070.74 mm²

- แรงที่ได้จากทฤษฎีขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออกหาได้จากสมการ (2.3)

$$F_{th} = A \square P$$

$$F_{th} = [(1384.74 \times 10^{-6})(6 \times 10^5)]$$

$$F_{th} = 830.844 \text{ N}$$

∴ แรงที่ได้จากทฤษฎีขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออกเท่ากับ 830.844 N

- แรงที่ได้จากทฤษฎีขณะลูกสูบเคลื่อนที่กลับหาได้จากสมการ (2.4)

$$F_{th} = A' \square P$$

$$F_{th} = [(1070.74 \times 10^{-6})(6 \times 10^5)]$$

$$F_{th} = 642.444 \text{ N}$$

∴ แรงที่ได้จากทฤษฎีขณะลูกสูบเคลื่อนที่กลับเท่ากับ 642.444 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แรงเสียดทานมีค่า 10% ของแรงทฤษฎี

$$\text{แรงเสียดทานขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออก} \quad \frac{10}{100} \times 830.844 = 83.084 \text{ N}$$

$$\text{แรงเสียดทานขณะลูกสูบเคลื่อนที่กลับ} \quad \frac{10}{100} \times 642.444 = 64.244 \text{ N}$$

2) แรงที่เกิดขึ้นจริงของกระบอกสูบ

- แรงที่เกิดขึ้นจริงของกระบอกสูบทางเดียวหาได้จากสมการ (2.5)

$$F_n = (A \cdot P) - (F_R + F_F)$$

$$F_n = [(1384.74 \times 10^{-6})(6 \times 10^5)] - (83.084 + 735)$$

$$F_n = 830.844 - 818.084$$

$$F_n = 12.76 \text{ N}$$

∴ แรงที่เกิดขึ้นจริงของกระบอกสูบทางเดียวเท่ากับ 12.76 N



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณความหนาแน่นของรูป

การหาความหนาแน่นของรูปหาได้จากสมการ (2.6)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ตัวอย่างเช่น

การหาความหนาแน่นของรูปสี่เหลี่ยมที่มีน้ำหนัก 2.4290 g. มีความกว้าง 12.56 mm ความยาว 35.78 mm และความหนา 9.25 mm.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{2.4290 \times 10^{-3}}{(12.56 \times 10^{-3})(35.78 \times 10^{-3})(9.25 \times 10^{-3})}$$

$$\rho = 584.327 \text{ kg/m}^3$$

∴ ความหนาแน่นของรูปสี่เหลี่ยมนี้เท่ากับ 584.327 kg/m³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณความเค้นของรูป

การหาความเค้นของรูปหาได้จากสมการ (2.7)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

ตัวอย่างเช่น

การหาความเค้นของรูปชิ้นหนึ่งที่มีน้ำหนัก 2.4290 g. มีความกว้าง 12.56 mm ความยาว 35.78 mm และแรงกดสปริงมีค่าเท่ากับ 44.46 N

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

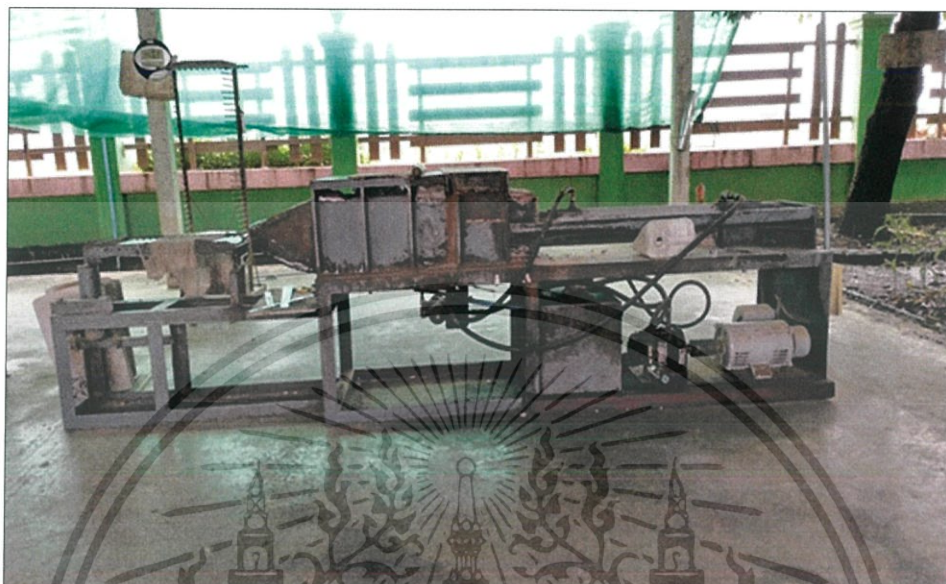
$$\sigma = \frac{44.64}{(12.56 \times 10^{-3})(35.78 \times 10^{-3})}$$

$$\sigma = 99.333 \text{ kPa}$$

∴ ความหนาแน่นของรูปชิ้นนี้เท่ากับ 99.333 kPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง



รูปเครื่องอัดรูปแบบไฮดรอลิกที่ใช้งานอยู่ที่โรงรูปหอมอินทรมงคล จังหวัดชัยนาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ประวัติผู้วิจัย



- ชื่อ-สกุล : นางสาวนัทธมน อินออนกุล
- วัน/เดือน/ปีเกิด : 12 กันยายน 2537
- สถานที่อยู่ปัจจุบัน : 38/1 หมู่ 11 ตำบลพลับพลา อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา 30190
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนโชคชัยสามัคคี จังหวัดนครราชสีมา
 : ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัด นครราชสีมา
 : ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ (เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ประสบการณ์ : เคยเป็นนักศึกษาฝึกงานที่บริษัท อีเรเดียนโซล่า จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ประวัติผู้วิจัย



- ชื่อ-สกุล : นางสาวพัชชา โสตสงค์
- วัน/เดือน/ปีเกิด : 17 ธันวาคม 2538
- สถานที่อยู่ปัจจุบัน : 122 ม.6 ต. เขาสามสืบหาบ อ. ท่ามะกา จ. กาญจนบุรี 71120
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษา ที่โรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม จ. กาญจนบุรี
: ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ (สาขาวิชา
เอกเทคโนโลยีการสื่อสารและแสง) คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ประสบการณ์ : เคยเป็นนักศึกษาฝึกงานที่สำนักงานพิสูจน์หลักฐานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้