การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

STUDY AND DESIGN OF SMALL PLASTIC WASTE GRINDER

ชวัญชนก จันทรพงศ์
KHWANCHANOK CHANTARAPONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561
KMITL-2018-ED-M-222-059

การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

STUDY AND DESIGN OF SMALL PLASTIC WASTE GRINDER

ขวัญชนก จันทรพงศ์

KHWANCHANOK CHANTARAPONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-ED-M-222-059

STUDY AND DESIGN OF SMALL PLASTIC WASTE GRINDER

KHWANCHANOK CHANTARAPONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THENREQUIREMENTIS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION

IN TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL PRODUCT DESIGN

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABNG

2018

KMITL-2018-ED-M-222-059

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABNG

COPYRIGHT 2018

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก STUDY AND DESIGN OF SMALL PLASTIC WASTE GRINDER
นักศึกษา	นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์
รหัสประจำตัว	58603077
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสักก์ สินธุภัค

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสักก์ สินธุภัค	
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา	
รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยโท ดร.พิชัย สดภิบาล	
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 18 กรกฎาคม 2561 เวลา 15.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง ค. 424 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)
คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 **เดือน** ก.ค. **พ.ศ.** 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก
นักศึกษา	นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์
รหัสประจำตัว	58603077
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก 2) เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกในสำนักงานโรงงาน 3) เพื่อประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกในสำนักงานโรงงาน และ4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ใช้งาน

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเป็นกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติกโรงงานพลาสติก ด้านการออกแบบและเครื่องกลเพื่อใช้ในการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ การเลือกแบบ และการทดสอบประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะ8 พลาสติกขนาดเล็ก ส่วนการเลือกกลุ่มตัวอย่างสุ่มแบบง่ายนั้นเป็นเลือกกลุ่มผู้ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ โดยการใช้เครื่องมือแบบสอบถาม แบบตรวจสอบ (Check list) มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยายผล โดยใช้หลักเกณฑ์ การให้คะแนน(Rating Scale) 5 ระดับใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัยของกระบวนการพัฒนาการออกแบบโดยการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องบดย่อยที่มีอยู่ในท้องตลาด และรูปแบบเครื่องใช้สำนักงานที่มีอยู่ในปัจจุบันนำมาสู่การออกแบบ และให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยคัดเลือกจนเลือกจำนวน 15 รูปแบบ จากนั้นใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอยในการตัดทอนรูปแบบเลือกจำนวน 3 รูปแบบนำไปประเมินแบบ 4 ด้าน 1) ประโยชน์ใช้สอย 2) ความงาม 3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต และ4) ความเหมาะสมทางการตลาดคำนึงถึงสภาพแวดล้อม โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลพบว่า รูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$= 4.32 , S.D. =0.40) ที่จะนำมาผลิตเครื่องต้นแบบจากนั้นการนำมาทดสอบประสิทธิ์ภาพโดยผู้เชี่ยวชาญภาพความพึงพอใจจากผู้ใช้ต่อไป

Thesis	Study and design of small plastic waste
Student	Miss. Khwanchanok Chantarapong
Student DI.	58603077
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Technology of Industrial Product Design
Year	2561
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.APISAK SINDHUPHAK

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to study the crusher and processing of the crusher, 2) to design the plastic crusher for using in the office of factory, 3) to evaluate performance of plastic crusher in the office of factory, and 4) to evaluate satisfy of professional and users.

A sample was selected specific from professional expert plastic from plastic factory group, expert design and machine for basic design consult chose model and test performance of the small plastic waste crusher cases were included as a specific sample. A sample of questionnaire cases were drawn from users, using simple random sampling method, data was analyzed using check list to find arithmetic mean($\overline{X}$) and standard deviation(S.D.), present by table format and describe, used criterion rating scale 5 levels for find average.

The result of research and development that possible to produce crusher that have in market place and model are using in office, brought to design and expert chose indicated 15 models then using reverse engineering for reduce models remained 3 models, bring 3 models to estimate 4 sides 1) benefit, 2) beauty, 3) good quality material, and 4) suitability (consider about environment) by the experts evaluated have found model no.3 is the most properly ($\overline{X}$=4.32, S.D.=0.40) that should bring to manufacturing as prototype and then test for performance by experts and users.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่องการศึกษาพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก ครั้งนี้ได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะแก้ไข วิธีคิดกระบวนการต่างๆ ตลอดจนสรุปผลการวิจัย ให้ความรู้ประสบการณ์ที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก 3 ท่าน ดังนี้ นายอภิรักษ์ สังขนิตย์ บริษัท ซีนเนอร์ยี ซิสเต็ม จำกัด นายธรรมนูญ จันทรมณี บริษัท ทีเอ็น ค้าของเก่า สมคิด ญาติปราโมทย์ บริษัท เอสแอนด์พี พลาสติก

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 2 ท่าน อาจารย์โกมล ส่งเสริม , อาจารย์ยงยุทธ พุ่มพิศ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่านนายสุทธิพงศ์ สักคุณี , นายอรรถกร กาธรรมณี

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ , ผศ.ดร.บุญจันทร์ สีสัน , รศ.ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบสอบถาม ตลอดจนข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงผลงานจนสำเร็จ

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณ นายพรพร จันทรพงศ์ บิดา และครอบครัวของดิฉันที่ช่วยสนับสนุนทุกอย่างทั้งกำลังใจ กำลังทรัพย์ ตลอดจนให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขวัญชนก จันทรพงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....V

สารบัญภาพ..... VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....5

1.5 นิยามศัพท์.....8

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....10

2.1 การศึกษาความรู้ด้านเศษขยะพลาสติก.....11

2.2 ข้อมูลประเภท และลักษณะของพลาสติกชนิดต่างๆ.....18

2.3 การศึกษาความรู้ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อย.....27

2.4 การศึกษาหลักการผลิตและการตลาดเพื่อเป็นปัจจัยในการออกแบบ
เครื่องบดย่อยพลาสติก.....82

2.5 การจัดการสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน.....91

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....99

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....101

3.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....101

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....103

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล....106
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล....107
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล....109
ขั้นตอนการดำเนินโครงการ....110
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....111
4.1 ผลการวิเคราะห์เครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย....111
4.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก....119
4.3 ผลการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ขนาดเล็ก....131
4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก....133

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....136
5.1 สรุปผลการวิจัย....136
5.2 อภิปรายผล....139
5.3 ข้อเสนอแนะ....141

บรรณานุกรม....142

ภาคผนวก....144
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....145
ภาคผนวก ข ผลการตรวจเครื่องมือ....159
ภาคผนวก ค หนังสือขอความอนุเคราะห์....167
ภาคผนวก ง ใบประเมินการตรวจแบบเครื่อง....175
ภาคผนวก จ ผลการออกแบบ....183
ภาคผนวก ฉ บทความวิจัย....194

ประวัติผู้เขียน....206

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การระบุรหัสสำหรับพลาสติก (ID Code) และคุณสมบัติของขวดพลาสติก.....20
2.2 แสดงน้ำหนัก (ออนซ์/ตารางฟุต) ของโลหะแผ่นชนิดต่าง ๆ.....49
2.3 มิติสัดส่วนของเหล็กทรงกลม.....52
2.4 จะแสดงถึงข้อกำหนดบังคับที่สำคัญในกรออกแบบเครื่องจักรกล
(ทาเคชิ, โยเนาะมามะ2548 : 38).....64
3.1 ระดับความคิดเห็น.....104
3.2 เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม.....106
3.3 เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต.....108
4.1 แสดงความแตกต่างระหว่างเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต.....112
4.2 แสดงสัญลักษณ์ ชนิด คุณสมบัติการใช้งานของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก.....113
4.3 แสดงนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก.....115
4.4 แสดงนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก.....117
4.5 แสดงส่วนการเตรียมส่วนประกอบหลักของเครื่องบดย่อยขยะพลาสติขนาดเล็ก.....120
4.6 ตารางการกระจายหน้าที่การวิเคราะห์แบบ.....125
4.7 ผลรวมการแบบประเมินแบบกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ รวม
จำนวน 4 ท่าน.....127
4.8 ผลรวมการประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกผู้ทรงคุณวุฒิ
ผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติก และด้านวิศวกรรมจำนวน 4 ท่าน.....132
4.9 ผลรวมการประเมินความพึ่งพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก
ขอผู้ใช้ซึ่งเป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน จำนวน 20 ท่าน 133
4.10 ตารางเทียบปริมาณรูปแบบการจัดเก็บขวดน้ำพลาสติกขนาด 30 ขวด.....135

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 การลงพื้นที่ และสัมภาษณ์ผู้รับซื้อของเก่า....3
2.1 กล่องรับหนังสือพิมพ์ที่คนอ่านจบแล้ว บริเวณสถานีรถไฟใต้ดิน....13
2.2 ร้านรับซื้อของเก่าถนนกั๋วฉวนลู่....14
2.3 เครื่องรับซื้อขวดน้ำ....15
2.4 ในเมืองคนพลุกพล่านถนนยังสะอาด....15
2.5 ถังขยะในญี่ปุ่นแบ่งย่อยหลายประเภท....16
2.6 ป้ายเตือนการทิ้งขยะ....17
2.7 เครื่องบดย่อยพลาสติกมือสองในบริษัท ซีนเนอร์ยี ซิสเต็มส์
จำกัด พร้อมการสาธิตการใช้งานโดย คุณอภิรักษ์ สังขนิตย์....27
2.8 เครื่องบดย่อยพลาสติกบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรเทก....27
2.9 เครื่องบดย่อยพลาสติกบริษัท ไทยมังกร พลาสติก อุตสาหกรรม จำกัด....28
2.10 เครื่องนำเข้าจากประเทศจีน....28
2.11 เครื่องนำเข้าจากประเทศจีน....29
2.12 ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด....30
2.13 ภาพขดลวดพันอยู่รอบ....30
2.14 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก....31
2.15 ตัวหมุน....31
2.16 แปลงถ่าน....32
2.17 ซองแปลงถ่าน....33
2.18 แสดงไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (Single Phase)....34
2.19 ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase)....34
2.20 เฟืองตรง....35
2.21 เฟืองสะพาน....35
2.22 เฟืองวงแหวน....36
2.23 เฟืองเฉียง....36

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.24 เฟืองเฉียงก้างปลา....37
2.25 เฟืองดอกจอก....37
2.26 เฟืองหนอน.... 38
2.27 เฟืองเกลียวสกรู....38
2.28 การใช้งานของเฟืองตรง....39
2.29 การใช้งานของเฟืองสะพาน....39
2.30 การใช้งานของเฟืองวงแหวน....40
2.31 การใช้งานของเฟืองเฉียง....40
2.32 การใช้งานของเฟืองก้างปลา....41
2.33 การใช้งานของเฟืองดอกจอก....41
2.34 การใช้งานของเฟืองหนอน....42
2.35 การใช้งานเฟืองสกรูเกลียว....43
2.36 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง....43
2.37 วิธีการเลือกวัสดุเรื่องจักรกลอย่างง่าย....59
2.38 การแสดงภาพของรัศมีการเอื้อมในลักษณะต่างๆ....62
2.39 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับ การจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกายผู้ปฏิบัติการเพศหญิง....62
2.40 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับ การจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกาย ในลักษณะนั่งทำงาน....63
2.41 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับ การจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกาย ในลักษณะยืน ก้มหรือเดิน เพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการ....64
2.42 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015....92
2.43 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015....93
2.44 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015....93
2.45 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015....94

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.46 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015....94
2.47 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015....95
2.48 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....96
2.49 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....97
2.50 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....97
2.51 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....97
2.52 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....98
2.53 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....98
2.54 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....98
2.55 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน....99
4.1 แสดงการแบ่งกลุ่มของประเภทพลาสติก....112
4.2 แสดงการแบ่งกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)....113
4.3 ขวดน้ำกับชีวิตคนไทย....118
4.4 แสดงการศึกษาเครื่องบดที่มีอยู่ในท้องตลาด ชิ้นส่วน และการทำงานของตัวเครื่อง....119
4.5 แผนผังระบบการทำงานของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก....122
4.6 การกำหนดระบบ และชิ้นส่วนภายในเบื้องต้น เพื่อกำหนดขนาดของเครื่องบด....122
4.7 แสดงการศึกษารูปแบบเครื่องใช้สำนักงาน และแนวคิดในการออกแบบ....123
4.8 แสดงการศึกษารูปแบบเครื่องใช้สำนักงาน และแนวคิดในการ
ออกแบบ....123
4.9 แผนผังวิธีการคิดแบบมโนทัศน์โดยแบบเป็น 4ด้าน....124
4.10 แสดงการออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กและรูปแบบของสีพื้นผิว
ของภายนอกเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก....124
4.11 แสดงการออกแบบเครื่องบดย่อยจำนวน 15 แบบ....125
4.12 แสดงรูปแบบรายละเอียดเครื่องบดย่อยแบบที่ 3 ที่ผู้เชี่ยวชาญเลือก....128
4.13 แสดงรูปแบบเครื่องบดที่ได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และระหว่างผลิต....129
4.14 ขั้นตอนการขึ้นโครงเครื่อง....129

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.15 ขั้นตอนการประกอบใบมีด.....130
4.16 ขั้นตอนการประกอบตำแหน่ง และชิ้นส่วนการทำงานภายในเครื่อง.....130
4.17 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนภายนอกอื่นๆ.....131
4.18 รูปแบบเครื่องบดย่อยที่ประกอบสำเร็จ.....131

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อจำนวนของประชากรมากขึ้นความต้องการที่จะใช้ทรัพยากรก็มากตามมาเป็นลำดับนำมาซึ่งการเกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติเกิดปัญหาขยะตามมา ซึ่งขยะที่มีอยู่จำนวนมากทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจ และรงณรงค์ส่งเสริมไม่ว่าจะเป็นในภาครัฐ และเอกชน เพื่อลดปริมาณขยะแก้ไขปัญหาลดสภาวะโลกร้อน (Global warming) โดยการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (ทวี ทองสว่าง และทัศนีย์ ทองสว่าง. 2523 : 1) รวมไปถึงการคิดว่า “ยิ่งไร้ค่า ก็ยิ่งน่าคิด” เป็นคำสั้นๆ ของสถาปนิกนักออกแบบผู้มีแนวคิด “เสกขยะให้เป็นเงิน” การคิดนำเศษขยะกลับมาใช้ใหม่รวมไปถึงการ (Drive ขับเคลื่อนสังคม) ที่เป็นการปลูกจิตสำนึกให้รู้จักคำว่า “คัดแยก” ถือได้ว่าเป็นนักออกแบบผู้พิทักษ์ “สิ่งแวดล้อม” สิงห์ อินทรูโต.At Work(ออนไลน์)2551 และการพยามสร้างเพื่อตอบสนองต่อการอำนวยความสะดวกของมนุษย์จึงนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่เป็นเหตุของการเพิ่มจำนวนของปัญหาสิ่งแวดล้อม เพิ่มจำนวนของความต้องการบริโภคทรัพยากรมากขึ้น ก่อให้เกิดสารพิษและขยะมูลฝอยจึงมากขึ้น ปัจจุบันประเทศไทยมีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากชุมชนทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2557 (ข้อมูล ณ วันที่12 มกราคม 2558, กรมควบคุมมลพิษ : ออนไลน์) พบว่ามีปริมาณขยะสะสมประมาณ 14.799 ล้านตัน ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นประมาณ 26.17 ล้านตัน ปริมาณขยะถูกนำไปใช้ประโยชน์ประมาณ 4.82 ล้านตัน โดยร้อยละ 15.06 หรือเฉลี่ย 3.94 ล้านตัน (เป็นขยะที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร : ออนไลน์) ปริมาณขยะที่กำจัดอย่างถูกวิธีตามหลักวิชาการเพียง 7.877 ล้านตันร้อยละ 30.10 ส่วนขยะที่เหลือจะกำจัดโดยการเผาทิ้ง กองทิ้งในบ่อดินเก่าหรือพื้นที่รกร้างทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ และเกิดปัญหาขยะตามมา ขยะที่เป็นตัวการของปัญหาคือ พลาสติกเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก และทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของเรานั้นเกี่ยวข้องกับพลาสติกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการนำมาอุปโภคบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ซึ่งชีวิตประจำวันของเรานั้นมีความจำเป็นต้องบริโภคน้ำ เพราะน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของร่างกายกว่า 80% เป็นสาเหตุของการเกิดการใช้ขวดพลาสติกจำนวนมากอ้างอิงจากสถิติปริมาณการใช้ขวดพลาสติกในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีการใช้ขวดขาวขุ่น(PE) ปีละประมาณ 2,880 ล้านใบ ขวดใส(PET) ปีละประมาณ 975 ล้านใบ รวมแล้วคนไทยใช้ขวดพลาสติกเหล่านี้ถึงปีละ 3,855 ล้านใบ ซึ่งปริมาณที่ใช้เพิ่มขึ้นราวๆ 1,300 ล้านใบ นับจากปี พ.ศ. 2544 (ที่มา : คำนวณจากมูลค่าตลาดน้ำดื่มจากนิตยสาร Brand Age เดือนสิงหาคม 2544 และนิตยสาร Positioning เดือนพฤษภาคม 2550) ซึ่งคาดว่าในอนาคตจำนวนตัวเลขของการใช้ขวดพลาสติกอาจจะพุ่งสูงเป็นเท่าตัว

ทั้งนี้จึงทำให้เกิดความสนใจในเรื่องของการลดจำนวนการใช้หรือการหันมารู้จักกับคำว่า“รียูส”ซึงหมายถึง การนำกลับมาใช้ใหมโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรสภาพใดๆทั้งสิ้นการรียูสนั้นก็เป็นการจัดการที่สมควรอย่างยิ่งในการทำแต่ในบ้างครั้งก็มีข้อจำกัดในจำนวนครั้งของการนำกลับมาใช้จึงมีอีกระดับทางเลือกอีกทางในการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ที่กำลังจะเป็นขยะ โดยนำผ่านกระบวนการแปรสภาพโดยเฉพาะการบดการหลอม เพื่อให้เป็นวัสดุใหม่แล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ซึ่งวัสดุที่ผ่านการแปรสภาพนั้นอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เรารู้จักกันในรูปแบบของการรีไซเคิล โดยในส่วนของขยะประเภทพลาสติกนั้นค่อยข้างจะมีจำนวนอยู่มากพลาสติกเองนั้นมีที่สามารถใช้ในการรีไซเคิลนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 7 ประเภท PET HDPE PVC LDPE PP PS และOTHER พลาสติกเองเป็นขยะที่ง่ายต่อการคัดแยก และนำมาใช้ซึ่งทำให้เกิดโครงการในการรับซื้อขยะอธิเช่น โครงการธนาคารขยะในโรงเรียน มหาลัย ชุมชน และสำนักงานโรงงานเป็นการปลูกฝังจิตสำนึกในการแยกขยะโดยนำมาสู่การเกิดมูลค่าให้กับเศษขยะได้ไม่น้อย ดังนั้นขยะในส่วนของพลาสติกนั้นมีจำนวนอยู่ไม่น้อย ซึ่งในกลุ่มของธุรกิจการค้าขายเศษขยะของเก่านั้นจะแบ่งเป็นพลาสติก 3กลุ่มตามความเข้าใจของผู้ค้าคือ แบบใส แบบขุ่น และแบบรวม จากนั้นนำเข้าสู่การคัดแยกส่วนนำส่งต่อไปยังโรงบดย่อยซึ่งอาจนำขึ้นรถเลยหรือออาจอัดเป็นก้อนโดยวิธีนี้ทำให้ขนย้ายง่ายขึ้นแต่ได้จำนวนไม่มากเท่ากับเศษพลาสติกที่ผ่านกระบวนการบดย่อยเลยนั้นก็จะทำให้มีขนาดเล็กลง สามารถจัดเก็บและขนย้ายได้ง่ายขึ้น และสามารถเพิ่มมูลค่าในการนำไปขายต่อได้มากขึ้นเพราะเมือผ่านกระบวนการบดย่อยแล้วจะทำให้ง่ายต่อการนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลง่ายมากขึ้น

อย่างไรก็ตามการนำพลาสติกเข้าสู่กระบวนการนำพลาสติกรีไซเคิลนั้นมักจะต้องผ่านการเข้าสู่เครื่องบดย่อยให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อง่ายต่อการเข้าสู่กระบวนการนำไปรีไซเคิลหรือหลอมต่อไป ทั้งนั้นนี้การจะย่อยได้นั้นต้องอาศัยโรงบดย่อยที่มีเครื่องย่อยขนาดใหญ่และถ้าจะบดย่อยเศษพลาสติกเองก็ต้องใช้เครื่องบดย่อยที่มีราคาค่อนข้างสูงซึ่งอาจต้องนำเข้าเครื่องมาจากต่างประเทศทั้งนี้จึงทำให้ผู้วิจัยได้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ควรค่าต้องการวิจัยการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกโดยให้มีต้นทุนต่ำลงขึ้นเพื่อให้ผู้ค้าหรือกลุ่มธุรกิจขนาดย่อม และองค์กรต่างๆสามารถจับต้องเข้าถึงเครื่องบดย่อยพลาสติกมากขึ้น เพราะจะนำไปสู่ประโยชน์ในการเกิดแรงกระตุ้นในการคัดแยกขยะและนำมาย่อยทั้งนี้ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมกัน อธิเช่นการนำไปใช้ส่งเสริมโครงการลดปริมาณขยะมูลฝอยในชุมชน ธนาคารขยะรีไซเคิลในโรงเรียน และภายในสำนักงานโรงงานซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นรณรงค์ และเสริมสร้างจิตสำนึก ความรู้ความเข้าใจถึงแนวทางในการลดปริมาณขยะ การแยกขยะและการนำขยะไปใช้ประโยชน์ก่อนนำไปกำจัดให้เกิดประโยชนเกิดมูลค่า ซึ่งในหลักการคัดแยกเศษขยะในหนทางเดิมๆ คือไม่ว่าจะเป็นบ้านเรือนประชาชน โรงเรียน และสถานที่องค์กรต่างๆถึงจะจัดให้มีการแยกแล้วก็ตามรูปแบบของพลาสติกที่ถูกแยกก็จะถูกส่งต่อให้กับผู้รับซื้อของเศษขยะของเก่าซึ่งโดยจากการลงพื้นที่ และสัมภาษณ์ผู้รับซื้อของเก่า ผู้รับซื้อของเก่าเองก็จะการคัดแยกที่ละเอียดมากขึ้นถึงอย่างไรผู้รับซื้อส่วนใหญ่ก็จะต้องส่งต่อให้โรงบดย่อยหรือโรงงานรีไซเคิล ทั้งนี้การ

ขนส่งลำดับขั้นนี้ผู้รับซื้อเศษขยะของเก่าก็จะทำได้มากการบีบอัดให้เป็นก้อนในภาพที่1.1 ซึ่งได้ราคาที่ไม่สูงมากนักเพื่อประหยัดพื้นที่ให้ได้ปริมาณในการขนส่งขนย้ายไปสู่โรงงานบดย่อยรีไซเคิลมากขึ้น

ภาพที่ 1.1 การลงพื้นที่ และสัมภาษณ์ผู้รับซื้อของเก่า
ภาพโดย : คุณพรพร จันทรพงศ์. (2559)

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่า การสร้างเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะทำให้กระบวนการขนส่งขนย้ายเศษขยะพลาสติกทำให้ทำได้จำนวนมากขึ้นยังลดขั้นตอนกระบวนการรีไซเคิลได้ และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และมูลค่าของเศษขยะพลาสติกซึ่งการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะมุ่งเน้นการผลิตเครื่องจักรที่ได้คุณภาพแต่วัสดุที่สามารถลดต้นทุนในการผลิตเครื่องได้ทำให้ผู้ประกอบการองค์สำนักงานโรงงานขนาดกลางสามารถจับต้องเข้าถึงเครื่องมือได้ง่ายขึ้น โดยที่มีรูปลักษณ์ทีสามารถนำไปใช้ภายในสำนักงานโรงงานได้ง่ายและยังช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายในได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการบดย่อย และเครื่องบดย่อยพลาสติก

1.2.2 เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

1.2.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในสำนักงานโรงงานสำนักงาน

1.3 กรอบความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กรอบเป็นแนวคิดในทางการศึกษาและพัฒนาการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยมีกรอบแนวคิดดังนี้

1.3.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ด้านการศึกษาการบดย่อย ดร.(ธนาวดี ลี้จากภัย.2545)พลาสติกแปรรูปพลาสติก และการนำกลับมาใช้ใหม่รวมไปถึงขั้นตอนการรีไซเคิลได้ ใช้ทฤษฎีแนวคิดของ(ดรรชนี พัทธวรากร.2559)ได้กล่าวว่า การเตรียมพลาสติกเพื่อใช้ในกระบวนการการลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล

1. เพื่อให้พลาสติกมีขนาดและรูปร่างเหมาะสมต่อกระบวนการ
2. เพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสม
3. ทำให้อบแห้งได้ดี
4. ป้อนเข้าเครื่องจักรแปรรูปได้อย่างสม่ำเสมอ
5. ทำให้พลาสติกหลอมได้เร็ว และ (วรชัย ทองไทย. 3 : 2554) การนำกลับมาใช้ใหม่ หรือรีไซเคิล(Recycle) คือ การนำเอาสิ่งของที่ทิ้งแล้ว กลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง โดยสิ่งของที่ทิ้งนั้นอาจเป็นของที่ยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีอยู่ แต่เจ้าของไม่ต้องการ หรือเป็นของที่ถูกทิ้งเพราะใช้การไม่ได้ แต่สามารถซ่อมแซมให้ใช้ได้ หรือเป็นของที่ถูกทิ้งเพราะหมดสภาพใช้การไม่ได้แล้วก็ได้ ซึ่งการนำกลับมาใช้ใหม่นี้ ต้องผ่านขบวนการต่างๆ จากง่ายไปหายาก ตามแต่สภาพของสิ่งของนั้น

1.3.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกได้ใช้ทฤษฎีแนวคิดของการศึกษาเครื่องบดย่อยรูปแบ่งต่างๆ ภายใต้มาตราฐาน มอก. 9999 เล่ม (แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม : 2556 : ออนไลน์) และทฤษฎีแนวคิดของ(นวลน้อย บุญวงค์. 117-119 : 2539) ได้กล่าวว่า งานออกแบบเป็นผลรวมขั้นสุดท้ายของกระบวนการต่างๆ ดั้งนั้น งานออกแบบที่ดีจึงเกิดขึ้นจาการทำงานประสานกันอย่างรอบครอบ ในการรวบรวมข้อมูลการแยกแยะจัดความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ข้อ ได้แก่

1. ประโยชน์ใช้สอย
2. ความงาม
3. การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต
4. ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม
5. ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่

โดยเลือกใช้เลือกใช้ทั้ง5 ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน

1.3.3 กรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน (วิวรรณ ธรรมมงคล : 2549) นำมาบดโดยเครื่อง Shredder และ Granulator ให้ได้ขนาดประมาณ 1/4 นิ้ว ชิ้นพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ จะก่อให้เกิดปัญหาอุดตันในกระบวนการ ขั้นตอนนี้เองเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้พลาสติกรีไซเคิลมีคุณสมบัติความแข็งแรงทางกายภาพลดลง เนื่องจากแรงเฉือน

เชิงกล (Mechanical Shear) ในเครื่องบดไปทำลายโซ่ของโพลีเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักมวลโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกลดลง

1.3.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 ด้านเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ใช้งานที่มีต่อการออกแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกประเมินความพึงพอใจใช้แนวคิดด้านการตลาดมาพิจารณาในมุมมองของกลุ่มทรงคุณวุฒิ ตามหลัก 4P (วารุณี ตันติวงศ์วาณิช และคณะ. 2546 : 13) ดังนี้

1. รูปแบบผลิตภัณฑ์(Product)
2. ราคา(Price)
3. ช่องทางการจัดจำหน่าย(Place)
4. กรมส่งเสริมการตลาด(Promotion)

เพื่อประเมินความพึงพอใจกลุ่มผู้ใช้ ตามหลัก 4C (วารุณี ตันติวงศ์วาณิช และคณะ. 2546 : 13)ดังนี้

1. คุณค่าผู้บริโภค(Customer Value)
2. ต้นทุนต่อผู้บริโภค(Cost to the Customer)
3. ความสะดวกสบาย(Convenience)
4. การสื่อสาร(Communicaton)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน ในบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ดังนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ดังนี้

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตด้านเนื้อหาในเรื่องของทฤษฎีเอกสาร ดังนี้

1.4.1.1. การศึกษาความรู้ด้านการจัดการกับเศษขยะพลาสติก

1.4.1.2. ข้อมูลประเภท และลักษณะของพลาสติกชนิดต่างๆ

1.4.1.3. การศึกษาความรู้ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อย

1.4.1.4. การศึกษาหลักการผลิตและการตลาดเพื่อเป็นปัจจัยในการออกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติก

1.4.1.5. การจัดการสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน

1.4.1.6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

ในการการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน นั้น ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตด้านพื้นที่ได้ลงพื้นที่ และกำหนดกลุ่มเป้าหมาย คือ โรงงานพลาสติกและกลุ่มผู้ประกอบการรับซื้อเศษขยะของเก่า จังหวัดสมุทรปราการ และสำนักงานโรงงาน

1.4.3 ขอบเขตด้านประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1.4.3.1 จากวัตถุประสงค์ 1.เพื่อศึกษาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย และการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติกกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ (พรสนอง วงศ์สิงทอง. 2550 : 125)

(1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก โรงงานพลาสติกโรงรับซื้อของเก่า จำนวน 3 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีส่วนร่วม,แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง,แบบสัมภาษณ์เชิงลึก การวิเคราะห์ข้อข้อมูล คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพอ้างอิงการวิเคราะห์ตามหลักการทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (ทวีศักดิ์ นพเกษร 2549:119)

1.4.3.2 จากวัตถุประสงค์ 2.เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง แบบเป็น 2 กลุ่ม (Purposive Sampling) คือ (พรสนอง วงศ์สิงทอง. 2550 : 125)

(1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน

(2) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 2 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 3 แบบ ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาแล้ว จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล โดยเป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบ่งเป็นซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ข้อ ได้แก่

(1) ประโยชน์ใช้สอย

(2) ความงาม

(3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต

(4) ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม

(5) ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่

โดยเลือกใช้เลือกใช้ 5 ข้อ ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานสำนักงาน โดยเป็นแบบประเมินแบบประเภทตรวจสอบรายการ (Check List)

1.4.3.3 จากวัตถุประสงค์ 3.เพื่อประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง(Purposive Sampling) (พรสนอง วงศ์สิงทอง,2550 : 125)

(1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก จำนวน 1 ท่าน

(2) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 1 ท่าน

(3) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 1 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิ์ภาพของเครื่อง ที่ได้รับการออกแบบ และพัฒนาแล้ว จากการประเมินความคิดเห็นต่อประสิทธิ์ภาพของเครื่องของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล โดยเป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบ่งเป็น 4 ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้และด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิต ในการบดย่อยตามหลักการบดย่อยพลาสติก(วิวรรณ ธรรมมงคล : 2549)โดยเป็นเป็นแบบประเมินแบบประเภทตรวจสอบรายการ (Check List) แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพแบบมีโครงสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าทางสถิติ ร้อยละ,ค่าเฉลี่ย,ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การสังเกต และการสัมภาษณ์ การใช้แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่มีผลต่อการใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

1.4.3.4 จากวัตถุประสงค์ 4.เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ภายในสำนักงานโรงงาน โดยผู้วิจัยใช้การสุ่มแบบง่าย 1 กลุ่ม (Simple Random) (จักฤษณ์ สำราญใจ.2544) คือ

(1) กลุ่มผู้ใช้ภายในสำนักงานโรงงานจำนวน 20 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบประเมินความคิดเห็นของกลุ่มผู้ใช้ภายในสำนักงานโรงงานที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการออกแบบ และพัฒนาแล้วจากการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้ โดยเป็นแบบประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ความพึงพอใจในรูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่ผู้ใช้อยากนำเสนอ โดยแบ่งการพิจารณาใน 2 มุมมองมุมมองของกลุ่มทรงคุณวุฒิ ตามหลัก 4P (วารุณี ตันติวงศ์วาณิช และคณะ. 2546 : 13)ดังนี้

(1) รูปแบบผลิตภัณฑ์(Product)

(2) ราคา(Price)

(3) ช่องทางการจัดจำหน่าย(Place)

(4) การส่งเสริมการตลาด(Promotion)

ประกอบกับการประเมินความพึงพอใจกลุ่มผู้ใช้ ตามหลัก 4C (วารุณี ตันติวงศ์วาณิช และคณะ. 2546 : 13)ดังนี้

(1) คุณค่าผู้บริโภค(Customer Value)

(2) ต้นทุนต่อผู้บริโภค(Cost to the Customer)

(3) ความสะดวกสบาย(Convenience)

(4) การสื่อสาร(Communicaton)

โดยเป็นเป็นแบบประเมินแบบประเภทมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับแบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพแบบมีโครงสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าทางสถิติ ร้อยละ,ค่าเฉลี่ย,ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.4.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ เครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กผลของเศษขยะพลาสติกที่ได้ออกเป็นไปตามคุณลักษณะที่เหมาะสม และง่ายต่อการขนส่ง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะของงานวิจัย

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายต่างๆที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1.5.1 เครื่องบดย่อยพลาสติก หมายถึง การบด หรือหั่นในวัตถุมีขนาดเล็กลง และเท่าๆกัน เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ต่อ และช่วยลดปัญหาเศษเหลือใช้ในโรงงาน

1.5.2 ขยะพลาสติก หมายถึง พลาสติกที่ใช้แล้วถูกทิ้งเป็นขยะพลาสติก ซึ่งส่วนหนึ่งถูกนำกลับมาใช้อีกในลักษณะต่างๆ กัน และอีกส่วนหนึ่ง ถูกนำไปกำจัดทิ้ง โดยวิธีการต่างๆ การนำขยะพลาสติกไปกำจัดทิ้ง โดยการฝังกลบ เป็นวิธีที่สะดวก แต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติ พลาสติกถูกย่อยสลายได้ยากและทับถมอยู่ในดิน นับวันยิ่งมีปริมาณมากขึ้น ตามปริมาณการใช้พลาสติก ส่วนการเผาขยะพลาสติกก็ก่อให้เกิดมลภาวะ และเป็นอันตรายอย่างมาก วิธีการแก้ปัญหาขยะพลาสติก ที่ได้ผลดีที่สุดคือ การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

1.5.3 การนำกลับมาใช้ใหม่ หมายถึง การรียูส ก็เป็นการจัดการที่สมควรอย่างยิ่งในการทำ แต่ในบ้างครั้งก็มีข้อจำกัดในจำนวนครั้งของการนำกลับมาใช้จึงมีอีกระดับทางเลือกอีกทางในการจัดการกับวัสดุเหลือใช้ที่กำลังจะเป็นขยะ โดยนำผ่านกระบวนการแปรสภาพ โดยเฉพาะการบดการหลอม เพื่อให้เป็นวัสดุใหม่แล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ซึ่งวัสดุที่ผ่านการแปรสภาพนั้นอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้ซึ่งเรารู้จักกันในรู้แบบของการรีไซเคิล

1.5.4 สภาพแวดล้อมสำนักงานโรงงาน หมายถึง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน อธิเช่น แสงสว่าง การใช้สี เสียรบกวน สภาพอากาศ ความสะอาด ปลอดภัย และสะดวกสบาย โดยทั้งหมดมีผลต่อการทำงานซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการทำงาน

1.5.5 ประสิทธิภาพ หมายถึง การทดสอบการใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกที่ถูกพัฒนาขึ้น

1.5.6 ความพึงพอใจ หมายถึง การที่ผู้ใช้ได้ทดลองใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกได้รู้สึกถึงความเหมาะสมสะดวกสบาย ประโยชน์ของการใช้งาน และรูปทรงขนาดที่เหมาะสม

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถรู้และเข้าใจถึงลักษณะเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย และการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติก

1.6.2 สามารถพัฒนา และออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกในสำนักงานโงงาน

1.6.3 ประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเป็นที่หน้าพึงพอใจต่อผู้เชี่ยวชาญ

1.6.4 รูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้ภายในสำนักงานโรงงานที่มีต่อการใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานจากการศึกษาในภาคของเอกสาร และข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน จากเอกสารที่เกี่ยวข้องและแนวความคิดตามหลักทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แบ่งข้อมูลในส่วนของภาคเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไว้เป็นลำดับขั้นตอน ตามความสำคัญในแต่ละส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1.เพื่อศึกษาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย 2.เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก 3.เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน 4.เพื่อประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน โดยแบ่งข้อมูลเพื่อง่ายต่อการศึกษาค้นคว้าไว้ ดังนี้

2.1 การศึกษาความรู้ด้านการจัดการกับเศษขยะพลาสติก
- 2.1.1 ข้อมูลศึกษาถึงแนวคิดการคัดแยกขยะ
- 2.1.2 โครงการต่างที่ส่งเสริมการคัดแยกเศษขยะทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2.2 ข้อมูลประเภท และลักษณะของพลาสติกชนิดต่างๆ
- 2.2.1 ประเภทและลักษณะพลาสติก
- 2.2.2 ข้อมูลการนำกลับมาใช้ใหม่ของของเศษขยะพลาสติก หรือกระบวนการย่อยรีไซเคิล

2.3 การศึกษาความรู้ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อย
- 2.3.1 ข้อมูลเครื่องบดย่อยพลาสติกเดิมที่มีอยู่ในท้องตลาด
- 2.3.2 ข้อมูลศึกษากลไกลชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการออกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติก
- 2.3.3 ข้อมูลวัสดุ และวิธีการผลิตที่ใช้ในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก
- 2.3.4 ข้อมูลหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2.3.5 ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนมนุษย์ที่เกี่ยวกับการออกแบบ
- 2.3.6 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องกล
- 2.3.7 การออกแบบเพื่อความปลอดภัย (Safe Design)

2.4 การศึกษาหลักการผลิตและการตลาดเพื่อเป็นปัจจัยในการออกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติก
- 2.4.1 หลักการทางการผลิต
- 2.4.2 หลักการทางการตลาด

2.5 การจัดการสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน

2.5.1 แนวคิดการจัดการขยะด้วยหลัก 3R ภายในสำนักงานโรงงาน

2.5.2 เทรนด์โต๊ะทำงาน

2.5.3 อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานในอนาคต

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาความรู้ด้านเศษขยะพลาสติก

2.1.1. ข้อมูลศึกษาถึงแนวคิดการคัดแยกขยะ และโครงการต่างที่ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่ของเศษขยะ

2.1.1.1 ธนาคารขยะรีไซเคิล คือ รูปแบบหนึ่งในการดำเนินงานเพื่อส่งเสริม การคัดแยกขยะมูลฝอย โดยเริ่มต้นที่เยาวชนและชุมชนเป็นหลัก และใช้โรงเรียนหรือหมู่บ้าน บริษัท โรงงาน เป็นสถานที่ดำเนินการ เพื่อให้เยาวชนและชุมชน เกิดความเข้าใจในการคัดแยกขยะมูลฝอย

(1) หลักการของธนาคารขยะรีไซเคิล คือให้นักเรียนหรือพนักงานสมัครเป็นสมาชิกของธนาคารขยะฯ และนำขยะมาฝากที่ธนาคาร โดยมีเจ้าหน้าที่ของธนาคาร ทำการคัดแยกและชั่งน้ำหนักขยะ และคำนวณเป็นเงิน แล้วบันทึกลงสมุดคู่ฝาก โดยใช้ราคาที่ทางโรงเรียนหรือคณะกรรมการชุมชน ประสานกับร้านรับซื้อของเก่า เป็นเกณฑ์ในการกำหนดราคา รายได้ของกิจกรรมมาจากผลต่าง ของราคาที่คณะทำงานของโรงเรียนกำหนด กับราคาที่สามารถขายให้กับร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งต้องมีการหักรายจ่ายอื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการประชาสัมพันธ์ ติดต่อ ประสานงาน ซึ่งรายได้สามารถใช้เป็นทุนหมุนเวียน และจัดตั้งเป็นกองทุน เพื่อใช้เป็นทุนการศึกษาหรือรายได้ชุมชน (วงษ์พาณิชย์ : ออนไลน์)

(2) ขยะพลาสติก คือ พลาสติกที่ใช้แล้ว มักถูกทิ้งเป็นขยะพลาสติก ซึ่งส่วนหนึ่งถูกนำกลับมาใช้อีกในลักษณะต่างๆ กัน และอีกส่วนหนึ่ง ถูกนำไปกำจัดทิ้ง โดยวิธีการต่างๆ การนำขยะพลาสติกไปกำจัดทิ้ง โดยการฝังกลบ เป็นวิธีที่สะดวก แต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติ พลาสติกถูกย่อยสลายได้ยาก จึงทับถมอยู่ในดิน และนับวันยิ่งมีปริมาณมากขึ้นตามปริมาณการใช้พลาสติก ส่วนการเผาขยะพลาสติกก็ก่อให้เกิดมลภาวะ และเป็นอันตรายอย่างมาก วิธีการแก้ปัญหาขยะพลาสติก ที่ได้ผลดีที่สุดคือ การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ การนำขยะพลาสติกใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ มีหลายวิธี ดังนี้

(2.1) การนำกลับมาใช้ซ้ำ คือ ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้ว เช่น ถ้วย จาน แก้ว ขวด หรือภาชนะบางชนิด สามารถนำกลับมาทำความสะอาดเพื่อใช้ซ้ำได้หลายครั้ง แต่ภาชนะเหล่านั้นจะเสื่อมคุณภาพลง และความสวยงามลดลงตามลำดับ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสะอาดและปลอดภัยด้วย

(2.2) การหลอมขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใหม่ คือการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยวิธีขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นวิธีที่นิยมกันมาก แต่เมื่อเทียบกับปริมาณของขยะ

พลาสติกทั้งหมด ก็ยังเป็นเพียงส่วนน้อย การนำพลาสติกใช้แล้วมาหลอมขึ้นรูปใหม่เช่นนี้ สามารถทำได้จำกัดเพียงไม่กี่ครั้ง ทั้งนี้เพราะพลาสติกดังกล่าวจะมีคุณภาพลดลงตามลำดับ และต้องผสมกับพลาสติกใหม่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมทุกครั้ง อีกทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติก ที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติกใหม่ทั้งหมด

(2.3) การเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวและก๊าซ คือ การเปลี่ยนขยะพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวและก๊าซ เป็นวิธีที่ทำให้ได้สารไฮโดรคาร์บอน ที่เป็นของเหลวและก๊าซ หรือเป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ซึ่งอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือกลั่นแยกเป็นสารบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับการผลิตพลาสติกเรซินได้ เช่นเดียวกันกับวัตถุดิบ ที่ได้จากปิโตรเลียม กระบวนการนี้จะได้พลาสติกเรซิน ที่มีคุณภาพสูงเช่นเดียวกัน วิธีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์พลาสติกใช้แล้ว ให้เป็นของเหลวนี้เรียกว่า ลิควิแฟกชัน (Liquefaction) ซึ่งเป็นวิธีไพโรไลซิสโดยใช้ความร้อนสูง ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน หรือก๊าซเฉื่อยชนิดอื่น นอกจากของเหลวแล้ว ยังมีผลิตภัณฑ์ข้างเคียงเป็นกากคาร์บอน ซึ่งเป็นของแข็ง สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ สำหรับก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิส คือ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เช่นกัน นอกจากนี้ ยังอาจมีก๊าซอื่นๆ เกิดขึ้นด้วย เช่น ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ซึ่งใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมบางประเภทได้

(2.4) การใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง พลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก ส่วนมากมีสมบัติเป็นสารที่ติดไฟ และลุกไหม้ได้ดี จึงใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง

(2.5) การใช้เป็นวัสดุประกอบ อาจนำพลาสติกใช้แล้วผสมกับวัสดุอย่างอื่น เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุประกอบ ที่เป็นประโยชน์ได้ เช่น ไม้เทียม หินอ่อนเทียม แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้อาจมีคุณภาพไม่สูงนัก (นายไพศาล นาคพิพัฒน์. 2555 : 28)

2.1.2 โครงการต่างที่ส่งเสริมการคัดแยกเศษขยะทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2.1.2.1 แปลงขยะเป็นเงินในเมืองหรูในประเทศจีนนครเซี่ยงไฮ้

"ขยะ" สิ่งไร้ค่า ไร้ราคา ที่อาจสร้างปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยตามมา โดยเฉพาะสังคมเมืองที่มีประชากรคับคั่งอย่างประเทศจีนนครเซี่ยงไฮ้เป็นเมืองที่มีประชากรคับคั่งและมีปริมาณขยะมาก เนื่องจากเป็นเมืองเศรษฐกิจทำให้มีกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ก่อให้เกิดขยะจำนวนมาก ในแต่ละปีนครเซี่ยงไฮ้มีปริมาณขยะประมาณ 11,430 ตัน โดยหากเดินไปบริเวณที่เป็นศูนย์กลางธุรกิจและการท่องเที่ยว เช่นบริเวณ People’s Square หรือ ถนนหนานจิง หรือตามสถานีรถไฟใต้ดินต่างๆ ที่มีผู้คนผ่านไปมานับหมื่นนับแสน มักจะพบว่าเป็นแหล่งรวมของผู้ที่สัญจรไปมาและผู้ที่เดินแจกใบปลิวโฆษณาธุรกิจ แต่ที่น่าสังเกตคือ แหล่งพลุกพล่านเหล่านี้กลับปราศจากขยะประเภทขวดน้ำ แผ่นกระดาษใบปลิวที่ผู้คนน่าจะโยนทิ้งเกลื่อนกลาด หรือหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้ว ที่เป็นเช่นนี้เพราะขยะประเภทที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recycle) เช่น หนังสือพิมพ์ แผ่นกระดาษ ขวดพลาสติก กระป๋องน้ำอัดลม และขวดแก้วเหล่านี้ สามารถแปลงเป็นเงินได้ไม่ยาก จึงเป็นที่ต้องการของผู้ที่รับเก็บรวบรวมเป็นอาชีพ หรือเก็บรวบรวมตามโอกาสสำหรับคนทั่วไป

(1) ขยะเป็นเงิน ท่ามกลางชีวิตที่รีบเร่งในนครเซี่ยงไฮ้ ทุกๆ วันตอนเช้าจะมีคนกลุ่มหนึ่งมายืนตามแนวบันไดเลื่อนในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน หรือตามท้องถนน ที่เป็นบริเวณที่มีผู้คนผ่านไปมาจำนวนมาก โดยจะมีกล่องเตรียมบรรจุหนังสือพิมพ์วางอยู่ด้านข้าง เพื่อรอรับหนังสือพิมพ์ที่คนไม่ต้องการแล้ว หรือขวดน้ำที่คนดื่มหมดแล้วที่บริเวณทางออกของรถไฟใต้ดิน หรือเดินเก็บใบปลิวโฆษณาและขวดน้ำที่ผู้คนทิ้งแล้ว เพื่อรวบรวมนำไปขายต่อให้กับรถสามล้อที่รับซื้อของเก่า หรือร้านรับซื้อของเก่าขนาดใหญ่ ดังนั้นขยะเหล่านี้จึงเป็นที่มาของรายได้สำหรับคนกลุ่มนี้ ขณะเดียวกันวิธีการนี้ยังช่วยลดปริมาณขยะในเมือง และทำให้ทัศนียภาพของเมืองสะอาดเรียบร้อยไปพร้อมกัน

ภาพที่ 2.1 กล่องรับหนังสือพิมพ์ที่คนอ่านจบแล้ว บริเวณสถานีรถไฟใต้ดิน
ที่มา : http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html. (2548) [ออนไลน์]

ในแต่ละวันมีคนนำขยะประเภทกระดาษมาขายที่ร้านประมาณ 1 ตัน ขวดพลาสติกประมาณ 5,000 ใบ และกระป๋องน้ำอัดลมประมาณ 1,000 ใบ ซึ่งภายหลังที่รับซื้อขยะเหล่านี้มาแล้ว ทางร้านจะนำมาคัดแยกประเภท ก่อนนำไปขายต่อให้กับโรงงานรับซื้อขยะ หรือร้านรับซื้อขยะขนาดใหญ่อีกทอดหนึ่ง โดยมีราคารับซื้อขวดน้ำอัดลมตันละ 5,800 หยวน และกระดาษราคาตันละ 1200 หยวน จึงเห็นได้ว่า มีปริมาณขยะจำนวนไม่น้อยที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ และสร้างเม็ดเงินให้กับคนกลายกลุ่มในธุรกิจดังกล่าว

ภาพที่ 2.2 ร้านรับซื้อของเก่าถนนกั๋วฉวนลู่

ที่มา : http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html. (2548) [ออนไลน์]

(2) โรงงานรับซื้อขยะมาทำอะไร

(2.1) ขวดน้ำพลาสติก เมื่อโรงงานรับซื้อขวดน้ำพลาสติกมาจากร้านรับซื้อของเก่าแล้ว จะนำมาคัดแยกประเภทอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่งตามชนิดของวัสดุ แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อทำให้ขวดพลาสติกหลวมรวมกันเป็นเนื้อเดียว ก่อนผลิตเป็นรูปขวดอีกครั้ง และผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

(2.2.) กระดาษ โรงงานจะนำกระดาษที่รับซื้อมาแล้วมาคัดแยกประเภท เช่น กระดาษแข็ง กล่องลัง กระดาษชำระ กระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน เนื่องจากกระดาษแต่ละชนิดมีคุณภาพไม่เหมือนกัน จึงต้องคัดแยกประเภทก่อนนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อนำมาทำเป็นกระดาษใหม่ โดยกระดาษที่ได้จากการแปรรูปนี้สามารถนำกลับมาทำเป็นนามบัตร และกระดาษถ่ายเอกสาร เป็นต้น

(3) เครื่องรับแปลงขยะเป็นเงินในนครเซี่ยงไฮ้

นครเซี่ยงไฮ้ซึ่งได้รับการขนานนามเป็นเมืองทันสมัยของโลกเมืองหนึ่งให้ความสำคัญกับปัญหาการรักษาสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับต้นๆ เคียงคู่ไปกับการพัฒนาและกระตุ้นเศรษฐกิจ ซึ่งในด้านการจัดการขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้นั้น นอกจากจะมีการติดตั้งถังขยะแยกประเภทของขยะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และมีการประกาศเลิกใช้ถุงพลาสติกทั่วประเทศจีน เมื่อ 1 พ.ค. ที่ผ่านมาแล้วนั้น นครเซี่ยงไฮ้ยังได้ติดตั้งเครื่องรับซื้อขวดพลาสติกอัตโนมัติบนถนนคนเดิน “หนานจิงลู่” เพื่อจูงใจให้ประชาชนตระหนักถึงการรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ภาพที่ 2.3 เครื่องรับซื้อขวดน้ำ

ที่มา : http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html. (2548) [ออนไลน์]

เครื่องรับซื้อขวดน้ำดังกล่าวมีลักษณะคล้ายตู้กดน้ำ ซึ่งมีการระบุขั้นตอนการใช้งานไว้อย่างละเอียด โดยรับซื้อทั้งขวดพลาสติก และกระป๋องน้ำอัดลม ดังนั้น “ขยะ” เหล่านี้จึงไม่ใช่ขยะที่ทำลายสภาพแวดล้อมอีกต่อไป แต่กลายเป็นสิ่งที่แปลงเป็นเงินได้ แนวคิดนี้จึงมีประโยชน์ต่อการรักษาสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมากนอกจากนี้ นครเซี่ยงไฮ้ยังมีธุรกิจที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซมีเทนที่ได้จากการย่อยสลายขยะ ซึ่งทั้งช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและประหยัดพลังงานไปพร้อมๆ กัน(ดุจเดือน แซ่เอี๊ยว. 2553 : ออนไลน์)

2.1.2.2 **วัฒนธรรมการแยกขยะเมืองญี่ปุ่น**

ภาพที่ 2.4 ในเมืองคนพลุกพล่านถนนยังสะอาด

ที่มา : http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html. (2548)[ออนไลน์]

คนที่ไปเที่ยวญี่ปุ่นมักออกปากชมว่าเมืองญี่ปุ่นสะอาด ไม่ว่าจะเป็นตามถนนหนทางสายใหญ่ ตรอกเล็กซอยน้อย ไปจนถึงบริเวณพื้นที่สาธารณะกว้างๆ อย่างเช่น สถานีรถไฟ ชุมทางรถเมล์ ที่มีผู้คนจำมากโดยชาวญี่ปุ่นจะมีการปลูกฝังการจัดการกับขยะดังนี้

(1) ขยะแยกประเภท

ภาพที่ 2.5 ถังขยะในญี่ปุ่นแบ่งย่อยหลายประเภท

ที่มา : http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html. (2548) [ออนไลน์]

ทุกคนก็พยายามจะทำหน้าที่รับผิดชอบขยะของตนอย่างเต็มที่ก่อนที่จะทิ้ง ขยะ สิ่งปฏิกูล มูลฝอย หรืออะไรก็ตามที่ประสงค์จะทิ้ง นั้น ผู้ทิ้งจะต้องรู้จักลักษณะและธรรมชาติของขยะแต่ละชิ้น และจำแนกแยกแยะอย่างละเอียดถี่ถ้วน เริ่มตั้งแต่ประเภทใหญ่ๆ คือ

- ขยะเผาได้ (burnable garbage/ combustible)
- ขยะเผาไม่ได้ (unburnable garbage/incombustible)

(1.1) ขยะเผาได้ คือ ขยะจากในครัว (ขยะเศษอาหาร) และขยะเล็กๆ น้อยๆ ในบ้าน ในชีวิตประจำวัน ขยะประเภทนี้นอกจากจะมีธรรมชาติเป็นวัสดุที่เผาไฟได้แล้ว ยังต้องมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป คือ ต้องบรรจุลงได้ในถุงพลาสติกเนื้อหนา ขนาด 2 ลิตร หรือ 3 ลิตร ซึ่งเป็นถุงขยะมาตรฐานที่รัฐหรือเทศบาลญี่ปุ่นกำหนดใช้ทั่วประเทศ ถ้าเป็นขยะที่เผาได้แต่ขนาดใหญ่เกินจะบรรจุลงถุงมาตรฐานนี้ ก็จะถือเป็นขยะขนาดใหญ่ ต้องแยกออกไปต่างหาก หรือซื้อถุงขยะขนาดใหญ่ ประเภทถุงดำเนื้อหนา มาบรรจุให้เรียบร้อย

ภาพที่ 2.6 ป้ายเตือนการทิ้งขยะ
ที่มา : http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html. (2548) [ออนไลน์]

(1.2) ขยะเผาไม่ได้ ก็คือ พวกขวดแก้ว ภาชนะแก้ว กระป๋อง เครื่องดื่ม กระป๋องเหล็กวิลาส (เช่นกระป๋องบรรจุอาหาร) ขวดพลาสติกทั้งชนิดบาง (pet bottle) และพลาสติกหนา เช่น ขวดบรรจุเครื่องสำอาง น้ำยาซักล้างซักฟอก โฟมและเม็ดพลาสติก ภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมี ยา กระป๋องฉีดแบบสเปรย์ ของใช้ที่ทำจากยาง เครื่องหนัง แผ่นซีดี แผ่นดิสเก็ต ม้วนเทปบันทึกภาพและเทปบันทึกเสียง ฯลฯ ถ้าเป็นขยะที่มีส่วนประกอบทั้งที่เผาได้และเผาไม่ได้ ก็จะต้องถือเป็นขยะเผาไม่ได้ ขยะประเภทนี้ต้องจ่ายเงินซื้อถุงขยะที่มีข้อความระบุหน้าถุงชัดเจนว่า "ขยะเผาไม่ได้" (undurnable garbage) ซึ่งราคานับว่าไม่ถูกเลย

(1.3) ขยะประเภทที่สาม คือ ขยะขนาดใหญ่ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเรือน ที่นอนหมอนมุ้ง ไปจนถึงรถจักรยาน จักรเย็บผ้า ฯลฯ ขยะประเภทนี้ อาจมีทั้งที่เผาได้และเผาไม่ได้ แต่ที่ต้องแยกประเภทออกมาก็เพราะรถเก็บขยะบรรทุกไปไม่ได้ หรือเอาไปเผารวมกับขยะธรรมดาจากครัวเรือนไม่ได้ นอกจากขยะสามประเภทนี้แล้ว ก็ยังจำแนกออกเป็นขยะมีพิษหรือขยะอันตราย เช่น พวกภาชนะบรรจุสารเคมีที่เป็นพิษ ขยะติดเชื้อ (ขยะโรงพยาบาล) กระป๋องที่มีหัวฉีดแบบสเปรย์ ซึ่งอาจระเบิดได้ และขยะที่ถือเป็นวัตถุระเบิด เช่น ดอกไม้ไฟ แก๊สกระป๋อง รวมทั้งแบตเตอรี่ (dry cell) หลอดฟลูออเรสเซนต์ และขยะประเภทของมีคม เช่น มีด เศษแก้ว เศษวัสดุแหลมคมต่างๆ ฯลฯ ขยะอีกประเภทหนึ่งคือขยะที่นำไปหมุนเวียนใช้ในการผลิตใหม่ได้ (recycle) เช่น กระดาษชนิดต่างๆ ตั้งแต่หนังสือพิมพ์ หนังสือเล่ม นิตยสาร ไปจนถึงกล่องกระดาษ ลังกระดาษ กระดาษเคลือบมัน เช่นพวกกล่องนม กล่องน้ำผลไม้ และขวดพลาสติก ขวดเครื่องดื่ม กระป๋องเครื่องดื่มที่เป็นอะลูมิเนียมบาง (บีบได้) ขยะเหล่านี้ถือเป็นขยะรีไซเคิล แต่ในการทิ้งขยะ

ประเภทนี้จะต้องแยกย่อยลงไปอีก ไม่ทิ้งรวมกัน และถือว่าเป็นความรับผิดชอบ (หรือเป็นผลประโยชน์) ของบริษัทผู้ผลิตที่ใช้วัสดุประเภทนี้

(1.4) ขยะประเภทสุดท้ายคือ ขยะที่ต้องแจ้งหน่วยงานพิเศษของรัฐหรือเทศบาลให้มาเก็บ หรือนำไปส่งที่หน่วยงานผู้รับผิดชอบ เช่น คอมพิวเตอร์และวัสดุอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เครื่องดนตรีขนาดใหญ่ รถจักรยานยนต์และมอเตอร์ไซค์ รวมทั้งรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ และซากสัตว์ ฯลฯ การจำแนกขยะเหล่านี้ เกี่ยวเนื่องกับวิธีการบรรจุเพื่อนำไปทิ้ง ถุงหรือภาชนะที่ใช้บรรจุ วันเวลาและสถานที่ทิ้ง ตลอดจนรายละเอียดปลีกย่อยบางประการ เช่น การผูกป้ายสำหรับทิ้งขยะบางประเภท (ป้ายเหล่านี้ต้องซื้อจากซุปเปอร์มาร์เก็ต มีราคาต่างๆ ตามลักษณะและขนาดของขยะที่จะทิ้ง) ถ้าผู้ทิ้งขยะทำไม่ถูกวิธี หรือจำแนกประเภทไม่ถูกต้อง ทิ้งผิดวันเวลา ทิ้งผิดสถานที่ ฯลฯ ก็อาจเกิดปัญหา เช่น ถูกตักเตือนจากเทศบาลไปจนถึงขั้นถูกปรับ หรืออาจเป็นการลงโทษทางสังคม เช่น เพื่อนบ้านติฉินนินทา ฟ้องเทศบาลหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบ(สุวรรณา เกรียงไกรเพชร.2548 : ออนไลน์)

2.2.ข้อมูลประเภท และลักษณะของพลาสติกชนิดต่างๆ

2.2.1 พลาสติก หมายถึง วัสดุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิด คือคาร์บอนและโฮโดรเจนซึ่งเมื่อเติมสารบางอย่างลงไปจะทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น แข็งแกร่ง ทนความร้อน ลื่นและยืดหยุ่น เราอาจสังเคราะห์พลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้มากมาย โดยการเติมสารเคมีชนิดต่าง ๆ เข้าไปโดยใช้สัดส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกัน พลาสติกประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ซึ่งเกิดจากโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อเข้าด้วยกันเป็นสายยาวเหมือนโซ่ สายโมเลกุลเหล่านี้จะเกี่ยวพันกัน ทำให้พลาสติกแข็งแกร่ง แต่กว่าจะดึงสายโมเลกุลพลาสติกให้แยกจากกันได้ก็ต้องใช้แรงมากพอสมควร กระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดเล็กมาต่อรวมกันเข้าจนมีขนาดใหญ่ขึ้นนั้น เรียกว่าการเกิดพอลิเมอร์ (polimerisation) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพลาสติก (catalyst) กระตุ้นให้โมเลกุลขนาดเล็ก มายึดต่อ เข้าด้วยกัน พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1.1 เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting**)** พลาสติกประเภทนี้จะมีรูปทรงที่ถาวรเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยให้ความร้อน ความดันหรือตัวเร่งปฏิกิริยา การขึ้นรูปทำได้ยากและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนการผลิตสูงรวมทั้งการใช้งานค่อนข้างจำกัด ทำให้ในปัจจุบันมีใช้ในอุตสาหกรรมไม่กี่ประเภท ได้แก่ เมลามีน ฟีนอลิก ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โพลีเอสเตอร์ที่ไม่อิ่มตัวเป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะใช้ผลิตเครื่องครัว ชิ้นส่วนปลั๊กไฟ ชิ้นส่วนรถยนต์ และชิ้นส่วนในเครื่องบินเป็นต้น

2.2.1.2 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) พลาสติกประเภทนี้เมื่อได้รับความร้อนหรือความดันระหว่างกระบวนการขึ้นรูป จะเปลี่ยนแปลงสถานะทางกายภาพ กล่าวคือ เมื่อได้รับ

ความร้อนจะอ่อนนิ่มเละเมื่อเย็นลงจะแข็งตัวโดยที่โครงสร้างทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาขึ้นรูปได้ง่ายด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และมีหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประเภทของเด็กเล่น ดอกไม้ประดิษฐ์ บรรจุภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ และผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ พลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ โพลีเอทิลีน (PE), โพลีโพรพิลีน (PP), โพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพลิสไตรีน (PS), โพลิเอทิลีนเทเรพทาเลต (PET) เป็นต้น

ในประเทศไทยนิยมใช้พลาสติกจำพวกเทอร์โมพลาสติกกันมากที่สุดเนื่องจากสามารถใช้งานได้หลายประเภทโดยเฉพาะด้านบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น

(1) โพลิเอทิลีน (PE) ผลิตเป็นถุงพลาสติกทั้งร้อนและเย็น ขวด, ถัง และฟิล์มพลาสติกประเภทอ่อนนุ่ม กระสอบพลาสติก เป็นต้น

(2) โพลิโพรพิลีน (PP) นิยมผลิตเป็นถุงบรรจุอาหาร และเสื้อผ้าสำเร็จรูป กระสอบพลาสติก เป็นต้น

(3) โพลิไวนิลคลอโรด์ (PVC) และโพลิสไตรีน (PS) นิยมผลิตเป็นถัง ถุงบรรจุผักสด ผลไม้ และเนื้อสัตว์บางชนิด เป็นต้น

จากการเพิ่มจำนวนบรรจุภัณฑ์พลาสติกปัจจุบันซึ่งมีแนวโน้มความต้องการจะขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคตนั้น ก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกที่ใช้แล้วตามมา ซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งการกำจัดขยะพลาสติกในปัจจุบันยังมีอุปสรรคอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่สามารถกำจัดพลาสติกบางชนิดได้ เนื่องจากยังไม่สามารถหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก จึงได้มีนักวิจัยค้นคว้าที่จะนำบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้วกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หรือที่เรียกว่า Recycle โดยนำพลาสติกที่ใช้แล้วตามบ้านเรือนหรือตามกองขยะมาป้อนเข้าสู่โรงงานแปรรูปพลาสติก เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือ การทำลายพลาสติกในระยะสั้น ซึ่งนอกจากเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังช่วยให้เกิดการขยายตัวของธุรกิจอย่างต่อเนื่องด้วย

อย่างไรก็ตาม การนำพลาสติกกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่นั้นประเด็นสำคัญอยู่ที่การแยกประเภทของพลาสติกก่อนที่จะนำไปรีไซเคิล และการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป โดยปกติแล้วพลาสติกผสมเกือบทุกประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เนื่องจากพอลิเมอร์ที่แม้จะมีโครงสร้างทางเคมีที่เหมือนกัน แต่ไม่สามารถเข้ากันได้เสมอไป (incompatible) ตัวอย่างเช่น โพลีเอสเตอร์ ที่ใช้ทำขวดพลาสติก จะเป็นโพลีเอสเตอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงกว่า เมื่อเทียบกับโพลีเอสเตอร์ที่ใช้ในการผลิตเส้นใย (fiber) นอกจากนี้ ยังมีสารเติมแต่งอีกประเภท ได้แก่ พวก Compatibilizer ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการรีไซเคิลของพลาสติก สารเติมแต่งนี้จะช่วยให้เกิดพันธะทางเคมีระหว่างพอลิเมอร์ 2 ประเภทที่เข้ากันไม่ได้ ดังนั้น Compatibilizer จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรีไซเคิล ตัวอย่างเช่น การใช้ Chlorinated PE สำหรับพลาสติกผสม PE/PVC

ตารางที่ 2.1 การระบุรหัสสำหรับพลาสติก (ID Code) และคุณสมบัติของขวดพลาสติก

	โพลิเอทิลีน เทเรพทาเลต (PET)	โพลิเอทิลีน ความหนาแน่นสูง (HDPE)	โพลิไวนิล คลอไรด์ (PVC)	โพลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	โพลิโพรพิลีน (PP)	โพลิสไตรีน (PS)
รหัสของพลาสติก (ID Code)						
ความใส	ใส	ขุ่น	ใส	ขุ่น	ขุ่น	ใส
การป้องกันความชื้น	พอใช้ถึงดี	ดีถึงดีมาก	พอใช้	ดี	ดีถึงดีมาก	ไม่ดีถึงพอใช้
การป้องกันออกซิเจน	ดี	ดี	ดี	ไม่ดี	ไม่ดี	พอใช้
อุณหภูมิสูงสุด (°F)	120	145	140	120	165	150
ความแข็ง	ปานกลางถึงสูง	ปานกลาง	ปานกลางถึงสูง	ต่ำ	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงสูง
ความทนทานต่อการกระแทก	ดีถึงดีมาก	ดีถึงดีมาก	พอใช้ถึงดี	ดีมาก	พอใช้ถึงดี	พอใช้ถึงดี
ความทนทานต่อความร้อน	ไม่ดีถึงพอใช้	ดี	ไม่ดีถึงพอใช้	พอใช้	ดี	พอใช้
ความทนทานต่อความเย็น	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดีมาก	ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่ดี
ความทนทานต่อแสงแดด	ดี	พอใช้	พอใช้ถึงดี	พอใช้	พอใช้	ไม่ดีถึงพอใช้

พลาสติกถูกแบ่งเป็น 7 ประเภทซึ่งแต่ละประเภทจะมีการระบุรหัสของพลาสติก (identification code) ถึงแม้ว่าพลาสติกหลายประเภทจะสามารถรีไซเคิลได้ ในปัจจุบันได้นำเฉพาะพลาสติกที่ใช้ในครัวเรือนมารีไซเคิลกัน ดังนั้นขวดพลาสติกแต่ละชนิดจึงมีวิธีการรีไซเคิลที่แตกต่างกัน

การนำเอาบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้วมากลับเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยการรวบรวมพลาสติกที่ใช้แล้วตามบ้านเรือน และกองขยะเพื่อนำมาแปรสภาพพลาสติกที่ได้จากกระบวนการรีไซเคิลนั้นไม่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์เพื่อบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากเนื้อพลาสติกจะมีคุณสมบัติด้อยลง และเมื่อได้รับความร้อน สารเคมี และสีบางชนิดที่ใช้ผสมในระหว่างกระบวนการรีไซเคิลอาจมาปะปนกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่บรรจุซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ ในทางปฏิบัติแล้วพบว่าปริมาณขยะที่ เกิดจากพลาสติกที่ถูกนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตอีกครั้งมีสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณขยะจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกทั้งหมด (สุเมธ ธิติธนากร. 2537 : 117-119)

2.2.2 ข้อมูลการนำกลับมาใช้ใหม่ของของเศษขยะพลาสติก หรือกระบวนการย่อยรีไซเคิลพลาสติก

2.2.2.1 เทคโนโลยีรีไซเคิลพลาสติกโดยปราศจากการใช้น้ำ

กระบวนการรีไซเคิล พลาสติกแบบดั้งเดิมนั้นจะมีการ ใช้น้ำปริมาณมากในกระบวนการ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้น้ำโดย เปล่าประโยชน์ Marco Adame ผู้ก่อตั้งบริษัท Ak Inovex ประเทศเม็กซิโก ทำการพัฒนาเทคโนโลยีสีเขียว ซึ่งสามารถผลิตเม็ดพลาสติก (pellets) ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์จากพลาสติกประเภท ใดก็ตาม การพัฒนานี้เพื่อเป็นการลดการใช้น้ำโดยเปล่าประโยชน์และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตครึ่งหนึ่ง แต่ได้ปริมาณเม็ดพลาสติก จากกระบวนการรีไซเคิลเท่าเดิม โดยหลีกเลี่ยงขั้นตอนที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน

Marco Adame กล่าวถึงกระบวนการดั้งเดิมในการรีไซเคิลพลาสติก ซึ่งผ่านกระบวนการล้างและ การบดให้เป็นผงของภาชนะพลาสติก แต่อย่างไรก็ตาม พลาสติกแต่ละชนิดนั้นมีความแตกต่างกันของความชื้น ในระดับโมเลกุล ดังนั้นจึงต้องมีการดึงโมเลกุลน้ำออกเพื่อให้เกิดการตกผลึกซึ่งกระบวนการนี้มีการใช้ ความร้อนสูงถึง 180 องศาเซลเซียสและทำให้วัตถุเย็นตัวลงในน้ำ เทคโนโลยีที่ Marco Adame นำมาใช้นั้น มีการใช้พลังงานในกระบวนการน้อยลงครึ่งหนึ่ง ใช้พื้นที่ในการปฏิบัติงานน้อยลงเนื่องจากระบบมีขนาดเล็ก แต่กลับได้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่มีคุณภาพดีกว่า ซึ่งจะทำให้ได้รับผลกำไรมากยิ่งขึ้น โดยข้อได้เปรียบของ การใช้เทคโนโลยีนี้ คือ กระบวนการสามารถที่จะใช้ได้ในพลาสติกทุกประเภทเช่น Styrofoam, Polystyrene, PET (Polyethylene terephthalate) และ ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) ความสามารถ ในการผลิตเม็ดพลาสติกโดยประมาณ 2 ตัน ซึ่งทีมนักวิจัยพยายามที่จะเพิ่มปริมาณการผลิตให้เป็น 10 ตันในงาน Cleantech Challenge Mexico ซึ่งเป็น งานส่งเสริมการพัฒนาเชิงนิเวศน์ Marco Adame กล่าวเพิ่มเติมว่าในปีหน้า บริษัท Ak Inovex ตั้ง เป้าหมายทางยุทธศาสตร์ โดยเพิ่มเครื่องล้างพลาสติก เชิงนิเวศน์และใช้น้ำยาล้างพิเศษทางชีวภาพ ซึ่งจะสามารถลดต้นทุนในการดำเนินการได้อีก นอกจากนี้การใช้สารละลายชีวภาพในการย่อยสลาย พลาสติกให้รวดเร็วขึ้น ซึ่งจะเป็นสารละลายที่สามารถ ย่อยสลายและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้แทนสารละลายที่ใช้ในปัจจุบัน (Science Daily / Investigación y Desarrollo. 2558 : ออนไลน์)

2.2.2.2 กระบวนการรีไซเคิลพลาสติก คือ กระบวนการรีไซเคิลพลาสติกเริ่มต้นด้วยการแยกพลาสติกชนิดต่างๆ ออกจากกัน เนื่องจากพลาสติกต่างชนิดกันมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่นความแข็ง ความนิ่ม ความใส เมื่อพลาสติกแต่ละชนิดถูกแยกออกจากกันแล้ว จะถูกบีบให้แบนแล้วมัดรวมกันเป็นก้อน เพื่อแยกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่โรงงานพลาสติกแต่ละชนิดจะถูกนำมาบดให้เป็นชิ้นเล็ก และล้างทำความสะอาดในบ่อน้ำขนาดใหญ่ในขั้นตอนนี้ฝุ่น และสิ่งสกปรกจะถูกกำจัดออกไปหลังจากนั้นชิ้นพลาสติกจะถูกทำให้แห้งโดยการตากแดดหรือใช้อากาศร้อน ป้ายกระดาษหรือฟิล์มที่ติดมากับชิ้นพลาสติก จะถูกเป่าแยกออกมา จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมชิ้นพลาสติกผ่านเครื่องอัดรีด (Extruder) ออกมาเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็น

เม็ดเล็กๆ บรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ หากการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลทั้งหมด ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง บางครั้งโรงงานจะนำเม็ดพลาสติกใหม่มาผสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติดีขึ้น ตัวอย่างพลาสติกรีไซเคิลเรียงตามตัวเลขระบุที่ใต้ขวด หรือภาชนะ

(1) โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET, PETE) ใช้ทำขวดบรรจุน้ำดื่ม ขวดบรรจุของดอง ขวดแยม ขวดน้ำมันพืช ถาดอาหารสำหรับเตาอบและเครื่องสำอาง สามารถนำมารีไซเคิลเป็นเส้นใย สำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม ใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอนถุงหูหิ้ว กระเป๋า ขวด

(2) โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density polyethylene, HDPE) ใช้ทำขวดนม น้ำ ผลไม้ โยเกิร์ต บรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพูสระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้ว สามารถนำมารีไซเคิลเป็นขวดใส่น้ำยาซักผ้า ขวดน้ำมันเครื่อง ท่อ ลังพลาสติก ไม้เทียมเพื่อใช้ทำรั้วหรือม้านั่งในสวน

(3) โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC) ใช้ทำท่อน้ำประปา สายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำแผ่นกระเบื้องยางแผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่แชมพูสระผม ประตู หน้าต่าง วงกล และหนังเทียม สามารถนำมารีไซเคิลเป็นท่อน้ำประปาหรือรางน้ำสำหรับการเกษตรกรวยจราจร เฟอร์นิเจอร์ม้านั่งพลาสติก ตลับเทป เคเบิล แผ่นไม้เทียม

(4) โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density polyethylene, LDPE) ใช้ทำฟิล์มห่ออาหารและห่อของ ถุงใส่ขนมปังถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร สามารถนำมารีไซเคิลเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว ถังขยะ กระเบื้องปูพื้น เฟอร์นิเจอร์ แท่งไม้เทียม

(5) โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ชาม จาน ถัง ตะกร้า กระบอกใส่น้ำแช่เย็น ขวดซอสแก้วโยเกิร์ตขวดบรรจุยาสามารถนำมารีไซเคิลเป็นกล่องแบตเตอรี่ในรถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชนและกรวยสำหรับน้ำมัน ไฟท้าย ไม้กวาดพลาสติก แปรง

(6) โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS) ใช้ทำภาชนะบรรจุของใช้เช่น เทปเพลง สำลี หรือของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ๊กกี้ นอกจากนั้นยังนำมาทำโฟมใส่อาหารซึ่งจะเบามากสามารถนำมารีไซเคิลเป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิดีโอ ไม้บรรทัด กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ แผงสวิตช์ไฟ ฉนวนความร้อนถาดใส่ไข่ เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ

(7) พลาสติกชนิดอื่นที่ไม่ใช่พลาสติกทั้ง 6 กลุ่มข้างต้น หรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกหลายชนิดในขั้นตอนของการบดพลาสติกเพื่อให้มีขนาดเล็กลงไม่ไปอุดตันในกระบวนการรีไซเคิลนั้น จะทำให้พลาสติกรีไซเคิลมีสมบัติความแข็งแรงทางกายภาพลดลง เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล(Mechanical Shear)ใน เครื่องบดไปทำลายโซ่ของโพลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติเชิงกลของพลาสติกลดลง นอกจากนั้นเรื่องของความบริสุทธิ์ก็มีความสำคัญ ต่อสมบัติของพลาสติกแต่ละชนิดในการเลือกเพื่อ

นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หากใช้กระบวนการแยกพลาสติกที่ไม่ดีพออาจทำให้ไม่ได้พลาสติก รีไซเคิลที่บริสุทธิ์(นาวดี ลี้จากภัย. รีไซเคิลพลาสติก. 2545)

2.2.2.3 การเตรียมพลาสติกเพื่อทำการผลิต คำว่า "เตรียม" ในเทคนิคการทำงานพลาสติก หมายถึง ขั้นตอนที่จำเป็นในการเตรียมพลาสติกซึ่งอยู่ในลักษณะวัตถุดิบให้พร้อมที่จะ นำมาผลิตเป็นชิ้นงานได้ ซึ่งประกอบด้วย การย่อย (ทำเป็นเม็ด) ผสมในขณะที่เป็นของแข็ง และผสมขณะที่เป็นของเหลวน้อยครั้งที่จะมีการนำเอาพลาสติกที่ออกมาจากถังปฏิกิริยามาทำงาน หรือนำมาใช้ได้ทันที โดยปกติจะต้องนำมาผสมกับสารเสริมคุณสมบัติต่างๆ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุทางเทคนิคที่มีคุณสมบัติต่างๆ ตามต้องการมีกรรมวิธีเตรียมพลาสติกหลายอย่างที่รวมอยู่กับขบวนการผลิตสาร พลาสติกโดยตรง

(1) การผลิต Thermoplastic โดยกรรมวิธี Polymerisation ผลผลิตที่ออกมาส่วนใหญ่จะเป็นผง ซึ่งยากแก่การนำไปผลิตได้ทันที จึงได้มีการทำให้เป็นเม็ดเพื่อให้สามารถนำไปเข้าขบวนการผลิตชิ้นงานได้ง่าย ซึ่งโดยปกติบริษัทผู้ผลิตพลาสติกจะเป็นผู้เตรียมการขั้นนี้ออกมาจำหน่าย ส่วน PVC นั้นมีข้อยกเว้นเพราะสามารถปรับปรุงให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้มาก โดยการเติมส่วนผสมต่างๆ และวัสดุเสริมเข้าไป ซึ่งจะเป็นการประหยัด ถ้าบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จาก PVC มากกว่า 30 ตัน/เดือน จะมีเครื่องเตรียมพลาสติกของตัวเอง ส่วนผสมของ PVC จะประกอบด้วย PVC ชนิดอื่นที่ได้จากกรรมวิธี Polymerisation ต่างๆผสมสารป้องกันแสงและความร้อน (Light and Heat stabiliser) สารหล่อลื่นภายนอกและภายใน สารทำให้อ่อน (Softener) สีและสารเสริม การเตรียมสารผสมก็เช่นเดียวกัน บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกหลายบริษัทจะเตรียมเองหน้าที่ที่สำคัญของการเตรียมพลาสติกก็คือการเติมสารเสริมในปริมาณตั้งแต่ 0.01 ถึง 50% ของพลาสติก และผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยปกติแล้วจะแยกกันว่าในการผสมแห้งเรียกว่าการผสม แต่ถ้าเป็นการผสมในขณะที่พลาสติกเหลวเรียกว่าการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenising) เพื่อให้การผสมในสภาพแห้งง่ายขึ้น จำเป็นจะต้องใช้วัสดุที่เป็นผงละเอียดผสมกับสารผสม จะเห็นได้ว่าในการผสมพลาสติกสองสามชนิด จะมีเครื่องย่อยไว้ก่อนหน้าเครื่องผสมด้วยเสมอ

(2) การย่อย คือความหมายของการย่อย หมายถึง การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยกลวิธีในการย่อยจะทำให้ได้พลาสติกที่มีขนาดเล็กแตกต่างกันตามความต้องการถ้าจะต้องมีการแยกพลาสติกเม็ดหยาบออกจากเม็ดละเอียด เช่น ทำให้ทำงานขั้นต่อไปสะดวกยิ่งขึ้นจึงต้องมีการกรองประกอบเข้าไปด้วยเหตุผลที่จำเป็นต้องพลาสติกมีหลายอย่าง เช่น เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสม ทำให้อบแห้งได้ดี ป้อนเข้าเครื่องได้อย่างสม่ำเสมอ หลอมละลายได้เร็ว เป็นต้น เครื่องย่อยมีหลายชนิด ซึ่งสร้างไว้ให้เหมาะสมกับชนิดของพลาสติก ตัวอย่างเครื่องย่อยสองสามอย่างที่ควรรู้จัก คือ เครื่องรีดย่อย โม่ตี โม่กวน โม่ตัด โม่แท่งตี และ โม่รีด เครื่องรีดย่อยจะใช้สำหรับการย่อยพลาสติกแข็งเปราะได้เท่านั้น สำหรับการย่อยจะต้องใช้โม่บด ในการที่จะเลือกใช้โม่ชนิดใดขึ้นอยู่กับว่าต้องการความละเอียด หรือความสม่ำเสมอของเม็ดพลาสติกขนาดไหนเนื่องจากโม่ตัดมีใช้

มากในการย่อยพลาสติกเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้ในการย่อยเศษพลาสติกหรือชิ้น ส่วนที่เสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จึงจะกล่าวถึงให้ละเอียดยิ่งขึ้น

(3) การผสม คือการนำวัสดุต่างชนิดมารวมกันและให้เฉลี่ยเข้ากันโดยการวัสดุเคลื่อนที่ คลุกเคล้ากันจนได้สภาพการผสมที่ต้องการ โดยการหมุนใบกวน ในถังเปิดหรือปิดจะทำให้สารกระแทกและเสียดสีกัน เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจะผสมเข้ากันดี ซึ่งจะมีเครื่องผสมแบบต่างๆ ที่เหมาะสำหรับชนิด และขนาดของพลาสติกในการผลิตพลาสติกเหลวหรือเหนียว เช่น PVC หลอด จะต้องใช้เครื่องกวน โดยปกติแล้วเครื่องผสมแบบนี้จะเป็นถังทรงกระบอก และใบพัดกวนที่ยกขึ้นลงได้ในแนวตั้ง ซึ่งถังนี้อาจจะเป็นสองชั้นใช้สำหรับให้ความร้อน หรือหล่อเย็นได้ตามต้องการ บางครั้งมีความจำเป็นที่ต้องผสมพลาสติกเหลวที่มีความหนืดสูง ที่ยอมให้มีอากาศผสมอยู่ได้เพียงเล็กน้อย จะต้องมีการดูดอากาศออก แบบนี้จะต้องเป็นเครื่องผสมแบบปิดที่มีการวัดความดันและข้อต่อสำหรับปั๊มสูญญากาศติดเอาไว้เครื่องผสมที่เหมาะเป็นพิเศษสำหรับการผสมพลาสติกที่มีขนาดต่างๆกัน เช่น เม็ดพลาสติกที่ผสมกับผง (สารหล่อลื่น สี สารนำร่อง) ก็คือ เครื่องผสมแบบตกอิสระ ในระหว่างที่เม็ดพลาสติกเสียดสีกันจะมีประจุไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้น ทำให้ดูดฝุ่นของสารผสมติดที่ผิวของเม็ดได้ดี เพื่อให้ได้การผสมที่ดีจะใช้ความเร็วรอบระหว่าง 25 ถึง 35 รอบต่อนาที ในบรรดาเครื่องผสมหลายแบบนี้ เครื่องผสมแบบทรงกรวยคู่ และแบบถังเอียงเยื้องศูนย์ เป็นที่รู้จักกันมากที่สุด การย้อมสีเม็ดพลาสติกในปัจจุบันหันมาใช้เครื่องผสมสี ดังรูปที่ 4 ซึ่งทำเป็นกรวยต่อไว้กับเครื่องผลิตชิ้นงานพลาสติกโดยตรง

(4) เครื่องนี้ประกอบด้วย อุปกรณ์กับปริมาตรและเครื่องผสม และเนื่องจากเป็นการทำงานตามจังหวะเวลา เช่นการกะเกณฑ์ การส่งเข้าไปในห้องผสม ผสมและปล่อยออกจากห้องผสม เป็นต้น จะสามารถประกอบเครื่องผสมแบบนี้เข้ากับเครื่องผลิตชิ้นงานได้ทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเครื่องฉีดและเครื่อง Extrusion เครื่องผสมแบบใบตีผสม ซึ่งมีหลายแบบเช่นเดียวกัน ประกอบด้วยถังทรงกระบอกวางในแนวขนาน และมีเครื่องผสมซึ่งมีแกนขนานกับแกนของถังประกอบหมุนอยู่ภายในด้วยความเร็ว รอบจนถึง 50รอบต่อนาที เครื่องมือผสมอาจจะเป็นใบพัดแผ่นบิดเป็นเกลียว หรือเหมือนใบฝานไถ ถังส่วนใหญ่จะเป็นสองชั้น เพื่อสำหรับให้ความร้อนและหล่อเย็น โดยปกติจะใช้ผสมสารพลาสติกที่เป็นฝุ่นที่จะต้องเติมสารที่เป็นของเหลวลงไป ด้วยในการเตรียมพลาสติกที่เป็นฝุ่นในงานอุตสาหกรรมพลาสติกนั้นส่วนใหญ่จะใช้ เครื่องผสมแบบตีฟุ้ง (Swirl mixer) หมุนเร็วควบคู่ไปกับเครื่องผสมเย็น (Cold mixer) ซึ่งเรียกว่า Heat & Cold mixerในถังตั้งจะมีเพลาสอดขึ้นจากก้นถังสำหรับประกอบเครื่องผสม เครื่องผสมมีหลายชั้น และตอนติดกับกันถังจะมีใบผสมประกอบอยู่ ซึ่งระหว่างทำการผสมจะครอบคลุมพื้นถังทั้งหมด ที่ปลายบนสุดของเพลาส่วนมากจะมีใบผสมที่เล็กกว่าติดอยู่ ความเร็วรอบของปลายใบผสมประมาณ 40 เมตรต่อวินาที จะทำให้ของผสมเคลื่อนไหวราวกับเป็นของเหลว เพื่อชะลอความเร็วของการหมุนเวียนของผงพลาสติกจะสอดแผ่นชะลอความเร็วเอาไว้ในบริเวณที่ส่วนผสมอยู่ ฝุ่นละเอียดๆ ของพลาสติกที่มีความเร็วสูงจะกระทบกันทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากการเสียดสี ขึ้นอย่างมาก และอาจจะให้ความร้อนเพิ่มเติม

จากภายนอกได้อีก แล้วแต่ความต้องการซึ่งจะสามารถปรับได้อีก แล้วแต่ความต้องการซึ่งจะสามารถปรับได้ถึง 140 C เครื่องผสมแบบตีฟุ้งตอนบนจะมีฝาที่เปิดได้สำหรับเติมสารพลาสติก ในทางปฏิบัติจะมีท่อต่อไปยังเครื่องเติมอัตโนมัติที่ฝาปิด ทางปล่อยออกจะอยู่ทางด้านข้างตอนล่าง และมีท่อต่อให้ผงพลาสติกลงไปเข้าถังผสมเย็น (Cold Mixer) ซึ่งอยู่ข้างล่าง ของผสมร้อนจะเย็นตัวลงในถังผสมเย็นนี้เหลือประมาณ 35 C เครื่องผสมเย็นจะมีปริมาตรโตกว่าและมีส่วนพิเศษเพิ่มเติมคือ มีแหวนหล่อเย็นหมุน หรือมีแผ่นหล่อเย็นอยู่ในถังช่วยในการหล่อเย็นเพิ่มเติม สิ่งนี้มีความจำเป็นเพื่อให้สามารถทำการผสมเย็นและผสมร้อนในจังหวะงานเดียว กันได้ ระยะเวลาผสมนั้นสั้นมากคือประมาณ นาทีต่อครั้ง ขนาดของเครื่องผสมร้อนทั่วๆ ไป จะอยู่ระหว่าง 1,000 - 1,500 ลิตร และเครื่องผสมเย็นประมาณ 2,000-3,000 ลิตร ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องผสมแบบนี้สำหรับการผสมผง PVC แห้ง (Dry blends) แต่ก็สามารถเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวลงไป ได้ เช่น ผสม softener การให้ความร้อนแก่ PVC อ่อน จะได้ส่วนผสมแห้งหรือรวมกันเป็นก้อน มี pourability ดี ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของ PVCในการทำ " Plasticising" ผงพลาสติกที่ผสมไว้แล้วจะถูกหลอมเหลวและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันต่อไป อีก ควรจะแยกกันให้ชัดเสียก่อน ระหว่างเครื่องนวดและรีดแบบทำงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่งปกติใช้ในการผลิตพลาสติกแผ่นบางโดยการรีดแผ่ (Calandering) กับเครื่อง Plasticising ทำงานต่อเนื่อง

(5) เครื่องนวด (Kneader) ประกอบด้วยเรือนทรงกระบอกวางอยู่ในแนวนอน และมีใบนวดรูปตัว Z สองใบหมุนสวนทางกันอยู่ภายในเครื่องนวดภายใน ดังรูปที่ 6 ใบจะประกอบพอดีอยู่เรือนภายใน แท่งกระทุ้งจะกดพลาสติกซึ่งอยู่ในปล่องช่วงบน ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ การเอาพลาสติกออกจากเครื่องนวดทำได้โดยการเลื่อนแผ่นปิดด้านล่าง ซึ่งสามารถเลื่อนเข้าออกได้ เนื่องจากเครื่องนวดแบบนี้ต้องใช้กำลังมาก จึงสามารถสร้างได้ขนาดปริมาตรภายไม่เกิน 300 ลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ในการสมพลาสติกที่ต้องการเติมสารผสมมากๆ

(6) เครื่องรีดผสม คือจะใช้ต่อเมื่อต้องการทำการผสมอย่างเดียว และต้องใช้คนควบคุมการทำงานตลอดเวลาการรีดจะเกิดขึ้นภายในร่องรีดของลูกรีด ร้อนสองลูกซึ่งมีแกนขนาน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 300 ถึง 500 มิลลิเมตรและความยาวระหว่าง 800 ถึง 1,500 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกันด้วยความเร็วแตกต่างกันเล็กน้อย เพื่อให้การผสมดียิ่งขึ้นจะต้องมีคนคอยปาดส่วนของพลาสติกที่วิ่งออกทางด้าน ข้างให้เข้าไปอยู่ตรงกลางของลูกรีดร้อนเสมอ สำหรับการผสม PVC คุณภาพสูงแล้วยังไม่มีเครื่องใดดีกว่าเครื่องรีดผสมแบบนี้ในการผลิตพลาสติกและพลาสติกที่จะนำไปรีดแผ่เป็นแผ่น ปกติจะใช้เครื่อง Plasticising แบบต่อเนื่อง ในการนี้จะต้องใช้ชุดเกลียวหนอนโดยปกติจะใช้เกลียวหนอนแบบมีหลายตัว เช่นแบบตัวหนอน (Double Worm) ที่มีเกลียวเป็นช่องหวี ผงพลาสติกจะถูกรีดไปในร่องเกลียวเป็นคลื่นไปตามยาวของหนอน ซึ่งรับแรงขับมาจากระบบเมคแคนิคทำให้เกิดการนวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenising) สำหรับการเตรียมพลาสติกโดยทั่วๆไปจะใช้แบบตัวหนอนคู่ที่มีส่วนที่ทำหน้าที่ ผสม และส่วนที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีแผ่นนวดหรือใบนวดประกอบเอาไว้ ซึ่งจะเป็นตัวกะเกณฑ์ปริมาณผงพลาสติกให้เข้าไปในตัวหนอนให้พอดีด้วย

(7) เครื่อง Plasticising แบบตัวหนอนตัวเดียวออกแบบสร้างให้เหมาะสามารถผสมและหลอมพลาสติกได้ดีเช่นกัน ซึ่งเรียกว่า Co-Kneader แบบนี้นอกจากจะหมุนส่งพลาสติกไปข้างหน้าแล้ว ยังมีการสั่นเพลาตัวหนอนไปพร้อมๆกันด้วยแผ่นเกลียวของตัวหนอนจะทำเป็นร่อง ไว้สองร่องขนานกับแกนเพลา เพื่อไม่ให้กระทบกับฟันนวดขณะหมุนซึ่งติดอยู่กับเรือนภายในของทรงกระบอกของ การผสมและการนวดจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงตัดเฉือน และการเคลื่อนตัวไปทุกทิศทุกทางของส่วนผสม การเติมสารพลาสติกลงไปใน Co-Kneader จะได้จากการพาเข้าของเกลียวหนอนอย่างสม่ำเสมอ

(8) เครื่อง Ex-Trusion แบบเกลียวหนอนหลายตัว (Planet – Extruder) อีกแบบหนึ่งที่ใช้กันมากโดยตรงกลางเป็นเกลียวใหญ่ และจะมีเกลียวเล็กๆ อยู่รอบๆ หลายตัวรวมกันอยู่ในเรือนทรงกระบอก เนื่องจากมีฟันเกลียวเลื้อยขบกับอยู่จะทำให้เกิดการรีดขึ้นระหว่างฟันเกลียว ลักษณะการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจะเกิดจากการบดกันของร่องฟันหลายร่องทำให้ ส่วนผสมถูกรีดให้บางเข้ากันดี และจะมีสกรูส่งอยู่ด้านหน้าส่งพลาสติกเหลวออกไปยังหัวฉีด

(9) การทำพลาสติกเม็ด การผลิตพลาสติกเม็ดใช้วิธีการแตกต่าง 2 วิธีการคือ การทำเม็ดร้อน (Hot granulating)กับการทำเม็ดเย็น (Cold granulating)

(10) การทำเม็ดร้อน ทำโดยการเอาหัววัดหลายรูมาติดไว้ที่หน้าเครื่อง Plasticising เพื่อให้พลาสติกเหลวไหลผ่านรูออกมาจากรู และจะมีมีดหมุนติดอยู่ข้างหน้า เพื่อหมุนตัดให้เป็นเม็ดสั้นๆรอบๆหัวฉีด และมีดจะมีเรือนหุ้มอยู่เพื่อหล่อเย็นเม็ดพลาสติก โดยการเป่าลมเย็นหรือมีวงแหวนน้ำหล่อเย็นอยู่เพื่อรับเม็ดพลาสติก สำหรับเม็ดพลาสติกที่ตัดง่าย เช่น LDPE ก็จะปล่อยให้ตกลงในน้ำ เสร็จแล้วจึงนำเม็ดพลาสติกลงไปอบแห้ง หรือไล่น้ำออกแล้วจึงนำไปเก็บไว้ในไซโล เนื่องจากเม็ดพลาสติกที่ตกลงมาใหม่ๆ ยังร้อนอยู่ จะฟอร์มตัวเป็นเม็ดกลมหรือเม็ดรีได้ในการผลิตเม็ดพลาสติกรูปทรงกระบอก จะทำได้โดยการปล่อยให้พลาสติกที่ผ่านรูหลายๆ รูออกมานั้น ผ่านไปยังอ่างน้ำทำให้เย็นเสียก่อน แล้วใช้เครื่องดึงไปผ่านเครื่องทำเม็ด คือไปผ่านมีดหมุนตัด ซึ่งมีความยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร กรรมวิธีนี้เรียกว่า การทำเม็ดเย็นสำหรับการเตรียมพลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกนั้น มีเครื่องอยู่หลายแบบขายตามท้องตลาด แต่แนวโน้มที่จะหันมาใช้เครื่องอัตโนมัติมีมากขึ้น เนื่องจาประหยัดกว่าและได้คุณภาพที่สม่ำเสมอ เครื่องพลาสติกแบบอัตโนมัติ (บรรเลง ศรนิล. 2526 : 11-19)

2.3 การศึกษาความรู้ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อย

2.3.1 ข้อมูลเครื่องบดย่อยพลาสติกเดิมที่มีอยู่ในท้องตลาด

2.3.1.1 เครื่องบดย่อยพลาสติกมือสองในบริษัท ซีนเนอร์ยี ซิสเต็มส์ จำกัด

ภาพที่ 2.7 : เครื่องบดย่อยพลาสติกมือสองในบริษัท ซีนเนอร์ยี ซิสเต็มส์ จำกัด พร้อมการสาธิตการใช้งานโดย คุณอภิรักษ์ สังขนิตย์

ภาพโดย : คุณพรพร จันทรพงศ์. (2559)

2.3.1.2 เครื่องบดพลาสติก CRUSHER บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรเทก

ภาพที่ 2.8 เครื่องบดย่อยพลาสติกบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรเทก

ที่มา : https://rotexthailand.com/portfolio. (2559).[ออนไลน์]

2.3.1.3 บริษัท ไทยมังกร พลาสติก อุตสาหกรรม จำกัด

ภาพที่ 2.9 เครื่องบดย่อยพลาสติกบริษัท ไทยมังกร พลาสติก อุตสาหกรรม จำกัด
ที่มา : http://www.เม็ดพลาสติก.net. (2559).[ออนไลน์]

2.3.1.4 เครื่องบดย่อยพลาสติกนำเข้าจากประเทศจีน

ภาพที่ 2.10 เครื่องนำเข้าจากประเทศจีน
ที่มา : http://www.wf-zhengyuan.com. (2559).[ออนไลน์]

ภาพที่ 2.11 เครื่องนำเข้าจากประเทศจีน
ที่มา : http://www.wf-zhengyuan.com. (2559).[ออนไลน์]

จากการศึกษา และสอบถามข้อมูลในส่วนของรูปแบบลักษณะของเครื่องบดย่อยพลาสติกกี่มีอยู่ในท้องตลาดปัจจุบันนั่นมีราคาที่ค่อนข้างสูง และต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ถ้าเป็นเครื่องใหม่ราคาจะอยู่ที่แสนกว่าบาท แต่ถ้าเป็นในส่วนของเครื่องมือสองราคาจะอยู่ที่สี่หมื่นกว่าบาท ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบของเครื่องบดย่อยในปัจจุบันนั้นถึงมีขนาดเล็กแล้วก็ยังมีรูปลักษณะเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรมจากการศึกษาวิจัยในครั้งมุ่งเน้นนำมาใช้เพื่อสร้างแงจูงใจในการคัดแยกขยะพลาสติกเพื่อปรับปรุงสภาพแวดลอมภายในโรงงานสำนักงานจงทำให้เห็นว่ารูปแบบของเครื่องบดย่อยที่ทำการพัฒนานั้นควรมีการออกแบบรูปทรงให้ออกจากความเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรม และมีรูปลักษณะในแบบเครื่องใช้ที่ใช้ง่าย ง่ายต่อการดูแลรักษา ปลอดภัย

2.3.2 ข้อมูลศึกษากลไกชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการออกแบบ และการสร้างเครื่องบดย่อยพลาสติก

2.3.2.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

(1) มอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงานดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ การจำแนกชนิดของมอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

(1.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนส่วนที่อยู่กับที่หรือทีเรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

(1.1.1) เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

ภาพที่ 2.12 ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด
ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

ภาพที่ 2.13 ภาพขดลวดพันอยู่รอบ
ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

(1.1.2) ส่วนแรกแกนขั้ว(Pole Core)ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของ

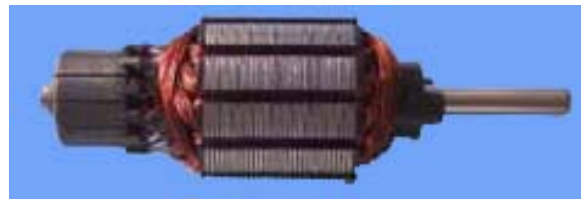
ตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes)มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน(Torque)

ภาพที่ 2.14 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก

ที่มา : http://motor.lpc.rmutl.ac.th/module4/contactor2.html /.(2559). [ออนไลน์]

(1.1.3) ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิด

(1.1.4) ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน(Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย(End Plate)ของมอเตอร์



ภาพที่ 2.15 ตัวหมุน

ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

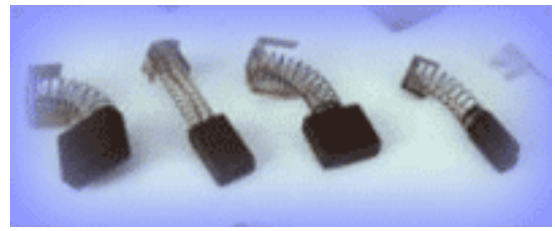
(1.1.5) ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

(1.1.5.1) แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์(Armature Croe)ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

(1.1.5.2) แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด(Torque)

(1.1.5.3) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์พื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้ว เรียกว่า ปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

(1.1.5.4) ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ละจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ



ภาพที่ 2.16 แปลงถ่าน

ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

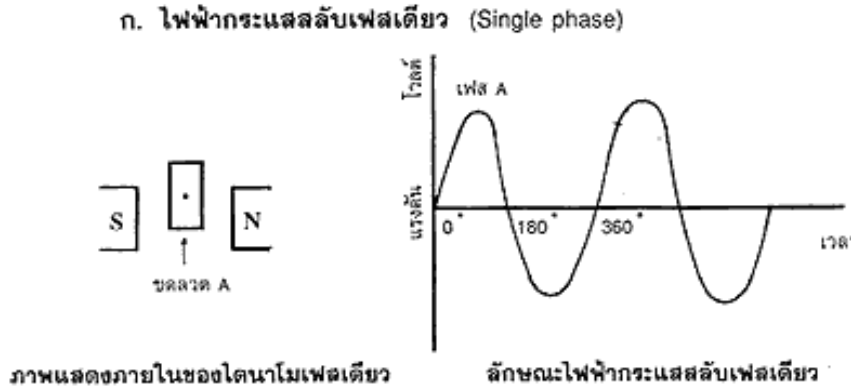
ภาพที่ 2.17 ซองแปลงถ่าน
ที่มา : (ต่อ) http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมพื้นผ้าในซองแปรงมีสปิงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแส และส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์ กังวงจรไฟฟ้าจากภายนอก คือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์มาเจอร์เกดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming’left hand rule)

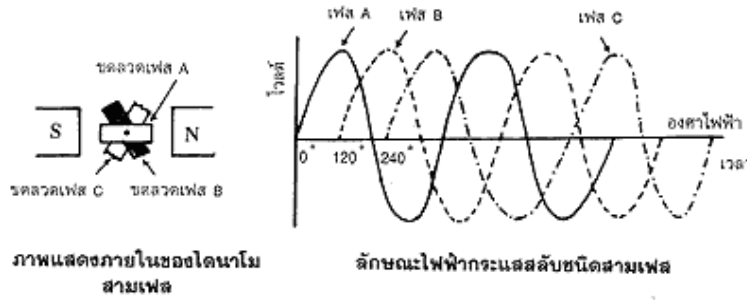
(1.2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) เป็นไฟฟ้ากระแสที่มีทิศทางการเคลื่อนที่สลับกัน โดยกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิดคือ ไฟฟ้ากระแสสลับ เฟสเดียว สองเฟส และสามเฟส ในปัจจุบันนิยมใช้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น

(1.2.1) ลักษณะการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ขดลวดชุดเดียวหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็ก เกิดแรงดักระแสไฟฟ้าทำให้กระแสไหลไปยังวงจรภายนอก โดยผ่านวงแหวนและแปลงถ่านดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าเมื่อออกแรงหมุนลวดตัวนำได้ 1 รอบ จะได้กระแสไฟฟ้าชุดเดียวเท่านั้น ถ้าต้องการให้ได้ปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ก็ต้องใช้ลวดตัวนำหลายชุดไว้บนแกนที่หมุน ดังนั้นในการออกแบบขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับถ้าหากออกแบบชุดขดลวดบนแกนให้เพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด แล้วจะได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.18(ต่อ) แสดงไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (Single Phase)
ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

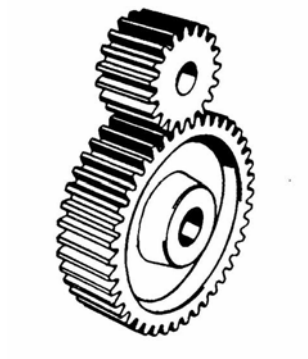
(1.2.1.1) ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase) เป็นการพัฒนามาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสองเฟส โดยการออกแบบจัดวางขดลวดบนแกนที่หมุนของเครื่องกำเนิดนั้น เป็น 3 ชุด ซึ่งแต่ละชุดนั้นวางห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในบ้านพักอาศัย ส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (SinglePhase)ระบบการส่งไฟฟ้าจะใช้ (วิทยาลัย อี.เทค. 2559 : ออนไลน์)



ภาพที่ 2.19 ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase)
ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/. (2559).[ออนไลน์]

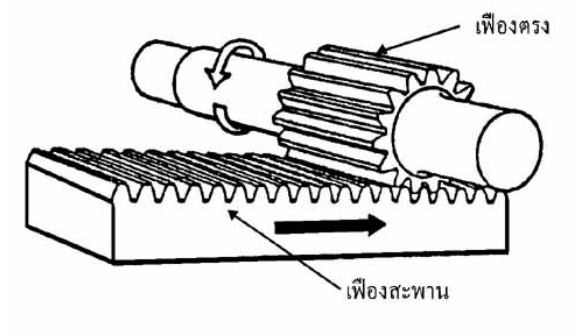
2.3.2.2 ศึกษาข้อมูลชนิดและลักษณะของการใช้งานของเฟืองและสายพาน

(1) เฟือง เฟืองที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะทำหน้าที่ส่งกำลังให้กับชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องจักรกลต่อไป เฟืองจะตรง ความตรงของฟันเฟืองจะขนานกับรูเพลา เฟืองตรงจะมีลักษณะ ดังรูป



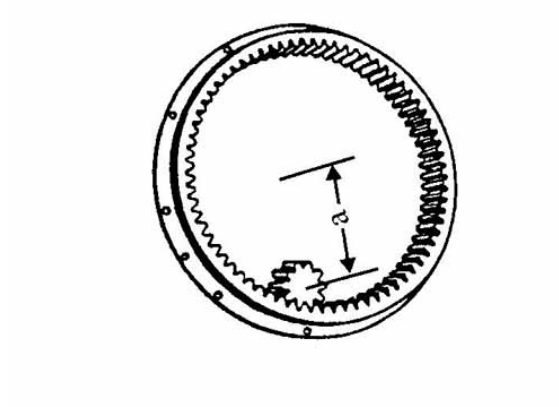
ภาพที่ 2.20(ต่อ) เฟืองตรง
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(1.1) เฟืองสะพาน (RACK GEARS) เป็นเฟืองตรงชนิดนี้ มีลักษณะรูปร่างยาวเป็นเส้นตรงเหมือนสะพาน ฟันเฟืองทำมุมกับลำตัว 90 องศา โดยประมาณ และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงเฟืองสะพานที่ใช้งานกันทั่วไปมีรูปร่างลักษณะ ดังรูป



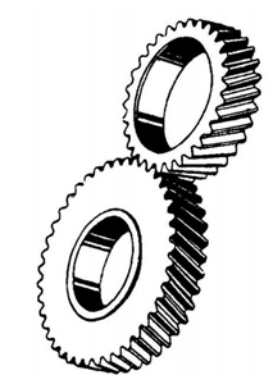
ภาพที่ 2.21 เฟืองสะพาน
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(1.2) เฟืองวงแหวน (INTERNAL GEARS) เป็นเฟืองตรงชนิดหนึ่งมีรูปร่างลักษณะกลมเช่นเดียวกับเฟืองตรง แต่ฟันเฟืองจะอยู่ด้านบนของวงกลม และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่มีขนาดเล็กกว่าขบอยู่ภายในเฟืองวงแหวนจะมีรูปร่างลักษณะ ดังรูป



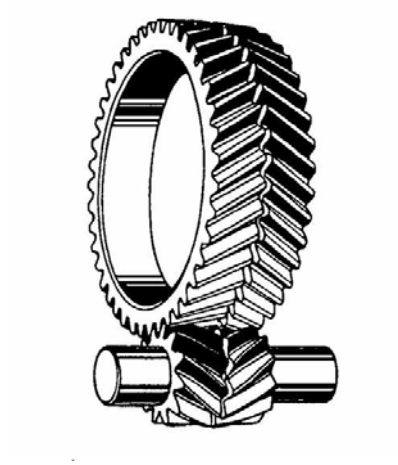
ภาพที่ 2.22(ต่อ) เฟืองวงแหวน
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/
(ต่อ) seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(1.3) เฟืองเฉียง (HELICAL GEARS) จะมีลักษณะรูปร่างคล้ายเฟืองตรง คือ จะเป็นล้อกลมเช่นกัน แต่เฟืองเฉียงฟันของเฟืองจะเอียงไปมุมทำที่ต้องการ อาจเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาขึ้นกับใช้การใช้งาน เฟืองเฉียงจะมีรูปร่างลักษณะ ดังรูป



ภาพที่ 2.23 เฟืองเฉียง
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/
seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(1.4) เฟืองเฉียงก้างปลา (HERRINGBONE GEARS) เป็นเฟืองที่มีลักษณะคล้ายกับเฟืองตรงแต่ของเฟืองจะเอียงสลับกันเป็นฟันปลาเฟืองชนิดนี้จะมีรูปร่าง ลักษณะ ดังรูป

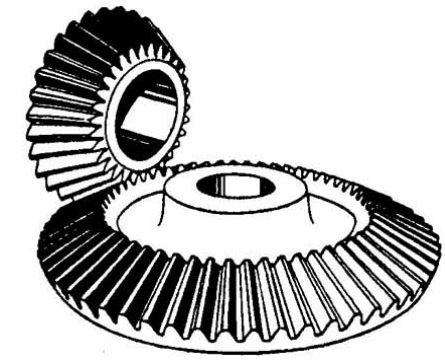


ภาพที่ 2.24(ต่อ) เฟืองเฉียงก้างปลา

ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/

(ต่อ) seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(1.5) เฟืองดอกจอก (BEVEL GEARS) ลักษณะของเฟืองคล้ายกับกรวย ฟันของเฟืองดอกจอกมีทั้งแบบตงและแบบเฉียง เฟืองดอกจอกมีลักษณะ ดังรูป



ภาพที่ 2.25 เฟืองดอกจอก

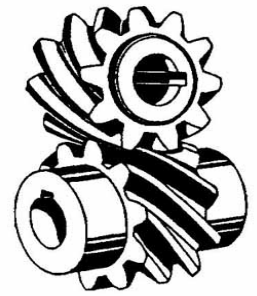
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/

seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(1.6) เฟืองหนอน (WORM GEARS) เป็นชุดเฟื่องประกอบด้วยเกลียวและเฟืองที่ใช้ในการส่งกำลัง รูปร่างลักษณะของเฟืองหนอนจะรูปร่าง ดังรูป

ภาพที่ 2.26(ต่อ) เฟืองหนอน
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

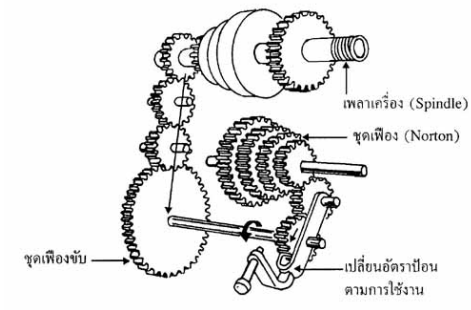
(1.7) เฟืองเกลียวสกรู (SPIRAL GEARS) เป็นเฟืองเกลียวที่ใช้ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุม 90 องศา เฟืองเกลียวชนิดนี้มีลักษณะ ดังรูป



ภาพที่ 2.27 เฟืองเกลียวสกรู
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

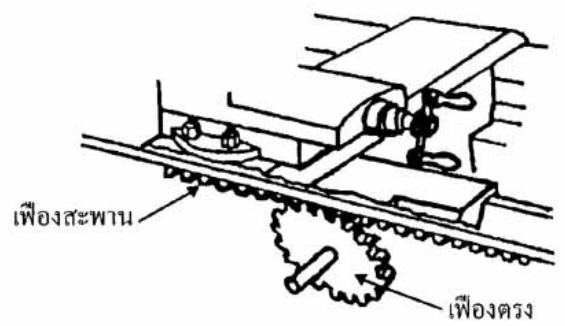
(2) หน้าที่ใช้งานของเฟือง เฟืองแต่ละชนิดมีหน้าที่หลักที่เหมือนกัน คือ ใช้ในการส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน แต่การใช้งานของเฟืองแต่ละชนิดจะมีหน้าที่รองต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

(2.1) หน้าที่การใช้งานของเฟืองตรง เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกัน เฟืองตรงเหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำ หรือความเร็วรอบปานกลางไม่เกิน 20 เมตร ต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดลองของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดลองของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่ำๆ ข้อดีของเฟืองตรงขณะใช้งานจะไม่เกินแรงในแนวแกน ประสิทธิภาพในการทำงานสูง หน้ากว้างของเฟืองตรงสามารถเพิ่มได้เพื่อให้เกิดผิวสัมผัสที่มากขึ้น เพื่อลดการสึกหรอให้น้อยลง ข้อเสียของเฟืองตรงขณะใช้งาน คือ ขณะที่เฟืองหมุนตัวอย่างการใช้งานของเฟือง ดังรูป



ภาพที่ 2.28 (ต่อ) การใช้งานของเฟืองตรง
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(2.2) หน้าที่การใช้งานของเฟืองสะพาน ในการใช้งานของเฟืองสะพาน(RACK) จะต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่ เรียกว่า พินเนียน(PINNION)เสมอก็จะสามารถทำการส่งกำลังได้ ลักษณะการใช้งานของเฟืองสะพาน ตัวอย่างเช่น เฟืองสะพานของเครื่องกลึงยันศูนย์ ที่ช่วยให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา หรือเฟืองสะพานของเครื่องเจาะที่ทำหน้าที่เคลื่อนเพลาเครื่องเจาะให้ขึ้นลง ดังรูป



ภาพที่ 2.29 การใช้งานของเฟืองสะพาน

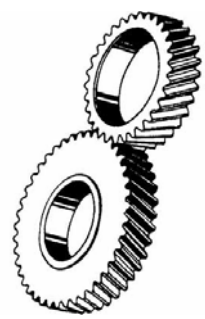
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(2.3) หน้าที่การใช้งานของเฟืองวงแหวน เฟืองชนิดนี้เป็นเฟืองเฉพาะอย่าง ที่ใช้งานกับเครื่องจักรกล เช่นเป็นเฟืองสำหรับปั๊มเฟืองสำหรับปั๊มน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ โดยที่เฟืองตัวเล็กที่อยู่ภายในเป็นตัวขับส่วนตัวใหญ่จะหมุนในลักษณะการเยื้องศูนย์ เพื่อดูดน้ำมันเครื่องส่งไปใช้งาน ดังรูป

ภาพที่ 2.30 การใช้งานของเฟืองวงแหวน

ที่มา : (ต่อ) http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(2.4) หน้าที่การใช้งานเฟืองเฉียง เฟืองเฉียงมีหน้าที่การใช้งานเหมือนกับเฟืองตรงทุกอย่าง แต่มีข้อดีกว่าเฟืองตรงทุกอย่าง แต่มีข้อดีกว่าเฟืองตรงที่เมื่อส่งกำลังด้วยความเร็วรอบสูงๆแล้วจะไม่เกิดเสียงเฟืองตรง ลักษณะการใช้งานของเฟืองเฉียง ดังรูป



ภาพที่ 2.31 การใช้งานของเฟืองเฉียง

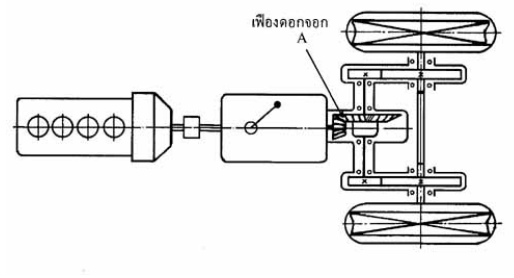
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

(2.5) หน้าที่การใช้งานของเฟืองก้างปลา เฟืองก้างปลาเป็นเฟืองที่ออกแบบมาเพื่อ ลบล้างแรงดันที่ปลายฟันเฟือง เนื่องจากเฟืองก้างปลาเป็นเฟืองเฉียงที่สร้างมาให้คู่ติดกัน เฟืองก้างปลาใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกันเท่านั้น ข้อดีของเฟืองชนิดนี้ คือ เฟืองจะเลื่อนออกจากกันไม่ได้ ลักษณะการใช้งาน ดังรูป

ภาพที่ 2.32 การใช้งานของเฟืองก้างปลา

ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

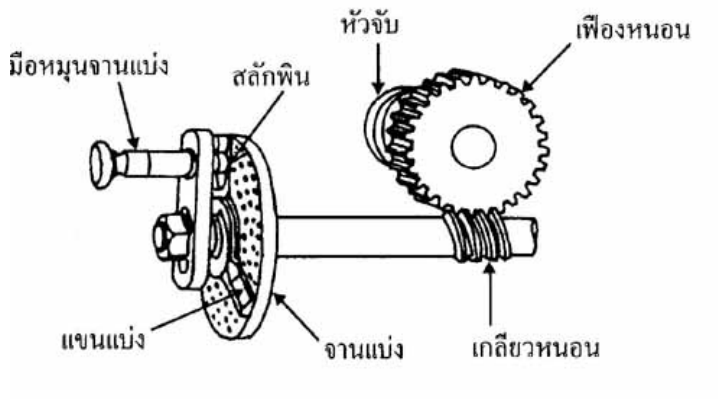
(2.6) หน้าที่การใช้งานของเฟืองตอกจอก เฟืองตอกจอกเป็นที่ใช้ส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางของเพลา หรือเพลาสามารถทำมุมได้ 90 องศา และเป็นเฟืองที่ให้กำลังในการส่งมาก ส่วนใหญ่เป็นเฟืองของรถยนต์ เฟืองเกียร์รถยนต์ ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 2.33 การใช้งานของเฟืองดอกจอก

ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

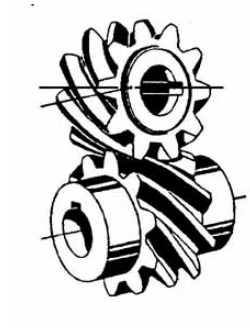
(2.7) หน้าที่การใช้งานของเฟืองหนอน เฟืองหนอนประกอบด้วยเกลียวหนอนเพื่อให้เฟืองหนอนส่งกำลังไป เฟืองหนอนเป็นการส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุมกัน 90 องศา เป็นการส่งกำลังจากความเร็วรอบสูงให้มาเป็นความเร็วรอบต่ำ การส่งกำลังของชุดเฟืองหนอนของชุดหัวแบ่งเพื่อเฟืองของเครื่องกัด ลักษณะการใช้งาน ดังรูป



ภาพที่ 2.34 การใช้งานของเฟืองหนอน

ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์].

(2.8) หน้าที่การใช้งานเฟืองสกรูเกลียว เป็นเฟืองที่ทำหน้าที่ใช้เพื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางของเพลาให้ทำมุมกัน 90 องศา คล้ายกับชุดเฟืองหนอน แต่สามารถส่งกำลังได้น้อยเนื่องจากด้านข้างของฟันมีพื้นที่สัมผัสกันน้อยมาก สามารถให้อัตราทดได้ระหว่าง 1 ถึง 5 ลักษณะการทำงาน(นานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว และ สุทิน จิตร์เจริญ. 2537 : 112-132)



ภาพที่ 2.35 การใช้งานเฟืองสกรูเกลียว
ที่มา : http://1.179.134.197/stem/seabirds/teacher/lesson3/seabird_lesson3/seabird08.php. (2558).[ออนไลน์]

2.3.2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุมีดกลึง มีดกลึง (Cutting Tool)คือ เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานให้เป็นรูปร่างต่างๆ

(1) คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุมีดกลึง (Tool Material)

- ความสามารถต้านทานการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำ
- ทนทานต่อการขัดสี และมีความเหนียวแน่น เพียงพอที่จะต้านทานการแตกร้าวได้ ชุดเครื่องมืออาจทำขึ้นจากวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิด เพื่อวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน เช่น การกลึงขนาดชิ้นงานที่ต่างกัน จำต้องใช้เครื่องมือที่ต่างกัน

(2) วัสดุหลักที่ใช้ในการทำมีดกลึง

ภาพที่ 2.36(ต่อ) เหล็กกล้าคาร์บอนสูง
ที่มา : http://www.ptsc.co.th. (2559).[ออนไลน์]

(2.1) เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) ใช้กันในช่วงที่ยังไม่มีการค้นพบเหล็กกล้าความเร็วสูง โดยวัสดุนี้จะมีปริมาณคาร์บอน 0.8% – 1.20% จึงสามารถ

ทำการชุบแข็งได้ดีและด้วยกรรมวิธีทางความร้อนที่เหมาะสมอาจเพิ่มความแข็งของมันจนมีค่าใกล้เคียงกับเหล็กกล้าความเร็วสูงต่างๆ หรืออาจทำให้มีความเหนียวแน่นได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตามเหล็กกล้านี้มีความสามารถในการชุบแข็งหรือความลึกในการชุบแข็งต่ำและจะสูญเสียความแข็งที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศา ดังนั้นจึงถูกจำกัดใช้เฉพาะเครื่องมือตัดขนาดเล็กที่มีความเร็วไม่เกิน 0.15 m/s (ไม่เหมาะสมในการตัดด้วยความเร็วสูง หรือใช้ในงานหนัก) แต่จะใช้ในการปฏิบัติกับวัสดุอ่อน และใช้ควบคู่กับสารหล่อเย็น (Coolant)

(2.2) เหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel: HSS) หรือเหล็กรอบสูง จะมีส่วนประกอบของโลหะผสมพื้นฐาน เช่น คาร์บอน (Carbon) 7%, โครเมี่ยม (Chromium) 4%, ทังสเตน (Tungsten), วานาเดียม (Vanadium), โมลิบดีนัม (Molybdenum), โคบอลต์ (Cobalt) มีความสามารถในการชุบแข็งได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถรักษาสภาพของคมตัดที่ดีไว้ได้จนถึงอุณหภูมิประมาณ 650 องศา ซึ่งสภาพนี้เป็นคุณสมบัติในด้านความต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงหรือความแข็งขณะร้อนแดง (red hardness) อันเป็นคุณสมบัติที่ต้องการมากที่สุดในเครื่องมือตัดต่างๆ โดยเหล็กกล้าทำเครื่องมือตัดชนิดแรกที่มีคุณสมบัติดังกล่าถูกพัฒนาขึ้นโดย Frederick W. Taylor และ M. White ในปี ค.ศ. 1900 ซึ่งทำโดยการเติมทังสเตน (Tungsten) 18% และโครเมี่ยม 5.5% ลงเป็นธาตุผสมในเหล็กกล้า ส่วนผสมนี้สืบทอดมาจนถึงHighSpeed5ปัจจุบัน 3 เหล็กกล้าความเร็วสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

(2.2.1) เหล็กกล้าความเร็วสูง 18-4-1 เหล็กกล้าชนิดนี้ประกอบด้วยทังสเตน 18% โครเมี่ยม 4% และวานาเดียม1% จัดได้ว่าเป็นเหล็กกล้าที่ใช้ทำเครื่องมือได้เอนกประสงค์ที่ดีที่สุดตัวหนึ่ง

(2.2.2) เหล็กกล้าความเร็วสูงจากพลวง (Molybdenum High Speed Steel) เหล็กกล้าความเร็วสูงจำนวนมากจะใช้พลวงเป็นธาตุผสมหลัก เนื่องจากหนึ่งส่วนผสมของมันจะใช้แทนทังสเตนได้ถึงสองส่วนเหล็กกล้าความเร็วสูงจากพลวง 6-6-4-2 ประกอบด้วยทังสเตน6% พลวง6% โครเมี่ยม4% และวานาเดียม2% มีคุณสมบัติในด้านความเหนียวแน่นและความสามารถในการตัดที่ดีเยี่ยม

(2.3.3) เหล็กกล้าความเร็วสูงพิเศษ เป็นเหล็กกกล้ารอบสูงที่มีการเติมโคบอลต์ลงไปในช่วง 2% – 5% เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูง ตัวอย่างในส่วนผสมหนึ่งในเหล็กกล้าชนิดนี้ ได้แก่ ส่วนธาตุผสมที่ประกอบด้วยทังสเตน 20% โครเมี่ยม 4% วานาเดียม 2% และโคบอลต์ 12% ซึ่งจะใช้เฉพาะการตัดขนาดหนักที่จะต้องต้านทานกับแรงดันและอุณหภูมิสูงเนื่องจากราคาของวัสดุนี้จัดว่าสูงมาก

(2.2.4) Cast_Nonferrous_Alloys_cutting_toolโลหะผสมหล่อนอกกลุ่มเหล็ก (Cast Nonferrous Alloys) โลหะผสมนอกกลุ่มเหล็กจำนวนมากประกอบด้วยส่วนผสมหลัก โครเมี่ยม โคบอลต์ และทังสเตน กับธาตุผสม เช่นแทนทาลัม(Tantalum) พลวง หรือโบรอน (Boron) ซึ่งเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับทำเครื่องมือตัด เมื่อหล่อให้เข้ารูปแล้ววัสดุ

จะมีความแข็งขณะร้อนแดงสูง และสามารถรักษามุมตัดที่ดีไว้ได้จนถึงอุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับเหล็กกล้าความเร็วสูงมันจะสามารถใช้ได้ที่อัตราเร็วตัดสูงกว่าถึง 2 เท่าที่อัตราการป้อนเดียวกัน แต่มีความเปราะมากกว่า ไม่ตอบสนองต่อกรรมวิธีทางความร้อนและทำการตัดปาดได้ด้วยการเจียรนัยเพียงวิธีเดียวเท่านั้น เครื่องมือตัดที่มีรูปร่างซับซ้อนสามารถขึ้นรูปได้โดยการหล่อในแม่แบบเซรามิคส์ หรือโลหะแล้วทำผิวสำเร็จโดยการเจียรนัย คุณสมบัติของชิ้นงานภายหลังการหล่อจะแปรไปตามระดับของการหล่อเย็นที่เนื้อวัสดุได้รับในระหว่างการหล่อ ซึ่งส่วนผสมของเนื้อวัสดุเหล่านี้จะอยู่ในช่วงของทังสเตน 12% – 25% โคลอบต์ 40% – 50% และโครเมี่ยม 15% – 35% ร่วมกับธาตุที่ทำให้เกิดการก่อตัวของคาร์ไบด์ เช่นคาร์บอนในช่วง 1% – 4% คุณสมบัติที่ได้คือ มีความต้านทานต่อการเกิดแอ่งและความต้านทานต่อการกระแทก ส่วนในด้านของประสิทธิภาพในการตัดนั้นจะอยู่ระหว่างเหล็กกล้าความเร็วสูง และเหล็กกล้าคาร์ไบด์

(2.2.5) Carbide คาร์ไบด์ (Carbide หรือ Cemented Carbide / Sintered Carbide) มีดเล็บคาร์ไบด์ (Carbide Cutting Tool) ทำขึ้นจากผงโลหะของทังสเตนคาร์ไบด์ และโคบอลต์ ซึ่งถูกอัดให้มีรูปร่างตามต้องการแล้วนำเข้าสู่กระบวนการกึ่งยึดเหนี่ยวในเตาซึ่งมีบรรยากาศของไฮโดรเจนที่อุณหภูมิ 1550 องศา จากนั้นจึงทำผิวสำเร็จโดยการเจียรนัย เครื่องมือคาร์ไบด์นี้มีส่วนผสมของทังสเตนคาร์ไบด์ประมาณ 94 % และโคบอลต์ 6 % เหมาะสมกับการตัดปาดเหล็กหล่อและวัสดุอื่นๆจำนวนมากยกเว้นเหล็กกล้า เนื่องจากเศษตัดจะยึดติดหรือเชื่อมตัวเข้ากับผิวหน้าคาร์ไบด์และผังตัวลงในเครื่องมือตัดอย่างเร็ว อย่างไรก็ตามข้อบกพร่องนี้อาจแก้ไขได้โดยการเติมไททาเนียมและแทนทาลัมคาร์ไบด์ เข้าผสมพร้องกันกับเพิ่มปริมาณของโคบอลต์ ซึ่งในเครื่องมือตัดของคาร์ไบด์ที่เหมาะแก่การปฏิบัติสำหรับเหล็กล้าจะประกอบไปด้วย ทังสเตนคาร์ไบด์ 82% ไททาเนี่ยมคาร์ไบด์ 10% และโคบอลต์ 8% มีค่าสัมประสิทธิ์ต่ำเหมาะสมกับการปฏิบัติการทั่วไปคาร์ไบด์ มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถคงทนต่ออุณหภูมิสูงกว่า 1200 องศา และเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่แข็งที่สุดเท่าที่ผลิตขึ้นได้ และยังมีความแข็งแรงทางด้านแรงอัดสูง แต่มีข้อเสียในด้านที่มีความเปราะสูง มีความต้านทานต่อการกระทบกระแทกต่ำ และต้องการฐานรองรับอย่างมั่นคงแข็งแรงเพื่อป้องกันการแตกร้าว ทั้งยังทำการเจียรนัยได้อย่างลำบาก เฉพาะกับล้อขัดซิลิกอนคาร์ไบด์หรือเพชรเท่านั้นโดยจะต้องรักษามุมห่าง (Clearance Angle) ไว้ให้ต่ำที่สุด เครื่องมือตัดคาร์ไบด์จะสามารถทำการตัดด้วยอัตราเร็ว 2 – 3 เท่า ของเครื่องมือตัดจากโลหะผสมหล่อแต่ในอัตราการป้อนที่น้อยกว่ามาก เครื่องมือคาร์ไบด์จึงมีประสิทธิ์ภาพการทำงานสูง โดยเครื่องจักรสำหรับเครื่องมือคาร์ไบด์จะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง มีกำลังพอเพียงและมีช่วงของการป้อน และอัตราเร็วรอบที่เหมาะสม ทังสเตนคาร์ไบด์ที่มีความละเอียดของเกรนสูง (Micrograin Carbide) มีความแข็งแรงสูง ใช้งานในที่ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตัดคาร์ไบด์ปกติ เนื่องจากอัตราเร็วดัดที่ใช้มีค่าต่ำจนเกินไป ซึ่งเครื่องมือตัดโดยทั่วไปไม่สามารถทานต่อการสึกหรอได้ รวมทั้งปฏิบัติการขึ้นรูปหรือการตัดขาดเครื่องมือคาร์ไบด์อาจเคลือบด้วยชั้นตัวประสาน (Bonded layer) ที่ขนาดความหนา 0.05-0.08 มม. ของไททาเนี่ยมคาร์ไบด์ อลูมินัมออกไซด์ (Aluminum Oxide) หรือไทนาเนี่ยมไนไตรด์ (Titanium Nitride)

เพื่อลดความร้อนจากการวิ่งผ่านของเศษตัดบนเครื่องมือ อย่างไรก็ดีเครื่องมือตัดที่มีการเคลือบนี้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีสะเก็ดมากหรือมีทรายเจือปนอยู่

(2.2.6) เพชร (Diamond) เพชรใช้เป็นเครื่องมือตัดคมเดี่ยวสำหรับการตัดขนาดเบาะที่อัตราเร็วสูง ซึ้งต้องมีการรองรับอย่างมั่นคงแข็งแรงเนื่องจากวัสดุเพชรมีความแข็งและเปราะสูงมากเป็นพิเศษ รูปแบบของการใช้งานคือ ใช้ในการตัดปาดวัสดุที่มีความแข็งจนยากต่อการปฏิบัติการด้วยเครื่องมืออื่น ๆ ทั้งยังต้องการความแม่นยำและผิวสำเร็จที่ดีเยี่ยมหรือใช้ในการตัดขนาดเบาที่ความเร็วสูงสำหรับวัสดุอ่อนกว่า เช่น การตัดปาดพลาสติก ยางแข็ง คาร์บอนอัด และอลูมินัมที่อัตราเร็วตัด 5-25 เมตรต่อวินาที รวมทั้งสามารถใช้ในการตบแต่งล้อหินเจียรนัย แม่แบบดึงลวดขนาดเล็ก การเจียรนัยและการขัดถูจำเพาะอย่าง มีความทนทานกว่าคาร์ไบด์ถึง 10 เท่า (400 ชิ้นงาน)

(2.2.7) Ceramic_cutting_tool_2 เซรามิคส์ (Ceramic) เป็นส่วนผสมของผงอลูมินัมออกไซด์และสารตัวเดิมจำพวก ไททาเนียม (Titanium) แมกนีเซียม (Magnesium) หรือโครเมี่ยมออกไซด์ (Chromium Oxide) รวมตัวประสานที่นำผ่านเข้าขบวนการทำมีดเล็ก (Cutting Tool Insert) ตัวมีดเล็บที่ได้อาจยึดเข้ากับฐานมีดได้ทั้งโดยการใช้ตัวบีบจับ (Clamp) หรือการใช้อีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin) โดยสมบัติของมีดเล็บคือมีความแข็งแรงในด้านการรับแรงอัดสูงเป็นอย่างยิ่งแต่ค่อนข้างเปราะ ดังนั้นมีดเล็บจึงต้องมีค่ามุมคายเป็นลบในช่วง 5-7 องศา เพื่อความแข็งแรงเช่นเดียวกับฐานการรองรับซึ่งต้องทำอย่างแน่นหนาเครื่องมือตัดซิลิกอนไนไตรด์ (Silicon Nitride) ซึ่งมีชื่อรหัสเป็น S-8 จะใช้ในการตัดปาดเหล็กหล่อวัสดุจากเซรามิกส์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานถึง 1,500 ชิ้นงานเหล็กหล่อในขณะที่เครื่องมือทังสเตนคาร์ไบด์เคลือบผิวมีอายุงานเพียง 250 ชิ้นงาน(PTSC. 2559 : ออนไลน์)

2.3.3 ข้อมูลวัสดุ และข้อมูลวิธีการผลิตที่ใช้ในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

2.3.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุที่ใช้ที่ใช้ทำเครื่องจักร

(1) มีความแข็งแรงที่พอเพียง ความแข็งแรงต่อแรงดึงและแรงกดมีค่าสูง ค่าสัมประสิทธิ์ยืดหยุ่นมีค่าสูง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหุ่นมีค่าสูง มีค่าความแข็งแกร่ง แตกหักได้ยาก ความแข็งแรงต่อความล้ามีค่าสูง และทนต่อการกัดกร่อน

(2) คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ความหนาแน่น อัตราการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ความสามารถในการนำความร้อน ความสามารถในการนำไฟฟ้า จุดหลอมละลาย เป็นต้น

(2.1) วัสดุที่ใช้ในเครื่องจักรส่วนใหญ่มกเป็นโลหะ โดยเป็นกลุ่มของเหล็กมากที่สุด เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก มีความแข็งแรงสูง ปรับแต่งได้ง่าย และอาจใส่ส่วนผสมของวัสดุอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพของเหล็ก ส่วนการเลือกวัสดุนั้นก็อาจขึ้นอยู่กับกรณีการใช้งาน กรณี

ที่ต้องการความเบา ควรใช้วัสดุอะลูมิเนียม อะลูมิเนียมก็สามารถเพิ่มความแข็งแรงและความแข็งแกร่งได้โดยการใส่สารประกอบหรือการขึ้นรูปด้วยความร้อนได้เช่นเดียวกัน

(2.2) ทองแดงมีคุณสมบัติที่สามรถนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี ดังนั้นจึงถูกใช้ในงานที่ต้องการใช้ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เช่น ใช้ในเตาที่มีตัวทำความร้อนอยู่ภายใน

(2.3) พลาสติกเป็นวัสดุที่เบาที่สุด (คามถ่วงจำเพาะมีค่า 1-2) แต่ความแข็งแรงมีค่าต่ำ ดั้งนั้นมักไม่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้าง แต่ในกรณีที่ต้องการความเบาพิเศษ เช่นในเครื่องบิน สามารถนำไปผสมกันเส้นใยคาร์บอนหรือเส้นใยแก้วได้ พลาสติกจะมรความอ่อน ผิวสัมผัสดี และมีวามโปร่งใส จากคุณสมบัติพิเศษเหล่านี้จึงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบภายนอก ใช้ในส่วนที่มีการเคลื่อนที่ หรือส่วนที่ต้องการความโปร่งใส

2.3.3.2 วัสดุประเภทโลหะ

(1) คุณสมบัติทั่วไปของโลหะ

(1.1) Hardness ความแข็งของโลหะ โลหะแต่ละชนิดมีความแข็งไม่เท่ากัน เพราะโลหะจะทำให้อ่อนหรือแข็งได้โดยวิธี

(1.1.1) Wok hardening การทุบ การอัด

(1.1.2) Heat treating โดยใช้ความร้อน

(1.2) Brittleness ความเปาะของโลหะ โลหะแต่ละอย่างมีไม่เท่ากัน ความแข็งความเปราะมีความเกี่ยวโยงกัน แข็งมากก็เปราะมาก

(1.3) Malleability จะตีหรือม้วน ดัดแปลงได้ง่าย

(1.4) Ductility ความอ่อนตัวของโลหะทำให้สามารถยืดได้

(1.5) Elasticity มีความยืดหยุ่นในตัวเอง สามารถกลับคืนรูปเดิมได้

(1.6) Fusibility การหลอมเหลวสามารถทำให้การเชื่อมมีประสิทธิภาพ

(1.7) Mach inability ความเหมาะสมในการใช้เครื่องจักร เช่น เครื่องมือกลซึ่งทำจากโลหะ

(2) การทดสอบคุณสมบัติของโลหะ

(1.1) ทดสอบด้วยการดึง

(1.2) ทดสอบในการหดแรงอัด เหล็กจะทนกว่าทองแดง

(1.3) ทดสอบโดยการรับแรงเฉื่อยมากน้อยเพียงใด

(1.4) การรับแรงกระทบ การตีโลหะด้วยค้อนตามแนวนอน

(1.5) ทนต่อแรงล้า

(3) โลหะที่ใช้ผสม

(1.1) นิเกิล (Nical) ผสมเพื่อเพิ่มความแข็ง, ความเหนียว ไม่เป็นสนิมง่าย

(1.2) โครเมียม เพื่อความแข็ง, เหนียว, ยืด ใช้ในการทำ Gear, เพลาจะใช้ chrom-nical

(1.3) Tangatain ใช้ร่วมกับโครเมียม หรือ Vanadium หรือ Molybdenum ใช้ในการทำ High speed steel ใช้ทำ Harding tool ดอกสว่าน เครื่องมือกล

(1.4) Molybdenum เพิ่มความเหนียวแข็ง

(1.5) Vanadium เพิ่มโลหะให้มี fread มากขึ้น

(1.6) Tangatain ใช้ร่วมกับโครเมียม หรือ Vanadium หรือ Molybdenum ใช้ในการทำ High speed ใช้ทำ steel harding too ดอกสว่าน เครื่องมือกล

(1.7) Vanadium เพิ่มให้โลหะให้มี grade มากขึ้น ใช้ทำอุปกรณ์ที่ต้องการความเหนียวเป็นพิเศษ เช่น Gear เพลาใช้ร่วมกับโครเมียม เป็น chrome vanadium steel จะแข็งมากทนต่อการบิดตัวอย่างกะทันหันได้ดี

(4) โลหะแผ่น โลหะแผ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการทำงานแต่ละประเภทจำเป็นต้องศึกษาและเลือกใช้วัสดุหรือโลหะให้เหมาะสมกับคุณภาพของงาน และคุณสมบัติของโลหะด้วย จึงทำให้ผลงานที่ได้เป็นที่น่าพอใจ และมีคุณค่ามายิ่งขึ้นโลหะแผ่นที่นำมาใช้งานส่วนมากได้แก่ เหล็ก ซึ่งรัดออกมาเป็นแผ่นๆมีขนาดความหนาหลายขนาดต่างๆ กัน และยังมีการเคลือบผิวด้วยโลหะต่างๆอาทิ เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

(4.1) โลหะแผ่นโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- โลหะแผ่นเปลือย
- โลหะแผ่นเคลือบ

(4.1.1) โลหะแผ่นเปลือย ส่วนมากจะเป็นโลหะแผ่นประเภทไม่ใช่เหล็ก เช่น แผ่นทองแดง แผ่นอลูมิเนียม และแผ่นทองเหลือง เป็นต้น

(4.1.2) โลหะแผ่นเคลือบ ส่วนมากเป็นโลหะประเภทเหล็กและนำไปเคลือบด้วยผิวโลหะ ตามที่ต้องการ เช่น เหล็กอาบสังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกร่อน ซึ่งจะทำให้โลหะนั้นมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น ดังนั้น การใช้งานโลหะแผ่นเคลือบโลหะกับแผ่นเปลือย จึงต่างกันมาก การนำโลหะแผ่นไปใช้งานอื่นๆ เช่น นำไปเชื่อม ขัดผิว ตะไบ หรือกระบวนการอื่นๆแต่สำหรับโลหะเคลือบแล้ว ผิวหน้าของงานไม่ควรได้รับอันตรายใดๆเลย เพราะหากผิวของโลหะเสียหาย โลหะที่เคลือบผิวอยู่หลุดออกไปแล้ว จะเป็นเหตุให้โลหะนั้นสูญเสียคุณสมบัติในด้านของความทนทาน และการกัดกร่อนได้ง่าย

(4.2) ขนาดน้ำหนักของโลหะแผ่น น้ำหนักของโลหะแผ่นโดยทั่วไปจะมีหน่วยวัดเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต โลหะแต่ละชนิดก็จะมีน้ำหนักแตกต่างกันออกไป ตามความถ่วงจำเพาะของโลหะนั้นๆดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงน้ำหนัก (ออนซ์/ตารางฟุต) ของโลหะแผ่นชนิดต่าง ๆ

ขนาด	เหล็กรีดเย็น	เหล็กเคลือบ	อลูมิเนียม	สแตนเลส	ทองแดง
30	0.550	0.656	0.141	0.525	-
28	0.625	0.781	0.177	0.656	-
26	0.750	0.906	0.224	0.788	14
24	1.000	1.156	0.282	1.050	16
22	1.250	1.406	0.352	1.313	20
20	1.500	1.656	0.451	1.575	28
18	2.000	2.156	0.563	2.100	36
16	2.500	2.656	0.718	2.625	48

(4.2) ข้อดีและข้อเสียของโลหะ (เหล็ก)

(4.2.1) ข้อดี

- หาซื้อง่าย
- ราคาถูก
- ตกแต่งและขึ้นรูปได้ดี

(4.2.2) ข้อเสีย

- เป็นสนิมง่าย
- มีน้ำหนักมาก
- ไม่ทนทานต่อสารเคมีบางชนิด

2.3.3.3 อลูมิเนียมที่นิยมใช้

(1) A1050-H24 เป็นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ 99.5% ใช้มากในลักษณะเป็นแผ่นวัสดุสัญลักษณ์ H24 หมายถึงกระบวนการทางความร้อนซึ่งทำโดยผู้ผลิต การสั่งวัสดุจะต้องเจาะจงสัญลักษณ์กระบวนการทางความร้อนนี้ แรงต้านทานมีค่ามากกว่า 75 Mpa ความแข็งแรงต่อการดึงมีค่า 95-125 MPa เนื่องจากเป็นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์จึงมีความแข็งแรงต่ำสามารถเชื่อมติดได้ดีและมีความทนทานต่อการสึกกร่อน เหมาะในการใช้เป็นวัสดุเคลือบภายนอก หรือใช้บริเวณที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก สามารถใช้ทำโครงสร้างที่ต้องมีการ เชื่อมได้

(2) A2017-T4 หรือที่เรียกว่า duralumin เป็นโลหะผสมของอะลูมิเนียมและทองแดง แรงต้านทานมีค่ามากกว่า 245 MPa ความแข็งแรงต่อการดึงมีมากกว่า 345 MPa ซึ่งมี

ค่าใกล้เคียงกับความแข็งแรงของ SS400 นำมาใช้เป็นวัสดุโครงสร้างนอกจากนี้ยังมี duralumin ที่มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ A2024-T4 และ A7075-T6 ซึ่งเป็น super duralumin ง่ายต่อการปรับแต่งโดยการตัดเนื้อ แต่ไม่เหมาะสำหรับงานเชื่อม

(3) A5052-H34 (วัสดุแผ่น) A5056-H112 (แท่งกลม) เป็นโลหะผสมของอลูมิเนียมและแมกนีเซียม ความแข็งแรงไม่มากเท่า duralumin แต่สามารถใช้ในงานเชื่อมได้ดี จึงถูกใช้ในโครงสร้างที่มีการเชื่อมที่ต้องการความแข็งแรง(ทาเคชิ, โยเนะมามะ. 2548 : 206)

2.3.3.4 เหล็ก เหล็กบริสุทธิ์มีความเหนียว อ่อนตัวสูง มีความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20˚C เท่ากับ 7.87 กรัม/ลบ.ซม หลอมเหลวที่ 1539˚C และจะเดือดเป็นไอที่ 2540˚C ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย 65 แคลลอรี่/กรัม ถ้าอุณหภูมิของเหล็กสูง 768˚C แม่เหล็กจะดูดไม่ติดทั้งนี้เหล็กมีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่งคือ มีความสามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ดี จึงไม่มีคุณสมบัติในการต้านทานสนิมชนิดของเหล็กที่ผลิตออกมาสู่ตลาด ได้แก่

(1) เหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบ มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เหล็กหล่อสีขาว สีเทา คุณสมบัติทั่วไปของเหล็กมีความแข็งสูงมาก จนเปราะแตกง่าย และเหล็กหล่อเหนียวมาก ส่วนเหล็กหล่อพิเศษจะมีความเหนียวมาก สามารถรับแรงได้สูง

(2) เหล็กอ่อน สามารถเป็นรูปได้ง่าย

(3) เหล็กกล้ามี 3 ชนิดคือ

(3.1) เหล็กกล้าชนิดอ่อน ได้แก่ เหล็กเส้นก่อสร้าง ตะปู ตัวถังรถยนต์

(3.2) เหล็กกล้าปกติ ใช้ทำเครื่องมือช่างไม้ เครื่องจักรรถเทรคเตอร์

(3.3) เหล็กกล้าแข็ง ใช้ทำมีดกลึง ตะไบ

(4) เหล็กสกัดเหล็กคาร์บอนและเหล็กผสม มีความแข็งแกร่งมากน้อยแล้วแต่ส่วนผสมในเนื้อเหล็ก เช่น มีส่วนผสมของ

(4.1) คาร์บอน ทำให้แข็งแรง

(4.2) นิเกิล ทำให้เหนียว แข็ง ทนความร้อน

(4.3) โครเมียม ช่วยป้องกันสนิม

(4.4) แมงกานิส ช่วยทำให้แข็งแรง ทนแรงกระแทกและสึกหรอ

รูปแบบของเหล็กที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

- เหล็กเส้นกลมตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 3/16 - 9 นิ้ว ยาว 6 เมตร
- เหล็กแผ่นหนา 1/32 - 4 นิ้ว ขนาด 1.2 - 2.4 เมตร
- เหล็กกลวงรูปสี่เหลี่ยมกว้าง $\frac{1}{4}$ - $4\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 6 เมตร
- เหล็กกลมกลวง เส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 6 เมตร
- เหล็กมีดหนา $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ นิ้ว กว้าง $\frac{1}{4}$ - 4 นิ้ว ยาว 6 เมตร

- เหล็กรูปตัว U และ L

(5) เหล็กท่อ เป็นเหล็กที่รีดเป็นแผ่นแล้วนำมาพับหรือม้วนเป็นท่อตามความต้องการในการใช้งานเหล็กหล่อถูกสร้างมาให้ใช้งานในด้านเป็นโครงสร้างเหล็กกล้าในการผลิตตามมาตรฐานของอังกฤษ เหล็กหล่อที่ใช้งานพิเศษอาจจะผสมธาตุอื่นเข้าไป เช่น ผสมคาร์บอนเหล็กที่นำมาพิจารณาใช้ได้แก่

(5.1) ท่อเหล็กแป๊ป ท่อเหล็กกล้าประเภทนี้ทำจากเหล็กกล้าตามมาตรฐานอังกฤษ ที่มีความต้านทานต่อแรงดึงตั้งแต่ 33 - 47 กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร และได้ตรวจสอบจากแรงอัดของเหลวมีความต้านทานถึง 50 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรหรือประมาณ 700 ปอนด์/ตารางนิ้ว ท่อเหล็กกล้าชนิดนี้มีทั้งชนิดชุบสังกะสีและไม่ชุบสังกะสี มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ “จนถึง 6” ทั้งชนิดธรรมดา และหนา มีความยาวท่อละ 6 เมตร และท่อเหล็กกล้าชนิดชุบสังกะสีมีเกลียวทั้งสองข้างและทำตามมาตรฐานของอังกฤษและเกลียวทั้งสองข้างจะมีต่อข้างหนึ่ง ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั่วไป เช่น ในการลำเลียงน้ำมัน แก๊สและไอน้ำ การประปา การชลประทาน หรือประจุใช้เป็นโครงสร้างทั่วไปก็ได้

(5.2) ท่อเหล็กกล้าเฟอร์นิเจอร์ ท่อเหล็กกล้าเฟอร์นิเจอร์ สำหรับใช้ในการเฟอร์นิเจอร์และงานโครงสร้างทั่วๆไปมีทั้งชนิดกลมและชนิดเหลี่ยม ทำจากเหล็กรีดเย็นที่มีคุณภาพสูง ผิวท่อเรียบสวยงามทำให้สามารถชุบโครเมียมได้อย่างดี และง่ายต่อการตัดโค้งได้ถึง 90 โดยไม่ทำผิวหน้าแตกหรือเสียหายแต่อย่างไร จึงเหมาะสำหรับใช้งานเฟอร์นิเจอร์และวงการทั่วไปท่อนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด “ถึง 3” และความหนา 0.9 ม.ม. ถึง 3.2 ม.ม.ตามตารางที่ 2.3 มิติสัดส่วนของเหล็กทรงกลม

ตารางที่ 2.3 มิติสัดส่วนของเหล็กทรงกลม

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (*D*) มม.	ความหนา (*D*) มม.	น้ำหนัก (T) มม.	พื้นที่ภาคตัดขวาง (A) ตร.ซม.
15	21.3	2.0	0.95	1.21
20	26.9	2.3	1.40	1.78
25	33.7	2.6	1.99	2.54
32	42.4	2.6	2.55	3.25
40	48.3	2.9	3.25	4.14
50	60.3	2.9	4.11	5.23
65	16.1	3.2	5.75	7.33
80	88.9	3.2	6.76	8.62
100	144.3	3.6	9.83	12.52
		4.5	12.19	15.52
125	139.7	4.0	13.39	17.05
		5.0	17.30	21.19
150	165.1	4.5	17.82	22.70
		6.0	25.05	30.00
175	193.7	5.0	23.27	29.64
		6.0	27.77	35.38

(6) ชนิดของเหล็กที่นิยมใช้ ความแข็งแกร่งของเหล็กขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนหรือสารประกอบอื่นๆ ที่ใส่ลงไป นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการขึ้นรูปความร้อนอีกด้วย เหล็กที่นิยมใช้เป็นวัสดุในเครื่องจักรกลมีดังต่อไปนี้

(6.1) SS400 (ชื่อเดิมSS41) เหล็กที่นิยมใช้มากที่สุดคือเหล็กกล้า SS400 เหล็กที่เป็นที่ต้องการใช้เกินกว่าครึ่งคือ เหล็ก SS400 อักษร SS ย่อมาจาก steel structure หรือ เหล็กโครงสร้าง ตัวเลข 400 หมายถึง ความแข็งแรงต่อการดึงมีค่าสูงกว่า 400 MPa (41 kgf/mm2) จุดยินยอมมีค่าสูงกว่า 245 MPa (25 kgf/mm2) มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ 0.1% ดังนั้นจึงมีความอ่อนเหนียว สามารถยืดได้ดี แต่ไม่สามารถเพิ่มความแข็งโดยการชุบแข็งหรือวิธีการอื่นได้ หากเอ่ยถึงวัสดุที่ใช้ในเครื่องจักรกลแล้ว ให้สามารถนึกถึง SS400 ได้ทันที กรณีที่สามารถใช้เหล็กประเภทใดก็ได้ เช่นโครงสร้าง เสารองรับ หรือกรอบนอก เป็นต้น และถ้าไม่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษจะเลือกใช้ SS400 เป็นอันดับแรกนอกจากนี้ SS 400 ยังมีขายทุกรูปแบบ ทั้งแบบเป็นแผ่นกระดาษและเป็นแท่งกลม ราคาตกอยู่ประมาณกิโลกรัมละ 25 - 30 บาท วัสดุ SS นั้นสามารถตัดได้ด้วยก๊าซ ปาดเนื้อ หรือเชื่อมได้ง่าย ในกรณีที่ต้องการใช้ในโครงสร้างที่มีการเชื่อมเป็นพิเศษ

(เช่น ถังหรืออุปกรณ์บรรจุความดันสูง เป็นต้น) และต้องการให้เชื่อมได้ดีสามารถใช้ SM490 (ชื่อเดิม SM50) M ย่อมมาจาก marine หรือทะเล เป็นเหล็กที่ใช้ในเรือ และยังใช้คำถามอุปกรณ์บรรจุความดันสูงอีกด้วย

(6.2) ZS45C ใช้มากในบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ ซึ่งวัสดุเสริมความแข็งแรงที่ใช้ต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปความร้อน เช่น ชุบแข็งหรือว่าอบนิ่ม อักษร S หมายถึง steel หรืออักษร ตัวเลข 45 หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่ผสมอยู่ศูนย์ . 45% และอักษร C หมายถึง คาร์บอน หลังจากผ่านกระบวนการขึ้นรูปความร้อน จะทำให้มีความแข็งแรงต่อการดึงสูงกว่า 685 MPa (70 kgf/mm2) จุดยินยอมมีค่าสูงกว่า 490 MPa (50 kgf/mm2) ใช้ในเครื่องจักรกลบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงและทนทานต่อการสึกกร่อน เช่น แกนหมุนของเพลาหรือสลักยึด เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีขายตามท้องตลาดในรูปแบบแท่งกลม S45C ยังรวมถึง SCM435 ที่จะกล่าวในภายหลัง หลังจากปรับแต่งโดยการปาดเนื้อออกแล้วสามารถนำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งขั้นสุดท้าย เช่น ชุบแข็ง อบนิ่ม หรือขัดผิวได้

(6.3) S20C เหล็ก S20C มีปริมาณของคาร์บอน 0.2% มีความแข็งแรง เท่ากับเหล็ก SS400 จึงเป็นวัตถุที่ใช้ได้เหมือน SS400 หักกล่าวถึงเหล็ก SS400 แท่งกลมโดยทั่วไปจะใช้ S24C เนื่องจากมีปริมาณของคาร์บอนน้อย ดังนั้นจึงไม่ขึ้นรูปด้วยความร้อนเช่นเดียวกับ SS400

(6.4) SCM435 เหล็กผสมโครเมียมและโมลิบดินัมจะใช้ในบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงและทนทานต่อการสึกหรอมากกว่าS45C อักษร S หมายถึง steel หรือเหล็ก อักษร C หมายถึง โครเมี่ยม อักษร M หมายถึง โมลิบดินัม เลข 4 ของ 435 แสดงถึงปริมาณ ของโครเมียมและโมลิบดินัม อาจแทนด้วยเลข 2 ,4 หรือ 6 ยิ่งเป็นเลขที่มีค่ามากแปลว่ามีปริมาณของสารประกอบสูงขึ้นเป็นตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ที่ใช้มากที่สุดคือ 4 ตัวเลข 35 หมายถึงปริมาณคาร์บอน 0.35% หลังจากขึ้นรูปความร้อนแล้วจะมีความ มีความแข็งแรงต่อการดึงสูงกว่า 930 MPa (96 kgf/mm2) จุดยินยอมสูงกว่า 785 MPa (80 kgf/mm2) บริเวณที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษจะใช้เหล็กที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปความร้อน เช่น ชุบแข็ง หรืออบนิ่ม เป็นต้น

(6.5) SUS304 สแตนเลส ที่ใช้มากกว่าSUS (ซัส) 304 อักษร S ตัวแรกของ SUS หมายถึง steel หรือเหล็ก อักษร U หมายถึง use หรือใช้ทั่วไป และอักษร S ตัวหลังหมายถึง สแตนเลส ซึ่งแปลว่าไม่ขึ้นสนิม สแตนเลสเป็นโลหะที่มีสารประกอบของเหล็ก โครเมียมและนิกเกิล ในกรณีของ SUS304 จะมีโครเมียม 18% นิกเกิล 8% และส่วนที่เหลือเป็นเหล็ก ลักษณะเด่นที่สุดคือ ไม่ขึ้นสนิม มีความทนทานต่อความร้อนและความเย็น โดยทั่วไปผิวนอกเครื่องจักรกลจากเคลือบด้วยสี และส่วนแกนเพลาหรือส่วนที่มีการเคลื่อนที่จะต้องหล่อลื่นด้วยน้ำมันเพื่อป้องกันสนิม แต่ในกรณีที่ไม่ต้องการเคลือบสีหรือใช้น้ำมัน ต้องการผิววัสดุเดิม แต่จำเป็นต้องป้องกันสนิม จะใช้วัสดุเป็นสแตนเลส ซึ่งโดยทั่วไปจะมีราคาประมาณ 150 บาท/กก. หรือประมาณ 6 เท่าของ SS400 ความแข็งแรงต่อการดึงมีค่าสูงกว่า 520 MPa (53 kgf/mm2) แรงต้านทาน (ค่า

ความเค้นที่ก่อให้เกิดความเครียด 0.2%) มีค่ามากกว่า 205 MPa (21 kgf/mm2) คือมีค่าใกล้เคียงกับ SS400 สแตนเลสไม่สามารถตัด ได้ด้วยก๊าซ จะต้องใช้การตัดพลาสม่า เนื่องจากมีความเหนียว จึงเกาะติดกับปลายมีดตัดได้ง่าย เป็นวัสดุที่ปาดเนื้อได้ยากวัสดุที่ใช้แทน SUS304 ในกรณีที่ต้องการปรับแต่งโดยการปาดเนื้อคือ SUS303 เรียกว่า สแตนเลสใช้ตัด การเชื่อมสแตนเลส จะทำให้เกิดการยืดตัวสูง และต้องพิจารณาเงื่อนไขการเชื่อมให้มีความทนทานต่อการสึกหรอเท่ากันกับวัสดุหลักอีกด้วย จึงเป็นวัสดุที่เชื่อมได้ยาก

(6.6) FC250 (ชื่อเดิม FC25) เป็นเหล็กที่นิยมใช้ในงานหล่อ อักษร FC หมายถึง ferrum หรือเหล็ก และ casting หมายถึง การหล่อ เลข 250 หมายถึง ความแข็งแรงต่อการดึงสูงกว่า 250 Mpa ความแข็งแรงมีค่าต่ำกว่า SS400 เหล็กหล่อมีปริมาณของคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 2% จุดหลอมเหลวคือ 1,150 c หากเปรียบเทียบกับจุดหลอมเหลวของเหล็กทั่วๆไปคือ 1,150 c แล้ว จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำกว่า ดังนั่นจึงหลอมละลายได้ง่ายกว่า นอกจากนี้คาร์บอนยังทำให้มีคุณสมบัติการไหลที่ดี จึงเหมาะต่อการเทใส่แบบหลอดแล้วปล่อยให้แข็งตัวภายหลัง ในกรณีที่ต้องการสร้างรูปทรงที่เหมือนกันเป็นจำนวนมาก หรือในกรณีที่รูปทรงมีความซับซ้อน ปรับแต่งโดยใช้วิธีอื่นได้ยากจำเป็นต้องใช้วิธีการหล่อ จะใช้เหล็กในการทำ แต่ไม่สามารถขึ้นรูปความร้อนโดยการชุบแข็งหรืออบนิ่มได้สามารถปรับแต่งโดยการตัดเนื้อได้ง่าย แต่จะไม่สามารถเชื่อมได้ จะใช้การเชื่อมในการซ่อมงาน งานหล่อที่เสียเท่านั้นและไม่สามารถที่จะเชื่อมชิ้นงานหล่อเข้าด้วยกันได้ (ทาเคชิ, โยเนาะมามะ. 2548 : 200-202)

(7) ขนาดของชิ้นเหล็กมาตรฐาน ในการออกแบบนั้นควรจะรู้ขนาดของชิ้นเล็กที่มีขายตามท้องตลาดขนาดของวัสดุกลุ่ม SS400 ในการกำหนดความหนาของแผ่นกระดานของเครื่องจักรกลบางครั้งจะพิจารณาว่าจะทำจากแผ่นกระดาษที่มีความหนาเท่าใดและจะใช้เหล็กตัว L และตัว U เชื่อมต่อกันเพื่อประกอบเป็นโครง

(8) กรรมวิธีการผลิตวัสดุประเภทเหล็ก มีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนการตัด
- ขั้นตอนการเชื่อมติด
- ขั้นตอนการขึ้นรูป
- ขั้นตอนการตกแต่ง
- ขั้นตอนการตัด แบ่งเป็น 10 ประการคือ

(8.1) เลื่อย คือ การแยกชิ้นงานออกจากกัน หรือใช้เครื่องมือที่มีฟันตามขอบเคลื่อนที่ผ่านในชิ้นงาน เช่น ใบเลื่อยวงเดือน

(8.2) การตัด คือ การตัดโดยใช้วัสดุที่มีขอบแข็งคม เฉือนงานที่เป็นชิ้นออกจากกัน เช่น กรรไกรตัดโลหะ

(8.3) การเจาะตัด คือ การใช้แรงเฉือน แต่เป็นการกดออกมา โดนชิ้นงานจะหลุดออก มาเลยเพียงครั้งเดียว

(8.4) การเจาะรู คือ การเจาะรูโดนใช้ดอกสว่าน เช่น การเจาะด้วยสว่าน แท่นกลึงงานหมุนดอกสว่านคงที่

(8.5) การขัด คือ การใช้โลหะวัสดุที่มีความแข็งกว่าขัดออก หรือถูออก โดยตัวขัดที่แข็งจะขัดวัสดุที่อ่อนกว่า เช่น การะดาษทราย

(8.6) การไส คือ การใช้เครื่องขูดในชิ้นงาน ในการไสชิ้นงาน เป็นที่นิยมกันมากตามโรงงานที่ต้องการใช้กับงานที่เป็นเส้นตรง

(8.7) Milling ใช้กันมาก โดนการใช้โลหะแผ่นบาง โดยมีใบคัตเตอร์ตัดชิ้นงาน มีลักษณะคล้ายกับเลื่อยวงเดือย

(8.8) Twinge เป็นการทำงานโดยใช้เครื่องกลึง งานที่ออกมาจะเป็นรูปวงกลม

(8.9) Thermal cutting โดยการให้ความร้อนหลอมละลาย เช่น ใช้แก๊สตัด หรือแสงเลเซอร์

(8.10) Chemical Cutting ใช้ปฏิกิริยาทางเคมี ส่วยมากใช้กับงานตัดผิวโลหะโดยใช้กรด เช่น การทำแผ่น Print อาจมีการใช้ไฟฟ้ามาเกี่ยวข้อง

2.3.3.5 การขึ้นรูป การขึ้นรูป (Forming) โดยวิธีการใช้ความร้อนหรือไม่ก็ตาม มักขึ้นอยู่กับวัตถุ โดยต้องมีคุณสมบัติ เช่น Cold form ใช้กับพวกทองแดง ทองเหลือง แต่เหล็กบางอย่างต้องใช้ Hof form แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือ และการประหยัดทางอุตสาหกรรม และประสิทธิภาพของ Product ดังนี้

(1) Casting การหลอมโลหะที่หลอมลงในแบบ ปล่อยให้เย็น แล้วจึงแกะแบบการใช้ sandcasting ถ้าต้องการงานชิ้นใหญ่มากใช้ Extruding โดยใช้กับงานที่ไม่ต้องการความร้อนสูง เช่น อลูมิเนียม Mass Product

(2) Bending เป็นการขึ้นรูปนการพับ ซึ่งต้องการให้ชิ้นงานนั้นมีแรงดึงมากขึ้นโดยมากเป็นงานที่ออกมาเป็นเส้นตรง

(3) Forging เป็นการขึ้นรูปโดนใช้แรงอัด และบีบ ให้โลหะถูกกดเป็นรูปร่างต้องมี die หลาย ๆ ตัวที่มีความแข็งแรงมาก โดยที่มีการ die เป็นขั้นตอน เช่น เพลารถ พวงสกัดต่าง ๆ โดยทำโลหะให้ร้อนก่อนใส่ในเครื่องจักร เครื่องจักรจะบีบโลหะให้เป็นรูป

(4) Pressing เป็นการอัดพวก Sheet Metter โดยมี mold 2 ตัว อัดบีบโลหะให้ขึ้นรูปร่าง เช่น การทำถาด จานคล้าย ๆ Bending แต่ Pressing มีหลายทิศทาง

(5) Drawing เป็นการฉีดโลหะจาก die โดยที่ต้องให้ความร้อนแก่โลหะจนอ่อนตัว แล้วใส่ลงในรูบังคับ รีดออกมาเป็นรูปแบบตายตัว

(6) Extruding เป็นการฉีดโลหะหลอมเหลวเข้าไปในแบบที่ทำเอาไว้เป็นหลักใช้กับงานอุตสาหกรรมที่ต้องการผลิตงานจำนวนมาก

(7) Foiling เป็น hot forming คล้าย ๆ bending โดยใช้ลูกกลิ้งรีดโลหะให้เป็นฉากวงกลมและสี่เหลี่ยม โดยป้อนโละระหว่างช่องรีดเหล็กออกมา

(8) Spinning เป็นกรรมวิธีคล้ายๆ กลึง ใช้กับรางที่มีรูปร่างกลม โดยมีแบบไม้ก่อนเอาแผ่นเหล็กใสในแม่แบบ คล้ายกับการขึ้นรูปของเซรามิค

(9) การทำให้ติดกัน การทำให้ติดกัน (Fastening) เป็นการเชื่อมโลหะตั้งแต่สองแผ่นขึ้นไป จะใช้ทาง Mechanical หลอมเหลวก็ได้ดังนี้

(9.1) Riveting เป็นวิธีทาง Mechanical โดยใช้การ Pin ที่มีด้านหนึ่งเป็นหัว

(9.2) Threading คล้าย ๆ กับ Rivet แต่แทนที่จะเป็น Pin กลับใช้ nut แทนแบบกึ่งถาวรและถอดได้

(9.3) Seaming เป็นการพับตะเข็บ เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กับตัวของมันยึดอยู่ด้วยกัน

(9.4) Cementing การเชื่อมโดยถาวร ใช้ Mechanical Adhesive คล้ายกับกาวติดไม้ แต่กาวนี้มีแรงจับสูงพิเศษ เช่น Epoxy ใช้กับ Sheet Metal

(9.5) Soldering และ bearing เป็นการเชื่อมถาวร ต่างจาก welding ตรงที่ต้องใส่โลหะอื่นเป็นตัวเชื่อม

(9.6) Welding เป็นกรรมวิธีอย่างถาวร โดยการหลอมละลายโลหะให้ติดกันโดยใช้ Mel ten Metal เช่นลวดเชื่อมโลหะต่าง ๆ

2.3.3.6 การตกแต่ง การตกแต่ง (Finishing) ขบวนการป้องกันผิวหน้าโลหะ ทำให้ชิ้นงานนั้นเกิดความสวยงาม ดึงดูดความสนใจมากขึ้น ดังนี้

(1) Buffing เป็นการขัดผิวหน้าให้เรียบขึ้นเงา อาจใช้หิน หรือผ้ากระดาษทรายเพื่อช่วยให้เกิดความเรียบ

(2) Texturing เป็นวิธีการสำคัญในการตกแต่ง วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การใช้ค้อนทุบโลหะให้เป็นลายต่าง ๆ ทำให้ดูน่าใช้ขึ้น ประโยชน์ใช้สอยคือ ผิวหยาบ ไม่หลุดมือ

(3) การใช้สี (Coloring) อาจใช้โดยวิธี Technical ความร้อนเพื่อทำให้โลหะเกิด Oxide เคลือบผิวโลหะอีกที เช่น การชุบ

(4) การเคลือบ (Coating) เป็นการทำผิวโลหะให้ดูสวยขึ้น ป้องกันผิวหน้า อาจทำได้โดยการพ่น หรือทาก็ได้ เช่นการใช้ Lacquer เคลือบ หรือใช้ Wax, Plastic coating หรือ Enameling

2.3.3.7 การเชื่อมไฟฟ้า การเชื่อมไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่ทำให้โลหะติดกันด้วยการหลอมละลาย โดยอาศัยความร้อนจากการอาร์คที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะที่เป็นชิ้นงานกับลวดเชื่อม อุณหภูมิในการอาร์คโดยเฉลี่ยประมาณ 5000 องศา F - 10,000 องศา F ซึ่งภายใต้ความร้อนแรงที่เกิดจากการอาร์คนี้ เนื้อที่บริเวณนั้นของแผ่นโลหะหรือชิ้นงานที่ถูกเชื่อม จะหลอมละลายชั่วครู่ ใน

ขณะเดียวกันปลายของลวดเชื่อมก็จะหลอมละลายเช่นเดียวกัน เพื่อเป็นตัวเชื่อมประสานชิ้นงานทั้งสองชิ้น และเมื่อเคลื่อนลวดไปตามรอยต่อ โดยจ่อปลายลวดเชื่อมให้อยู่ใกล้ๆกับชิ้นงาน เราสามารถที่จะบังคับลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วหยดลงไปบนชิ้นงานได้ ในการเชื่อมควรรักษาระยะความยาวของอาร์คให้มีระยะสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลาที่ทำการเชื่อมและควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ด้วย เพื่อที่แนวเชื่อมจะได้ฝังตัวลงในชิ้นงานได้ดี

ก่อนที่จะทำการเชื่อม ควรจะทำความสะอาดตรงริมแผ่นโลหะอย่าให้มีสิ่งสกปรก และควรจะเอาเศษสนิมเหล็กออกเสียก่อน เพื่อว่าน้ำเหล็กของลวดเชื่อมจะได้แทรกซึมลงลงถึงก้นแผ่นชิ้นงานเพื่อให้การหลอมละลายทั่วถึงโดยตลอด แนวการเชื่อมแต่ละแนว เมื่อทำการเชื่อมแล้ว ใช้เหล็กเคาะขี้ฟลักซ์ออกให้หมด แล้วเอาแปรงลวดขัดให้สะอาดก่อนที่จะทำการเชื่อมแนวใหม่ทับลงไป วิธีการเชื่อมและสภาวะต่างๆสามารถแปรผันได้ จะให้ได้แนวเชื่อมที่ถูกต้องและแข็งแรงต้องควบคุมทั้งกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อน ความเร็วในการเคลื่อนที่ ลวดเชื่อมต่างขนาด ความหนา ความบางของเหล็ก ตำแหน่งของลวดเชื่อม การส่ายหรือการเคลื่อนที่แนวเชื่อม ถ้าไม่ควบคุมด้วยการระมัดระวังให้ดี การเชื่อมจะไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร

(1) อุปกรณ์ทั่วไปในการเชื่อมไฟฟ้า

- เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ
- ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
- หัวจับลวดเชื่อม
- หมวกหน้ากาก หรือหน้ากากแบบถือ
- ถุงมือหนัง
- เหล็กเคาะฟลักซ์

2.3.3.8 ข้อควรระวัง

(1) สวมแว่นตาขณะใช้ค้อนเคาะผิวหน้าเหล็ก ขี้ฟลักซ์ที่แนวเชื่อ หรือในเวลาขัดผิวของโลหะที่รอยแนวเชื่อม

(2) อย่าเชื่อมโดยปราศจากหน้ากาก เพื่อป้องกันสายตาเสียก่อน

(3) น้ำวัสดุที่ติดไฟง่ายออกไปให้ห่าง จากบริเวณที่ทำการเชื่อม

(4) ติดตั้งเครื่องดับเพลิงไว้ ในที่ที่สามารถหยิบใช้ได้ทันที

(5) อย่าทำการเชื่อมภาชนะที่ถูกปิดผนึกไว้โดยรอบ

(6) ก๊าซเชื้อเพลิง จาระบี น้ำมัน หรือสิ่งหล่อลื่นต้องนำออกให้พ้น

(7) อย่าทำการเชื่อมบนถังที่มีก๊าซบรรจุอยู่

2.3.3.9 พลาสติกยาง

พลาสติกนิยมใช้ในการผลิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษคือ เบา และผลิตเป็นจำนวนมากได้โดยการฉีดขึ้นรูป แต่การฉีดรูปนั้นจะต้องสร้างแบบโลหะซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการทำแบบสูง ดังนั้นจึงต้องผลิตเป็นจำนวนมากจึงจะคุ้มทุน ในการออกแบบเครื่องจักรกลตรงแบบซึ่ง

ผลิตชิ้นงานชิ้นเดียวไม่นิยมใช้การขึ้นรูปโดยการฉีดขึ้นรูป เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบโลหะสูง กรณีที่นำวัสดุพื้นฐานที่เป็นพลาสติกแข็งพลาสติกที่มีขายตามท้องตลาดมาปรับใช้งานและจะอธิบายถึง ชนิดและคุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้กันมากในเครื่องจักรกล

(1) ลักษณะพิเศษทั่วไปของพลาสติก ลักษณะพิเศษของพระสติอย่างแรก คือเบามีความหนาแน่น 1-2 g/cm3 มักจะใช้ในบริเวณที่ต้องการความเบา เช่น เครื่องจักรกลที่เคลื่อนย้ายตามตัว หรือชิ้นส่วนในการควบคุมที่ผู้ปฏิบัติงานจะถือไว้ลักษณะพิเศษข้อที่ 2 คือไม่เป็นสนิมเหมือนเหล็ก ดังนั้นจึงใช้ได้เลยไม่ต้องจำเป็นต้องชุบหรือเคลือบกันสนิมที่ผิวหน้า อย่างไรก็ตาม พลาสติกไม่สามารถทนทานการกัดกร่อนจากออกซิเจนหรือแสงอัลตราไวโอเลตได้ จึงขาดความทนทาน ในการใช้เป็นเวลายาวนานคุณสมบัติข้อที่ 3 คือสามารถใช้คุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าและความโปร่งแสงของพลาสติกได้กับงานประเภทต่างๆในทางกลับกันข้อเสียของพลาสติกคือมีความแข็งแรงต่ำการแก้ปัญหาจุดนี้จำเป็นต้องผสมผสานประกอบต่างๆเช่นเส้นใยแก้วเส้นใยคาร์บอนลงไป สำหรับความแข็งแรงของพลาสติกนั้นหากพิจารณาวัสดุที่ถูกใช้มากใน เครื่องจักรกล คือ พอลิอะเซตัล (polycetal) จะมีความแข็งแรงต่อการดึงเป็น 60 MPa หรือปริมาณ 1/7 เท่า ของความแข็งแรงของ SS400 มีน้ำหนักปริมาณ 1/7 เท่า ของเหล็ก ดังนั้น ถ้าเปรียบเทียบพลาสติกที่มีขนาดเท่ากัน พลาสติกจะมีน้ำหนักเป็น 1/7 เท่า และความแข็งแรงก็มีค่า 1/7 เท่า ถ้ามองใน แง่ของความแข็งแรงต่อขนาดจะมีค่าพอกัน ข้อเสียข้อที่ 2 คือมี ความแข็งต่ำมีค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นปริมาณ 95-3 GPa หากมีความแข็งขนาดเท่ากันมากระทำความเครียดที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็น 70 เท่า ของเหล็ก ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนรูปทรงอย่างมากเมื่อมีแรงมากระทำ ข้อเสียที่ 3 คือมีคุณสมบัติในการทนต่อความร้อนต่ำ อุณหภูมิใช้งานปกติจะอยู่ในช่วง –30c ถึง 100c หากอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะฉีดขาดได้ง่าย แต่หาอุณหภูมิสูงกว่านี้จะอ่อนตัวทำให้ความแข็งแรงลดลงอย่างมากนอกจากนี้พลาสติกยังมีคุณสมบัติพิเศษ คือ นำความร้อนได้ไม่ดีหากมองเป็นข้อดีคือ รักษาอุณหภูมิได้ดีเมื่อใช้ มือสัมผัสแล้วความร้อนจากมาจะไม่ถูกถ่ายเทไป ทำให้ความรู้สึกในการสัมผัสดี อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของคุณสมบัตินี้คือหากทำการปรับแต่งโดยการปาดเนื้อจะต้องมีความร้อนสะสมบริเวณปลายมีด ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ง่าย จำเป็นต้องมีการหล่อเย็น

(2) วิธีการจำหน่ายพลาสติกจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ถึงแม้จะเป็นพลาสติกที่ทำมาจากวัสดุเดียวกันก็ตาม ชื่ออาจจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชื่อผู้ที่ผลิตตั้ง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดจะมีโครงสร้างที่ต่างกันดังนั้นค่าต่างๆ ทางฟิสิกส์จะแตกต่างกันไป จึงต้องระมัดระวังในการเลือกใช้

(3) วัสดุพลาสติกที่นิยมใช้

(3.1) พอลิอะเซตัล POM เป็นชื่อย่อของ polyoxymethylene ซึ่งชื่อทางการจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้ผลิต (เดลลีน ดูราคอน โซมาไลด์) ใช้ทำเฟือง แคม แบริ่ง และไกด์ลูกกลิ้ง เป็นต้น วัสดุที่มีสีนม (หรือสีดำ) มีความแข็งแรงต่อการดึง 60 MPa มีคุณสมบัติความแข็งแรง ความแกร่ง และการลื่นไถลที่ดี อุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง –50c ถึง 110c

(3.2) พอลิเอไมต์ PA เป็นชื่อย่อของ polymide เป็นที่รู้จักกันดีในชื่อทางการค้าว่า ไนลอน มีความแข็งแรงต่อการดึง 80 MPa เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกลที่ดีมาก จึงถูกใช้ในเฟือง แคม แบริ่ง และไกด์ลูกกลิ้ง เป็นต้น มีราคาประมาณ 2 เท่าของพอลิอะเซตัล (1กก. ประมาณ 1,875 บาท) อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ระหว่าง –50cถึง160c ที่ขายตามท้องตลาดมีสีขาว ฟ้า ดำ และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม หากมีความชื้นจากดูดน้ำและพองตัวออก ทำให้ขนาดผิดเพี้ยนไปจึงต้องระมัดระวังในเรื่องของขนาด

(3.3) พอลิไวนิล คลอไรด์ ชนิดแข็ง (PVC ชนิดแข็ง) เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถทนน้ำ ออกซิเจน และอัลคาไลน์ได้ดี จึงใช้ทำท่อน้ำหรือท่อก๊าซ ภาชนะบรรจุของเหลว มีสีเทาหรือโปร่งแสง ตามท้องตลาดนอกจากจะมีขายในรูปพลาสติกแผ่น แท่งกลม และท่อแล้ว ยังมีขายในรูปข้อต่อของท่อต่างๆอีกด้วยสามารถเชื่อมต่อได้ง่าย

(3.4) เรซินเอทิลีนฟลูออไรด์ (PTFE) เป็นที่รู้จักในชื่อทางการค้าว่า เทฟลอน คุณสมบัติพิเศษคือ สามารถใช้ที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง -220c ถึง 260 สามารถทดแทนความร้อนได้ดี บริเวณผิวหน้ามีความเสียดทานน้อย มีคุณสมบัติทนทานต่อสารเคมีได้ดี จึงถูกใช้มากในแบริ่ง ใช้เป็นภาชนะหรือท่อสำหรับใส่สารเคมี นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง เทปที่ใช้ป้องกันการรั่วซึมบริเวณเกลียวของท่อก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเทฟลอน ถึงแม้ว่าจะใช้ได้ที่อุณหภูมิ สูงถึง 260 แต่ความแข็งแรงก็ใช่ว่าจะมีค่าสูงตลอดไป เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการขยายตัวเปลี่ยนรูปทรงได้ง่าย ที่อุณหภูมิ 260 เทฟลอนจะปล่อยก๊าซที่มีฟลูออไรด์ผสมอยู่ออกมา

(3.5) เรซินเมตะคริล (PMMA) เป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ อะคริลิก คุณสมบัติพิเศษคือ มีความโปร่งแสง ใช้ทำภาชนะโปร่งแสง หรือใช้บริเวณผิวหน้าต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ในเส้นใยนำแสงพลาสติกอีกด้วย ข้อเสียคือ แตกหักง่าย

(3.6) พอลิคาร์บอเนต (PC) นอกจากโปร่งแสงแล้วยังทนต่อการเสียดทานได้ดี จึงถูกใช้ถามที่คุมโปร่งแสง หน้าต่าง หรือภาชนะบรรจุต่างๆ มีขายตามท้องตลาดในรูปแบบแผ่นพลาสติกหรือแท่งกลม

2.3.3.10 ยาง

ยางใช้เป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมในชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น แหวนลองรูปตัวโอ ยางป้องกันการรั่วซึม รูปตัวยู หรือใช้เป็นวัสดุป้องกันการสั่น เช่น ยางกันสั่นสะเทือน ยางรถยนต์ สายพาน เป็นต้น

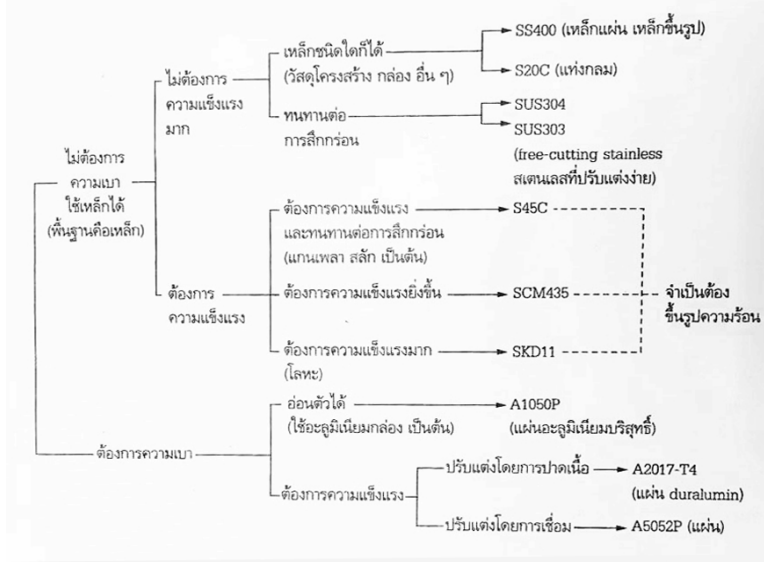
(1) ยางไนไตรด์ ยางไนโตรด์ ใช้ทำแหวนรองรูปตัวโอ หรือยางป้องกันการรั่วซึมรูปตัวยู ชื่อที่ถูกต้องคือ ไนโตรด์บิวทาเจน (NBR) มีสีดำ สามารถ ทนน้ำมันได้ดี อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง -20c ถึง 130c

(2) ยางซิลิโคน มีตามท้องตลาด ใช้เป็นวัสดุคุณลูกสำหรับแหวนลองรูปตัวโอหรือวัสดุการรั่วซึมในบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ สามารถใช้ในสถานะของเหลวเพื่อทาเติมให้แข็งตัวกลายเป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมได้ อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง –70c ถึง 200c สามารถทนความร้อนได้ดี

(3) ยางฟลูออไรด์ มีขายตามท้องตลาด เป็นแหวนลองรูปตัวโอที่ใช้กับอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ในช่วง -20c ถึง 200c

(4) ยางยูรีเทน เนื่องจากมีความแข็งแรงทางกลสูง จึงใช้ทำสายพาน ยางรถยนต์ ลูกกลิ้ง หรือใช้เป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมบริเวณที่มีความดันสูง (ทาเคชิ, โยเนาะมามะ. 2548 : 208-211)

สรุปวิธีการเลือกวัสดุเรื่องจักรกลอย่างง่ายแสดงดังรูปดังนี้



ภาพที่ 2.37 วิธีการเลือกวัสดุเรื่องจักรกลอย่างง่าย

ที่มา : ทาเคชิ, โยเนาะมามะ. (2548 : 198)

2.3.4 ข้อมูลหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.3.4.1 การออกแบบ มีผู้ที่นิยมความหมายนี้ไว้หลายความหมาย อาทิ

(1) การออกแบบคือการจัดระเบียบหรือวางผังอย่างตั้งใจสำหรับที่ว่าง เรื่องราวหรือกิจกรรมตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด

(2) การออกแบบคือการเสนอแนะเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น

(3) การออกแบบคือการสร้างความคิดขึ้นสำหรับชิ้นงานหรือระบบหรือการแสดงออกของความคิดให้มีรูปทรงเป็นตัวตน นวลน้อย บุญวงษ์ (2539 : 2) กล่าวว่า คำจำกัด

ความที่นำมาส่วนหนึ่งนี้ เป็นการให้ความหมายของ Design หรือ การออกแบบของผู้รู้ในด้านต่าง ๆ และสามารถสรุปความหมายได้ดังนี้

(3.1) งานออกแบบหมายถึงเฉพาะสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเท่านั้น

(3.2) การออกแบบ เป็นความพยายามสร้างให้เกิดความเปลี่ยนแปลงโดยการจัดระเบียบด้วยความมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหา และเพื่อสนองประโยชน์ทั้งของตนเองและของสังคม

(3.3) กระบวนการออกแบบซึ่งยังอยู่ในรูปของแนวคิด แบบร่าง ตลอดจนต้นแบบ และจากกระบวนการผลิตซึ่งอยู่ในรูปของผลผลิตที่เป็นวัตถุสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

2.3.4.2 การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ ข้อมูลเกี่ยวกับการตลาด แล้วนำมาออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ให้อยู่ในความนิยมของตลาดในราคาพอสมควร

2.3.4.3 วิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นวิชาที่ถือปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ และการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ให้ได้รูปร่างที่ถูกต้องแน่นอนก่อนที่จะลงทุนจำนวนมาก การจำแนกตามลักษณะที่ปรากฏ แบ่งงานออกเป็น 2 ประเภท

(1) งานออกแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional Design) ได้แก่ งานออกแบบที่ให้ความ สำคัญเฉพาะกับลวดลายและสีสันบนพื้นผิวซึ่งรับรู้ได้ด้วยประสาทตา เป็นงานที่เน้นความงามจากการมองเห็นและการสื่อสารความหมายในเนื้อหาตามการรับรู้จากภาพนั้น งานออกแบบประเภทนี้แม้จะมีการสื่อได้จำกัดเฉพาะลวดลายบนพื้นผิวแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องทำหน้าที่แก้ปัญหาให้ได้ครบถ้วนตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบ

(2) งานออกแบบ 3 มิติ (Three-Dimensional Design) ได้แก่งานออกแบบผลิตภัณฑ์ นานาชนิดที่มีความหมายในด้านขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กเช่นเครื่องประดับ ไปจนถึงขนาดใหญ่ เช่น ยานพาหนะ งานออกแบบประเภทนี้จึงเป็นงานที่มีเนื้อหารายละเอียดเพิ่มมากขึ้นนอกจากสนองการรับรู้ ทางประสาทตาแล้วยังมีเพิ่มประสาทสัมผัสซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะรูปทรงและพื้นผิวอีกด้วย ตัวอย่าง งานออกแบบเสื้อผ้า เครื่องปั้นดินเผา เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเรือน เป็นต้น

2.3.4.4. ประเภทผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) ผลิตภัณฑ์อุปโภค หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผู้อุปโภคบริโภคหาซื้อมาเพื่อใช้สอยอำนวยความสะดวกแก่ตนเองหรือครอบครัว โดยอาจจะมีการใช้สอยตามสถานที่หรือส่วนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

(1.1) ใช้สอยภายในบ้านหรือครัวเรือน

- ใช้สอยในร่ายกาย
- ใช้สอยในพาหนะ

- เครื่องกีฬา
- ของเล่นสำหรับเด็ก
- เครื่องดนตรี

(1.2) ผลิตภัณฑ์บริการ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทางด้านการค้าหรือ การบริการ สำนักงานสถานที่ทำงาน คือผู้อุปโภคบริโภคส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นคนจัดซื้อมา แต่จะมีการจัดซื้ออยู่แล้วเพื่อส่วนร่วมเช่น เครื่องพิมพ์ดีด เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น

(1.3) ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกล หมายถึง ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้การผลิต เช่น จักรเย็บผ้า จักรยาน มอเตอร์ไซด์ ฯลฯ

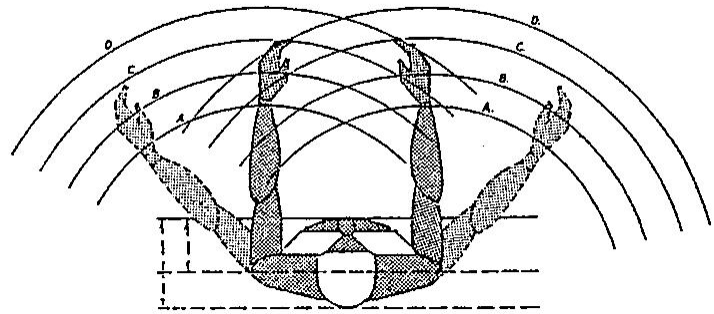
(1.4) ผลิตภัณฑ์ขนส่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นพาหนะ เช่น รถยนต์ รถไฟ เรือ เครื่องบิน ฯลฯ

2.2.3.5 ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนมนุษย์ที่เกี่ยวกับการออกแบบ

2.3.5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดสัดส่วนร่างกายคนไทย

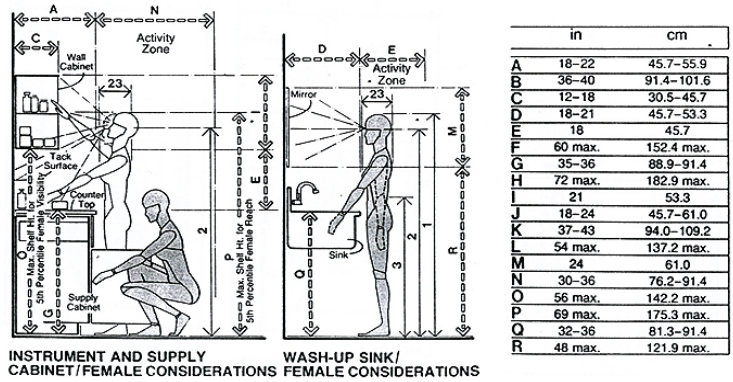
ในปัจจุบันการนำเอาขนาดสัดส่วนมาใช้ในการออกแบบต่างๆนั้นมีการใช้หลักในการกำหนดค่าต่างๆ เป็นช่วงมิติของร่างกาย (WIDE RANGE OF BODY DIMENSION) ซึ่งสามารถ ช่วยทำให้การออกแบบมีความเหมาะสมกับผู้ใช้มากที่สุด อาจถึง 80หรือ 90%ของผู้ใช้ทังหมดซึ่ง ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ย (PERCENTILE DISTRIBUTION) ของมิติที่จะนำไปใช้ โดยจะหาค่าที่ เหมาะสมจากค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับกันมากในปัจจุบัน

(1) มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ความสูงยืน คือค่าที่วัดได้ จะมีทั้งค่าสูงสุด (MAXIMUM), ค่าต่ำสุด (MINIMUM) และค่าเฉลี่ยการที่จะกำหนดค่าใดเป็นมิติวิกฤต ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ซึ่งแต่ ละกรณีจะไม่เหมือนกัน เช่น การนำความสูงยืนไปใช้ในการกำหนดความสูงของช่องประตู โดย ต้องใช้ต่อความสูงต่ำที่สุด ค่าที่นำไปกำหนดเป็นมิติวิกฤติ คือค่าสูงสุด ความสูงที่เอื้อมมือไป ข้างบนไปใช้ในการกำหนดความสูงของชั้นวางของ (SHELE) ค่าที่ถูกกำหนดเป็นมิติวิกฤต คือค่า ต่ำสุด ซึ่งในกรณีทั้งสองนี้หรอในทุกกรณี การพิจารณาค่ามิติวิกฤตถือหลักว่าค่ามิติวิกฤตที่เลือกมาใช้นั้นต้องช่วยในการออกแบบให้นำไปใช้ได้ดีสะดวกสบายกับผู้ใช้ทุกขนาดหรือใช้ไดเกว้างขวางที่สุด (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549 : 77)



ภาพที่ 2.38 การแสดงภาพของรัศมีการเอื้อมในลักษณะต่างๆ
ที่มา : อุดมศักดิ์ สาริบุตร (2549 : 77)

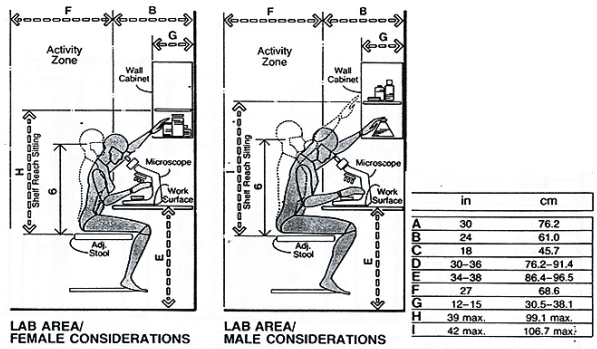
ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับ การ จัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกายผู้ปฏิบัติการเพศชาย



	in	cm
A	18–22	45.7–55.9
B	36–40	91.4–101.6
C	12–18	30.5–45.7
D	18–21	45.7–53.3
E	18	45.7
F	60 max.	152.4 max.
G	35–36	88.9–91.4
H	72 max.	182.9 max.
I	21	53.3
J	18–24	45.7–61.0
K	37–43	94.0–109.2
L	54 max.	137.2 max.
M	24	61.0
N	30–36	76.2–91.4
O	56 max.	142.2 max.
P	69 max.	175.3 max.
Q	32–36	81.3–91.4
R	48 max.	121.9 max.

ภาพที่ 2.39 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับ การจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกายผู้ปฏิบัติการเพศหญิง
ที่มา : Julius Panro,Martin Zelnik (1979 : 236)

การจัดวางเครื่องมือ โต๊ะปฏิบัติการติดผนัง ตู้เก็บอุปกรณ์ ตู้ลอย และอ่างล้างมือ ที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของมนุษย์ (Human scale & proportion)ขณะทำงานในลักษณะท่าทางต่างๆ

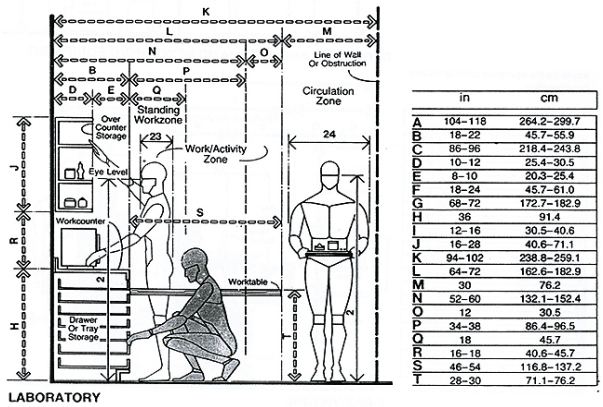


	in	cm
A	30	76.2
B	24	61.0
C	18	45.7
D	30–36	76.2–91.4
E	34–38	86.4–96.5
F	27	68.6
G	12–15	30.5–38.1
H	39 max.	99.1 max.
I	42 max.	106.7 max.

ภาพที่ 2.40 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับการจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกาย ในลักษณะนั่งทำงาน

ที่มา : Julius Panro,Martin Zelnik (1979 : 236)

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ กับ การจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกาย ในลักษณะนั่งทำงาน



	in	cm
A	104–118	264.2–299.7
B	18–22	45.7–55.9
C	86–96	218.4–243.8
D	10–12	25.4–30.5
E	8–10	20.3–25.4
F	18–24	45.7–61.0
G	68–72	172.7–182.9
H	36	91.4
I	12–16	30.5–40.6
J	16–28	40.6–71.1
K	94–102	238.8–259.1
L	64–72	162.6–182.9
M	30	76.2
N	52–60	132.1–152.4
O	12	30.5
P	34–38	86.4–96.5
Q	18	45.7
R	16–18	40.6–45.7
S	46–54	116.8–137.2
T	28–30	71.1–76.2

ภาพที่ 2.41 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติก กับ การจัดวางที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของร่างกาย ในลักษณะยืน ก้มหรือเดิน เพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการ

ที่มา : Julius Panro,Martin Zelnik (1979 : 236)

2.3.6 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องกล

2.3.6.1 ข้อกำหนดบังคับ คือ การกำหนดบังคับเพื่อกำหนดถึงรูปทรงและขนาดที่เป็นจริง

ตารางที่ 2.4 จะแสดงถึงข้อกำหนดบังคับที่สำคัญในกรออกแบบเครื่องจักรกล (ทาเคชิ, โยเนาะมามะ 2548 : 38)

ข้อกำหนด	รายละเอียดที่สำคัญ
ความแข็งแรง	แรงที่จะทำให้เกิดขอบเขตที่วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างจะรับได้ จะต้องเพิ่มความแข็งแกร่งของเครื่องจักรเพื่อไม่ให้เกิดการเสียรูปทรงจนเกินไปเมือมีการับแรง
พื้นที่	ชิ้นส่วนจะต้องวางไว้ภายในพื้นที่ที่กำหนดภายในเครื่องจักรกล หรือภายในพื้นที่ที่ของเครื่องจักรกล เป็นข้อกำหนดบังคับที่เกี่ยวกับพื้นที่ เช่น ความสูงจะต้องไม่เกินความสูงที่กำหนดไว้
น้ำหนัก	เป็นข้อกำหดว่าน้ำหนักเครื่องทั้งหมดหรือน้ำหนักของชิ้นส่วนบางส่วน เช่น ส่วนที่เคลื่อนที่ได้จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ หากเกินกว่าที่กำหนดไว้อาจมีปัญหาในการขนส่งหรือปัญหาในการทำงาน นกจากนี้ความเฉื่อยที่มีค่ามากอาทำให้ลักษณะการทำงานด้วยลงก็เป็นได้
สามารถแปรรูปได้	จะต้องเลือกวิธีการแปรรูป และพิจารณาถึงรูปทรงที่สามรแปรรูปได้โดยวิธีการแปรรูปที่เลือก นอกจากควรหลีกเลี่ยงวิธีการแปรูปที่ยุ่งยาก รูปทรงควรเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการแปรรูป
สามรถประกอบแยกชิ้นได้	เลือกกลไกรูปทรงที่สามารถประกอบแยกชิ้นส่วนได้ จะต้องทำการสร้างพื้นที่หรือรูปทรงที่เครื่องมือใช้สอดใส่หรือเครื่องมือที่ใช้ดำเนินการทำงานได้เพื่อการประกอบ
มีความปลดภัย	แยกส่วนที่หมุนหรือส่วนที่เคลื่อนที่ออกากสิ่งภายนอก ทำการจัดวางตำแหน่งและกำหนดทิศทางการทำงานเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการควบคุมการทำงานได้ยาก หรือแม้ว่าเกิดความผิดพลาดในการควบคุมการทำงาน เครื่องจะต้องทำงานได้อย่างปลอดภัย พยายามไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน ระวังการทำงานผิดปกติในกรณีฉุกเฉิน เลือกใช้ชิ้นส่วนและวัสดุที่มีความแน่นอนสูงไม่ใช้ชิ้นส่วนที่มีตำหนิ
มาตรฐานข้อบังคับ	เลือกใช้ของที่เป็นไปตามข้อกำหนดบังคับ และออกแบบตามขอกำหนดบังคับ

2.3.6.2 หลักการออกแบบอุตสาหกรรม

การออกแบบทั่วๆ ไป โดยเฉพาะทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบจะต้องพิจารณาด้านต่างๆ ดังนี้

- หน้าที่ใช้สอย (Function)
- ความปลอดภัย (Safety)
- ความแข็งแรงทนทาน (Durability)
- ความประหยัด (Economic)
- วัสดุ (Material)
- โครงสร้าง (Construction)
- ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic)
- ความสวยงาม (Aesthetic)
- มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
- กรรมวิธีการผลิต (Production)
- การซ่อมบำรุงรักษา (Easy of Maintenance)
- การขนส่ง (Transportation)

(1) หน้าที่ใช้สอย (Function) การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทำหน้าที่ได้ตามวัตถุประสงค์ จะต้องเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยและการใช้งาน เช่น โทรศัพท์มือถือ จะต้องสะดวกพก และนำพา ตลอดจนเสียงฟังชัดเจน เพราะหน้าที่ของโทรศัพท์คือติดต่อสื่อสารทางเสียง

(2) ความปลอดภัย (Safety) ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องด้วย ความปลอดภัยทั้งการใช้งานและหลังการใช้งาน ไม่สร้างมลพิษให้กับสังคมโลก นักออกแบบต้องคำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยรวม เพราะทุกวันนี้ นักออกแบบบางครั้งเกิดความรู้ไม่ทันกับความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี เพราะเกิดการแข่งขันสูง มองผลประโยชน์มากกว่าความปลอดภัยของผู้ใช้ และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม

(3) ความแข็งแรงทนทาน (Durability) ต้องสนองต่อหน้าที่ได้เป็นเวลานาน ตามที่กำหนดไว้ในคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ คือ สิ่งที่สร้างต้องแข็งแรง ทนทาน ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า วัสดุและอุปกรณ์ที่เลือกใช้ที่ดี

(4) ความประหยัด (Economic) สามารถที่จะผลิตได้ในระบบการเศรษฐศาสตร์ หมายความว่า จะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัด และเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน โดยที่ราคาไม่แพง มันจะเป็นการสูญเปล่าที่จะนำสิ่งของให้มีความทนทานมากกว่าหน้าที่ของมัน ความต้องการของงานทางด้านการประหยัดนั้น ต้องการวัสดุที่หาได้ง่าย ผลิตได้ง่าย และสามารถถอดประกอบเข้าด้วยกันได้

(5) วัสดุ (Material) ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน มีความทนทานและประหยัด โลหะแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างกันไป มีความสวยงามในตัวมันเอง เช่น ทองแดง ทองเหลือง สเตนเลส และอะลูมิเนียม ต่างก็มีพื้นผิวงามตามธรรมชาติ ก่อนนำ

โลหะมาใช้ ท่านต้องแน่ใจว่า วิธีการที่ไม่ยุ่งยาก วิธีการนำไปใช้ การขึ้นรูป การทำโค้ง ทารูปร่างและเชื่อม

(6) โครงสร้าง (Construction) วิธีการทำโครงสร้างของเฟอร์นิเจอร์แต่ละชนิด ควรทาให้เหมาะกับงาน มีความทนทาน ประหยัด และใช้วัสดุที่เหมาะสม และการออกแบบนี้เป็นอมตะ ที่เรารู้จักวิธีเลือกใช้ง่ายๆ ในการทำ จะทำให้มีความเหมาะสมกว่า วิธีการยุ่งยาก และควรจะเป็นวิธีการที่เหมาะแก่วัสดุที่ใช้ด้วย

(7) ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic) หมายถึง ต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้งาน ขนาดความสูง และการออกแบบนี้เป็นอมตะ

(8) ความสวยงาม (Aesthetic) เมื่อมันมีรูปร่างและขนาดเหมาะกับการใช้งาน ขนาดความสูง กว้าง ยาว และขีดจำกัดของประกอบการออกแบบ เช่น การหยิบใช้คล่อง

(9) มีลักษณะเฉพาะ (Personality) อาจจะได้คะแนนสูงในเรื่องของคุณภาพ แต่จริงๆ แล้วยังขาดในเรื่องลักษณะเฉพาะของมัน การมีลักษณะเฉพาะจะมีความรู้สึกกับนักออกแบบที่เขาได้ทำการออกแบบขึ้นมาด้วยตนเอง มีลักษณะเป็นอิสระ เพื่อจะได้แสดงว่า นักออกแบบได้วิเคราะห์ปัญหาอย่างจริงจัง ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของงาน ถ้าขาดคุณสมบัตินี้แล้ว

(10) กรรมวิธีการผลิต (Production) เมื่อทำการออกแบบแล้วสามารถจะทำการผลิตได้ง่าย การผลิตโครงการที่ท่านทำในโรงงานปฏิบัติงานโลหะแต่ละชิ้นส่วน ควรรวมเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

(11) การซ่อมบำรุงรักษา (Easy of Maintenance) เมื่อนาไปใช้งานได้รับ ความเสียหาย ควรสามารถแก้ไขและซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหาย ค่าบำรุงรักษาและการสึกหรอต่ำ

(12) การขนส่ง (Transportation) นักออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ค่าขนส่ง จะขนส่งสะดวกหรือไม่ใกล้ไกล ขนส่งทางบก ทางน้า หรือทางอากาศ ต้องบรรจุหีบห่ออย่างไรที่จะไม่ทาให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย ขนาดของรถตู้บรรทุกสินค้ากว้าง ยาว สูงเท่าไร เป็นต้น (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549)

2.3.6.3 มาตรฐานแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม (มอก. 9999 เล่ม 1-2556) กระทรวงอุตสาหกรรมได้ประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม (มอก.9999 เล่ม 1-2556) เมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2556 ซึ่งกำหนดหลักการและแนวทางของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และการบูรณาการระบบการจัดการขององค์กรให้สมดุลทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ความมั่นคง เติบโตได้อย่างยั่งยืนและมีความสุขในทุกภาคส่วนขององค์กร

(1) มาตรฐาน มอก.9999 เล่ม 1-2556 วางอยู่บนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่ทรงอธิบายว่า การสร้างความสุขอย่างยั่งยืน

นั้น จะต้องนำหลักของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ทั้งในระดับรวมและปัจเจกบุคคล ซึ่งประกอบด้วย หลักความมีเหตุมีผล หลักความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกันที่ดี

(2) ประโยชน์ที่จะได้รับคุณประโยชน์โดยตรงจากการนำมาตรฐาน มอก. 9999 เล่ม 1-2556 ไปปฏิบัติใช้ในองค์กร ได้แก่ การบรรลุเป้าหมายการสร้างความสมดุล มั่นคง ยั่งยืน และความสุขให้แก่ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับองค์กร การสร้างระบบภูมิคุ้มกันที่ดีในปัจจุบันและในระยะยาวขององค์กรที่ต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนต่างๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากพลวัตรการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมภายนอกและสภาวะแวดล้อมภายใน นอกจากนี้ ยังมีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนให้พนักงานเกิดความรักและความผูกพันกับองค์กรมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีการสร้างและรับประโยชน์ที่เกื้อกูลกัน

(3) การให้บริการสถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ (สรอ.) ดำเนินการสนับสนุนให้สถานประกอบการนำมาตรฐานแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม (มอก.9999 เล่ม 1-2556) ไปใช้ในสถานประกอบการเพื่อการเติบโตอย่างยั่งยืน โดยให้บริการการฝึกอบรมเกี่ยวกับมาตรฐาน การให้บริการแนะนำกระบวนการนำมาตรฐานไปใช้ในสถานประกอบการ (Coaching)ในปัจจุบัน มีวิสาหกิจโรงงานอุตสาหกรรมที่นำมาตรฐาน มอก.9999 เล่ม 1-2556 ไปปฏิบัติในสถานประกอบการรวม 21 แห่ง โดยดำเนินการในปี 2557 จำนวน 11 แห่ง ภายใต้โครงการส่งเสริมการนำมาตรฐานแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม (มอก. 9999 เล่ม 1 – 2556) ไปใช้ในสถานประกอบการเพื่อการเติบโตอย่างยั่งยืน และการดำเนินงานในปี 2558 ภายใต้โครงการฝึกอบรมและให้คำปรึกษาแนะนำการจัดทำ มอก. 9999 (แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม) TLC มอก.9999 ประจำปีงบประมาณ 2558 ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจำนวน 10 แห่ง(สถาบันรับรองมาตรฐาน. 2556 : ออนไลน์)

2.3.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อความปลอดภัย

(Safe Design) โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว เมื่อพูดถึงเรื่องของความปลอดภัย เรามักจะพูดกันถึงเรื่องวิธีการทำงานอย่างปลอดภัย การใช้เครื่องมือเครื่องจักรอย่างปลอดภัย มาตรการควบคุมต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย ตลอดไปจนถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม ซึ่งแนวคิดเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นหลักการความปลอดภัยที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของกระบวนการทำงาน เครื่องมือ เครื่องจักร หรือวิธีการปฏิบัติงานที่มีอยู่แล้ว พูดง่าย ๆ ก็คือมักเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุแทบทั้งสิ้น แต่ในคราวนี้เราจะหันมาพูดคุยกันถึงแนวคิดใหม่เกี่ยวกับความปลอดภัย นั่นก็คือ ความปลอดภัยเริ่มได้ตั้งแต่กระบวนการออกแบบ หรือ การออกแบบเพื่อความปลอดภัย นั่นเอง

2.3.7.1 การออกแบบ ถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ใช้งานเครื่องมือเครื่องจักร ได้รับบาดเจ็บหรือทำให้งานออกมาไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งปัญหาเหล่านี้

มักเป็นผลมาจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสม หรือไม่มีการตระหนักถึงเรื่องความปลอดภัยอย่างเพียงพอนั่นเอง

(1) การออกแบบ (Design) หมายถึง กระบวนแนวคิด (Conceptual Process) ที่ผนวกกันของนวัตกรรม ความสวยงาม และรูปแบบหน้าที่การทำงาน เพื่อที่จะวางแผนและสรรสร้างสิ่งประดิษฐ์ รวมถึงผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือระบบต่าง ๆ โดยให้มีทั้งรูปลักษณ์ที่สวยงาม และสามารถสนองตอบต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ ซึ่งจะอาศัยปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ เช่น การวิจัยและพัฒนา แนวคิดในการออกแบบ การเขียนแบบ การวางแผน ระบบ จำนวน คุณภาพ กรรมวิธีในการสร้างหรือผลิต รายละเอียดของต้นทุนและราคา การวิเคราะห์ความเสี่ยง การใช้งานได้จริง รายละเอียดของแบบ คุณสมบัติเฉพาะทางด้านเทคนิค และการแก้แบบ ฯลฯ เข้ามาช่วยในการออกแบบ

(1.1) การออกแบบเพื่อความปลอดภัย (Safe Design) หมายถึง กระบวนการออกแบบที่มีการนำเทคนิคในการแจกแจงอันตราย (Hazard Identification) และวิธีการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment Methods) เข้ามาใช้ตั้งแต่ในระยะแรกเริ่มของกระบวนการออกแบบ เพื่อที่จะขจัดหรือลดความเสี่ยงของการได้รับบาดเจ็บตลอดช่วงวงจรชีวิต (Lifecycle) ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการออกแบบ ซึ่งจะคลอบคลุมถึงการออกแบบทุกประเภท เช่น การออกแบบสาธารณูปโภค ฮาร์ดแวร์ ระบบ อุปกรณ์ ผลิตภัณฑ์ เครื่องมือ วัสดุ การควบคุมพลังงาน แผนผัง และรูปแบบการจัดวาง เป็นต้น โดยกระบวนการออกแบบเพื่อความปลอดภัย จะเริ่มต้นในช่วงของแนวคิดและการวางแผนที่มุ่งเน้นการสร้างทางเลือกสำหรับการออกแบบ วัสดุที่ใช้ และวิธีการผลิตหรือการก่อสร้างเพื่อที่จะเพิ่มพูนความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ซึ่งนักออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาว่าจะทำอย่างไร จึงจะสามารถทำให้เกิดความปลอดภัยในทุกช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง เช่น

(1.2) การออกแบบเครื่องจักรที่มีเครื่องป้องกัน (Protective Guarding) ที่สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย ในขณะเดียวกันก็ต้องมั่นใจได้ว่าเครื่องจักรนี้สามารถถูกติดตั้ง บำรุงรักษา และกำจัดได้อย่างปลอดภัยเช่นเดียวกัน

(1.3) การออกแบบเพื่อความปลอดภัย ถือเป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของการออกแบบ ส่วนวัตถุประสงค์อื่น ๆ จะครอบคลุมไปถึงเรื่องของความสามารถนำไปใช้งานได้จริง ความสวยงาม ราคา และรูปแบบหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น โดยการออกแบบเพื่อความปลอดภัย เป็นกระบวนการที่จะบรรลุความสำเร็จในการรักษาความสมดุลของวัตถุประสงค์โดยรวมเหล่านี้ แม้บางครั้งจะขัดแย้งกับกับวัตถุประสงค์อื่น ๆ ในบางข้อ แต่ก็จะไม่มีการประนีประนอมในเรื่องของความปลอดภัยและอาชีวอนามัย ที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อย่างเด็ดขาด

2.3.7.2 ลักษณะรูปแบบของผลิตภัณฑ์จะได้รับอิทธิพลจากผู้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนการออกแบบ และในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ก็อาจปรากฏหรือพบเจอกับความเสี่ยงชนิดใหม่ ๆ นอกจากนี้ เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการออกแบบไปแล้วนี้ ถูกดัดแปลงหรือถูกใช้งานใน

สภาพแวดล้อมที่แตกต่างออกไป ก็อาจพบความเสี่ยงที่ต่างออกไปเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงถือเป็นหน้าที่ของผู้ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ที่จะประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบเพื่อความปลอดภัยเข้าไปในแต่ละส่วนที่ตนเกี่ยวข้องด้วย โดยผู้ที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบเพื่อความปลอดภัย มีดังนี้

(1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ เช่น สถาปนิก วิศวกร นักออกแบบอุตสาหกรรม นักพัฒนาซอฟต์แวร์

(2) ผู้ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการออกแบบ เช่น ลูกค้า นักพัฒนา เจ้าของอาคาร เจ้าของผลิตภัณฑ์ ฝ่ายประกัน ผู้จัดการโครงการ ฝ่ายจัดซื้อ ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย ผู้เชี่ยวชาญด้านเออร์โกโนมิก

(3) ผู้จัดหา/จัดส่ง (Suppliers) รวมถึงผู้ผลิต ผู้นำเข้า ผู้ติดตั้ง ช่างซ่อมบำรุง

(4) เจ้าหน้ารัฐ เช่น ผู้วางกฎระเบียบควบคุม ผู้ตรวจสอบ

2.3.7.3 ประโยชน์ของการออกแบบเพื่อความปลอดภัย

แนวคิดของการออกแบบเพื่อความปลอดภัย ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการที่ว่า “โอกาสในการสร้างสถานที่ปฏิบัติงานให้มีความปลอดภัย และเป็นการใช้ต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดจะเกิดขึ้นในช่วงแรกเริ่มของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบ” ทำนองเดียวกันกับมาตรการควบคุมความเสี่ยง ซึ่งมีหลักการว่า “การขจัดอันตรายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ใช้ต้นทุนต่ำสุด และสามารถปฏิบัติให้บรรลุผลสำเร็จได้มากที่สุด จะต้องทำในขั้นตอนของการออกแบบหรือการวางแผน” ซึ่งจะมีประสิทธิผลมากกว่าการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขในภายหลังเมื่อความเสี่ยงและอันตรายได้เกิดขึ้นจริงและสร้างความเสียหายแก่ลูกค้า ผู้ใช้งาน และผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนธุรกิจไปเรียบร้อยแล้ว

มีการประมาณการณ์กันว่า โดยปกติแล้วสถานที่ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ที่ปลอดภัยจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายอยู่ราว ๆ 5–10 % ของต้นทุน ผ่านการลดจำนวนสินค้าคงคลังของวัสดุอันตราย ลดความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์

ค่าใช้จ่ายโดยตรงที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบที่ไม่ปลอดภัยถือว่ามีนัยสำคัญ เช่น การปรับปรุงดัดแปลงอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมการทำงาน ค่าชดเชยพนักงานและเบี้ยประกัน ฯลฯ ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้มีผลกระทบต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในลำดับถัดไปของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Downstream) ซึ่งอาจจะเป็นผู้ซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้น ดังนั้นจึงเป็นเสมือนแรงกระตุ้นให้กลุ่มบุคคลเหล่านี้สร้างแรงกดดันให้กับผู้ออกแบบ เพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดจากผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

ดังนั้นอาจกล่าวโดยสรุปว่าประโยชน์ของการออกแบบเพื่อความปลอดภัย มีดังนี้ คือ

- ป้องกันการได้รับบาดเจ็บ
- พัฒนาความสามารถในการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ระบบ และสาธารณูปโภค

- พัฒนาความสามารถในการผลิต

- ลดต้นทุน

- การคาดการณ์และการบริหารที่ดีขึ้น สำหรับการผลิตและต้นทุนปฏิบัติการตลอดช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

- ได้ปฏิบัติตามกฎหมาย

- เกิดนวัตกรรมขึ้น เพราะการออกแบบเพื่อความปลอดภัยต้องการความคิดริเริ่มใหม่ ๆ

2.3.7.4 เออร์โกโนมิกและการออกแบบเพื่อความปลอดภัย

การออกแบบเพื่อความปลอดภัยจะรวมหลักการของเออร์โกโนมิกเข้าไปด้วย เออร์โกโนมิกนั้นเป็นวิทยาศาสตร์และเป็นสาขาวิชาที่เน้นที่ตัวผู้ใช้งานสินค้าเป็นศูนย์กลางและพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานและองค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบ ซึ่งถือได้ว่ามีบทบาทที่สำคัญมากสำหรับการออกแบบ โดยการใช้หลักการเออร์โกโนมิกนั้น ก็เพื่อความมั่นใจว่ากระบวนการออกแบบจะหยิบยกหัวข้อสำคัญมาพิจารณาด้วย เช่น ปัจจัยส่วนบุคคล ความสามารถ และข้อจำกัดที่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งาน (End Users) นอกจากนี้เออร์โกโนมิกยังเกี่ยวข้องกับหลักปรัชญาและวิธีคิด รวมถึงการพิจารณาปัจจัยทางกายภาพและจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของผู้ใช้งาน ตลอดจนสิ่งจำเป็นและต้องการในงานที่กระทำอยู่ด้วย เช่น การได้ยิน ได้เห็น เข้าใจ การตัดสินใจและดำเนินการ เป็นต้น ซึ่งทีมงานออกแบบที่มีผู้เชี่ยวชาญด้านเออร์โกโนมิก จะสามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีหลักการ ข้อมูลและกรรมวิธีในการออกแบบเพื่อที่จะตอบสนองความสะดวกสบายของผู้ใช้งานและยังคงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบไว้ได้ ทั้งนี้หัวข้อความปลอดภัย ประสิทธิภาพ ความสามารถในการผลิต และความสะดวก จะเป็นดัชนีชี้วัดถึงประสิทธิภาพของการออกแบบที่จะเติมเต็มวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

(1) หลักการเออร์โกโนมิก

เมื่อมีการวิเคราะห์ถึงสิ่งที่ต้องการและจำเป็นในสินค้าที่จะออกแบบ ก็ควรคำนึงถึงองค์ประกอบ 5 ข้อ ดังนี้ คือ

(1.1) ผู้ใช้งาน มีการพิจารณาคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน เช่น ลักษณะทางกายภาพ จิตวิทยา พฤติกรรม ความสามารถ ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ เป็นต้น

(1.2) ลักษณะงาน พิจารณาว่าอะไรคือสิ่งที่จำเป็นต้องทำและกระทำจริงในงานนั้น ๆ ซึ่งจะรวมไปถึงสิ่งที่ต้องการจากงาน ความสามารถในการตัดสินใจ เวลาที่ใช้

(1.3) สภาพแวดล้อมในการทำงาน พิจารณาลักษณะพื้นที่งาน ระยะห่าง แสง เสียง และอุณหภูมิ ฯลฯ

(1.4) แบบของอุปกรณ์ที่ใช้ร่วม พิจารณาแบบของอุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีการใช้ร่วมกับสินค้าที่จะออกแบบ

(1.5) การจัดระเบียบงาน เช่น จำนวนคนงานที่ใช้ ระยะเวลา การคาบเกี่ยวระหว่างงาน ฯลฯ

2.3.7.5 หลักการของการออกแบบเพื่อความปลอดภัย (The Principles of Safe Design)

(1) ผู้ควบคุม (Persons with Control) ความรับผิดชอบในการออกแบบเพื่อความปลอดภัย จะตกอยู่กับคณะบุคคลหรือบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่ทำการควบคุมหรือบริหารงานออกแบบ ซึ่งจะรวมถึงบุคคลที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมออกแบบ เช่น สถาปนิกและวิศวกร รวมถึงผู้ที่ทำหน้าที่ในการตัดสินใจซื้อ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อแบบที่ออกมา เช่น ลูกค้า นักพัฒนา ผู้ผลิต ผู้อำนวยการ และผู้จัดการ เป็นต้น

ความรับผิดชอบควรที่จะสอดคล้องกับระดับการควบคุมของบุคคลนั้น ๆ ซึ่งกระบวนการออกแบบนั้นมีหลายขั้นตอนและเกี่ยวข้องกับหลาย ๆ บุคคลที่เป็นผู้เชี่ยวชาญหรือสามารถตัดสินใจทางด้านเทคนิค โดยเป็นการรวบรวมความคิดเห็นเข้าสู่กระบวนการออกแบบ ซึ่งอาจส่งผลด้านบวกหรือด้านลบต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ในสถานการณ์เหล่านี้จึงควรมีส่วนรับผิดชอบร่วมกันระหว่างคณะบุคคล ขึ้นอยู่กับระดับการควบคุมที่แต่ละบุคคลมีและหน้าที่ในการออกแบบ

ในการออกแบบบางอย่างนั้น อาจมีการควบคุมโดยนักออกแบบหลายคนที่ต่างหน้าที่กัน ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของสัญญาที่ทำไว้ แต่ผู้ที่มีบทบาทที่สำคัญในการออกแบบเพื่อความปลอดภัยที่เราจะปฏิเสธไม่ได้เลยก็คือลูกค้า (Clients) นั่นเอง โดยลูกค้าจะมีส่วนอย่างมากในการตัดสินใจและมีอิทธิพลต่อแบบที่ออกมา เช่น กำหนดงบประมาณ หรือประเภทของวัสดุที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ เป็นต้น กล่าวโดยสรุปแล้ว ผู้ที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จของการออกแบบเพื่อความปลอดภัย มีดังนี้ คือ

(1.1) สถาปนิก นักออกแบบอุตสาหกรรม หรือผู้ร่างแบบที่กระทำการในนามของลูกค้า

(1.2) บุคคลใดก็ตามที่ทำหน้าที่ตัดสินใจในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เช่น วิศวกร ผู้ผลิต ผู้จัดหา/จัดส่ง ผู้ติดตั้ง ผู้สร้าง นักพัฒนา ผู้จัดการโครงการ และผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย

(1.3) ฝ่ายจัดซื้อที่สามารถกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้

(1.4) บุคคลใดก็ตามที่มีอำนาจหน้าที่สามารถเปลี่ยนแปลงแบบได้

การออกแบบเพื่อความปลอดภัยจะประสบผลสำเร็จหรือมีประสิทธิภาพมากแค่ไหน ขึ้นอยู่กับการประสานงานหรือความร่วมมือกัน ระหว่างคณะบุคคลที่มีหน้าที่ในการควบคุมและมีอิทธิพลต่อแบบที่ออกมา กับคณะบุคคลที่สามารถนำมาตรการความปลอดภัยเข้าไปสู่กระบวนการออกแบบได้

(2) วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Lifecycle) เป็นหัวใจสำคัญของแนวคิดเกี่ยวกับความยั่งยืน (Sustainable) และการออกแบบเพื่อความปลอดภัย โดยจะเป็นตัวกำหนดกรอบของงานในการขจัดอันตรายตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบและ/หรือ ควบคุมความเสี่ยงในขณะที่ผลิตภัณฑ์ถูกสร้างหรือผลิต นำเข้า จัดหา/จัดส่ง หรือติดตั้ง ใช้งาน หรือปฏิบัติการบำรุงรักษา ซ่อมแซม ทำความสะอาด ดัดแปลง รื้อถอน กำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ ผลิตภัณฑ์จะถูกสร้างสรรค์ให้มีความปลอดภัยมากขึ้น ถ้าอันตรายและความเสี่ยงที่สามารถส่งผลกระทบต่อ ผู้ใช้งานในลำดับถัดไปของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Downstream Users) ได้ถูกขจัดหรือควบคุมในระหว่างการออกแบบ การผลิต หรือสร้างขึ้น โดยในช่วงแรกเริ่มของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้นเป็นขอบข่ายงานที่สำคัญมาก ในการออกแบบเพื่อที่จะขจัดอันตรายและ/หรือผนวกมาตรการควบคุมอันตรายที่สอดคล้องหรือเข้ากันได้ กับแนวคิดดั้งเดิมของแบบและหน้าที่การทำงานที่จำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นั่นหมายความว่านักออกแบบต้องมีความเข้าใจเป็นอย่างดีในวงจรชีวิตของสิ่งที่ตัวเองกำลังออกแบบ รวมถึงความต้องการของผู้ใช้งานและสภาพแวดล้อมของการใช้งาน ความเสี่ยงใหม่ ๆ อาจปรากฏขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ถูกดัดแปลงหรือสภาพแวดล้อมในการใช้งานผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เปลี่ยนแปลงไป ความปลอดภัยนั้นสามารถเพิ่มพูนขึ้นได้ ถ้าแต่ละบุคคลที่มีหน้าที่ควบคุมการดำเนินการในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ได้กระทำการต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าประเด็นความปลอดภัยและอาชีวอนามัยได้ถูกระบุและเตรียมการป้องกันไว้ล่วงหน้า โดยการทบทวนการออกแบบ และตรวจสอบว่าการออกแบบนั้นตรงตามมาตรฐานความปลอดภัยในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์หรือไม่ ลำดับขั้นตอนต่อ ๆ มาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ไม่ควรที่จะถูกดำเนินการจนกว่าขั้นตอนการออกแบบจะถูกทบทวนและได้รับการอนุมัติจากผู้ควบคุมการออกแบบ

(3) รายละเอียดในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

การพัฒนาแนวคิดหรือการวางแผน (Concept Development or Planning) เป็นขั้นตอนแรกที่มาก่อนขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งจะระบุลักษณะหน้าที่การทำงานที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และอาจรวมถึงจำนวนรูปแบบทางเลือกของการออกแบบ วิธีในการผลิตหรือสร้าง และวัสดุที่ใช้เพื่อเพิ่มเติมความปลอดภัยให้กับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

(3.1) ขั้นตอนการพัฒนาแนวคิดมักจะเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ลักษณะหน้าที่การทำงานหรือการศึกษาความเป็นไปได้ ซึ่งต้องมีการพิจารณาข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ไปจนตลอดช่วงวงจรชีวิต นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาปฏิกิริยาระหว่างผู้ใช้งานและผลิตภัณฑ์ และการสัมผัสของผู้ใช้งานกับอันตรายที่เชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน อุปกรณ์ สารเคมี และ/หรือระบบต่าง ๆ

(3.2) การระบุลักษณะหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ ควรได้รับข้อมูลจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้หรือผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงทบทวนข้อมูลการได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต หรือข้อมูลการประเมินความเสี่ยงที่เชื่อมโยงกับการใช้งานผลิตภัณฑ์เป็นเรื่องจำเป็นมาก ที่ต้องค้นหามุมมองของผู้ที่ใช้งานหรือสัมผัสกับผลิตภัณฑ์

หรือระบบที่ต้องออกแบบ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างช่องทางการติดต่อสื่อสาร เพื่อปรึกษาหารือและได้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อให้ทราบถึงอันตรายที่ประสบหรือมีโอกาสเกิดขึ้น โดยสามารถทำได้หลายช่องทาง เช่น

(1) จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ (Workshop) กับลูกค้า ในช่วงขั้นตอนแนวคิดการออกแบบ

(2) สร้างแบบจำลองเพื่อให้ง่ายต่อการให้ข้อมูลของลูกค้า/ผู้ใช้งาน

(3) การสำรวจความเห็นของลูกค้า/ผู้ใช้งาน

(4) ทดลองภาคสนามกับต้นแบบร่วมกับตัวแทนกลุ่มของลูกค้า/ผู้ใช้งาน

(5) เชิญผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เช่น วิศวกร เพื่อร่วมในกระบวนการประเมินความเสี่ยง

(6) ปรึกษาหารือลูกค้า/ผู้ใช้งาน เมื่อทำการวิจัยด้านเทคนิคและการตลาด

โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดควรมีการจดบันทึกเป็นเอกสาร เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์หรืออ้างอิงในขั้นตอนต่อ ๆ ไปของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

(3.3) การออกแบบ (Design) จะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผนงานออกแบบ ซึ่งจะรวมถึงการประเมินความเสี่ยงในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์พัฒนาทางเลือกในการควบคุมความเสี่ยงพัฒนาแผนการทดลองหรือการประเมินแผนงานออกแบบ ให้คำแนะนำสำหรับความปลอดภัยในการสร้างหรือผลิต จัดหา/จัดส่งหรือติดตั้ง ใช้งาน บำรุงรักษา รื้อถอน กำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่

(3.4) การปรึกษาหารือกับลูกค้า/ผู้ใช้งาน สามารถทำให้นักออกแบบได้เข้าใจถึงความต้องการและความจำเป็นและสามารถออกแบบให้ปราศจากอันตรายหรือมีอันตรายน้อยที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ควรที่จะถูกประเมิน และคาดการณ์ล่วงหน้าอย่างสมเหตุสมผลในทุก ๆ กรณีความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ จากการใช้งานและการใช้งานที่ผิดวิธี ซึ่งจะช่วยให้สามารถออกแบบเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

(3.5) การทดลองหรือการประเมินการใช้งานผลิตภัณฑ์และทางเลือกในการควบคุมความเสี่ยงใด ๆ ควรที่จะมีการปรึกษาหารือกับลูกค้า/ผู้ใช้งาน และควรดำเนินการเช่นนี้ในทุก ๆ ช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะเฝ้าติดตามประสิทธิภาพของการควบคุมความเสี่ยงและความจำเป็นในการปรับปรุงวิธีควบคุมความเสี่ยงนั่นเอง

(3.6) การสร้างและผลิต (Construction & Manufacturing) ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับผู้สร้างและผู้ผลิต ซึ่งเป็นกระบวนการถัดมาจากการออกแบบ โดยข้อมูลจากขั้นตอนการพัฒนาแนวคิดหรือวางแผนข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดและคุณลักษณะความปลอดภัย จะถูกรวมเข้าไปในผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบสำหรับผู้ใช้งานสุดท้าย รวมถึงมีความ

จำเป็นในการผนวกเอาแผนงานและกำหนดการเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าสามารถสร้างหรือผลิตได้อย่างปลอดภัยตามที่ต้องการ

(3.7) การเฝ้าติดตามและประเมินการควบคุมความเสี่ยงที่เชื่อมโยงกับแผนงานการออกแบบ จะเป็นปัจจัยหนึ่งในการประเมินความเสี่ยงของระบบบริหารจัดการความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของผู้สร้างหรือผู้ผลิต เพื่อที่จะมั่นใจได้ว่า สามารถนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างปลอดภัย ในกรณีของการออกแบบโรงงานหรืออุปกรณ์ การทดลองใช้งานจะเป็นตัวยืนยันถึงประสิทธิภาพของการควบคุมความเสี่ยงในผลิตภัณฑ์ตัวนั้น ก่อนที่จะถูกลำเลียงไปสู่ขั้นตอนการจัดหา/จัดส่ง หรือการใช้งานจริงต่อไปในช่วงระหว่างการสร้างและการผลิต เป็นเรื่องธรรมดาที่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและการผลิต (ซึ่งจะไม่ใช่นักออกแบบแรกเริ่ม) อาจใช้ประสบการณ์ที่มีประเมินหรือแจกแจงอันตรายใหม่ ๆ และความเสี่ยงที่พบในกระบวนการผลิต ซึ่งผู้ออกแบบอาจจะไม่ทราบในขั้นต้น ดังนั้นข้อมูลใหม่ ๆ ซึ่งรวมถึงโรงงานที่มีการดัดแปลงใด ๆ เพื่อควบคุมความเสี่ยง ควรที่จะจัดทำเป็นเอกสารและส่งข้อมูลย้อนกลับไปให้นักออกแบบได้รับทราบด้วย

(3.8) การจัดหา/จัดส่ง และการติดตั้ง (Supply & Installation) จะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการรับ จัดเก็บ การจัดการ การขนส่งและการติดตั้งไปยังลูกค้าหรือผู้ใช้งาน ซึ่งผู้จัดหา/จัดส่ง (Suppliers) รวมถึงผู้นำเข้า ให้เช่า เช่าซื้อ ขายปลีก/ส่ง ขายทอดตลาด ขายมือสอง แลกเปลี่ยน และผู้จัดจำหน่าย โดยผู้จัดหา/จัดส่งมีความจำเป็นต้องเข้าใจ รับทราบ และตระหนักเกี่ยวกับความเสี่ยงและควรจะสื่อสารกับลูกค้าให้ทราบถึงความเสี่ยงที่เหลืออยู่และมาตรการควบคุมความเสี่ยงที่จำเป็นสำหรับการใช้ผลิตภัณฑ์ได้อย่างปลอดภัย

(3.9) ผู้จัดหา/จัดส่ง ควรที่จะมีการประเมินความเสี่ยงในการรับ จัดเก็บ การจัดการ การขนส่งและการติดตั้งเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่และการหามาตรการควบคุมความเสี่ยง ควรจะตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อมูลที่ได้มาจากนักออกแบบและผู้ผลิต นอกจากนี้ผู้จัดหา/จัดส่งควรที่จะส่งเสริมให้ลูกค้าได้ตระหนักในประเด็นของความปลอดภัยและอาชีวอนามัยที่เชื่อมโยงกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นอกจากนี้ผู้จัดหา/จัดส่งควรที่จะส่งผ่านข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงที่ได้รับย้อนกลับไปยังนักออกแบบและผู้ผลิตด้วย

(4) ผู้ที่รับผิดชอบในการติดตั้ง ก็ควรมีการตรวจสอบและยืนยันความถูกต้อง ว่าได้ดำเนินการติดตั้งตามที่ผู้ออกแบบหรือผู้ผลิตระบุไว้ อย่างครบถ้วนและถูกต้อง

(4.1) การใช้งาน (Usage) ผู้ที่มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของสถานประกอบการ มีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการประเมินและควบคุมความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานหรือใช้งานผลิตภัณฑ์ โดยใช้ประโยชน์จากความรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงที่หลงเหลืออยู่ ของผลิตภัณฑ์ที่มีการส่งผ่านมาจากนักออกแบบ ผู้ผลิต และ/หรือผู้จัดหา/จัดส่งโดยความเสี่ยงของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการแจกแจงในขั้นตอนนี้ ควรที่จะถูกส่งย้อนกลับไปยังนักออกแบบผ่านทางผู้ผลิต ผู้จัดหา/จัดส่ง และ/หรือผู้นำเข้าเช่นเดียวกัน

(4.2) การบำรุงรักษา ดัดแปลง กำจัด และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Maintenance, Modify, Dispose and Recycle) ในแต่ละช่วงของขั้นตอนเหล่านี้ ควรที่จะมีการประเมินความเสี่ยง โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อมูลที่ได้รับตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงที่หลงเหลืออยู่และมาตรการควบคุมความเสี่ยง ส่วนการดัดแปลงผลิตภัณฑ์ ก็มีความจำเป็นจะต้องมีการทบทวนกระบวนการการใช้ประโยชน์อีกครั้ง จากข้อมูลที่มีจากขั้นตอนแนวคิดและการออกแบบ รวมถึงอาจมีความจำเป็นที่ต้องปรึกษาหารือกับวิศวกรที่มีความชำนาญหรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อที่จะประเมินผลกระทบที่มีจากการดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงแบบที่มีอยู่เดิม เช่น

(4.3) ถ้ามีการเพิ่มความเร็วของสายพานลำเลียงสิ่งของ (Conveyor) เพื่อเป็นการพัฒนาความสามารถในการผลิต ก็ควรมีการพิจารณาถึงความเค้น (แรงกดทางกายภาพที่มีต่อวัตถุ) ที่มากขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่อโครงสร้างของสายพานได้

(4.4) การเปลี่ยนแปลงของการกระจายน้ำหนักทั่วชั้นใดชั้นหนึ่งของตึก เมื่ออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้ถูกย้ายตำแหน่ง ดัดแปลง หรือแทนที่

ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะไม่มีอันตรายใหม่ ๆ เกิดขึ้น และคุณลักษณะความปลอดภัยที่ได้เพิ่มเติมเข้าไปในแบบเดิมนั้นจะไม่มีผลกระทบตามมา และประเด็นการเพิ่มเติมใด ๆ จากแบบเดิม ควรที่จะมีการแจกแจงและส่งข้อมูลผ่านไปยังนักออกแบบเช่นเดียวกัน และโดยทั่วไปแล้วนักออกแบบควรที่จะให้ข้อมูลและคำแนะนำไปยังผู้ใช้งาน เกี่ยวกับเรื่องของการรื้อถอนและกำจัดผลิตภัณฑ์อย่างปลอดภัย เช่น ทำอย่างไรจึงจะมีความปลอดภัยในการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนวิธีในการนำกลับมาใช้ใหม่

(5) การบริหารจัดการความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ (Systematic Risk Management) การบริหารจัดการความเสี่ยงมีเป้าหมายในการรักษาความสมดุลระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับจริง และการลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด จึงเป็นระบบที่มีกระบวนการอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ซึ่งเมื่อดำเนินการตามลำดับขั้นตอนนี้แล้ว จะสามารถพัฒนา กระบวนการตัดสินใจและเสริมสร้างประสิทธิภาพของความปลอดภัยและอาชีวอนามัยได้อย่างต่อเนื่อง

(5.1) กระบวนการบริหารจัดการความเสี่ยง บุคคลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการออกแบบควรดำเนินการตามขั้นตอนเหล่านี้

(5.1.1) การแจกแจงอันตราย (Identify Hazards) มีแหล่งที่ก่อกำเนิดอันตรายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อย่างกว้าง ๆ สองแหล่งด้วยกัน คือ

อันตรายที่เชื่อมโยงกับตัวผลิตภัณฑ์เอง เช่น รถเข็นผู้ป่วยในสถานพยาบาลจะเกี่ยวข้องกับอันตรายจากการเคลื่อนที่ ชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว และอัตราการรับน้ำหนักของรถ ในขณะที่รูปแบบอาคารหรือโครงสร้างก็อาจมีอันตรายจากทางเข้า–ออก

(5.1.2) อันตรายที่เชื่อมโยงกับรูปแบบการใช้งานผลิตภัณฑ์และสภาพแวดล้อมที่มีการใช้งานผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น รถเข็นผู้ป่วยอาจเผชิญกับอันตรายที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำหนักที่ต้องเข็น เช่นเดียวกับทางลาดชันหรือสภาพพื้นผิวของทางที่เข็นรถผ่าน ซึ่งอาจ

ขรุขระ ไม่เรียบ หรือลื่น แล้วแต่ว่าถูกใช้งานในสภาพใดการแจกแจงอันตรายควรที่จะถูกดำเนินการตั้งแต่เนิ่น ๆ ในขั้นตอนของการพัฒนาแนวคิดและการออกแบบ ก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะถูกสร้าง ผลิต หรือติดตั้ง ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการแจกแจงอันตรายเป็นกิจกรรมที่มีความเป็นระบบและไม่ถูกจำกัดอยู่แค่เพียงหนึ่งหรือสองคนที่มีประสบการณ์ในสถานการณ์นั้น ๆ โดยเค้าโครง (Outlines) ระบบการแจกแจงอันตรายมีส่วนประกอบดังนี้ คือ การวิจัย เป็นข้อมูลที่สามารถช่วยในการแจกแจงอันตราย ประเมิน และควบคุมความเสี่ยง รวมถึง

(5.1.3) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากลูกค้า รวมถึงข้อมูลการประกันสินค้า การบริการ และการซ่อม

(5.1.4) ข้อมูลการได้รับบาดเจ็บและเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่บันทึกไว้โดยผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยและ อาชีวอนามัย ผู้จัดหา/จัดส่ง ผู้ผลิต และ/หรือนักออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงหรือเหมือนกัน

(5.1.5) ข้อมูลจัดเก็บจากผลการทดลองก่อนหน้านี้ที่ดำเนินการโดยคณะบุคคลต่าง ๆ การปรึกษาหารือ นักออกแบบจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายและความสะดวกในการใช้งานผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น ถ้ามีการปรึกษาหารือกับคณะบุคคลที่เกี่ยวข้องในช่วงต่างๆ ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ข้อมูลแนะนำ เป็นข้อมูลการแจกแจงอันตรายที่พบในเอกสาร กฎเกณฑ์การปฏิบัติ มาตรฐานทางด้านเทคนิค ระเบียบวิธีทางด้านอุตสาหกรรม ฯลฯ เครื่องมือที่ใช้ในการแจกแจงอันตรายและประเมินความเสี่ยง ควรที่จะเลือกใช้เครื่องมือโดยพิจารณาจากแหล่งของอันตราย เช่น เกี่ยวข้องกับอาคาร โรงงาน สารเคมี หรือระบบการทำงาน เป็นต้น และประเภทของอันตราย เช่น จากการใช้งานด้วยมือ หรือเป็นพื้นที่อับอากาศ หรือการตกจากที่สูง เป็นต้น ยกตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ เช่น

(5.1.6) Hazard & Operability Studies (HazOp) เป็นวิธีในการแจกแจงอันตราย และปัญหาในการปฏิบัติงาน โดยใช้การจัดกลุ่มทบทวนนัยสำคัญของหนทางทั้งหมดของกระบวนการที่เจาะจงไว้ ว่ามีโอกาสที่จะมีการเบี่ยงเบนไปจากปฏิบัติการที่คาดหวังไว้หรือไม่ โดยอาศัยเทคนิคในการระดมสมอง เพื่อหาถ้อยคำที่บ่งบอกแนวทางดำเนินการที่เฉพาะลงไป (Specific Guide–words) ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบในแต่ละส่วนของกระบวนการในโรงงาน ถึงระดับข้อมูลรายละเอียดการออกแบบก่อนที่จะมีการก่อสร้าง ซึ่งสามารถใช้ได้กับกระบวนการของโรงงานโดยเฉพาะ แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่น ๆ ได้ โดยเปลี่ยนแปลงถ้อยคำที่บ่งบอกแนวทางดำเนินการที่แตกต่างกันออกไปให้เหมาะสม

(5.1.7) Event Tree Analysis (ETA) ใช้ในการแจกแจงเหตุการณ์ในระยะเริ่มต้นและความถี่ที่จะก่อให้เกิดผลตามมา

(5.1.8) Fault Tree Analysis (FTA) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแจกแจงและแสดงให้เห็นถึงเงื่อนไข และปัจจัยในเหตุการณ์ขั้นต้นที่สามารถก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่

พึงประสงค์ตามมา โดยสาเหตุที่เป็นไปได้และรูปแบบของข้อผิดพลาดในระบบหน้าที่การทำงานหรือองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จะถูกแจกแจงผ่านการประเมินว่า “อะไรที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด”

(5.1.9) Fault Mode Effects Analysis (FMEA) ใช้ในการแจกแจงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในรูปแบบของโครงสร้างและกลไก โดยจะทำการแบ่งย่อยรูปแบบออกเป็นหลายๆ ระดับอย่างเหมาะสมเพื่อใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการแจกแจงหัวข้อความเป็นไปได้ และผลลัพธ์ของข้อผิดพลาดและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อองค์ประกอบและระบบทั้งหมด

(5.1.10) Preliminary Hazard Analysis (PHA) ใช้ในการแจกแจงอันตราย สถานการณ์อันตราย และเหตุการณ์ที่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นในกิจกรรมสาธารณูปโภค หรือระบบ โดยมากแล้วมักจะใช้กันในระยะแรกเริ่มในช่วงของการพัฒนาโครงการ แต่ก็สามารถใช้ได้เมื่อต้องการจะวิเคราะห์ระบบที่มีอยู่หรือจัดลำดับอันตราย

(5.1.11) Human Reliability Assessment (HRA) ใช้จัดการกับผลกระทบจากบุคคลที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ และผลกระทบจากความผิดพลาดของบุคคลที่มีต่อความน่าเชื่อถือ

(5.1.2) Construction Hazard Assessment Implication Review (CHAIR) เป็นเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับการออกแบบความปลอดภัยในการก่อสร้าง

(5.2) ประเมินความเสี่ยงของความเสียหาย (Assess the risk of harm) ถ้าการใช้งานลำดับตาม ๆ กันมาในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการออกแบบมานั้น มีโอกาสความเป็นไปได้ที่ผลลัพธ์จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้น นักออกแบบ ผู้ผลิต ผู้สร้าง และ/หรือ ผู้จัดหา/จัดส่ง มีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงนั้น ๆ โดยการวิเคราะห์จะใช้ประโยชน์ทั้งจากจำนวนและคุณภาพของเครื่องมือ ทั้งนี้เพื่อที่จะ

- แจกแจงและประเมินการควบคุมที่มีอยู่
- พิจารณาความเป็นไปได้ของความเสียหายต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
- พิจารณาผลลัพธ์ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนั้น

โดยจุดประสงค์ของการประเมินความเสี่ยงนี้ ก็เพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับหนทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมความเสี่ยง ตลอดจนทิศทางและการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ และเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมความเสี่ยงที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งไม่สามารถระบุในระหว่างการออกแบบได้

(5.3) การควบคุมความเสี่ยง (Control the risks) ในที่ที่มีการประเมินความเสี่ยงของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการออกแบบแล้วผลที่ได้ คือ “มีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ไม่สามารถจะรับได้” นักออกแบบก็ควรพิจารณาว่าจะมีการออกแบบซ้ำเพื่อขจัดความเสี่ยงนั้นได้หรือไม่ และมีความจำเป็นที่ต้องกลับมาพิจารณาขั้นตอนการออกแบบใหม่ หรือสรรหาวิธีการออกแบบที่มี

ความเหมาะสมมากกว่าเดิมเพิ่มเติมเข้าไป ถ้าความเสี่ยงนั้นไม่สามารถที่จะขจัดได้ นักออกแบบก็ควรที่จะใช้ความพยายามในการลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ โดยอาจใช้มาตรการในการควบคุมความเสี่ยงมากกว่าหนึ่งมาตรการก็เป็นไปได้ นักออกแบบจะต้องทำการพิจารณาลำดับชั้นของการควบคุม ซึ่งจะช่วยในการแจกแจง ว่ามาตรการในการควบคุมใดจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ และนักออกแบบก็มีความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบให้มั่นใจได้ว่ามาตรการอันหนึ่งอันใดที่ใช้แทนที่มาตรการเดิมจะไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงเพิ่มเติมหรืออันตรายชนิดใหม่ ๆ ต่อผู้ใช้งาน และหลังจากใช้ความพยายามอย่างถึงที่สุดในการขจัดหรือควบคุมความเสี่ยงแล้ว ปรากฏว่ายังคงมีความเสี่ยงหลงเหลืออยู่ในปริมาณสูง นักออกแบบก็ควรจัดทำข้อมูลเกี่ยวกับความเสี่ยงที่หลงเหลืออยู่นั้น รวมถึงข้อแนะนำถึงความจำเป็นที่ต้องใช้มาตรการควบคุมในสถานที่ปฏิบัติงาน ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อส่งให้ผู้ผลิต ผู้จัดหา/จัดส่ง และผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบไปให้ได้รับทราบอย่างทั่วถึงกันลำดับชั้นการควบคุม (Hierarchy of Control) เป็นรูปแบบทั่วไปที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาและเป็นเครื่องมือในการสรรสร้างวิธีคิดที่ขั้นตอนการควบคุมของกระบวนการบริหารจัดการความเสี่ยง โดยมีลำดับชั้น

(5.3.1) การขจัด (Elimination) ถ้าสามารถขจัดอันตรายได้ก็สามารถที่จะขจัดความเสี่ยงได้เช่นกัน

(5.3.2) การแทนที่ (Substitution) ถ้าอันตรายไม่สามารถขจัดได้ ก็สามารถลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยได้ โดยอาศัยการแทนที่ ไม่ว่าจะเป็นสารเคมีหรือระบบที่มีอันตรายหรือโอกาสได้รับบาดเจ็บน้อยลงกว่าเดิม

(5.3.3) การแยกส่วน (Isolation) โดยการสร้างสิ่งที่ใช้กั้นทางผ่านระหว่างผู้ปฏิบัติงานและความเสี่ยงในสภาพแวดล้อมการทำงานหรือกระบวนการ

(5.3.4) การควบคุมเชิงวิศวกรรม (Engineering Controls) เป็นมาตรการควบคุมความเสี่ยงโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ระบบระบายอากาศ ระบบดูดอากาศเฉพาะแห่ง เป็นต้น

(5.3.5) การควบคุมเชิงบริหารจัดการ (Administration Controls) เป็นมาตรการควบคุมความเสี่ยงโดยใช้หลักการทางการบริหารจัดการเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การฝึกอบรม การจัดสรรเวลาในการทำงาน/พัก การหมุนเวียนผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

(5.3.6) อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) เมื่อไม่สามารถลดความเสี่ยงของการได้รับบาดเจ็บจากวิธีควบคุมในลำดับชั้นข้างต้นทั้งหมดแล้ว ก็ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเป็นหนทางสุดท้าย เช่น ถุงมือ หน้ากาก ฯลฯ

ซึ่งลำดับชั้นต้น ๆ ของการควบคุม ถือว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมความเสี่ยงมากกว่าลำดับชั้นถัด ๆ มา ถ้ามีการเริ่มพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ก็มีโอกาสเป็นไปได้สูงที่จะบรรลุเป้าหมายในการขจัดหรือการแทนที่อันตราย โดยทั่วไปแล้วมักนิยมใช้มาตรการ

ควบคุมในลำดับชั้นต้น ๆ เพราะไม่แน่ใจในการดำเนินการของผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมความเสี่ยงซึ่งอาจผิดพลาดโดยไม่ได้ตั้งใจ หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์

ดังนั้นจึงมีการออกแบบเป็นระบบการป้องกันไว้ล่วงหน้า เช่น อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ติดตั้งไว้กับเครื่องจักร (Guarding on Machinery) ระบบล็อกนิรภัย (Safety Interlock Systems) และระบบสายดิน เป็นต้น ซึ่งในการออกแบบควรที่จะพิจารณาถึงเรื่องนี้ประกอบด้วย

(5.4) การเฝ้าติดตามและทบทวนความเสี่ยงที่หลงเหลืออยู่และประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมความเสี่ยง (Monitor and review the residual risk and effectiveness of risk control measures) ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเฝ้าติดตามมาตรการควบคุมว่าจะสามารถขจัดอันตราย หรือลดความเสี่ยงหรือก่อให้เกิดอันตรายใหม่ ๆ บ้างหรือไม่ การเฝ้าติดตามอย่างต่อเนื่องและทบทวนในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ จะทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้เพื่อป้อนกลับเข้าไปในระบบ จะสามารถได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นักออกแบบและผู้ผลิตควรที่จะเป็นผู้ที่ยืนยันรายแรก ๆ ถึงประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมความเสี่ยงที่ผ่านการทดสอบและทดลอง และรวมถึงการศึกษาต้นแบบการควบคุมที่ได้ในช่วงระหว่างที่ใช้งานผู้ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานในสถานประกอบการ ควรที่จะเฝ้าติดตามและทบทวนการควบคุมความเสี่ยงที่ถูกสื่อสารมาจากนักออกแบบ เช่นเดียวกันก็ควรได้มีการแจกแจงและดำเนินการเป็นการภายในด้วย โดยข้อมูลที่ได้มาใหม่ และการควบคุมความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ควรที่จะถูกสื่อสารไปยังผู้ใช้งานเช่นเดียวกับการส่งย้อนกลับไปยังนักออกแบบด้วยส่วนข้อมูลที่ผู้ใช้งานส่งย้อนกลับไปยังนักออกแบบ ถือว่ามีประโยชน์ต่อนักออกแบบ เพื่อใช้ประกอบการพัฒนาการออกแบบ ซึ่งข้อมูลที่ว่านี้มีหลายรูปแบบ เช่น รายงานข้อบกพร่อง รายงานการสอบสวนอุบัติเหตุ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดัดแปลง ความยาก–ง่ายในการใช้งาน หรือการเบี่ยงเบนไปจากเงื่อนไขการใช้งานที่ได้กำหนดไว้ เป็นต้น

(5.5) เก็บรักษาข้อมูลบันทึกการประเมินความเสี่ยง (Maintenance Records of Risk Assessments) นักออกแบบควรที่จะเก็บรักษาข้อมูลในการแจกแจงความเสี่ยงในระหว่างกระบวนการออกแบบ และขั้นตอนที่ได้ดำเนินการขจัดหรือลดความเสี่ยงนั้น ๆ ยิ่งไปกว่านั้นข้อมูลใหม่ ๆ ที่มีประโยชน์ซึ่งได้มาจากการดัดแปลงแบบ ก็ควรจะถูกนำมาพิจารณาและเก็บรักษาไว้เช่นกัน นักออกแบบอาจพบว่าหนทางที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการสื่อสารความเสี่ยงไปยังผู้ผลิต ผู้จัดหาจัดส่ง และผู้ใช้งานคือการประเมินความเสี่ยงที่มีประโยชน์ต่อกลุ่มบุคคลเหล่านี้ เพราะการจะที่คาดหวังให้บุคคลกลุ่มนี้ ดำเนินการประเมินความเสี่ยงด้วยตัวเองอาจเป็นเรื่องยาก เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานอาจจะมีนัยสำคัญแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ปฏิบัติงาน

(6) การรวมการบริหารจัดการความเสี่ยงเข้าไปในกระบวนการออกแบบ (Integrating Risk Management into the Design Process) ควรมีการประยุกต์ใช้ยุทธศาสตร์การ

บริหารจัดการความเสี่ยงให้มีความเหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงของกระบวนการออกแบบ ซึ่งจะช่วยเพิ่มพูนความสามารถในการผลิต สร้าง ใช้งานและกำจัดผลิตภัณฑ์ได้อย่างปลอดภัยตลอดช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

(6.1) การเตรียมการก่อนการออกแบบ (Pre–design) พิจารณาปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ในขอบข่ายและความซับซ้อนของโครงการ เช่นเดียวกับประเด็นด้านธุรกิจ สังคม กฎเกณฑ์ข้อบังคับ วัฒนธรรม การแข่งขัน การเงิน และอาจรวมถึงปัจจัยทางการเมือง ที่อาจมีผลกระทบต่อการออกแบบ

- พิจารณาบริบทของการบริหารจัดการความเสี่ยง โดยการแจกแจงความหลากหลายของอันตรายในสถานที่ปฏิบัติงานที่จำเป็นต้องคำนึงถึง

- แจกแจงบทบาทและความรับผิดชอบของคณะบุคคลต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกับโครงการและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีร่วมกันกับลูกค้าและบุคคลอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบ

- ระบุถึงกฎเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยง โดยการตัดสินใจในการระบุจะขึ้นอยู่กับปฏิบัติการ เทคนิค การเงิน กฎหมาย สังคม สิ่งแวดล้อม มนุษยธรรมหรือปัจจัยอื่น ๆ

- พัฒนากรอบงานของการออกแบบเพื่อความปลอดภัยสำหรับโครงการ โดยการแจกแจงขั้นตอนในกระบวนการที่จำเป็น เพื่อให้มั่นใจได้ว่าความเสี่ยงต่าง ๆ จะถูกระบุตลอดช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

(6.2) พัฒนาแนวคิด (Concept Development)

- ดำเนินการวิเคราะห์อันตรายในเบื้องต้น ทบทวนประวัติความเสี่ยงและความผิดพลาดของโครงการที่คล้ายกัน

- ใช้เทคนิคที่หลากหลายในการแจกแจงอันตรายและเครื่องมือต่างๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงที่มี โดยทำการพิจารณาว่าอะไรที่สามารถเกิดขึ้นได้และจะสามารถเกิดขึ้นที่ไหน เมื่อไร

- มีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ และจดบันทึกเป็นเอกสารถึงรายการของอันตรายและเหตุการณ์ที่อาจมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ และพิจารณาสาเหตุที่เป็นไปได้และสถานการณ์

(6.3) ทางเลือกในการออกแบบ (Design Options)

- แจกแจงอันตรายทั้งหมดที่สามารถระบุได้ โดยประยุกต์ใช้วิธีต่างๆ ที่ได้เกณฑ์มาตรฐานในการแก้ไขปัญหา

- วิเคราะห์ระดับของความเสี่ยงโดยรวบรวมผลลัพธ์ และความอาจเป็นไปได้ของความผิดพลาดต่างๆ ระหว่างช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

- พิจารณาทั้งทางด้านเทคนิคและปัจจัยส่วนบุคคล รวมถึงความสามารถของบุคคลที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อทดแทนการเปลี่ยนแปลงแบบ และมีการคาดการณ์ถึงอันตรายจากการใช้งานผิดวิธีตลอดช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

- พัฒนากลุ่มของทางเลือกในการออกแบบที่ตรงตามเกณฑ์ของความปลอดภัย

(6.4) สังเคราะห์การออกแบบ (Design Synthesis)

- ดำเนินการอย่างเป็นระบบในการประเมินทางเลือกในการออกแบบที่สามารถจัดการกับความเสี่ยงที่เข้ากฎเกณฑ์ที่ระบุไว้ในขั้นตอนเตรียมการก่อนการออกแบบ

- ประยุกต์ใช้ลำดับชั้นของการควบคุม โดยพยายามที่จะให้ประสบความสำเร็จในการใช้มาตรการควบคุมในลำดับชั้นต้น ๆ

- เลือกวิธีแก้ไขปัญหาที่ให้ผลดีที่สุด โดยพยายามรักษาความสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายทางตรง/ทางอ้อมในการดำเนินการออกแบบเทียบกับผลกำไรที่ได้รับ

(6.5) เสร็จสิ้นการออกแบบ (Design Completion) มีการทดสอบทดลอง หรือประเมินวิธีแก้ไขการออกแบบกับผู้ใช้งานที่หลากหลาย เมื่อเสร็จสิ้นการออกแบบก็ต้องมีการเตรียมการสำหรับแผนงานการควบคุมความเสี่ยงที่ใช้ตลอดช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

(6.6) เฝ้าติดตามและทบทวน (Monitor and Review) ทบทวนวิธีแก้ไขการออกแบบเพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพของการควบคุมความเสี่ยง และถ้ามีความจำเป็นอย่างสมเหตุสมผล ที่ต้องย้อนกลับไปออกแบบใหม่ เพื่อลดความเสี่ยงให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะปฏิบัติได้ ก็ควรกระทำ รวมถึงต้องมีการทบทวนข้อมูลย้อนกลับจากผู้ใช้งานและข้อมูลใหม่ที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาขั้นตอนการออกแบบอีกด้วย

(6.7) การสื่อสารและเอกสารข้อมูล (Communication and Document)

- ปรึกษาหารือกับลูกค้า และถ้าสามารถกระทำได้ ผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์ควรได้รับข้อมูลในแต่ละช่วงของการออกแบบ

- จัดทำเป็นเอกสารสำหรับข้อมูลการค้นพบหรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่า คนอื่น ๆ จะสามารถติดตามแผนงานการออกแบบหรือการดัดแปลงได้อย่างทันท่วงที

- มั่นใจว่าข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ได้ถูกจดบันทึกและส่งผ่านจากขั้นตอนการออกแบบ/การวางแผน และจะยังคงสามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ เพื่อจะได้ทราบถึงความเสี่ยงใด ๆ ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ที่อาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อ ๆ มาได้

2.4 การศึกษาหลักด้านการผลิตและการตลาดเพื่อเป็นปัจจัยในการออกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติก

2.4.1 หลักการด้านการผลิต

2.4.1.1 ต้นทุนการผลิต

การแข่งขันที่สูงและรุนแรงในสภาพการตลาดในปัจจุบัน ส่งผลให้ทุกองค์กรมีการดำเนินกิจกรรมต่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขัน. ในอุตสาหกรรมการผลิตก็เช่นเดียวกัน คู่แข่งที่นับวันจะมากขึ้นทุกวันต่างงัดกลยุทธ์ออกมาต่อสู้กัน ที่เห็นจะมากที่สุดก็คงจะเป็นเรื่องของราคาขายที่ถูกกว่า ซึ่งเป็นการตอบสนองที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าที่ต้องการสินค้าที่มีราคาถูก แต่การที่จะมามาซึ่งสินค้าที่มีราคาถูกนั้น องค์ประกอบหลักของทางผู้ผลิต คือ ต้นทุนการผลิต. ที่ต้องทำให้ต่ำที่สุดโดยที่คุณภาพและคุณค่าในการใช้งานยังคงอยู่ภายใต้การยอมรับของลูกค้า

(1) ความหมายของต้นทุนการผลิต

(1.1) ต้นทุน(cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ

(1.2) ต้นทุนการผลิต(production cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมทางการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ดี มีคุณภาพ ตามความต้องการของลูกค้า

(2) องค์ประกอบของต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย

(2.1) ต้นทุนด้านวัสดุ (material cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ, อุปกรณ์, เครื่องมือ ที่ใช้ในการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนี้

(2.1.1) วัสดุทางตรง (direct material cost) คือ วัสดุหรือวัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตโดยตรง โดยส่วนมากมักจะเป็นส่วนประกอบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เช่น ยางรถยนต์มียางเป็นวัตถุดิบทางตรง, ปากกา มี พลาสติกและหมึกเป็นวัตถุดิบทางตรง เป็นต้น จำนวนในการใช้งานวัสดุ/วัตถุดิบทางตรงนี้จะแปรผันกับหน่วยในการผลิตโดยตรง.

(2.1.2) วัสดุทางอ้อม (indirect material cost) เช่น วัสดุ, เครื่องมือ, อุปกรณ์ ที่ใช้สนับสนุนในการผลิตโดยส่วนมากจะไม่แปรผันกับปริมาณการผลิตโดยตรง เช่น กระดาษทราย, ผ้าเช็ดมือ, กาว, ตะปู เป็นต้น ในบางครั้งวัสดุทางอ้อมก็อาจถูกจัดให้อยู่ในหมวดหมู่ของวัสดุทางตรงก็เป็นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายทางการบัญชีของแต่ละองค์กร เช่น มีดกลึงสำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งเป็นวัตถุดิบทางอ้อม สามารถถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของวัตถุดิบทางตรงก็ได้ อาจเนื่องจากเหตุผลด้านราคาที่สูงและสามารถคำนวณอายุการใช้งานต่อจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตได้ (tool life) ถึงแม้ว่ามีดกลึงจะไม่ได้ถูกประกอบไปกับชิ้นงานก็ตาม.

(2.2) ต้นทุนด้านแรงงาน (labor cost) เป็นค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในการทำงานและผลิตสินสินค้าเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สามารถแบ่งออกได้คล้ายๆ กับต้นทุนวัตถุ คือค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางตรง และค่าจ่ายด้านแรงงานทางอ้อม ดังนี้

(2.2.1) ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางตรง (direct labor cost) เช่น ค่าจ้ารายวัน/เงินเดือนของพนักงานฝ่ายผลิต,ซึ่งจะแปรผันกับปริมาณการผลิตโดยตรง.

(2.2.2) ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางอ้อม (indirect labor cost) เช่น เงินเดือนของพนักงานขาย, เงินเดือนของผู้จัดการ, เงินดือนของวิศวกร ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะไม่แปรผันกับปริมาณในการผลิตโดยตรง

(2.2.3) ค่าใช้จ่ายโรงงานหรือค่าโสหุ้ยในการผลิต (overhead cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่นอกเหนือจากจากค่าใช้จ่ายของวัสดุและค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน เช่น ค่าสาธารณูปโภค, ค่าเช่าโรงงาน, ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร, สวัสดิการต่างๆ เป็นต้น

(3) การคำนวณต้นทุนการผลิต สามารถคำนวณได้ดังนี้

ต้นทุนการผลิต = ต้นทุนวัสดุ + ต้นทุนแรงงาน + ค่าโสหุ้ย

(4) การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เป็นการรวบรวม, แจกแจง, วิเคราะห์และรายงานค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในส่วนของต้นทุนต่างๆ ของการผลิตเพื่อประโยชน์ต่อการบริหารงานและการดำเนินนโยบายของฝ่ายบริหาร.

(4.1) วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตมีดังนี้

(4.1.1) เพื่อกำหนดหาต้นทุนการผลิตที่ใกล้เคียงที่สุด : โดยปกติแล้วต้นทุนการผลิตที่ได้จากการคำนวณจะมีการคลาดเคลื่อนเนื่องจากหลายๆ ปัจจัยในการผลิต เช่น งานเสียต้องผลิตซ้ำทำให้ต้นทุนต่อหน่วยเพิ่มเป็นสองเท่า, กระบวนการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพให้กระบวนการผลิตล่าช้า ส่งผลให้สิ้นเปลืองทรัพยากรในโรงงานเพิ่มขึ้น ต้นทุนแรงงานเพิ่มขึ้น. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตจะทำให้ทราบถึงจุดที่มีต้นทุนการผลิตที่สูง-ต่ำ รวมถึงสาเหตุและทีมาที่ทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงได้

(4.1.2) การควบคุมและลดต้นทุนการผลิต : เมื่อทราบสาเหตุที่ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงทำให้เราสามารถหามาตรฐานแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้

(4.1.3) เพื่อตัดสินใจและวางแผนงานต่างๆ : เช่น เมื่อทราบปัญหาที่ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูง และหลังจากที่ได้มีการกำหนดมาตรฐานในการลดต้นทุนการผลิต ทำให้สามารถประมาณการต้นทุนการผลิตและราคาขายที่ต่ำลงมาได้ ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในด้านราคาได้

(4.1.4) เพื่อกำหนดกำไรและฐานะทางการเงินของกิจการ : การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตจะทำให้สามารถประมาณการต้นทุนการผลิตที่แม่นยำ ซึ่งจะทำให้ผู้บริหารสามารถประมาณการผลประกอบการและกำไรของกิจการได้

(4.1.5) เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลและควบคุมการบริหารงาน : สามารถนำผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตมาประเมินผลงานทั้งประสิทธิภาพส่วนของ

บุคลากรที่ดำเนินงานและผังการบริหารองค์(organization) เพื่อการปรับปรุงและปรับเปลี่ยนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

(5) วิธีการลดต้นทุนการผลิต วิธีการและแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตที่นิยมใช้กันมากและแพร่หลาย คือ การลดความสูญเสีย 7 ประการ คือ

(5.1) ความสูญเสียจากการผลิตมากเกินความจำเป็น (over production) การผลิตที่มากเกินความจำเป็นหรือความต้องการของกค้า ถ้าพูดตามภาษาชาวบ้านก็คือ ผลิตแล้วยังขายไม่ได้นั่นเอง. ส่วนที่ผลิตเกินจากความต้องการ ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งด้านค่าจ่ายในการจัดเก็บและควบคุมวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการ WIP/ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป , ต้นทุนแรงงานโดยเฉพาะการทำงานล่วงเวลา.

(5.1.1) สาเหตุที่ทำให้มีการผลิตมากเกินความจำเป็น

- ประมาณการความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค่าคลาดเคลื่อนของฝ่ายขาย
- การวางแผนการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพ
- มีปัจจัยใหม่ที่ไม่คาดคิดมาส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการขอลูกค้า

(5.1.2) แนวทางในการลดต้นทุนที่เกิดจากการผลิตมากเกินความจำเป็น

- ฝ่ายขายต้องคอยอัพเดตและวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าอยู่เสมอเพื่อเพิ่มความแม่นยำของประมาณการขาย
- ฝ่ายวางแผนการผลิตต้องมีการประสานงานอย่างใกล้ชิดกับฝ่ายขายเพื่อนำข้อมูลที่มีการอัพเดตความต้องการของลูกค้ามาใช้ในการวางแผนการผลิต

(5.2) ความสูญเสียจาการรอคอย(Waiting) การรอคอยเป็นกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์และมูลค่า เช่น วัตถุดิบขาดสต๊อกทำให้กระบวนการผลิตเกิดการรอคอย เสียโอกาสเสียทั้งค่าแรงของพนักงาน กระบวนการผลิตที่ไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดการรอคอยในการผลิต เช่นเดียวกัน

(5.2.1) สาเหตุที่ทำให้เกิดการรอคอย

- วัตถุดิบไม่เพียงพอให้ให้รอการผลิต
- เครื่องจักรเสียให้ต้องหยุดการผลิต
- กระบวนการผลิตไม่สมดุล
- เกิดอุบัติเหตุในการผลิต

(5.2.2) แนวทางในการลดต้นทุนที่เกิดจากการรอคอย

- มีการทบทวนsafety stock-MOQ (minimum order quantity) และปรับปรุงให้เหมาะสม ช่วยลดการขาดสต๊อกของวัตถุดิบ

- จัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร (preventive maintenance) เพื่อลดการหยุดการผลิตที่เกิดจากเครื่องจักรเสีย(machine break down)

- มีการวิเคราะห์กระบวนการ จัดทำเวลามาตรฐาน(standard time) ให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิตให้เกิดความสมดุลในแต่ละกระบวนการมากที่สุด

- จัดหาอุปกรณ์ป้องกันภัยทั้งในเครื่องจักรและอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล, มีแผนและดำเนินการอบรมด้านความปลอดภัยให้กับพนักงาน, มีป้ายเตือนต่างๆ เพื่อลดอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำงาน

(5.2.3) ความสูญเสียจากการขนส่ง(Transportation) การวางผังโรงงาน(plant layout) และลำดับของกระบวนการ(process priority) มีผลโดยตรงต่อการขนส่งระหว่างกระบวนการเป็นการอย่างมาก การขนส่งที่มีระยะทางมากและซ้ำซ้อนส่งผลให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นเช่น ค่าแรงของพนักงานขับรถโฟลค์ลิฟท์, ค่านำมัน, ค่าเสียกาส เป็นต้น

5.2.3.1) สาเหตุของความสูญเสียจากการขนส่ง

- วางผังโรงงานที่ขาดประสิทธิภาพ
- วางแผนกระบวนการที่ขาดประสิทธิภาพ

(5.2.3.1) การลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการขนส่ง

- ทำการปรับผังกระบวนการผลิตและผังโรงงานโดยคำนึงถึงความต่อเนื่อง, ความสมดุลของกระบวนการ, การเคลื่อนไหว เป็นหลัก ซึ่งโดยส่วนมากจะมีข้อจำกัดค่อนข้างมากโดยเฉพาะโรงงานที่มีเครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งการเคลื่อน้ายทำได้ยากและเกิดต้นทุนสูง. *การปรับปรุงผังกระบวนการและผังโรงงานควรมีการประชุมทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องและพิจารณาอย่างรอบคอบเนื่องจากต้นทุนในการปรับเปลี่ยนอาจสูงกว่าต้นทุนการผลิตที่ลดลง

(5.2.4) ความสูญเสียจากการเก็บวัสดุคงคลังมากเกินไป(Excess Inventory) การเก็บวัสดุคงคลังมากเกินไป ทำให้เกิดค่าเสียโอกาสในการขาย, ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บละควบคุมวัสดุคงคลังทั้งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

(5.2.4.1) สาเหตุของของสูญเสียจากการเก็บวัสดุคงคลังมากเกิน

- เป็นผลมากจากการผลิตที่มากเกิน
- จำนวนจัดเก็บเพื่อความปลอดภัย(minimum stock/safety stock) และ ปริมาณการสั่งซื้อขั้นต่ำ(minimum order quantity:MOQ) ไม่เหมาะสม
- การวางแผนการผลิตที่คลาดเคลื่อน

(5.2.4.2) การลดต้นทุนที่เกิดจากการจัดเก็บวัสดุคงคลังมากเกินไป

- ทบทวน Minimum Stock และ Safety Stock

- ทบทวนแผนการผลิต

(5.2.5) ความสูญเสียที่เกิดจากงานเสีย(Defect) การผลิตงานเสียก่อให้เกิดการสูญเสียคือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตภัณฑ์ซ้ำหรือแก้ไข ซึ่งรวมถึง วัตถุดิบ, ค่าแรง, ค่าสาธารณูปโภค และอื่นๆ เพิ่มขึ้นมาโดยที่ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเท่าเดิม

(5.2.5.1) สาเหตุของความสูญเสียจากงานเสีย

- พนักงานขาดทักษะ
- ประมาท เลินเล่อ
- วิธีการทำงานไม่เหมาะสม
- วัตถุดิบไม่มีคุณภาพ
- เครื่องจักรประสิทธิภาพต่ำ
- เร่งรีบจนเกินไป

(5.2.5.2) การลดต้นทุนที่เกิดจากงานเสีย โดยปกติแล้วงานเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตทางหน่วยงานด้านคุณภาพจะเข้ามาวิเคราะห์ร่วมกันกับฝ่ายผลิตเพื่อสาเหตุของงานเสียหรืองานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด โดยหามาตรฐานในการแก้ไขและป้องกันอยู่แล้ว

(5.2.6) ความสูญเสียที่เกิดจาการเคลื่อนไหวมากเกินไป (Excess Motion) การเคลื่อนไหวที่เกิดเกินความจำเป็นส่งผลให้ระยะเวลาในการทำงานนานขึ้น ค่าใช้จ่าย อื่นๆ ก็จะตามมาเช่น ค่าแรงงาน, ค่าสาธารณูปโภค เป็นต้น

(5.2.6.1) สาเหตุของการสูญเสียที่เกิดจากการเคลื่อนไหวมากเกินไป

- วิธีการทำงานที่ขาดประสิทธิภาพ
- ทักษะของพนักงานไม่เพียงพอ
- ผังของกระบวนการไม่เหมาะสม

(5.2.6.2) การลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากเคลื่อนไหวมากเกินไป

- ใช้หลักการของ work study เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ แก้ไข และปรับปรุง
- ฝึกอบรมด้านทักษะให้กับพนักงาน
- จัดทำวิธีการทำงานที่เป็นมาตหรฐาน

(5.2.7) ความสูญเสียของกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าหรือผลิตภัณฑ์ (Non-Value Added Processing) คือ กระบวนการส่วนเกิน ไม่มีกระบวนการนี้ก็สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้

(5.2.7.1) สาเหตุของความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า

- ขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนอย่างแท้จริง
- ยึดติดกับวิธีการเก่าที่ทำต่อเนื่องกันมา เลยทำให้อยากที่จะเปลี่ยนแปลง
- ขาดการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ

(5.2.7.2) การลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า

- มีการวิเคราะห์และศึกษากระบวนการอย่างเป็นระบบ
- ใช้หลักการของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เข้ามาช่วยในการ วิเคราะห์
- ยอมรับแนวคิดใหม่ โดยอาจให้เหตุผลกับพนักงานว่า วิธีการเก่าไม่ใช่วิธีการที่ผิด และวิธีการใหม่ๆ เป็นการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ ช่วยให้ทำงานง่ายขึ้น

2.4.1.2 ระบบการผลิต ระบบการผลิต หมายถึง ระบบที่ใช้ในการจัดการกระบวนการผลิต เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ระบบการผลิตประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ

[Input ==> Processing ==> Output]

- ปัจจัยการผลิต (Input/Material) ปัจจัยการผลิตหมายถึง วัตถุดิบ แรงงาน พลังงาน ต่างๆ ที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการแปรสภาพ.
- กระบวนการแปลงสภาพ (Processing) กระบวนการแปลงสภาพ เป็นการนำปัจจัยการผลิตต่างๆ มาเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพด้วยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ
- ผลผลิต (Output/Product) ผลผลิตอาจหมายถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากการแปรรูปวัตถุดิบ

ระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องสามารถบรรลุเป้าหมายทั้งด้าน ปริมา (Quantity), ราคาหรือต้นทุน(Cost), และเวลาซึ่งหมายถึงการส่งมอบ(Delivery) หรือ QCD ซึ่งการที่จะทำให้ QCD เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จะเป็นการบริหารจัดการระบบการผลิตใน 3 ขั้นตอนหลัก คือ

(1) การวางแผนการผลิต(Production Planning) เป็นกระบวนการในการวิเคราะห์และวางแผนการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตต่างๆ ทีมีอยู่เพื่อให้เกิดการดำเนินการ

ผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ตามช่วงเวลาต่างๆ เช่น แผนการผลิตรายชั่วโมง, รายวัน, รายสัปดาห์, รายเดือน, รายปี เป็นต้น

(2) การดำเนินการผลิต(Production Operation) เป็นการดำเนินการตามกระบวนการการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในแผนการผลิต

(3) การควบคุมการผลิต(Production Control) เป็นขั้นตอนการเฝ้าติดตาม ควบคุมการดำเนินงาน เพื่อให้กระบวนการผลิตอยู่ในขั้นตอน วิธีการที่กำหนดไว้ รวมถึงการรายงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่จะส่งผลกระทบต่อการผลิต มีแนวโน้มที่การผลิตจะไม่เป็นไปตามเป้าหมาย เกิดงานเสียในกระบวนการผลิต รวมถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิต เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการผลิต

(4) ประสิทธิภาพในการผลิต (Production Efficiency) ประสิทธิภาพในการผลิตสามารถวัดได้จาก อัตราผลิต(Output) เปรียบเทียบกับปัจจัยการผลิตที่ป้อนเข้าไป ตามสมการดังนี้[Production Efficiency = (Output / Input)x100%] นั่นหมายถึงว่า จะเกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงที่สุด 100% เมื่อไม่มีการสูญเสียในการผลิต ซึ่งในทางปฏิบัติจริงเป็นไปค่อนข้างยาก จึงต้องพยายามให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด ดังที่เราจะเห็นได้ว่ามีกระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลาและเกิดกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพงานอยู่เสมอ (http://production-cost.blogspot.com : ออนไลน์)

2.4.2 หลักการด้านการตลาด

2.4.2.1 4P กลยุทธ์ทางการตลาด

เป็นที่รู้จัก และเป็นพื้นฐานที่สุดก็คือการ ใช้ 4P (Product Price Place Promotion) ซึ่งหลักการใช้คือการวางแผนในแต่ละส่วนให้เข้ากัน และเป็นที่ต้องการของกลุ่มเป้าหมายที่เราเลือกเอาไว้ให้มากที่สุด ในบางธุรกิจอาจจะไม่สามารถปรับเปลี่ยน ทั้ง 4P ได้ทั้งหมดในระยะสั้นก็ไม่เป็นไรเพราะ เรา สามารถ ค่อยๆปรับกลยุทธ์จนได้ ส่วนผสมทางการตลาดได้เหมาะสมที่สุด (4P อาจจะเรียกว่า marketing mix)

(1) Product ก็คือสินค้าหรือบริการที่เราจะเสนอให้กับลูกค้า แนวทางการกำหนดตัว product ให้เหมาะสมก็ต้องดูว่ากลุ่มเป้า หมายต้องการอะไร เช่นต้องการน้ำผลไม้ที่ สะอาด สด ในบรรจุภัณฑ์ถือสะดวก โดยไม่สนรสชาติ เราก็ต้องทำตามที่ลูกค้าต้องการ ไม่ใช่ว่าเราชอบหวานก็จะพยายามใส่น้ำตาลเข้าไป แต่โดยทั่วไปแนวทางที่จะทำสินค้าให้ขายได้มีอยู่สองอย่างคือ

(1.1) สินค้าที่มีความแตกต่าง โดยการสร้างความแตกต่างนั้น จะต้องเป็นสิ่งที่ลูกค้าสามารถสัมผัสได้จริงว่าต่างกันและ ลูกค้าตระหนักและชอบในแนวทางนี้ เช่นคุณสมบัติพิเศษ รูปลักษณ์ การใช้งาน ความปลอดภัย ความคงทนโดยกลุ่มลูก ค้าที่เราจะจับก็จะเป็นลูกค้าที่ไม่มีการแข่งขันมาก (niche market)

(1.2) สินค้าที่มีราคาต่ำนั่นคือการยอมลดคุณภาพในบางด้านที่ไม่สำคัญลงไป เช่นสินค้าที่ผลิตจากจีน จะมีคุณภาพไม่ดี นักพอใช้งานได้ แต่ถูกมากๆหรือ สินค้าที่เลียนแบบแบรนด์ดังๆ ในซุปเปอร์สโตรต่างๆ จริงๆแล้วสำหรับนักธุรกิจมือ ใหม่ควรเลือกในแนวทางสร้างความแตกต่างมากกว่า การเป็นสินค้าราคาถูกเพราะ หากเป็นด้านการผลิตแล้วรายใหญ่ จะมีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่ารายย่อย แต่หากเป็นด้านบริการ เราอาจจะเริ่มต้นที่ราคาถูกก่อน แล้วค่อยๆ หาตลาดที่ราย ใหญ่ไม่สนใจ

(2) Price ราคาเป็นสิ่งที่ค่อนข้างสำคัญในการตลาด แต่ไม่ใช่ว่า คิดอะไรไม่ออกก็ลดราคาอย่างเดียวเพราะการลดราคาสินค้า อาจจะไม่ได้ช่วยให้การขายดีขึ้นได้ หากปัญหาอื่นๆยังไม่ได้รับการแก้ไข การตั้งราคาในที่นี้จะเป็นการตั้งราคาให้เหมาะสมกับ ผลิตภัณฑ์ และกลุ่มเป้าหมายของเรา เช่นหากเราขายน้ำผลไม้ที่จตุจักร ราคาอาจจะต้องถูกหน่อย แต่หากขายที่สยาม หากตั้ง ราคาถูกไปเช่น 10 บาท กลุ่มที่เป็นเป้าหมายอยากให้ซื้ออาจจะไม่ซื้อ แต่คนที่ซื้ออาจจะเป็นคนอีกกลุ่มซึ่งมีน้อยกว่า และไม่คุ้ม ที่จะขายแบบนี้ในสยาม ยิ่งไปกว่านั้นหากราคา และรูปลักษณ์สินค้าไม่เข้ากัน ลูกค้าก็จะเกิดความข้องใจและอาจจะกังวลที่จะซื้อ เพราะราคาคือตัวบ่งบอกภาพลักษณ์ของสินค้าที่สำคัญที่สุด อย่างไรก็ตาม ในด้านการทำธุรกิจขนาดย่อมแล้ว ราคาที่เราต้องการ อาจไม่ได้คิดอะไรลึกซึ้งขนาดนั้น แต่จะมองกันในเรื่องของตัวเลข ซึ่งจะมีวิธีกำหนดราคาง่ายต่างๆดังนี้

(2.1) กำหนดราคาตามลูกค้า คือการกำหนดราคาตามที่เราคิดว่าลูกค้าจะเต็มใจจ่าย ซึ่งอาจจะได้มาจากการทำสำรวจ หรือแบบสอบถาม

(2.2) กำหนดราคาตามตลาด คือการกำหนดราคาตามคู่แข่งในตลาด ซึ่งอาจจะต่ำมากจนเราจะมีกำไรน้อยดังนั้นหาก เรา คิด ที่จะกำหนดราคาตามตลาด เราอาจจะต้องมานั่งคิดคำนวณย้อนกลับว่า ต้นทุนสินค้าควร เป็นเท่าไรเพื่อจะได้กำ ไร ตามที่ตั้งเป้า แล้วมาหาทางลดต้นทุนลง

(2.3) กำหนดราคาตามต้นทุน+กำไร วิธีนี้เป็นการคำนวณว่าต้นทุนของเราอยู่ที่เท่าใด แล้วบวกค่าขนส่ง ค่าแรงของเรา บวกกำไร จึงได้มาซึ่งราคา แต่หากราคาที่ได้มาสูงมาก เราอาจจำเป็นต้องมีการทำประชาสัมพันธ์ หรือปรับภาพลักษณ์ ให้เข้ากับราคานั้น

(3) Place คือวิธีการนำสินค้าไปสู่มือของลูกค้า หากเป็นสินค้าที่จะขายไปหลายๆแห่ง วิธีการขายหรือการกระจายสินค้าจะมีความ สำคัญมาก หลักของการเลือกวิธีกระจายสินค้านั้นไม่ใช่ขายให้มากสถานที่ที่สุดจะดีเสมอ เพราะมันขึ้นอยู่กับว่า สินค้าของท่านคือ อะไร และกลุ่มเป้าหมายท่านคือใคร เช่นของใช้ในระดับบน ควรจะจำกัดการขายไม่ให้มีมากเกินไป เพราะอาจจะทำให้เสียภาพ ลักษณ์ได้สิ่งที่เราควรจะคำนึงอีกอย่างของวิธีการกระจายสินค้าคือต้นทุนการกระจายสินค้า เช่นการขายสินค้าใน 7-eleven อาจจะ กระจายได้ทั่วถึง แต่อาจจะมีต้นทุนที่สูงกว่า หากจะกล่าวถึงธุรกิจที่เป็นการขายหน้าร้าน Place ในที่นี้ก็คือ ทำเล ซึ่งก็ควรเลือกที่ ให้เหมาะสมกับสินค้าของเราเช่นกัน อย่าง มาบุญครองกับ สยามเซ็นเตอร์ จะมีกลุ่มคนเดินที่ต่างออกไปและลักษณะ

สินค้าและ ราคาก็ไม่เหมือนกันด้วยทั้งๆที่ตั้งอยู่ใกล้กัน ท่านควรขายที่ใดก็ต้องพิจารณาตามลักษณะสินค้า

(4) Promotion คือการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อบอกลูกค้าถึงลักษณะสินค้าของเรา เช่นโฆษณาในสื่อต่างๆ หรือการทำกิจกรรม ที่ทำให้คนมาซื้อสินค้าของเรา เช่นการทำการลดราคาประจำปี หากจะพูดในแง่ของธุรกิจขนาดย่อม การโฆษณาอาจจะเป็นสิ่งที่เกินความจำเป็นเพราะจะต้องใช้เงิน จะมากหรือน้อยก็ ขึ้นกับ ช่องทางที่เราจะใช้ ที่จะดีและอาจจะฟรีคือ สื่ออินเตอร์เนต ซึ่งมีผู้ใช้เพิ่มจำนวนขึ้นมากในแต่ละปี สื่ออื่นๆที่ถูกๆ ก็จะเป็นพวก ใบปลิว โปสเตอร์ หากเป็นสื่อท้องถิ่นก็จะมี รถแห่ วิทยุท้องถิ่น หนังสือพิมพ์ท้องถิ่น วิธีในการเลือกสื่อนอกจากจะดูเรื่องค่าใช้จ่ายแล้วควรดูเรื่องการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายด้วย เช่นหากจะโฆษณาให้กลุ่มผู้ใหญ่ โดยเลือกสื่ออินเตอร์เน็ต (เพราะฟรี) ก็อาจจะเลือก เว็บไซต์ที่ผู้ใหญ่เล่น ไม่ใช้เว็บที่วัยรุ่นเข้ามาคุยกัน เป็นต้น (nanosoft : ออนไลน์)

2.4.2.2 4C การตลาดแนวใหม่ที่พัฒนาเพื่อตอบโจทย์ธุรกิจ

กลยุทธ์การตลาด 4C คือ เป็นแนวคิดทางด้านการตลาดแนวใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบโจทย์ของ ผู้บริโภคให้ตรงประเด็นได้มากที่สุด เพราะปัจจุบันจากพฤติกรรมในการเลือกซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภคเปลี่ยนไป กลยุทธ์การตลาด 4C ประกอบด้วย

(1) Consumer Wants and Needs หมายถึงความต้องการของผู้บริโภค การผลิต สินค้าในปัจจุบันต้องคำนึงถึงความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก และนักการตลาดต้องรู้ก่อนว่าลูกค้าหรือผู้บริโภคต้องการสินค้าแบบไหน

(2) Consumer’s Cost to satisfy หมายถึง ต้นทุนของผู้บริโภค การตั้งราคาของผู้ผลิตต้องคำนึงต้นทุนของผู้บริโภคมากกว่าต้นทุนของผู้ผลิต

(3) Convenience to buy หมายถึง ความสะดวกในการซื้อ ผู้ประกอบการหรือนักการตลาดจะต้องคำนึงถึงความสะดวกสบายในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคเป็นสำคัญ โดยอาจเพิ่มช่องทางในการซื้อให้กับลูกค้า

(4) ตัวที่ 4 มาจากคำว่า Communication that Connects หมายถึง การสื่อสาร การสื่อสารที่ดีจะทำให้ลูกค้าเกิดความเชื่อใจและเชื่อถือในตัวสินค้า ที่จะส่งผลให้เกิดการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้น (IM2.2558 : ออนไลน์)

2.5 การจัดการสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน

2.5.1 แนวคิดการจัดการขยะด้วยหลัก 3R ภายในสำนักงานโรงงาน

2.5.1.1 R : Reduceคือ การลดการใช้ การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง ลดการก่อให้เกิดขยะ เช่น ปิดไฟทุกครั้งที่ไม่ใช้งานหรือเปิดเฉพาะจุดที่ใช้งาน ปิดคอมพิวเตอร์และเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช้เป็นเวลานาน ๆ ถอดปลั๊กของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กระติกน้ำร้อนออกเมื่อ

ไม่ได้ใช้ เมื่อต้องการเดินทางใกล้ ๆ ก็ควรใช้วิธีเดิน ขี่จักรยาน หรือนั่งรถโดยสารแทนการขับรถไปเอง หลีกเลี่ยงการเลือกซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มหลายชั้นหลีกเลี่ยงการเลือกซื้อสินค้าชนิดใช้ครั้งเดียว หรือผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานต่ำไม่สนับสนุนร้านค้าที่กักเก็บและจำหน่วยสินค้าที่ใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือย และไม่มีระบบเรียกคืนบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วกรณีการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประจำบ้านที่ใช้เป็นประจำ เช่น สบู่ ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน ให้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดบรรจุใหญ่กว่า เนื่องจากใช้บรรจุภัณฑ์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดหรืองดการบริโภคที่ฟุ่มเฟือย โดยเลือกใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับความต้องการเลือกซื้อสินค้าหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีระบบมัดจำ – คืนเงิน เช่น ขวดเครื่องดื่มประเภทต่าง ๆเลือกซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำกลับไปรีไซเคิลได้ หรือมีส่วนประกอบของวัสดุรีไซเคิล เช่น ถุงช๊อปปิ้ง โปสการ์ดเลือกซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตเรียกคืนซากบรรจุภัณฑ์ หลังจากการบริโภคของประชาชน

2.5.1.2 R : Reuse คือ การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด โดยการนำสิ่งของเครื่องใช้มาใช้ซ้ำ

เช่น การนำชุดทำงานเก่าที่ยังอยู่ในสภาพดีมาใส่เล่นหรือใส่นอนอยู่บ้านหรือนำไปบริจาค แทนที่จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ การนำกระดาษรายงานที่เขียนแล้ว 1 หน้า มาใช้ในหน้าที่เหลือหรืออาจนำมาทำเป็นกระดาษโน๊ต ช่วยลดปริมาณการตัดต้นไม้ได้เป็นจำนวนมาก การนำขวดแก้วมาใส่น้ำรับประทานหรือนำมาประดิษฐ์เป็นเครื่องใช้ต่างๆ เช่นแจกันดอกไม้หรือที่ใส่ดินสอ เลือกซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาให้ใช้ได้มากกว่า 1 ครั้ง เช่น แบตเตอรี่ประจุไฟฟ้าใหม่ได้ซ่อมแซมเครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ (Repair) ให้สามารถใช้ประโยชน์ต่อไปได้อีก บำรุงรักษาเครื่องใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถใช้งานได้คงทนและยาวนานขึ้นนำบรรจุภัณฑ์และวัสดุเหลือใช้อื่นๆ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น การใช้ซ้ำถุงพลาสติก ถุงผ้า ถุงกระดาษ และกล่องกระดาษ การใช้ซ้ำขวดน้ำดื่ม เหยือกนม และกล่องใส่ขนม ยืม เช่า หรือใช้สิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้บ่อยครั้งร่วมกัน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร บริจาคหรือขายสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ เช่น หนังสือ เสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องมือใช้สอยอื่นๆ นำสิ่งของมาดัดแปลงให้ใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำยางรถยนต์มาทำเก้าอี้ การนำขวดพลาสติกมาดัดแปลงเป็นที่ใส่ของ แจกัน การนำเศษผ้ามาทำเปลนอน เป็นต้นใช้ซ้ำวัสดุสำนักงาน เช่น การใช้กระดาษทั้งสองหน้า เป็นต้น

2.5.1.3 R : Recycleคือ การนำสิ่งของที่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบเดิมไม่ได้แล้ว หรือเรียกอีกอย่างว่าเป็นขยะ นำไปจัดการด้วยกระบวนการต่างๆแล้วแปรรูปมาเป็นสิ่งใหม่ จากนั้นก็นำมาใช้ใหม่เช่น เศษกระดาษสามารถนำไปรีไซเคิลกลับมาใช้เป็นกล่องหรือถุงกระดาษ การนำแก้วหรือพลาสติกมาหลอมใช้ใหม่เป็นขวด ภาชนะใส่ของ หรือเครื่องใช้อื่นๆ ฝากระป๋องน้ำอัดลมก็สามารถนำมาหลอมใช้ใหม่นำขวดพลาสติก PET มาหลอมเป็นเม็ดพลาสติก ตีเป็นเส้นใยนำมาผลิตเป็นพรหม หรือเสื้อ นำเศษอลูมิเนียมมาหลอม ขึ้นรูปเป็นแผ่น นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียม รวมทั้งกระป๋องอะลูมิเนียมดังนั้นเราจึงควรคัดแยกขยะรีไซเคิลแต่ละประเภท ได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะอโลหะ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปรีไซเคิลโดยนำไปขาย บริจาค นำเข้าธนาคารขยะ

กิจกรรมขยะแลกไข่ เพื่อเข้าสู่วงจรของการนำกลับไปรีไซเคิล (คณะวิทยาศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์. 2558 : ออนไลน์)

2.5.2 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015

ภาพที่ 2.42 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015
ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/

สำหรับเทรนด์การจัดโต๊ะทำงานสำหรับพนักงานออฟฟิศยุคนี้พบว่าเน้นความเรียบง่ายไม่รกแต่เต็มเปี่ยมไปด้วยประโยชน์ใช้สอยแบบอเนกประสงค์แบ่งออกมาเป็น 5 แบบดังนี้

2.5.2.1 โต๊ะติดผนัง

ภาพที่ 2.43 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015
ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/

แค่พื้นที่ขนาดพอดีที่จะใช้วางคอมพิวเตอร์และข้าวของเล็กๆน้อยๆโดยไม่มีขาโต๊ะมาเกะกะก็ช่วยสร้างอารมณ์ที่แตกต่างในการทำงานได้ โต๊ะทำงานลักษณะนี้นอกจากจะประหยัดพื้นที่ยังดูดี

2.5.2.2 แบบมินิมอลลิสต์

ภาพที่ 2.44 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015
ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/

รูปทรงโค้งมนแต่แฝงเอกลักษณ์เฉพาะกำลังได้รับความนิยมอย่างสูงโดยเฉพาะในวงการไอทีหรืองานจำพวกกราฟฟิคเพราะมันช่วยสร้างจินตนาการได้จากความโล่งและกว้างนี่แหละ นอกจากนี้ยังมีลิ้นชักให้เก็บของเพิ่มเติมอีกต่างหาก

2.5.2.3 แบบ Built-in

ภาพที่ 2.45 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015
ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/

ต้องบอกก่อนเลยว่าโต๊ะทำงานแบบนี้ส่วนมากจะเห็นที่โฮมออฟฟิศหรือสำนักงานส่วนตัวเท่านั้นเพราะเป็นการใช้พื้นที่ติดผนังให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพิ่มเติมด้วยกล่องหรือลิ้นชักเพื่อเก็บอุปกรณ์สำนักงาน

2.5.2.4 วินเทจไม่มีวันตาย

ภาพที่ 2.46 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015
ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/

สไตล์เฉพาะตัวแบบนี้มาพร้อมงานที่มีเอกลักษณ์ประเภท ศิลปิน , นักออกแบบ หรือดีไซเนอร์ โต๊ะทำงานสุดคลาสสิคที่มาพร้อมความกว้างๆเพื่อรองรับอุปกรณ์ต่างๆ ทุกเฟอร์นิเจอร์ถูกออกแบบให้เข้ากันเป็นอย่างดี

2.5.2.5 โต๊ะทำงานแบบกระจก

ภาพที่ 2.47 โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015
ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/

คนที่ชอบแบบนี้ดูจะรักอิสระเบื่อหน่ายความวุ่นวายเพราะมันดูโล่งจนทะลุปรุโปร่งเรียกว่าดูแล้วสบายตายิ่งมาพร้อมการออกแบบโต๊ะทำงานอันโดดเด่นบอกเลยว่าควรมีไว้ครอบครองสักชุด(nobu take. 2558 : ออนไลน์)

2.5.3 อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานในอนาคต

งานสำนักงานในปัจจุบันนี้ เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ค่อนข้างจะทันสมัยมากขึ้น โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการเวอร์ชั่นใหม่ๆ ตอบสนองความต้องการสำหรับงานสำนักงานได้เกือบทุกรูปแบบ รวมถึงเครื่องใช้อื่นๆได้แก่ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพริ้นเตอร์ เครื่องสแกนเนอร์ ที่มีการพัฒนารูปแบบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ทำให้ได้ข้อสังเกตอยู่หลายเรื่องว่า อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานในยุคก่อนหน้านี้กับปัจจุบันมีความต่างกันอย่างไร ซึ่งคนทำงานเลขานุการต้องใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้อย่างปฏิเสธไม่ได้ จึงควรทราบถึงเทรนด์ของอุปกรณ์สำนักงานในอนาคตกันเสียหน่อย

2.5.3.1 รวมประโยชน์หลายอย่างในเครื่องเดียว เช่น เครื่องโทรสาร ที่สามารถรับโทรศัพท์ รับโทรสาร ถ่ายเอกสาร พ่วงระบบอินเทอร์เน็ต เครื่องถ่ายเอกสาร ที่ใช้ถ่ายเอกสารอัดสำเนา สแกนภาพ และยังเป็นเครื่องรับสัญญาณโทรสารได้ หนึ่งเครื่องสามารถใช้ได้หลากหลายประโยชน์ แทนที่จะซื้อแต่ละเครื่องมาใช้ ลดต้นทุนให้กับสำนักงานได้

2.5.3.2 ราคาไม่แพง อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานมีราคาไม่สูงเกินกว่าคนทั่วไปสามารถซื้อหามาใช้ทั้งส่วนตัวหรือในสำนักงาน อย่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่หนุ่มสาวออฟฟิศจะมีใช้กันเป็นการส่วนตัวคนละเครื่อง ก็คงไม่ต้องแปลกใจอะไรที่ในสำนักงานในปัจจุบันไม่มีเสียงพิมพ์ดีดให้ได้ยินอีกเลย แล้วอีกหน่อยคงจะต้องถามกันว่า แล้วเครื่องพิมพ์ดีดนี่หน้าตามันเป็นอย่างไร เหมือนที่ทุกวันนี้ที่คนทำงานในสำนักงานจะแปลกใจกับคำว่า เครื่องปรุกระดาษ เครื่องคิดเลขแบบมือหมุน เครื่องบันทึกและถอดข้อความ ไปจนถึงเครื่องอัดสำเนา

2.5.3.3 หาซื้อได้ง่าย ก่อนหน้านี้อุปกรณ์สำนักงานทั้งหลายก็จะพบเฉพาะร้านเครื่องใช้สำนักงานที่จะขายพวกวัสดุสำนักงานไปด้วยกัน แต่ทุกวันนี้ ในตัวจังหวัดทุกจังหวัดที่มีห้างสรรพสินค้า ห้างซุปเปอร์เซ็นเตอร์ ไฮเปอร์มาร์ท อย่างน้อยมุมหนึ่งในห้างจะต้องจัดให้มีมุมอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานแทรกอยู่เสมอ รวมถึงการโฆษณาที่เข้าถึงลูกค้าโดยตรงจากเกือบทุกสื่อ ไม่นับการจัดบูธ เพื่อเรียกเงินจากลูกค้าใกล้บ้านมากที่สุด

2.5.3.4 ใช้ง่ายและสะดวก อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานปัจจุบัน มีขั้นตอนการใช้ไม่ยุ่งยากสับสน ลดฟังชั่นการใช้งานให้สะดวกที่สุด ตอบสนองการใช้งานโดยตรง อีกทั้งยังมีฟังชั่นเป็นภาษาไทย พร้อมคู่มือที่เป็นภาษาไทยให้อ่านและเลือกใช้ได้ตามสะดวก ซึ่งก่อนหน้านี้คู่มือส่วนใหญ่จะเป็นภาษาอังกฤษ

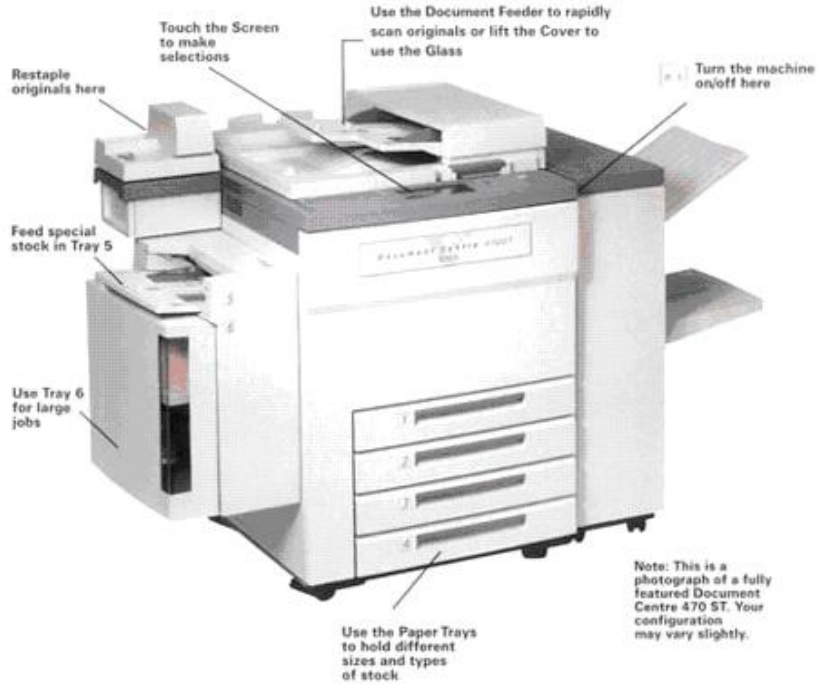
2.5.3.5 รูปแบบที่ทันสมัย นอกจากใช้ง่ายและสะดวกแล้ว รูปแบบ ขนาดของเครื่องใช้สำนักงานก็ไม่ใหญ่เทอะทะ เคลื่อนย้ายสะดวก บางรุ่นบางแบบก็สามารถพกพาไปไหนได้สะดวก ทั้งยังมีการออกแบบให้สวยงามขนาดกะทัดรัด รวมไปถึงเมื่อนำมาใช้ในสำนักงานรูปแบบใหม่ก็เข้ากันได้ดี มีหลากสไตล์ให้เลือก

2.5.3.6 การบริการหลังการขาย เมื่อซื้อมาแล้ว เกิดกรณีที่จะต้องมีการซ่อมบำรุง ก็หาศูนย์ซ่อมบริการในแต่ละจังหวัดได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังมีร้านที่รับบริการซ่อมเครื่องใช้เหล่านี้อยู่ใกล้

บ้าน ก่อนหน้านี้จะต้องส่งศูนย์บริการที่ส่วนกลาง (กรุงเทพฯ) หรือมีพนักงานซ่อมที่จะเวียนมาให้บริการนานๆ ครั้ง

2.5.3.7 บริการเช่า สำหรับสำนักงานใหญ่ๆ หรืออาจจะเล็ก เมื่อจะต้องทำงานเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน แต่พิจารณาแล้วเห็นว่า การลงทุนสำหรับเรื่องนี้สูงเกินไป และเป็นภาระในระยะยาวเมื่อจะต้องซ่อมบำรุง ก็สามารถหาบริการเช่าอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานมาแทนได้ (พิมพร ศะริจันทร์.2551 : ออนไลน์)

2.5.4 รูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน



ภาพที่ 2.48 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน
ที่มา : https://th.jobsdb.com/th-th/articles

ภาพที่ 2.49 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน

ที่มา : http://homeshopping01.blogspot.com/2015/03/2015.html

ภาพที่ 2.50 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน

ที่มา : http://www.ablesuccess.co.th/?pages=product&id=02010

ภาพที่ 2.51 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน

ที่มา : http://www.ablesuccess.co.th/?pages=product&id=02010

ภาพที่ 2.52 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน
ที่มา : http://www.thaiannex-trading.com/article

ภาพที่ 2.53 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน
ที่มา : http://www.ablesuccess.co.th/?pages=product&id=02010

ภาพที่ 2.54 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน
ที่มา : http://www.ablesuccess.co.th/?pages=product&id=02010

ภาพที่ 2.55 เครื่องรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานโรงงาน
ที่มา : http://www.trituradorasdepapelesperu.com

2.6.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 เจษฎาพล กิตติพัฒนวิทย์ท (2548 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษพืช ที่มีความสามารถในการบดย่อยเศษพืชแบบสด เศษพืชที่นำมาเป็นตัวอย่างการทดสอบ ได้แก่ ทางมะพร้าว,กิ่งมะม่วง,กิ่งส้มเขียวหวาน ซึ่งผลของเศษพืชที่ได้ออกมานั้นเป็นตามเกณฑ์มาตรฐานและคุณลักษณะที่เหมาะสมกับงานทางด้านการเกษตรกรรม หรือการทำปุ๋ยพืชสด และศึกษาความคิดเห็นที่ต่อเครื่องบดย่อยเศษพืชที่สร้างและพัฒนาขึ้น คือ ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบาย และด้านความปลอดภัยในการใช้งาน โดยมีกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือกลุ่มเกษตรกร ผู้เลี้ยงสัตว์และปลูกพืชเป็นอาชีพหลัก อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 30 คน

2.6.2 กลยุทธ์ ศรีสมัย ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา และ อุดมศักดิ์ สาริบุตร (2557 : 2) ผู้ทำการวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและออกแบบเครื่องบดขยะเปียกเพื่อทำปุ๋ยชีวภาพและช่วยในกระบวนการทำสารชีวภาพ ตามแนวทางแบบยั่งยืนตลอดจนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รูปแบบการวิจัยที่ใช้เป็นการผสานวิธีกันระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและวิจัยเชิงคุณภาพร่วม เริ่มศึกษากระบวนการบดขยะเปียกเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบเครื่องบดขยะเปียกเพื่อทำปุ๋ยชีวภาพ ทำการวัดผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 ท่านใน 3 ด้านคือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

จำนวน 3 ท่าน การออกแบบเครื่องกล จำนวน 3 ท่าน และการเกษตรอินทรีย์ จำนวน 3 ท่านที่มีต่อการออกแบบเครื่องบดขยะเปียกที่ได้พัฒนาแล้ว และประเมินเครื่องบดขยะเปียก ในด้านการแยกบดขยะเปียก, ความสะดวกสบายในการใช้ ความสวยงาม และความเหมาะสมของวัสดุและกรรมวิธีการผลิตมีผลที่ได้พบว่า ประสิทธิภาพด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีความเหมาะสมมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานโดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย
2. เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กภายในสำนักงานโรงงานซึ่งแต่ละขั้นประกอบไปด้วย

3.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 การสร้างเครื่องมือ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

3.1.1.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติกโรงงาน

3.1.1.2 การเลือกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้ง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก โรงงานพลาสติกซึ่งผู้วิจัยได้ของคำปรึกษา และคำแนะนำในด้านเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย และการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติก 3 ท่าน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ (พรสนอง วงศ์สิงทอง. 2550 : 125) ดังนี้

(1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก 3 ท่าน ดังนี้

(1.1) นายอภิรักษ์ สังขนิตย์ บริษัท ซีนเนอร์ยี ซิสเต็ม จำกัด

(1.2) นายธรรมนูญ จันทรมณี บริษัท ทีเอ็น ค้าของเก่า

(1.3) สมคิด ญาติปราโมทย์ บริษัท เอสแอนด์พี พลาสติก

3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

3.1.2.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบเครื่องกล และด้านวิศวรรม

3.1.2.2 การเลือกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้ง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้ของคำปรึกษา และคำแนะนำในด้านการออกแบบ และเลือกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกรวมเป็น 4 ท่าน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ (พรสนอง วงศ์สิงทอง. 2550 : 125) ดังนี้

(1) ผู้ทรงเชี่ยวด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 2 ท่าน ดังนี้

(1.1) อาจารย์โกมล ส่งเสริม อาจารย์ภาควิชาการออกแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

(1.2) อาจารย์ยงยุทธ พุ่มพิศ อาจารย์ภาควิชาการออกแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

(2) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน ดังนี้

(2.1) นายสุทธิพงศ์ สัคคุณี บริษัท ซีเอสโอโตพาร์ต จำกัด

(2.2) นายอรรถกร กาธรรมณี บริษัท ไวท์ เอ็นจิเนียริ่ง กรุ๊ป จำกัด

1.3.3 ขั้นตอนประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

1.3.4.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญ

1.3.4.2 การเลือกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้ง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม จำนวน 1 ท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก และทำการผลิตเครื่องเพื่อนำใช้งานจริง และทดสอบประสิทธิ์ภาพของเครื่องในการบดย่อยเศษขยะพลาสติกรวมทั้งประเมิน 4 ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้ และด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีในการบดย่อย โดยผู้เชี่ยวชาญรวมเป็น 3 ท่านโดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ (พรสนอง วงศ์สิงทอง. 2550 : 125)

(1) ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก 1 ท่าน ดังนี้

(1.1) นายธรรมนูญ จันทรมณี บริษัท ทีเอ็น ค้าของเก่า

(2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 1 ท่าน ดังนี้

(2.1) อาจารย์โกมล ส่งเสริม อาจารย์ภาควิชาการออกแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

(3) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวรรม จำนวน 1 ท่าน ดังนี้

(3.1) นายอรรถกร กาธรรมณี บริษัท ไวท์ เอ็นจิเนียริ่ง กรุ๊ป จำกัด

1.3.4 ขั้นตอนประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่เป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน

1.3.3.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ผู้ใช้ที่เป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน

1.3.3.2 การเลือกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้ง คือ ผู้ใช้ที่เป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก และทำการผลิตเครื่อง เพื่อนำใช้งานจริง และทดสอบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ จำนวน 20 ท่าน โดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์จากการศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย โดยใช้แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุวุฒิการศึกษา สูงสุดของผู้ตอบ แบบสอบถาม

ตอนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended Questionair) เกี่ยวกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับประเด็นสำคัญของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ด้านเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย

3.2.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล โดยใช้แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา สูงสุดของผู้ตอบ แบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ด้านการออกแบบใช้ทฤษฎีแนวคิดของการศึกษาเครื่องบดย่อยรูปแบ่งต่างๆ ภายใต้มาตราฐาน มอก. 9999 เล่ม (แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม : 2556) และทฤษฎีแนวคิดของ(นวลน้อย บุญวงค์. 117-119 : 2539) ได้กล่าวว่า งานออกแบบเป็นผลรวมขั้นสุดท้ายของกระบวนการต่างๆ ดั้งนั้น งานออกแบบที่ดีจึงเกิดขึ้นจาการทำงานประสานกันอย่างรอบครอบ ในการรวบรวมข้อมูลการแยกแยะจัดความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ข้อ ได้แก่

(1) ประโยชน์ใช้สอย

(2) ความงาม

(3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต

(4) ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม

(5) ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่

โดยเลือกใช้เลือกใช้ทั้ง 5 ข้อในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน

มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนนตามตารางที่ 3.1 ดังนี้ (Rating Scale) มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนน ดังนี้

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ระดับคะแนน

5 หมายถึง เห็นด้วยระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยระดับมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยระดับปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended Questionair) เกี่ยวกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับประเด็นสำคัญของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

3.2.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ และผู้ประกอบการค้าขายเศษขยะของเก่าโดยใช้แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ วุฒิการศึกษาสูงสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ที่ผู้วิจัยพัฒนา และสร้างขึ้นแบ่งเป็น 4 ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้และด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิตในการบดย่อย(วิวรรณ ธรรมมงคล : 2549) นำมาบดโดยเครื่อง Shredder และ Granulator ให้ได้ขนาดประมาณ 1/4 นิ้ว ชิ้นพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ จะก่อให้เกิดปัญหาอุดตันในกระบวนการ ขั้นตอนนี้เองเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้พลาสติกรีไซเคิลมีคุณสมบัติความแข็งแรงทางกายภาพลดลง เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ในเครื่องบดไปทำลายโซ่ของโพลีเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักมวลโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกลดลง มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับ คะแนนตามตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตอนที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended Questionair) เกี่ยวกับ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ ความพึงพอใจในประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน หรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่ผู้บริโภคอยากนำเสนอ โดยแบ่งเป็น 2กลุ่ม

3.2.4 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ และผู้ใช้ภายในสำนักงานโรงงานโดยใช้แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ วุฒิการศึกษาสูงสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนน ตามตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตอนที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended Questionair) เกี่ยวกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความพึงพอใจในรูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่ผู้ใช้อยากนำเสนอ โดยแบ่งการพิจารณาใน 2 มุมมองมุมมองของกลุ่มทรงคุณวุฒิ ตามหลัก 4P (วารุณี ตันติวงศ์วาณิช และคณะ. 2546 : 13)ดังนี้

(1) รูปแบบผลิตภัณฑ์(Product)

(2) ราคา(Price)

(3) ช่องทางการจัดจำหน่าย(Place)

(4) การส่งเสริมการตลาด(Promotion)

เพื่อประเมินความพึงพอใจกลุ่มผู้ใช้ ตามหลัก 4C (วารุณี ตันติวงศ์วาณิช และคณะ. 2546 : 13)ดังนี้

(1) คุณค่าผู้บริโภค(Customer Value)

(2) ต้นทุนต่อผู้บริโภค(Cost to the Customer)

(3) ความสะดวกสบาย(Convenience)

(4) การสื่อสาร(Communicaton)

3.2.5 การหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้วยวิธีการหาความเที่ยง หรือความตรง (Validity) ของแบบสอบถามทั้ง 3 ชุด โดยขอความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน แล้วจึงนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิจะทำการพิจารณา และทำการประเมินแบบสอบถาม หาค่า ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับโครงสร้างหลักของเนื้อหา (Index of item Objective Congruence : IOC)

(1) ซึ่งมีผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน

(1.1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธเนศ ภิรมย์การ อาจารย์สาขาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(1.2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญจันทร์ สีสันต์ อาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(1.3) รองศาสตราจารย์.ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ อาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังตามตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม

เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม ของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

+1 หมายถึง คำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 หมายถึง คำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์อย่างไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง คำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ผู้วิจัยได้กำหนดคะแนนของคำถามในแต่ละข้อในแบบสอบถาม ต้องได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 คะแนน จึงจะถือว่าคำถามนั้น สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำคำถามมาทบทวนหากมีคำถามข้อใดที่ยังบกพร่อง หรือไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ผู้วิจัยจะได้ดำเนินการแก้ไขตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้วิจัยก่อนการนำไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่าง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

3.3.1 สัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก เพื่อสอบถามข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อศึกษาพัฒนาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย และการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติกนั้น ผู้วิจัยทำการสอบถามปัญหาในการใช้งาน จากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก จำนวน 3 ท่าน

3.3.2 ผู้วิจัยออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล จากสำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาต

ในการเก็บข้อมูล สอบถามปัญหา และความคิดเห็น จากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูล ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล

3.3.3 นำแบบสอบถามจำนวน 4 ชุด พร้อมภาพร่าง (Sketch Design) นำไปสอบถามกับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล เพื่อทำการประเมินหารูปแบบพร้อมทั้งใช้ คำถามปลายเปิด เพื่อสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อรูปแบบของเครื่องบดย่อยพลาสติก เพื่อผู้วิจัยจะได้นำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะไป ปรับปรุงเพิ่มเติม

3.3.4 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบ เพื่อการนำไปสู่การผลิตเป็นแบบ 3 มิติ

3.3.5 นำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ด้วยคำถามที่แบบเรียงลำดับประกอบภาพจำลอง เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.6 นำเครื่องต้นแบบที่สร้างพัฒนาขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ

3.3.7 นำแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิ์ภาพ และความพึงพอใจมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้สรุปข้อมูลในการทำ วิจัยในครั้งนี้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การศึกษาและการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ ข้อมูล เป็นข้อมูลทางสถิติและแปรผลข้อมูล ตามขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ใช้หลักวิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) นำเสนอเป็นตารางประกอบการบรรยายผล

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานและข้อมูลด้านความพึงพอใจของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลที่มีต่อรูปแบบผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการหาค่าสถิติโดยแบ่งออกตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล เพื่อใช้ศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาจัด

หมวดหมู่ข้อมูล เพื่อแสดงระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยายผล และนำมาจัดลำดับความสำคัญของการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน ความต้องการของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ที่ โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนตามตารางที่ 3.1 และคำนวณโดยใช้ค่าร้อยละ (%) ตามตารางที่ 3.3

3.4.2 ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานโดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม แบบตรวจสอบ (Check list) มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยายผล โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนน ตามตารางที่ 3.1 และใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยตามตารางที่ 3.4 ดังนี้

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

3.4.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกโดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม แบบตรวจสอบ (Check list) มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยายผล โดยใช้หลักเกณฑ์ การให้คะแนน ตามตารางที่ 3.3 และใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ตามตารางที่ 3.4 ดังนี้

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย เรื่องการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน ดังนี้

3.5.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.5.1.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามกับโครงสร้างหลักของเนื้อหา (IOC : Index of item Objective Congruence)

3.5.1.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

(1) ค่าร้อยละ (Percentage)

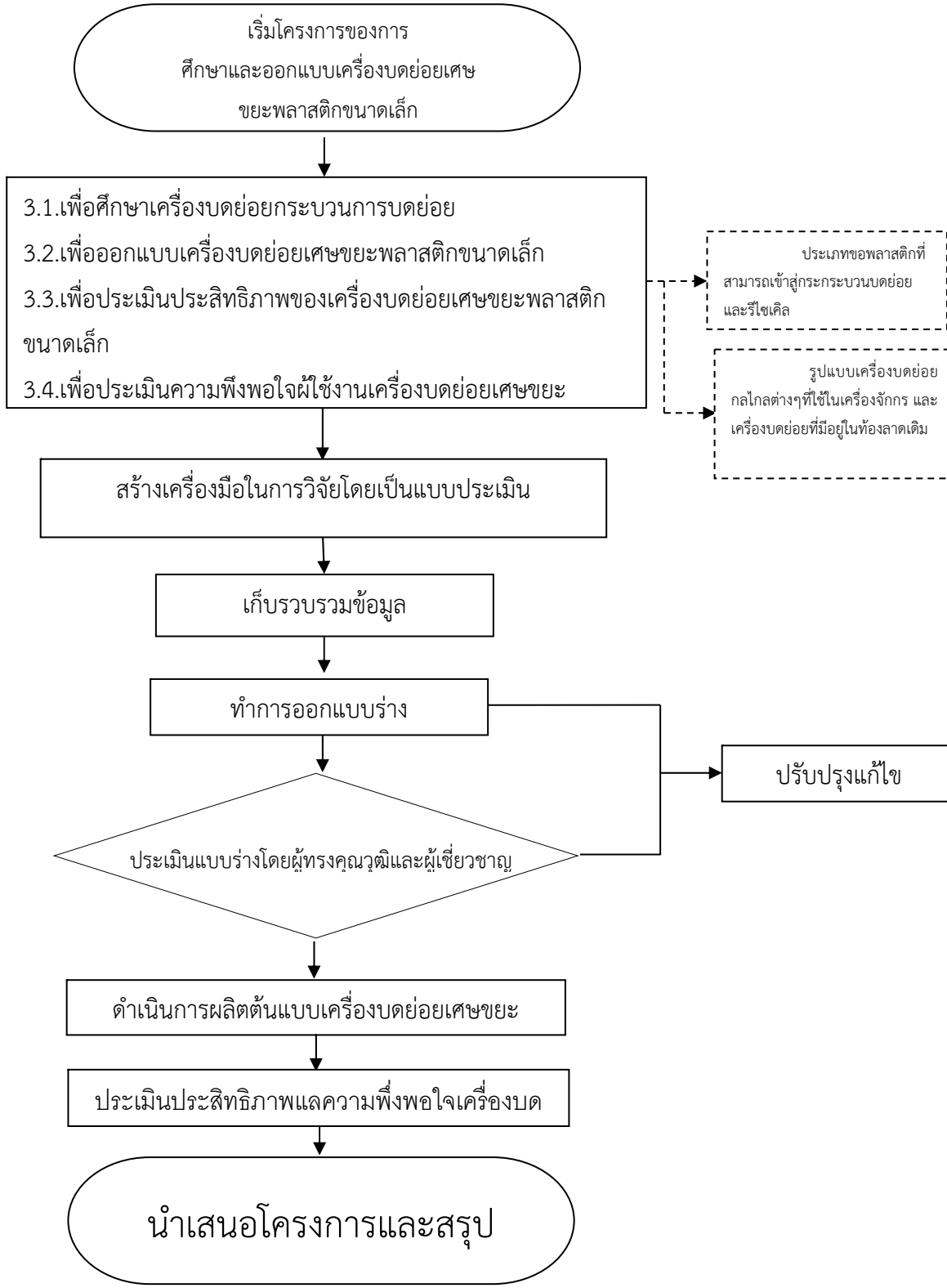
(2) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean : $\bar{X}$)

(3) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

(4) ระดับช่วงชั้นคะแนน เพื่อการแปรความหมาย และใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยตามตารางที่ 3.4

.

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กโดยผู้วิจัยได้นำแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิและนำไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก ผู้ทรงคุณวุฒิด้านออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล และผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิที่มีความเกี่ยวข้องและสนับสนุนงานวิจัยนี้ จากนั้นผู้วิจัยจึงทาการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม และนำเสนอในรูปแบบของตาราง และเรียบเรียงเป็นคำบรรยายในแต่ละขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการบดย่อยเครื่องบดย่อย

4.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

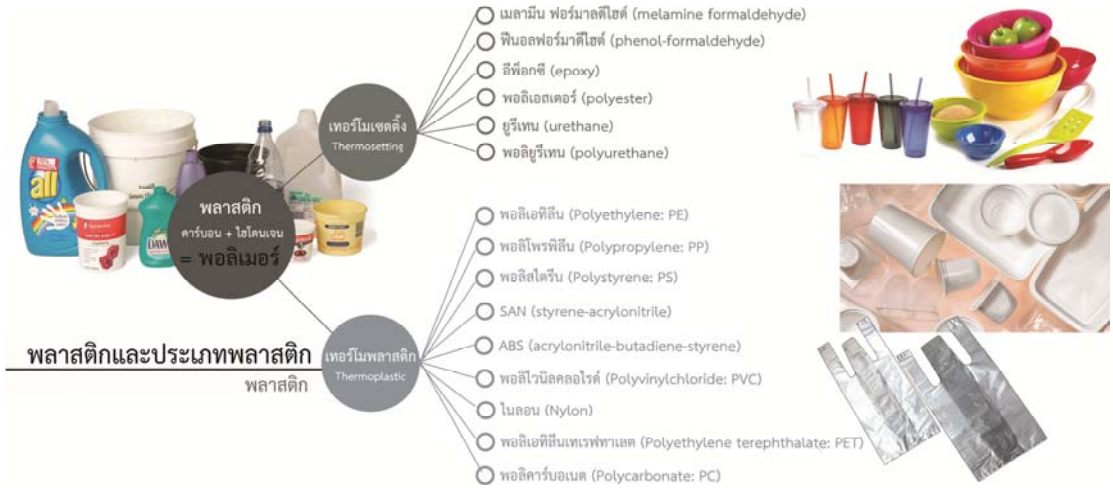
4.3 ผลการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กภายในสำนักงานโรงงาน

4.1 ผลการวิเคราะห์เครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อย

4.1.1 การศึกษาข้อมูลความรู้ด้านการจัดการกับเศษขยะพลาสติกข้อมูลศึกษาถึงแนวคิดการคัดแยกขยะ และโครงการต่างๆที่ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่ของเศษขยะมีการเกิดมานานแล้วในต่างประเทศซึ่งประเทศไทยเราก็เริ่มเกิดโครงการต่างเกิดขึ้น เช่น ธนาคารขยะรีไซเคิล การเกิดเครื่องรับซื้อขยะ การมีจุดแยกขวดน้ำพลาสติกภายในโรงงานสำนักงาน ในโรงเรียน และพื้นที่พื้นที่สาธารณะ ซึ่งกลุ่มของขวดพลาสติกนั้นเป็นขยะที่คนส่วนใหญ่จะเข้าใจ และสามารคัดแยกทิ้งลงในพื้นคัดแยกได้มากที่สุด

4.1.2 การศึกษาข้อมูลประเภท และลักษณะของพลาสติกชนิดต่างๆ เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ1)เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) มีรูปทรงที่ถาวร การขึ้นรูปทำได้ยากและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนการผลิตสูงรวมทั้งการใช้งานค่อนข้างจำกัด ทำให้ในปัจจุบันมีใช้ในอุตสาหกรรมไม่กี่ประเภท 2) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนนิ่ม และเมื่อเย็นลงจะแข็งตัวโดยที่โครงสร้างทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆได้ขึ้นรูปได้ง่ายด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ



ภาพที่ 4.1 แสดงการแบ่งกลุ่มของประเภทพลาสติก

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ตารางที่ 4.1 แสดงความแตกต่างระหว่างเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต

เทอร์โมพลาสติก	เทอร์โมเซต
1.เป็นโพลิเมอร์แบบเส้นหรือแบบกิ่ง	1.เป็นโพลิเมอร์แบบเชื่อมโยงหรือแบบร่างแห
2.จะอ่อนตัวหรือหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน	2.จะแข็งตัวเมื่อได้รับความร้อน
3. ต้องทำให้เย็นก่อนเอาออกจากแม่แบบ มิฉะนั้นจะเสียรูปทรงได้	3.ไม่ต้องรอให้เย็นก่อนเอาออกจากแม่แบบ
4.ไม่เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันในแม่พิมพ์	4.เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันในแม่พิมพ์
5.นำมารีไซเคิลโดยการหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้	5.ไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้

สรุป จากภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าพลาสติกแบ่งได้ 2ชนิดใหญ่ๆ คือ เทอร์โมเซตติ้ง และเทอร์โมพลาสติก และตารางที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างเทอร์โมเซตติ้ง และเทอร์โมพลาสติก ทำให้เราสามารถเห็นได้ว่าพลาสติกที่อยู่ในกลุ่มของเทอร์โมพลาสติกนั้นเป็นพลาสติกที่มีการวนนำกลับมาใช้ใหม่ และนำมารีไซเคิลโดยการหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ จึงทำให้เป็นการกำหนดกลุ่มที่เล็กลงในการนำมาศึกษาเพื่อที่จะจำแนกขยะพลาสติกที่ จะนำไปศึกษาเพื่อทำเครื่องบดย่อยเศษพลาสติกต่อไป

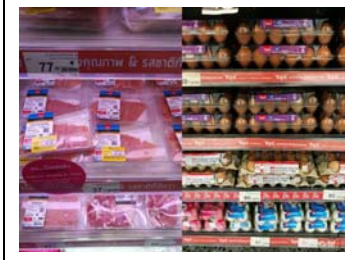
ภาพที่ 4.2 แสดงการแบ่งกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ตารางที่ 4.2 แสดงสัญลักษณ์ ชนิด คุณสมบัติการใช้งานของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก

สัญลักษณ์	ชนิดพลาสติก	คุณสมบัติการใช้งาน	ภาพตัวอย่าง
	Polyethylene Terephalate PET/PETE โพลีเอททีลีน เทเรฟทาเลต	โปร่งแสงคลายแก้ว เหนียว น้ำหนักเบาทนต่ออุณหภูมิได้ไม่เกิน 70-100 °C ทนต่อสภาพต่างๆ ได้ดี นิยมผลิตขวดบรรจุน้ำดื่ม น้ำอัดลม	
	HDPE High Density polyethylene โพลีเอททีลีน ความหนาแน่นสูง	มีสีขุ่น กันน้ำและความชื้นได้ดี ทนการกัดกร่อนของสารเคมี ทนอุณหภูมิได้ถึง 105°C ใช้ผลิตเป็นลังบรรจุสินค้า ขวดนม น้ำยาซักผ้า เคมีภัณฑ์ฯ เพราะเหนียวทนแรงอัดได้สูง	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชนิดพลาสติก	คุณสมบัติการใช้งาน	ภาพตัวอย่าง
	PVC Polyvinyl Chloride โพลีไวนิลคลอไรด์	โปร่งใส กันอากาศ และน้ำเข้าได้ดี น้ำหนักเบา ทนต่อสารเคมี และอุณหภูมิร้อนเย็นไม่เกิน -20-80°C ใช้ทำฟิล์มห่อหุ้มอาหาร ถาด หรือกล่องบรรจุอาหาร	
	LDPE Low Density Polyethylene โพลีเอททีลีนความหนาแน่นต่ำ	เหนียว ยืดหยุ่นสูงกันอากาศและความชื้นได้ดี ทนต่อกรด/ด่าง ไม่มีพิษต่อร่างกาย ใช้ทำฟิล์มหดบรรจุอาหาร ถุงน้ำแข็ง ถุงใสอาหารเย็น ซองบะหมี่สำเร็จรูป ขวดน้ำเกลือ/ยาหยอดตา	
	PP Polypropylene โพลีโพรพิลีน	ใส เหนียว ยืดหยุ่นสูง กันความชื้น ทนต่อสารเคมี และอุณหภูมิเย็นได้ไม่เกิน -30-130°Cเข้าไมโครเวฟได้ ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ห่อหุ้มอาหาร กันอากาศเข้า	
	PS Polystyrene โพลีสไตรีน	ใส เปราะและแตกหักง่ายใส่สีและลวดลายได้ ไม่มีกลิ่น ทนต่ออุณหภูมิได้ไม่เกิน -20-80°C ไม่ควรนำเข้าไมโครเวฟ ใช้ผลิตภาชนะที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง เช่น โฟม ฝาถ้วยน้ำ ช้อน เป็นต้น	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชนิดพลาสติก	คุณสมบัติการใช้งาน	ภาพตัวอย่าง
	พลาสติกประเภทอื่นๆ	เกิดจากการผสมของพลาสติกชนิดต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่มนต่อการต้มหรือกลั่น ทนต่อการกระแทกสูง	

จากตารางที่ 4.2 เทอร์โมพลาสติก เป็นพลาสติกที่มีจุดหลอมเหลว และมีจุดอ่อนตัว (ต่างจากเทอร์โมเซ็ทพลาสติก) มีโครงสร้างแบบสายยาวหรือแบบสาขาสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เทอร์โมพลาสติกจะเกิดการอ่อนตัวและหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน และจะเกิดแข็งตัวเมื่อทำให้เย็นลง พลาสติกที่แข็งตัวแล้วสามารถนำมาหลอมซ้ำได้ ด้วยความร้อนเทอร์โมพลาสติก ดังนั้นเทอร์โมพลาสติกจึงเป็นวัสดุที่มีสมบัติเหมาะสม สำหรับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เทอร์โมพลาสติกจะอ่อนตัว และหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อนและจะแข็งตัวเมื่อทำให้เย็นลง พลาสติกที่แข็งตัวแล้วสามารถนำมาหลอมซ้ำได้ ด้วยความร้อน คือเทอร์โมพลาสติกทั้ง 7 กลุ่มดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก

สัญลักษณ์	นำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่
	Polyethylene Terephalate PET/PETE นิยมนำมาผลิตเป็นเส้นใย สำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม และเส้นใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน หรือเสื้อสำหรับเล่นสกี
	HDPE High Density polyethylene สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อผลิตขวดต่างๆ เช่น ขวดใส่น้ำยาซักผ้า แท่งไม้เทียมเพื่อใช้ทำรั้วหรือม้านั่งในสวน

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

สัญลักษณ์	นำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่
	PVC Polyvinyl Chloride สามารถนำกลับมารีไซเคิล เพื่อผลิตท่อประปาสำหรับการเกษตร กรวยจราจร และเฟอร์นิเจอร์ หรือม้านั่งพลาสติก
	LDPE Low Density Polyethylene สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยใช้ผลิตเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว หรือถังขยะ
	PP Polypropylene สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมผลิตเป็นกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน และกรวยสำหรับน้ำมัน
	PS Polystyrene นิยมผลิตเป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวีดีโอ ไม้บรรทัด หรือ ของใช้อื่นๆ
	พลาสติกประเภทอื่นๆไม่ใช่พลาสติกชนิดใดชนิดหนึ่งใน 6 ในข้างต้น แต่เป็นพลาสติกที่นำมา หลอมใหม่ได้

จากตารางที่ 4.3 ซึ่งจากศึกษาในกลุ่มของพลาสติกที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆได้นั้น บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจาก PET นั้นหาได้งานเป็นที่นิยมใช้ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มอาหาร และของใช้เนื่องจาคุณสมบัติเด่นทางด้านความใส ความปลอดภัยสูง แข็งแรงทนแรงยืด แรงกระแทก แรงเสียดสีได้ดี ไม่เปราะแตกง่าย และเป็นพลาสติกที่บริสุทธิ์ที่เหมาะแกการนำไปหลอมเป็นส่วนผสมการผลิตเม็ดพลาสติกต่อไป

ตารางที่ 4.4 แสดงนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก

ลำดับ	รายการ	วิธีการ
1	ขั้นตอนตรวจสอบ (Inspection)	ขั้นตอนแรกเป็นการตรวจสอบและแยกสิ่งที่ปะปนออกจากขยะพลาสติก เช่นก้อนหิน แก้ว รวมถึงพลาสติกที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้
2	ขั้นตอนตัดบดและทำความสะอาด (Chopping and washing)	ขั้นตอนที่สองจะเป็นการนำพลาสติกมาล้างทำความสะอาดและตัดเป็นชิ้นเล็กๆ
3	ขั้นตอนคัดแยกประเภทพลาสติกโดยการลอยในน้ำ (Flotation tank)	พลาสติกแต่ละประเภทจะมีความหนาแน่นที่ต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาลอยในน้ำบางประเภทจะจม บางประเภทจะลอย วิธีนี้เป็นวิธีคัดแยกอย่างง่าย
4	ขั้นตอนทำให้แห้ง (Drying)	หลังจากคัดแยกโดยการลอยน้ำมาแล้วให้นำมาทำให้แห้งในเครื่องอบแห้ง (tumble dryer)
5	ขั้นตอนการหลอมด้วยความร้อนและความดัน (Melting)	ชิ้นพลาสติกที่แห้งแล้วจะถูกนำไปหลอมที่เครื่องอัดรีด (extruder) อุณหภูมิและความดันที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกเนื่องจากพลาสติกแต่ละชนิดมีจุดหลอมเหลวที่ต่างกัน
6	ขั้นตอนการกรอง (Filtering)	เมื่อพลาสติกที่หลอมแล้วจะต้องผ่านการกรองอย่างละเอียดอีกครั้งเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก จากนั้นพลาสติกที่หลอมจะผ่านออกจากเครื่องอัดรีด ทำให้ออกมาเป็นเส้น
7	ขั้นตอนการทำเม็ดพลาสติก (Pelletizing)	เมื่อได้พลาสติกออกมาเป็นเส้นแล้วให้นำมาแช่ในน้ำเพื่อทำให้เย็นก่อนตัดให้เป็นเม็ดเล็กๆ จากนั้นนำมาบรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

จากตาราง 4.4 มีขั้นตอนการไซเคิลใช้ใหม่ของพลาสติกลุ่มของเทอร์โมพลาสติกที่เห็นได้ว่าขั้นตอนต้นทางในขั้นตอนที่1 ขั้นตอนที่2 นั้นขั้นตอนตรวจสอบ (Inspection)เป็นขั้นตอนการคัดแยกสิ่งสกปรก ประเภทพลาสติกที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถทำได้ เป็นลำดับขั้นการปลูกฝังการคัดแยกโดยผู้วิจัยเห็นว่า ขวดน้ำพลาสติกนั้นเป็นขยะที่สามารถแบ่งแยกออกได้ง่ายที่สุด และขั้นตอนต่อไปคือ ขั้นตอนตัดบดและทำความสะอาด (Chopping and washing) ถ้าผู้ใช้สามารถคัดแยกขวดน้ำดื่มที่เป็นในกลุ่มของน้ำเปล่าออกมาก็จะได้พลาสติกที่แบ่งแยกออกง่าย มีความสะอาดอยู่แล้วเพราะใช้บรรจุเพียง

น้ำเปล่าที่ไม่ได้สกปรก จากนั้นก็สามารถนำมาจัดเก็บโดยการบดในเครื่องบดพลาสติกขนาดเล็กที่ทำให้สะดวกสบายในการจัดเก็บ ประหยัดพื้นที่ และเพิ่มปริมาณมูลค่าได้มากขึ้น

ในขั้นตอนของการบดพลาสติกจะทำให้สมบัติทางกายภาพของพลาสติกรีไซเคิลลดลงเนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ในเครื่องบดไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออกทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ดังนั้นถ้านำเม็ดพลาสติกรีไซเคิลมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง ทำให้ในบางครั้งโรงงานจะนำเม็ดพลาสติกใหม่มาผสมกับเม็ดพลาสติกรีไซเคิลมาขึ้นรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติดีขึ้น นอกจากนั้นเรื่องของความบริสุทธิ์ก็มีความสำคัญต่อสมบัติของพลาสติกแต่ละชนิดในการเลือกเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หากใช้กระบวนการแยกพลาสติกที่ไม่ดีพออาจทำให้ไม่ได้พลาสติกรีไซเคิลที่บริสุทธิ์

ขั้นตอนของการบดพลาสติกเพื่อให้มีขนาดเล็กลงไม่ไปอุดตันในกระบวนการรีไซเคิลนั้นจะทำให้พลาสติกรีไซเคิลมีสมบัติความแข็งแรงทางกายภาพลดลง เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ในเครื่องบดไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออกทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติเชิงกลของพลาสติกลดลง นอกจากนั้น เรื่องของความบริสุทธิ์ก็มีความสำคัญต่อสมบัติของพลาสติกแต่ละชนิดในการเลือกเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หากใช้กระบวนการแยกพลาสติกที่ไม่ดีพออาจทำให้ไม่ได้พลาสติกรีไซเคิลที่บริสุทธิ์ หากการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลทั้งหมด ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง บางครั้งโรงงานจะนำเม็ดพลาสติกใหม่มาผสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดีขึ้น (ธนาวดี ลี้จากภัย 2545.)

พลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้ 100% ธนาวดี ลี้จากภัย[9]. 2545. โดยจากการสังเกตของผู้วิจัยทำให้เห็นว่าพลาสติกในกลุ่มของ PET ที่ทรงคุณค่า และอยู่คู่ชีวิตประจำวันคือ ขวดน้ำพลาสติก

ภาพที่ 4.3 ขวดน้ำกับชีวิตคนไทย

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

4.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

4.2.1 การศึกษาเพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก จากการศึกษาสอบถามและสืบข้อมูลในส่วนของรูปแบบลักษณะของเครื่องบดย่อยพลาสติกที่มีอยู่ในท้องตลาดจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติกทำให้เห็นว่าปัจจุบันนั่นเครื่องบดพลาสติกที่มีในท้องตลาดราคาที่ค่อนข้างสูง และต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ เครื่องบดย่อยในปัจจุบันนั้นถึงมีขนาดเล็กแล้วก็ยังมีรูปทรงลักษณะเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรมทำให้เห็นว่ารูปแบบของเครื่องบดย่อยที่ทำการพัฒนานั้นควรมีการออกแบบรูปทรงให้ออกจากความเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรม และมีรูปลักษณะในแบบเครื่องใช้ที่ใช้ง่าย ง่ายต่อการดูแลรักษา ปลอดภัย

ภาพที่ 4.4 แสดงการศึกษาเครื่องบดที่มีอยู่ในท้องตลาด ชิ้นส่วน และการทำงานของตัวเครื่อง

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการออกแบบเครื่อง โดยการได้ศึกษา และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องกล และดูองค์ประกอบหลักในส่วนของเครื่องจริงนั้นทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า การออกแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกขนาดเล็กนั้นชิ้นส่วน และองค์ประกอบที่สำคัญหลักในเครื่องนั้นคือ ใบมีด มอเตอร์ เฟือง สายพาน ที่มีผลต่อการทำงาน ขนาด และรูปทรงของเครื่อง ที่เป็นปัจจัยหลักในการกำหนดกลไก และขนาดของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก โดยแบ่งออกเป็นตารางโดยผู้วิจัยดังนี้ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองเขียนแบบร่างเพื่อกำหนดขนาดของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติกขนาดเล็กเบื้องต้น

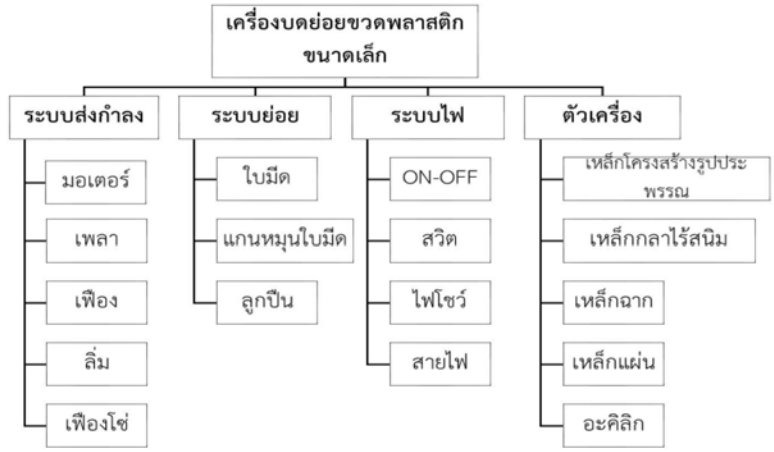
ตารางที่ 4.5 แสดงส่วนการเตรียมส่วนประกอบหลักของเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ลำดับ	รายการ	ขนิดที่ใช้	รูปภาพ	รายละเอียด
1	ใบมีด	เหล็กชนิด S450C		เป็นใบมีดที่ทำการตัดจากเหล็กชนิด S450C เป็นใบมีดรูปแบบกลมกรงจักรแบบมีคมสับโดยชุบแข็งส่วนปลายเพื่อความคมและ แข็งแรงในสับบดพลาสติก
2	มอเตอร์	มอเตอร์เกียร์ GEARED MOTOR		มอเตอร์เกียร์แบบรอบต่ำ 220v. รอบ 1:1 เป็นมอเตอร์ที่ทนต่อแรงดึง ทนต่อการใช้งาน
3	เฟือง	เฟืองสับ GEARS		เฟืองตรงที่หมุนเข้าหากันประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อการประกอบมีซี่ฟันตรงซึ่งจัดแนววางได้ง่าย พลังงานสูญเสียเนื่องจากการเลื่อนไถลน้อยที่สุด
4	โซ่	โซ่ลูกกลิ้ง Roller Chain		ระบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลได้แก่ การส่งกำลังด้วยเฟืองโซ่ สามารถทำงานภายใตความชื้นหรือการทำงานภายใต้ฤทธิ์กัดกร่อน
5	เพลา,ลูกปืน	ชุดเพลาตลับลูกปืน		อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งถ่ายแรงบิดจากชุดเกียร์สู่เฟืองท้ายหรือจากเฟืองท้ายสู่ล้ออุปกรณ์ที่ใช้รองรับการหมุนของเพลา โดยตลับลูกปืนมีหน้าที่ถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นจากเพลาลงไปสู่ฐานเครื่อง ลดการสึกหรอ

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

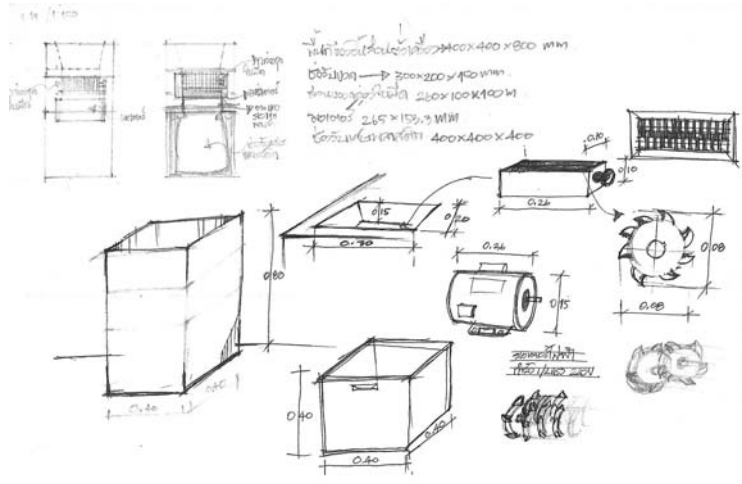
ลำดับ	รายการ	ขนิดที่ใช้	รูปภาพ	รายละเอียด
6	ลิ่ม	ลิ่มรอง		ลิ่มรอง และรองลิ่ม เป็นทางยาวตลอดแนวชุดใบมีด ที่เป็นตัวล็อกให้ชุดใบมีดเคลื่อนตัวไปพร้อมๆกัน
7	ON-NC	ลิมิตสวิทช์ Limit switch		เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำ
8	สวิตช์	สวิตช์ switch		ตัวควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่อง
9	โครงเครื่อง	โครงสร้างโครงฐานรูปทรงของเครื่อง		ทำจากเหล็กกล่องรูปพรรณพ่นกันสนิม
10.	ตัวถัง	ตัวถังเครื่องบด		เหล็กแผ่นอะลูมิเนียมในส่วนที่ต้องทำสี ส่วนเหล็กแผ่นสแตนเลสในส่วนที่ต้องการโชว์ผิว และส่วนที่ต้องการให้เห็นภายในเป็นอะคริลิค
11.	ปลั๊ก	ปลั๊ก 2 ขาแบน		ปลั๊กเสียบตัวผู้ แบบยางเหมาะสำหรับงานไฟฟ้าสามารถเสียบใช้ตามบ้านทั่วไป
12.	สายไฟ	สาย VCT มีฉนวน		เป็นสายไฟกลม 2แกน สามารถทนแรงดัน 750 โวลต์ อ่อนตัวทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าส่วนประกอบหลักที่สำคัญต่อการออกแบบเริ่มประกอบ 12 ส่วน เบื้องต้นที่ผลต่อการออกแบบ และกำหนดขนาดเครื่องบดย่อย โดยนำมาแยกเป็นระบบตามภาพ ภาพที่ 4.5



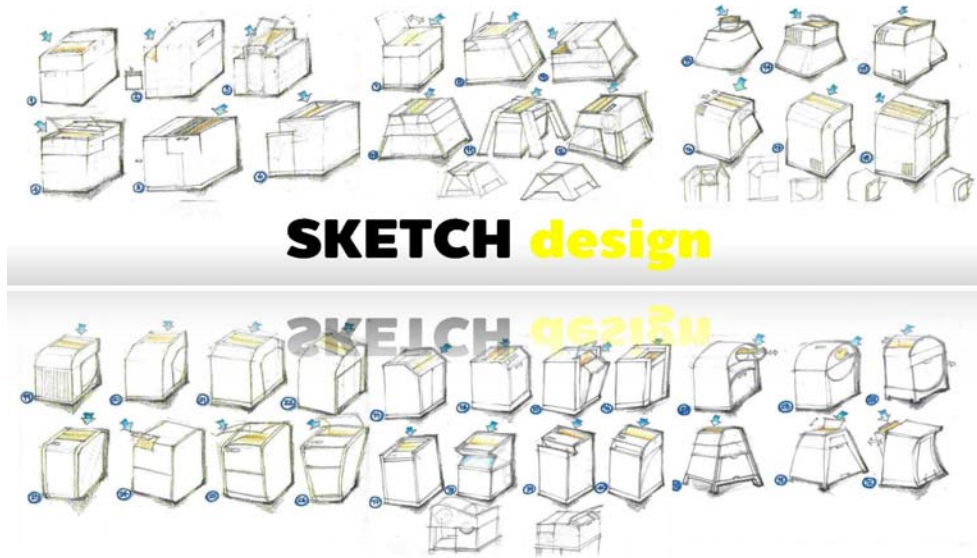
ภาพที่ 4.5 แผนผังระบบการทำงานของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

จากการศึกษาเครื่องบดย่อยพลาสติกเดิมที่มีอยู่ในท้องตลาด การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจะเห็นได้ว่าส่วนประกอบหลักสำคัญที่มีอยู่ใน ตารางที่ 4.5 กับรูปแบบระบบการทำงานทำให้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกำหนดพื้นขนาดของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กเบื้องต้นด้วยการเขียนด้วยมือ ตามภาพที่ 4.6 การกำหนดระบบ และชิ้นส่วนภายในเบื้องต้น เพื่อกำหนดขนาดของเครื่องบด



ภาพที่ 4.6 การกำหนดระบบ และชิ้นส่วนภายในเบื้องต้น เพื่อกำหนดขนาดของเครื่องบด
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาพที่ 4.7 แสดงการศึกษารูปแบบเครื่องใช้สำนักงาน และแนวคิดในการออกแบบ
ที่มา : คุณขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพที่ 4.8 แสดงการศึกษารูปแบบเครื่องใช้สำนักงาน และแนวคิดในการออกแบบ
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

จากนั้นจึงตามมาด้วยกระบวนการออกแบบรูปทรงภายนอกที่เกิดจากศึกษารูปแบบเครื่องใช้ที่มีอยู่ในสำนักงานโรงงานเพื่อเป็นแนวคิดในการออกแบบต่อไปซึ่งแนวคิดในการออกแบบนั้นผู้วิจัยใช้วิธีการคิดแบบมโนทัศน์โดยแบบเป็น 4ด้าน ดังนี้ 1)คุณสมบัติ 2)โครงสร้าง 3)รูปทรง และ4) ความ

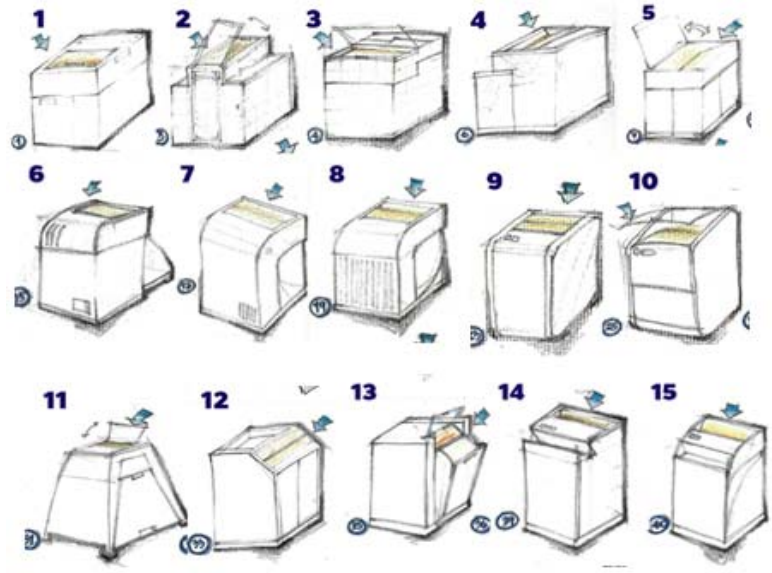
ปลอดภัย ทาเคชิ โยเนาะมามะ[10] . 2548 จากนั้นใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอย และสร้างตารางเพื่อพิจารณาให้ได้ผลออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

ภาพที่ 4.9 แผนผังวิธีการคิดแบบมโนทัศน์โดยแบบเป็น 4ด้าน

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

ภาพที่ 4.10 แสดงการออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กและรูปแบบของสีพื้นผิวของภายนอกเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก

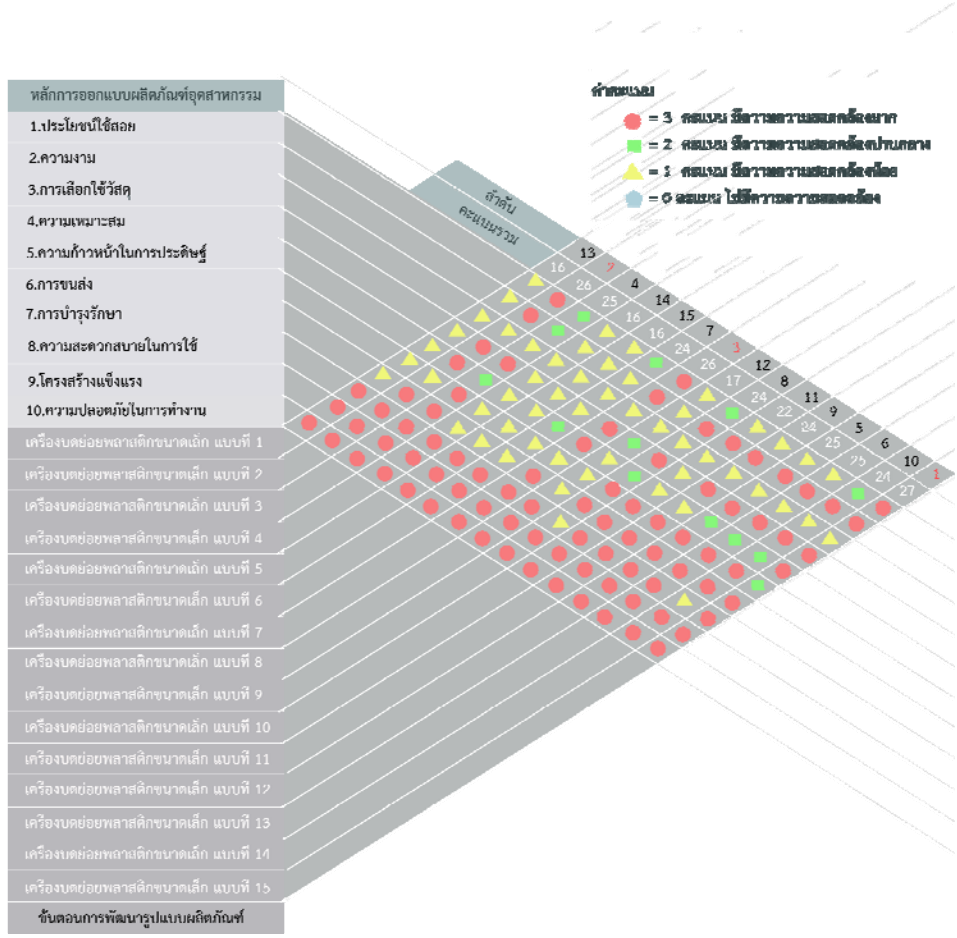
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)



ภาพที่ 4.11 แสดงการออกแบบเครื่องบดย่อยจำนวน 15 แบบ

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

ตารางที่ 4.6 ตารางการกระจายหน้าที่การวิเคราะห์แบบ



ผลการการเลือกแบบตามหลักการออกแบบทั้ง 10ข้อ โดยการสร้างตารางเพื่อพิจารณาผลโดยใช้ทฤษฎีตารางการกระจายหนาที่การวิเคราะห์แบบ ซึ่งได้ผลดังนี้ รูปแบบที่ได้คะแนนความสอดคล้องมากที่สุด ได้แก่ แบบที่ 2,7 ที่มีค่าคะแนนอยู่ที่ 26 และแบบที่ 15 มีค่าคะแนนอยู่ที่ 27 ซึ่งจากตารางการกระจายหน้าที่ทำให้ได้ว่าประเด็นหลักที่มีความสำคัญในการออกแบบหลักการในข้อที่ 8,9และ10 ที่เป็นเรื่องของความสะดวกสบายในการใช้งาน โครงสร้างแข็งแรง และความปลอดภัยในการใช้งาน

4.2.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคัดเลือกเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

นำแบบสอบถามตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แสดงคะแนนและผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อแบบสอบถามเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก ทำการตรวจจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน โดยผลสรุปได้ว่าจากจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ ได้ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่า 1.0-0.7 จำนวนทั้ง 12 ข้อเท่ากับแบบสอบถามสามารถใช้ได้ทุกข้อ

จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้ผ่านการตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มาทำการประเมินแบบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม และการออกแบบ โดยประเมินตามแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) โดยแบบกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน ได้แก่

1.นายสุทธิพงศ์ สัคคุณี บริษัท ซีเอสโอโตพาร์ต จำกัด

2.นายอรรถกร กาธรรมณี บริษัท ไวท์ เอ็นจิเยริ่ง กรุ๊ป จำกัด

ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบ จำนวน 2 ท่าน ได้แก่

1.อาจารย์โกมล ส่งเสริม อาจารย์ภาควิชาการออกแบบเครื่องกล

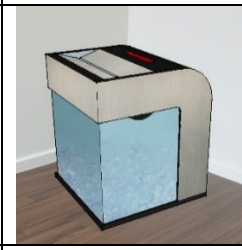
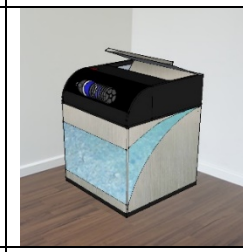
วิทยาลัยทคนิคนครศรีธรรมราช

2.อาจารย์ยงยุทธ พุ่มพิศ อาจารย์ภาควิชาการออกแบบเครื่องกล

วิทยาลัยทคนิคนครศรีธรรมราช

จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบ จำนวน 2 ท่าน ประเมินสรุปผลมาเป็น ตารางที่ 4.8 ดังนี้

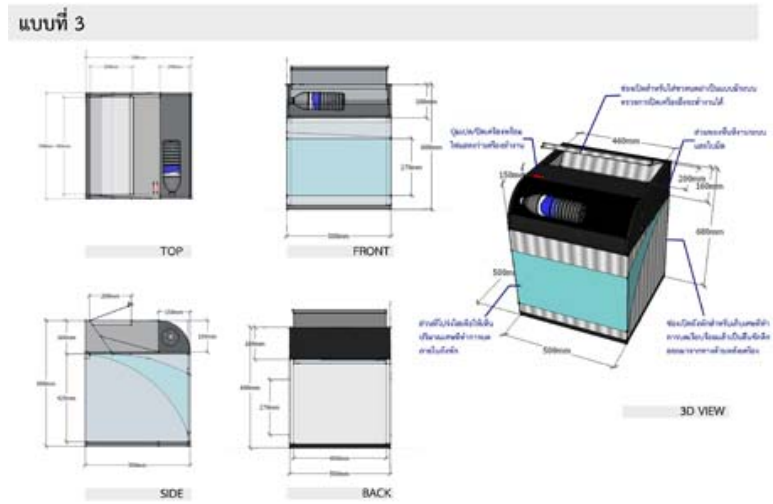
ตารางที่ 4.7 ผลรวมการแบบประเมินแบบกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ รวมจำนวน 4 ท่าน

ข้อ	รายการ	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่2	รูปแบบที่3
				
1	ประโยชน์ใช้สอย	4.5	4.5	4.75
	– ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใช้งานได้จริง	4.5	4.5	4.75
	– ผลิตภัณฑ์สามารถทำความสะอาดได้ง่าย	4.25	4	4.5
	– ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.25	4.25	3.75
2	ความงาม			
	– ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม	3	4.25	4.75
	– ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบ ที่น่าใช้น่าสนใจ	3	4.25	4.75
3	การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต			
	– วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม	3.25	3.25	4
	– กรรมวิธีการผลิตได้ตามรูปแบบ	3	4	4.5
	– ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ	3.5	3.5	4
4	ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม	3	3.5	3.75

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่2	รูปแบบที่3
5	ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-ริเริ่มใหม่	3	3.5	4
$\bar{X}$		3.57	3.95	4.32
SD.		0.63	0.42	0.40

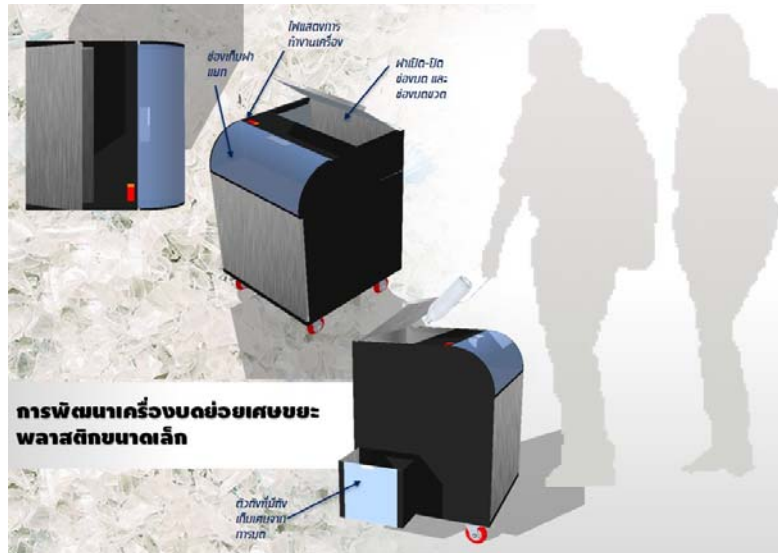
จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกลที่มีต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กจากตารางจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.32, S.D. = 0.40) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมที่จำไปผลิตต้นแบบจากนั้นจึงนำไปเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิภาพของเครื่อง และ ประเมินความพึงพอใจต่อไป



ภาพที่ 4.12 แสดงรูปแบบรายละเอียดเครื่องบดย่อยแบบที่ 3 ที่ผู้เชี่ยวชาญเลือก
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

จากการเลือกแบบของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านสรุปผลออกมาในแบบที่3 และมีการให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องบดย่อยขนาดเล็กโดยในกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมได้เสนอแนะมาว่าในการว่างระบบเครื่องในส่วนของมอเตอร์ และ เฟือง สายพานนั้นถ้าให้การทดรอบทำได้โดยการเพิ่มขนาดหน้ากว้างเฟืองโดยจากเดิมมอเตอร์มีแรงหมุนอยู่ที่ 100 รอบ เพิ่มมาเป็น 300 รอบ ส่วนการในการใช้สายพาน หรือเฟืองโซ่นั้นให้แนวการวางมอเตอร์ และใบมีด นั้นควรอยู่ใน

ระนาบเยื้อนกันเพื่อทำให้เกิด แรงส่งที่สมบรูณ์มากขึ้น ทนต่อแรงหมุนแรงดึงมากขึ้น เน้นส่วนประกอบที่มีอยู่ในท้องตลาดเพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง ใส่ใจเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน



ภาพที่ 4.13 แสดงรูปแบบเครื่องบดแบบเพื่อการผลิตที่ได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะขอ ผู้เชี่ยวชาญ และระหว่างผลิต

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

4.2.4 กระบวนการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

4.2.4.1 ขั้นตอนการขึ้นโครงเครื่อง

ภาพที่ 4.14 ขั้นตอนการขึ้นโครงเครื่อง

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

4.2.4.2 ขั้นตอนการประกอบใบมีด

ภาพที่ 4.15 ขั้นตอนการประกอบใบมีด
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

4.2.4.3 ขั้นตอนการประกอบตำแหน่ง และชิ้นส่วนการทำงานภายในเครื่อง

ภาพที่ 4.16 ขั้นตอนการประกอบตำแหน่ง และชิ้นส่วนการทำงานภายในเครื่อง
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

4.2.4.4 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนภายนอกอื่นๆ

ภาพที่ 4.17 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนภายนอกอื่นๆ
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561) **(ต่อ)**

4.2.4.5 รูปแบบเครื่องบดย่อยที่ประกอบสำเร็จ

ภาพที่ 4.18 รูปแบบเครื่องบดย่อยที่ประกอบสำเร็จ
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2561)

4.3 ผลการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

การวิเคราะห์แบบประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก โดยใช้แบบประเมินแบบรูปแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) โดยเป็นแบบประเมินที่ผ่านการตรวจแสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ

จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้ผ่านการตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มาทำการประเมินประสิทธิ์ภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติก และด้านวิศวกรรม โดยประเมินตามแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) โดยแบบกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก 1 ท่าน ดังนี้

- นายธรรมนูญ จันทรมณี บริษัท ทีเอ็น ค้าของเก่า

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 1 ท่าน ดังนี้

- อาจารย์โกมล ส่งเสริม อาจารย์ภาควิชาการออกแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวรรม จำนวน 1 ท่าน ดังนี้

- นายอรรถกร กาธรรมณี บริษัท ไวท์ เอ็นจิเนียริ่ง กรุ๊ป จำกัด

ตารางที่ 4.8 ผลรวมการประเมินประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติก และด้านวิศวกรรมจำนวน 3 ท่าน

ลำดับ	เกณฑ์การประเมิน	ความคิดเห็น		ความหมาย
		$\bar{X}$	S.D.	
1	พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก - ใช้งานได้จริง	3.33	0.58	เกณฑ์ปานกลาง
	- มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	2.67	0.58	เกณฑ์ปานกลาง
	- มีความปลอดภัยในการทำงาน	3.33	0.58	เกณฑ์ปานกลาง
	- ง่ายต่อการใช้งาน	3.67	0.58	เกณฑ์มาก
	- บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้	4.00	0.00	เกณฑ์มาก
	- ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบด	3.00	0.00	เกณฑ์ปานกลาง
	- เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น	4.00	0.00	เกณฑ์มาก
	- ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบดย่อย	4.00	0.00	เกณฑ์มาก
ค่าเฉลี่ยรวม n=3		3.50	0.29	เกณฑ์ปานกลาง

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าการประเมินความคิดเห็นในส่วนของประสิทธิ์ภาพนั้นในส่วนของผลค่าเฉลี่ยรวม n=3 นั้น ผลอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง($\bar{X}$= 3.50, S.D. =0.29) โดยค่าค่าคะแนนระดับมากค่าคะแนนปานกลางเท่านั้นที่ทำให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาด้านประสิทธิ์ภาพต่อไป

4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

การวิเคราะห์แบบประเมินโดยความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กโดยใช้แบบประเมินความพึ่งพอใจในรูปแบบ แบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) โดยเป็นแบบประเมินที่ผ่านการตรวจแสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อความพึงพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ที่ได้รับการตรวจจากผู้ทรงคุณวุฒิ จากจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 16 ข้อ ได้ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่า 1.0-0.7 จำนวนทั้ง 16 ข้อเท่ากับแบบสอบถามสามารถใช้ได้ทุกข้อ

จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้ผ่านการตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มาทำการประเมินประสิทธิ์ภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติก โดยประเมินตามแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) โดยแบบกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้ ผู้ใช้ซึ่งเป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน จำนวน 20 ท่าน

ตารางที่ 4.9 ผลรวมการประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กขอผู้ใช้ซึ่งเป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน จำนวน 20 ท่าน

ข้อที	แบบสอบถาม	ความคิดเห็น		ความหมาย
		$\bar{X}$	S.D.	
1	ความพึงพอใจในผลงานการออกแบบด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย - ใช้งานได้จริง	4.50	0.69	เกณฑ์มาก
	- มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.45	0.60	เกณฑ์มาก
	- ทำความสะอาดได้ง่าย	4.40	0.60	เกณฑ์มาก
	- มีความปลอดภัยในการทำงาน	4.30	0.66	เกณฑ์มาก
2	- ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสะดวกสบาย ง่ายต่อการใช้รูปทรงทันสมัย	4.45	0.69	เกณฑ์มาก
	- ดูแลรักษาง่าย	4.40	0.75	เกณฑ์มาก
3	ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม - มีความสวยงาม	4.50	0.51	เกณฑ์มาก
	- มีรูปแบบทันสมัยน่าสนใจ	4.40	0.60	เกณฑ์มาก
4	ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม	4.15	0.67	เกณฑ์มาก
	- กรรมวิธีการผลิตมีความเหมาะสม	4.20	0.77	เกณฑ์มาก
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ	4.45	0.69	เกณฑ์มาก
5	พึ่งพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก - บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้	4.40	0.60	เกณฑ์มาก
	- ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบด	4.30	0.66	เกณฑ์มาก
	- เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น	4.35	0.59	เกณฑ์มาก
	- ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบดย่อย	4.60	0.50	เกณฑ์มากที่สุด

ตารางที่ 4.9 ผลรวมการประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กขอผู้ใช้ซึ่งเป็นพนักงานโรงงานสำนักงาน จำนวน 20 ท่าน**(ต่อ)**

ข้อที	แบบสอบถาม	ความคิดเห็น		ความหมาย
		$\bar{X}$	S.D.	
ค่าเฉลี่ยรวม n=20		4.39	0.45	เกณฑ์มาก

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าประเมินความพึงพอใจนั้นในส่วนของผลค่าเฉลี่ยรวม n=20 นั้น ผลอยู่ในเกณฑ์มาก($\bar{X}$= 4.39, S.D. =0.45) โดยกลุ่มของเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่อยู่ในเรื่องของส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบ่นย่อยกลุ่มที่เกณฑ์น้อยไม่มี และ นำผลการบดมาวัดปริมาณในรูปแบบตารางเทียบปริมาณรูปแบบการจัดเก็บขวดน้ำพลาสติกขนาด 30 ขวด ตามตารางที่ 4.13 ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ตารางเทียบปริมาณรูปแบบการจัดเก็บขวดน้ำพลาสติกขนาด 30 ขวด

รูปแบบการจัดเก็บแบบที่ 1 เก็บโดยไม่ได้ทำอะไร	**รูปแบบการจัดเก็บแบบที่ 2 เก็บโดยการบีบอัด**	**รูปแบบการจัดเก็บแบบที่ 3 เก็บโดยการบด**

จากตารางที่ 4.10 ตารางเทียบปริมาณรูปแบบการจัดเก็บขวดน้ำพลาสติกขนาด 30 ขวดทำให้เราเห็นได้ว่าการแปรสภาพขวดน้ำพลาสติกนั้นทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการจัดเก็บได้เป็นอย่างดีกว่า

การแยกใส่ถังไว้ ซึ่งการบีบก็สามารถลดพื้นที่ลงได้ จากซ้ายไปขวาของตาราง โดยเฉพาะการบดย่อยนั้นทำให้สามารถลดพื้นในการจัดเก็บได้มากว่า สามารถสะสมปริมาณขวดน้ำพลาสติกได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นการ เพิ่มปริมาณ ประหยัดพื้นที่ง่ายต่อการขนถ่าย และเพิ่มมูลค่าให้กับขวดน้ำพลาสติกได้เป็นอย่างดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา เครื่องที่มีใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย การสังเกต เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้นามาวิเคราะห์หาแนวทางในการศึกษาพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กที่มีประโยชน์มีคุณค่ามีความเหมาะสมและมีความพึงพอใจต่อผู้ใช้เพื่อให้ผู้ใช้ได้นำไปใช้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสอบถามเก็บรวบรวมและศึกษาค้นคว้ามาปรับเปลี่ยนให้ได้รูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กที่ดีและนำมาสร้างต้นแบบเพื่อเข้าสู่การสรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 เพื่อการศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ผลการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องด้านกายภาพด้านการคัดแยกพลาสติก แนวคิดการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติกเพื่อให้เห็นถึงการริเริ่มที่คัดแยกขยะของโครงการต่างๆที่ส่งเสริมการคัดแยกเศษขยะทั้งในประเทศ และต่างประเทศว่ามีการเริ่มคัดแยกขยะประเภทใดบ้าง ศึกษาถึงข้อมูลประเภทของพลาสติก ลักษณะของพลาสติก กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติก และจากการสัมภาษณ์ การสังเกต การลงพื้นที่ การศึกษารูปแบบ และผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก ทำให้ทราบถึงข้อมูลการคัดแยกพลาสติกในการทำการนำกลับมาใช้ใหม่ในกลุ่มธุรกิจค้าของเก่าว่ามีพลาสติกประเภทที่เป็นที่นิยมในการเก็บ และส่งเข้าสู่กระบวนการบดย่อย ส่วนในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่นั้นมีลำดับขั้นตอนใดบ้างส่วนใดบ้างที่มีความสำคัญในการนำกลับมาใช้ใหม่พลาสติก

5.1.2 เพื่อการออกแบบพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

โดยมีการออกแบบพัฒนาโดยการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากเครื่องบดย่อยพลาสติกเดิมที่มีอยู่ในท้องตลาดว่ามีระบบ และชิ้นส่วนใดบ้างที่มีความสำคัญต่อการออกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก โดยการกำหนดระบบเพื่อนำไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเพื่อกำหนดขนาด

และรูปทรงของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กว่าความมีสัดส่วนของเครื่องขนาดเท่าไรจากนั้นทำการจัดทำรวบรวมรูปแบบเครื่องใช้ในสำนักงานเพื่อกำหนดขอบแนวคิดรูปแบบในการออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กจากนั้นจึงได้ทำการ่างแบบของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก(Idea sketch) เบื้องต้นจำนวน 40 แบบเพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมช่วยเลือกแบบตามรูปแบบความเป็นไปได้ของการผลิต และวิธีการคิดแบบมโนทัศน์โดยแบบเป็น 4ด้าน ดังนี้ 1)คุณสมบัติ 2)โครงสร้าง 3) รูปทรง และ4) ความปลอดภัย ทาเคชิ โยเนาะมามะ. (2548) จนเลือกรูปแบบเครื่อง 15 แบบ จากนั้นใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอย และสร้างตารางเพื่อพิจารณาให้ได้ผลออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ผลการการเลือกแบบตามหลักการออกแบบทั้ง 10ข้อ โดยการสร้างตารางเพื่อพิจารณาผลโดยใช้ทฤษฎีตารางการกระจายหนาที่การวิเคราะห์แบบ ซึ่งได้ผลดังนี้ รูปแบบที่ได้คะแนนความสอดคล้องมากที่สุด ได้แก่ แบบที่ 2,7 ที่มีค่าคะแนนอยู่ที่ 26 และแบบที่ 15 มีค่าคะแนนอยู่ที่ 27 ซึ่งจากตารางการกระจายหน้าที่ทำให้ได้ว่าประเด็นหลักที่มีความสำคัญในการออกแบบหลักการในข้อที่ 8,9และ10 ที่เป็นเรื่องของ ความสะดวกสบายในการใช้งาน โครงสร้างแข็งแรง และความปลอดภัยในการใช้งาน จนเลือกเพียง 3 แบบ จากนั้นนำแบบ แบบมาขึ้นเป็นแบบจำลองที่มีวัสดุสีตามแบบแนวคิดในการกำหนดสีพื้นผิวของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กที่มาความเสมือนจริงมากขึ้น นำไปโดยนำแบบที่ได้ 3 แบบมาทำการการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกลที่มีต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กตามหัวข้อ (1) ประโยชน์ใช้สอย (2) ความงาม (3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต (4) ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม (5) ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่ได้ผลสรุปว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน ($\bar{x}$= 4.31., S.D. = 0.40) อยู่ในลำดับที่1 ในด้านต่างที่สนองต่อการใช้งาน มีความเหมาะสมที่จำไปผลิตต้นแบบจากนั้นจึงนำไปเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิ์ภาพของเครื่อง และ ประเมินความพึ่งพอใจต่อไป

5.1.3 ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ที่ผู้วิจัยพัฒนา และสร้างขึ้นแบ่งเป็น 4 ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้ และด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิตในการบดย่อย(วิวรรณ ธรรมมงคล : 2549) โดยกำหนดไว้ตามหัวข้อดังนี้พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กใช้งานได้จริงมีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย มีความปลอดภัยในการทำงาน ง่ายต่อการใช้งานบดย่อยเศษขยะพลาสติกได้ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบด เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบดย่อย โดยทำการประเมินประสิทธิ์ภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติก และด้านวิศวกรรม โดยประเมินตามแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) จะเห็นว่าการประเมินความคิดเห็นในส่วนของประสิทธิ์ภาพนั้นในส่วนของผลค่าเฉลี่ยรวม n=3 โดยนำแบบสอบถามที่ได้ผ่านการตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มาทำการประเมินประสิทธิ์ภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลาสติก และด้านวิศวกรรม โดยประเมินตามแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale) โดย ผลอยู่ในเกณฑ์ ($\bar{X}$ = 3.50, S.D. =0.29) ซึ่งวิเคราะห์ผลเป็นรายข้อ ดังนี้ พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กใช้งานได้จริง ($\bar{X}$ = 3.33) เกณฑ์ปานกลาง มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย($\bar{X}$ = 2.67) เกณฑ์ปานกลางมีความปลอดภัยในการทำงาน ($\bar{X}$ = 3.33) เกณฑ์ปานกลาง ง่ายต่อการใช้งาน ($\bar{X}$ = 3.67) เกณฑ์มาก บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้ ($\bar{X}$ = 4.00) เกณฑ์มาก ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบด ($\bar{X}$ = 3.00) เกณฑ์ปานกลาง เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น ($\bar{X}$ = 4.00) เกณฑ์มาก

5.1.4 การประเมินโดยความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ผู้วิจัยพัฒนา และสร้างขึ้นโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจในความพึงพอใจในผลงานการออกแบบด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ใช้งานได้จริง มีความสะดวกในการ เคลื่อนย้ายทำความสะอาดได้ง่าย มีความปลอดภัยในการทำงาน ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสะดวกสบาย ง่ายต่อการใช้งาน ดูแลรักษาง่ายโดยประเมินตามแบบมาตรฐานประเมินค่าระดับ (Rating Scale)จะเห็นว่าการประเมินความคิดเห็นความพึงพอใจของผู้ใช้นั้นในส่วนของผลค่าเฉลี่ยรวม n=20 โดยนำแบบสอบถามที่ได้ผ่านการตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มาทำการประเมินความพึงพอใจนั้น ผลอยู่ในเกณฑ์ ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. =0.50) ซึ่งวิเคราะห์ผลเป็นรายข้อ ดังนี้ 1.ความพึงพอใจในผลงานการออกแบบด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ใช้งานได้จริง ($\bar{X}$ = 4.50) เกณฑ์มาก มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ($\bar{X}$ = 4.45) เกณฑ์มาก ทำความสะอาดได้ง่าย ($\bar{X}$ = 4.40) เกณฑ์มาก มีความปลอดภัยในการทำงาน ($\bar{X}$ = 4.30) เกณฑ์มาก 2.ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสะดวกสบาย ง่ายต่อการใช้รูปทรงทันสมัย ($\bar{X}$ = 4.45) เกณฑ์มาก ดูแลรักษาง่าย ($\bar{X}$ = 4.40) เกณฑ์มาก 3.ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม ($\bar{X}$ = 4.50) เกณฑ์มาก มีความสวยงาม มีรูปแบบทันสมัยน่าสนใจ ($\bar{X}$ = 4.40) เกณฑ์มาก 4.ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ด้านความ เหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิต วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม กรรมวิธีการผลิตมีความเหมาะสม ($\bar{X}$ = 4.20) เกณฑ์มาก ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ ($\bar{X}$ = 4.15) เกณฑ์มาก 5.พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กบดย่อยเศษขยะพลาสติกได้ ($\bar{X}$ = 4.40) เกณฑ์มาก ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบ่น ($\bar{X}$ = 4.30) เกณฑ์มาก เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น ($\bar{X}$ = 4.35) เกณฑ์มาก ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบดย่อย ($\bar{X}$ = 4.60) เกณฑ์มากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

5.1.1 เพื่อการศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ในการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของการทำวิจัยในส่วนของภาคข้อมูลทางด้านพลาสติกการนำกลับไปใช้ใหม่ของพลาสติกเพื่อหาแนวทางความคิดเห็นสนับสนุนในการคิดค้นวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่าด้านการศึกษาเครื่องบดย่อยพลาสติกแปรรูป และการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ใช้ทฤษฎีแนวคิดของดรรชนี พัทธวรากร[4]. 2559ได้กล่าวว่าไว้ถึงกระบวนผลิตพลาสติกทำให้พลาสติกหลอมได้เร็วทำให้เห็นว่าการบดย่อยพลาสติกมีความสำคัญในกระบวนการนำกลับไปใช้ใหม่ และวรชัย ทองไทย (2554 : 3) การนำกลับมาใช้ใหม่ ทำให้การสร้างเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะทำให้การนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติกมีแนวโน้มมาขึ้นกระบวนการขนส่งขนย้ายเศษขยะพลาสติกทำให้ทำได้จำนวนมากขึ้นยังลดขั้นตอนกระบวนการรีไซเคิลได้ และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน มูลค่าของเศษขยะพลาสติก ทำผู้ได้ศึกษาข้อมูลในส่วนของขยะที่มีมาก และสามรถนำกลับมาใช้ใหม่ทำให้เห็นได้ว่ากลุ่มของพลาสติกนั้นมีจำนวนมาก โดยเฉพาะในส่วนของขวดน้ำดื่มที่เป็นแบบใส่นั้นจริงแล้วมีความบริสุทธิ์มาก แต่ยังไม่เหมาะกับการนำกลับมาวนใช้ซ้ำ แต่เหมาะกับการนำมารีไซเคิลเป็นพลาสติกชนิดอื่นๆต่อไป โดยผ่านกระบวนการคัดแยก และนำไปบดเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อๆไป พลาสติกแบ่งได้ 2ชนิดใหญ่ๆ คือ เทอร์โมเซตติ้ง และเทอร์โมพลาสติก และตารางที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างเทอร์โมเซตติ้ง และเทอร์โมพลาสติก ทำให้เราสามารถเห็นได้ว่าพลาสติกที่อยู่ในกลุ่มของเทอร์โมพลาสติกนั้นเป็นพลาสติกที่มีการวนนำกลับมาใช้ใหม่ และนำมารีไซเคิลโดยการหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ จึงทำให้เป็นการกำหนดกลุ่มที่เล็กลงในการนำมาศึกษาเพื่อที่จะจำแนกขยะพลาสติกที่ จะนำไปศึกษาเพื่อทำเครื่องบดย่อยเศษพลาสติกต่อไป

5.1.2 เพื่อการออกแบบพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

การออกแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกขนาดเล็กนั้นชิ้นส่วน และองค์ประกอบที่สำคัญหลักในเครื่องนั้น คือ ใบมีด มอเตอร์ เฟือง สายพาน ที่มีผลต่อการทำงาน ขนาด และรูปทรงของเครื่อง ที่เป็นปัจจัยหลักในการกำหนดกลไก และขนาดของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก โดยแบ่งออกเป็นตารางโดยผู้วิจัยดังนี้ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองเขียนแบบร่างเพื่อกำหนดขนาดของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติกขนาดเล็กเบื้องต้นที่สำคัญต่อการออกแบบเริ่มประกอบ 12 ส่วน แบบ 4 งานระบบ คือ ระบบส่งกำลัง ระบบย่อย ระบบไฟ ตัวเครื่อง รูปแบบระบบการทำงานทำให้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกำหนดพื้นขนาดของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กเบื้องต้นด้วยการเขียนด้วยมือ(sketch) รวมไปถึงการกำหนด แนวคิดในการออกแบบซึ่งเป้าหมายในการออกแบบคือ การออกแบบเรื่องบดย่อยขนาดเล็กเพื่อใช้ในสำนักงานโรงงานทำให้ผู้วิจัยกำหนดแนวการออกแบบเครื่องโดยการศึกษาเครื่องใช้ที่มีอยู่ในโรงงานสำนักงาน เป็นส่วนช่วยในการออกแบบรูปร่าง รูปทรง ของเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก จากออกแบบนั้นทำให้ผู้วิจัยเห็นว่าจากตารางการกระจายหน้าที่ทำให้ได้ว่าประเด็นหลักที่มี

ความสำคัญในการออกแบบเป็นเรื่องของความสะดวกสบายในการใช้งาน โครงสร้างแข็งแรง และความปลอดภัยในการใช้งานหลัก จากการเลือกแบบของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านสรุปผลออกมาในแบบที่3 และมีการให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องบดย่อยขนาดเล็กโดยในกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมได้ เสนอแนะมาว่าในการว่างระบบเครื่องในส่วนของมอเตอร์ และ เฟือง สายพาน นั้นถ้าให้การทดรอบทำได้โดยการเพิ่มขนาดหน้ากว้างเฟืองโดยจากเดิมมอเตอร์มีแรงหมุนอยู่ที่ 100 รอบ เพิ่มมาเป็น 300 รอบ ส่วนการในการใช้สายพาน หรือเฟืองโซ่นั้นให้แนวการวางมอเตอร์ และใบมีด นั้นควรอยู่ในระนาบเยื้อนกันเพื่อทำให้เกิด แรงส่งที่สมบรูณ์มากขึ้น ทนต่อแรงหมุนแรงดึงมากขึ้น เน้นส่วนประกอบที่มีอยู่ในท้องตลาดเพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง ใส่ใจเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน

5.1.3 ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

โดยการนะแบบทดสอบประสิทธิภายไปให้ผู้เชียวชาญจำนวน 3 ท่าน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านวิศวกรรม ด้านออกแบบเครื่องกล และด้านพลาสติก โดยผลค่าเฉลี่ยรวม n=3 นั้น ผลอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง($\bar{X}$ = 3.50, S.D. =0.29) โดยค่าค่าคะแนนระดับมาก ค่าคะแนนปานกลางเท่านั้นที่ทำให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาด้านประสิทธิ์ภาพต่อไปซึ่งมีส่วนเรื่องของการใช้งานเครื่อง ของน้ำหนักเครื่องที่ทำให้มีผลต่อการเคลื่อนย้ายที่แสดงให้เห็นค่าแค่เพียง ความลอดภัย และขนาดของเศษพลาสติกที่ได้ออกมาจะเครื่องนั้นทำให้ค่าประเมินผลด้านประสิทธิภาพปานกลาง

5.1.4 การประเมินโดยความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

โดยการนำแบบประเมินความพึ่งพอใจไปให้ผู้ใช้ในสำนักงานโรงงานจำนวน 20 ท่าน จะเห็นว่าการประเมินความพึ่งพอใจนั้นในส่วนของผลค่าเฉลี่ยรวม n=20 นั้น ผลอยู่ในเกณฑ์มาก ซึ่งการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะมุ่งเน้นการผลิตเครื่องจักรที่ได้คุณภาพแต่วัสดุที่สามารถลดต้นทุนในการผลิตเครื่องได้ทำให้ผู้ประกอบการองค์สำนักงานโรงงานขนาดกลางสามารถจับต้องเข้าถึงเครื่องมือได้ง่ายขึ้น โดยที่มีรูปลักษณ์ทีสามารถนำไปใช้ภายในสำนักงานโรงงานได้ง่าย ทั้งยังช่วยปลูกจิตสำนึกเริ่มต้นในการรู้จักคัดแยกขยะ และยังช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายในได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็ก ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้และเพื่อวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้ การทำวิจัยในครั้งจากการศึกษาพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจะเห็นได้ว่าสามารถสร้างเครื่องบดที่รองรับพลาสติกในกลุ่มอื่นประเภทอื่นได้ ซึ่งขึ้นอยู่การว่า

ปริมาณขยะพลาสติกที่ได้จากสถานที่นั้นๆ ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกในกลุ่มใดเพราะข้อจำกัดของการนำพลาสติกมาบดย่อยมีความจำเป็นต้องแยกกลุ่มของพลาสติกอย่างชัดเจน และขนาดของเครื่องบดก็อาจจะมีพื้นที่เก็บขนาดใหญ่ขึ้นตามสถานที่ที่จะนำเครื่องบดไปใช้ เช่น ในกลุ่มของโรงพยาบาลอาจมีพลาสติกบรรจุภัณฑ์ในกลุ่มของพลาสติกชนิดอื่นที่ใช้ในส่วนการบรรจุยาก็อาจมีเครื่องบดย่อยที่ไว้สำหรับบดขวดพลาสติกที่อาจเป็นกลุ่มของ HDPE High Density polyethylene โพลีเอททีลีนความหนาแน่นสูง หรือ PP Polypropyleneโพลีโพรพิลีนก็อาจให้มีเครื่องบดสำหรับการแยกพลาสติกในกลุ่มพวกนี้ขึ้นมา ในส่วนของขนาดตัวเครื่องนั้นอาจใช้แนวคิดแบบดีไซน์เซอร์วิสเปลี่ยนรูปแบบ และขนาดตามสถานที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และแรงจูงใจในการคัดแยกมากขึ้น รวมไปถึงการพัฒนาเครื่องที่รองรับกลุ่มพลาสติกชนิดอื่น หรือแปรสภาพในแบบอื่นๆ ได้ ในส่วนของตัวเครื่องนั้นเป็นการสร้างต้นแบบจริงใช้วัสดุที่อาจมีต้นทุนสูง แต่เมือนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแบบอุตสาหกรรมอาจเปลี่ยนไปใช้วัสดุที่ขึ้นรูปโดยการฉีดที่มีต้นทุนต่ำลงในการผลิตจำนวนมากๆ และสามารถสร้างรูปทรงที่มีความโค้งเว้าได้ การเพิ่มระบบอัจฉริยะต่างๆ เช่น จอสัมผัส ระบบเสียงต่างๆ รวมไปถึงการออกแบบลวดลายกราฟฟิกต่างๆ

บรรณานุกรม

ทาเคชิ โยเนาะมามะ. 2548. **แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

นานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว และ สุทิน จิตร์เจริญ. 2537. **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. 2549. **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ธนาวดี ลี้จากภัย. 2545. **รีไซเคิลพลาสติก.** กรุงเทพฯ: เอ็มเทค.

นิรัช สุดสังข์. 2548. **ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Julius Panro,Martin Zelnik. **Human dimension & interior space.** (1979). New York: Watson-Guptill.

ดุจเดือน แซ่เอี๊ยว. 2553. **แปลงขยะเป็นเงินในเมืองหรู.** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.thaibizchina.com.

คณะวิทยาศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์. 2558. **แนวคิดการจัดการขยะด้วยหลัก 3R.** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://demo10.rpu.ac.th/bangmoung/?page_id=8/

สุเมธ ธิติธนากร. 2537. **ขยะพลาสติกกำลังรออุตสาหกรรมรีไซเคิล.** เทคนิค11, 15. เข้าถึงได้จาก www.kenplas.com.

พิมพร ศะริจันทร์. 2551. **อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานในอนาคต.** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.nsdv.go.th.

สุวรรณา เกรียงไกรเพชร. 2548. **วัฒนธรรมการแยกขยะเมืองญี่ปุ่น.** มติชนรายสัปดาห์. เข้าถึงได้จาก http://www.japankiku.com/tour/garbage_japan.html

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. (ม.ป.ป.). เรื่องที่ ๘ พลาสติกกับชีวิตในปัจจุบันขยะพลาสติก. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/ /book.infodetail09.html.

สถาบันรับรองมาตรฐาน. (ม.ป.ป.). **แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม มอก.9999 เล่ม 1- 2556.** [Online]. สืบค้นจาก http://masci.or.th/

uniontoy. 2557. **กระบวนการผลิตวัสดุพลาสติก.** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.uniontoy.com.

production. 2558. **ต้นทุนการผลิต.** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://production-cost.blogspot.com.

nanosoft. (ม.ป.ป.). **หลักการตลาด 4P.** [Online].
เข้าถึงได้จาก http://nanosoft.co.th/maktip01.htm.

IM2. 2558. **4C คือ ? การตลาดแนวใหม่ที่พัฒนาเพื่อตอบโจทย์ธุรกิจ.** [Online].
เข้าถึงได้จาก https://www.im2market.com/2015/05/26/1207

nobu take. (17.03.2558). **โต๊ะทำงานเทรนด์ใหม่ปี 2015.** [Online].
เข้าถึงได้จาก http://homeshopping01.blogspot.com.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ข ผลการตรวจเครื่องมือ

ภาคผนวก ค หนังสือขอความอนุเคราะห์

ภาคผนวก ง ใบประเมินการตรวจแบบเครื่อง

ภาคผนวก จ ผลการออกแบบ

ภาคผนวก ฉ บทความวิจัย

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุประสงค์ที่ 1

เพื่อการศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

แบบสอบถามบันทึกการสัมภาษณ์

เพื่อการศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่สัมภาษณ์.....

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☐ ด้านวิศวกรรม ☐ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☐ มากกว่า 30ปีขึ้นไป
- เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวชหรือปวส ☐ ป.ตรี ☐ สูงกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☐ มากกว่า 5ปีขึ้นไป
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

  .....

ตอนที่2

1.พลาสติกมีกี่ประเภทในระบบการนำกลับมาใช้ใหม่

.....

.....

.....

.....

.....

2.ปัจจุบันพลาสติกจะผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ต้องผ่านอะไรบ้าง และมีปัญหาอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

3.เครื่องบดย่อยพลาสติกในปัจจุบันนำมาจากที่ไหน แล้วราคาประมาณเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

4.มีความคิดเห็นอย่างไรถ้ามีเครื่องบดย่อยใช้ในสำนักงานโรงงานหรือครัวเรือน

.....

.....

.....

.....

.....

5.มีแนวทางหรือขอเสนอแนะอย่างไรในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกใช้ในสำงานโรงงานหรือครัวเรือน

.....

.....

.....

.....

.....

6.ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ให้สัมภาษณ์

วัตถุประสงค์ที่ 2

เพื่อการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ชุดที่ 2

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่.....

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☐ ด้านวิศวกรรม ☐ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☐ มากกว่า 30ปีขึ้นไป
- เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวชหรือปวส ☐ ป.ตรี ☐ สูงกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☐ มากกว่า 5ปีขึ้นไป
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

  .....

ข้อเสนอแนะในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

.....

.....

.....

.....

.....

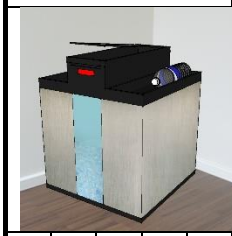
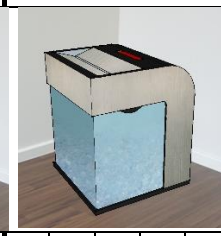
.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนน ดังนี้ 5 หมายถึง เห็นด้วยระดับมากที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วยระดับมาก 3 หมายถึง เห็นด้วยระดับปานกลาง 2 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อย 1 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	รูปแบบที่ 1					รูปแบบที่ 2					รูปแบบที่ 3				
																
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1	ประโยชน์ใช้สอย - ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใช้งานได้จริง															
	- ผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย															
	- ผลิตภัณฑ์สามารถทำความสะอาดได้ง่าย															
	- ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน															
2	ความงาม - ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม															
	- ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบ ที่น่าใช้น่าสนใจ															
3	การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม															
	- กรรมวิธีการผลิตได้ตามรูปแบบ															
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ															

4	ความเหมาะสมทาง การตลาด ความถูกต้อง ตามระเบียบ คำนึงถึง สภาพแวดล้อม															
5	ความก้าวหน้าทางการ ประดิษฐ์คิดค้น-ริเริ่มใหม่															

.....

..

ผู้กรอกแบบสอบถาม

วันที่...../...../.....

วัตถุประสงค์ที่ 3

เพื่อการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่.....

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☐ ด้านวิศวกรรม ☐ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☐ มากกว่า 30ปี
- เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวช-ปวส ☐ ป.ตรี ☐ มากกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☐ มากกว่า 5ปี
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

  .....

ตอนที่2

ความพึงพอใจในประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1	พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก - ใช้งานได้จริง						
	- มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย						
	- มีความปลอดภัยในการทำงาน						
	- ง่ายต่อการใช้งาน						
	- บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้						
	- ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบ่น						
	- เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น						
	- ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบ่นย่อย						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

วัตถุประสงค์ที่ 4

เพื่อสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ชุดที่ 4

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

สอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่.....

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☐ ด้านวิศวกรรม ☐ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☐ มากกว่า 30ปี
- เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวช-ปวส ☐ ป.ตรี ☐ มากกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☐ มากกว่า 5ปี
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

  .....

ตอนที่2

ความพึงพอใจในประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1	ความพึงพอใจต่อด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย - ใช้งานได้จริง						
	- มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย						
	- ทำความสะอาดได้ง่าย						
	- มีความปลอดภัยในการทำงาน						
2	ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสะดวกสบาย - ง่ายต่อการใช้งาน						
	- ดูแลรักษาง่าย						
3	ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม						

	- มีความสวยงาม						
	- มีรูปแบบทันสมัยน่าสนใจ						

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
4	ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ ด้านความ เหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม						
	- กรรมวิธีการผลิตมีความเหมาะสม						
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ						
5	พึ่งพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก - บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้						
	- ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบ่น						
	- เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น						
	- ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบ่นย่อย						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข
ผลการตรวจเครื่องมือ

แสดงคะแนนและผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อแบบสอบถามเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ข้อที่	ข้อคำถามในแบบสอบถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	ค่า IOC	แปลผล
		ท่านที่1	ท่านที่2	ท่านที่3			
ตอนที่ 1 แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ							
1	โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุวุฒิการศึกษาสูงสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
ตอนที่ 2 คำถามปลายปิด							
1	ประโยชน์ใช้สอย -ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใช้งานได้จริง	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	-ผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	-ผลิตภัณฑ์สามารถทำความสะอาดได้ง่าย	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	-ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
2	ความงาม -ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	-ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบ ที่น่าใช้น่าสนใจ	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
3	การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต -วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	-กรรมวิธีการผลิตได้ตามรูปแบบ	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
4	-ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม -	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
5	-ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง

ค่า IOC = 1.0

สรุปว่า แบบสอบถามที่ 1 ใช้ได้มีความสอดคล้อง

จากการแสดงคะแนนและผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อแบบสอบถามเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก ที่ได้รับการตรวจจากผู้ทรงคุณวุฒิ จากจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ ได้ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่า 1.0-0.7 จำนวนทั้ง 12 ข้อเท่ากับแบบสอบถามสามารถใช้ได้ทุกข้อ

แสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ต่อแบบสอบถามเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ข้อที	ข้อคำถามในแบบสอบถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	ค่า IOC	แปลผล
		-1	0	+1			
ตอนที่ 1 แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ							
1	โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา สูงสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
ตอนที่ 2 คำถามปลายเปิด							
1	พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก - ใช้งานได้จริง	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- มีความปลอดภัยในการทำงาน	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- ง่ายต่อการใช้งาน	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบ่น	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบดย่อย	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง

ค่า IOC = 0.7

สรุปว่า แบบสอบถามที่ 2 ใช้ได้มีความสอดคล้อง

แสดงคะแนนและผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อแบบสอบถามเกี่ยวกับการการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ที่ได้รับการตรวจจากผู้ทรงคุณวุฒิ จากจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 9 ข้อ ได้ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่า 1.0-0.7 จำนวนทั้ง 9 ข้อเท่ากับแบบสอบถามสามารถใช้ได้ทุกข้อ

แสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ต่อแบบสอบถามความพึงพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

ข้อที	ข้อคำถามในแบบสอบถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	ค่า IOC	แปลผล
		-1	0	+1			
ตอนที่ 1 แบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ							
1	โดยถามเกี่ยวกับ เพศ อายุวุฒิการศึกษา สูงสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม	+1	+1	+1	3	1.0	มีความสอดคล้อง
ตอนที่ 2 คำถามปลายเปิด							
1	ความพึงพอใจในผลงานการออกแบบด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย - ใช้งานได้จริง	+1	+1	+1	3	1.0	มีความสอดคล้อง
	- มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	0	+1	+1	2	0.7	มีความสอดคล้อง
	- ทำความสะอาดได้ง่าย	0	+1	+1	2	0.7	มีความสอดคล้อง
	- มีความปลอดภัยในการทำงาน	+1	+1	+1	3	1.0	มีความสอดคล้อง
2	- ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสะดวกสบาย ง่ายต่อการใช้รูปทรงทันสมัย	+1	+1	+1	3	1.0	มีความสอดคล้อง
	- ดูแลรักษาง่าย	+1	+1	+1	3	1.0	มีความสอดคล้อง
3	ความพึงพอใจต่อรูปทรงผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม - มีความสวยงาม	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	- มีรูปแบบทันสมัยน่าสนใจ	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง

แสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ต่อแบบสอบถามความพึงพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก**(ต่อ)**

ข้อที	ข้อคำถามในแบบสอบถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	ค่า IOC	แปลผล
		-1	0	+1			
4	ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ด้านความ เหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- กรรมวิธีการผลิตมีความเหมาะสม	0	+1	+1	2	**0.7**	มีความสอดคล้อง
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
5	พึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก - บดย่อยเศษขยะพลาสติกได้	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	- ขนาดเศษขยะพลาสติกที่ทำการบ่น	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	- เศษขยะพลาสติกสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง
	- ส่งเสริมการและเกิดแรงจูงใจในการคัดเศษขยะพลาสติกมาใช้ในการบ่นย่อย	+1	+1	+1	3	**1.0**	มีความสอดคล้อง

ค่า IOC = 0.9

สรุปว่า แบบสอบถามที่ 3 ใช้ได้มีความสอดคล้อง

แสดงคะแนนและผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อความพึงพอใจต่อเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก ที่ได้รับการตรวจจากผู้ทรงคุณวุฒิ จากจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 16 ข้อ ได้ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่า 1.0-0.7 จำนวนทั้ง 1 ข้อเท่ากับแบบสอบถามสามารถใช้ได้ทุกข้อ

.....

.....

.....

.....

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญจันทร์ สีสันต์

.....

.....

.....

.....

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รองศาสตราจารย์.ดร.ปริยาภรณ์ ตังคุณานันต์

.....

.....

.....

.....

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธเนศ ภิรมย์การ

ภาคผนวก ค
หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก

เรียน นายอภิรักษ์ สังขนิตย์

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก

เรียน นายสมคิด ญาติปราโมทย์

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก

เรียน นายธรรมนูญ จันทรมณี

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล

เรียน อาจารย์โกมล ส่งเสริม

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล

เรียน อาจารย์ยงยุทธ พุ่มพิศ

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม

เรียน นายสุทธิพงศ์ สัคคุณี

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ที่ ศธ 0524.04/ 1994

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม

เรียน นายอรรถกร กาธรรมณี

ด้วย นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก" โดยมี ผศ.ดร.อภิสักก์ สินธุภัค เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ของ นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-739-1919

ภาคผนวก ง
ใบประเมินการตรวจแบบเครื่อง

ชุดที่ 2

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่ 26/2/61

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☑ ด้านวิศวกรรม ☐ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☑ มากกว่า 30ปีขึ้นไป
- เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวชหรือปวส ☐ ป.ตรี ☑ สูงกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☑ มากกว่า 5ปีขึ้นไป
- ชื่อสถาบัน/บริษัท
  บริษัท ซีเอชออโตโมพาร์ท จำกัด (CH. AUTO PARTS CO, LTD.)

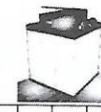
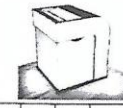
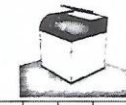
ข้อเสนอแนะในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ภาพลักษณ์เครื่องจักรบดย่อยเศษพลาสติกขนาดเล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม
ขนาดเล็กในโรงงานขนาดเล็ก ม.ต้น ควรต่ำกว่าคือ ราคาไม่สูงมาก ขนาดไม่ใหญ่
ของพลาสติกที่นำมาบดมีหลาย ๆ ชนิด เช่น PVC, PE, PP
PS, SAN, ABS, PET, PC เป็นต้น ตัวอย่าง สิ่งของพลาสติก เช่น ถุงพลาสติก
ขวดพลาสติก, กระเป๋า, กาต, มาตรา, ชิ้นส่วนที่ใช้ในครัวเรือน บดย่อย ลดขนาดเป็นผงเม็ด
พลาสติกมีมูลค่า เป็นต้น ถ้า ม.ต้น สามารถออกแบบให้ใช้งานหลากหลาย ได้จะเป็น
จุดขายในตัว Product
แต่สิ่งที่ขาดไม่ได้คือ ระบบการซ่อมบำรุง, อะไหล่ที่มีในท้องตลาด
ความแข็งแรงของเครื่องจักร แต่ที่สำคัญคือ ความปลอดภัยในการใช้งาน Safety Switch

Scanned by CamScanner

- การวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

- 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนน ดังนี้ 5 หมายถึง เห็นด้วยระดับมากที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วยระดับมาก 3 หมายถึง เห็นด้วยระดับปานกลาง 2 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อย 1 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	รูปแบบที่ 1					รูปแบบที่ 2					รูปแบบที่ 3				
																
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1	ประโยชน์ใช้สอย - ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใช้งานได้จริง		✓					✓					✓			
	- ผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย		✓					✓					✓			
	- ผลิตภัณฑ์สามารถทำความสะอาดได้ง่าย	✓						✓				✓				
	- ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน			✓			✓									
2	ความงาม - ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม			✓			✓						✓			
	- ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบ ที่น่าใช้น่าสนใจ			✓			✓						✓			
3	การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม		✓					✓					✓			
	- กรรมวิธีการผลิตได้ตามรูปแบบ		✓					✓					✓			
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ		✓					✓					✓			
4	ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม			✓			✓							✓		
5	ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-ริเริ่มใหม่			✓			✓						✓			

นายศุภพิชาต์ สัคคุณ

ผู้กรอกแบบสอบถาม

วันที่ 26 / 2 / 61

Scanned by CamScanner

ชุดที่ 2

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่ 9/ม.ค./61

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☑ ด้านวิศวกรรม ☐ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☑ มากกว่า 30ปีขึ้นไป
- เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวชหรือปวส ☑ ป.ตรี ☐ สูงกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☑ มากกว่า 5ปีขึ้นไป
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

  บริษัท ไอที เอนจิเนียริ่ง ภูเก็ต จำกัด

ข้อเสนอแนะในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

- ควรจะทำแผ่นรองรับขยายรูปร่างของพวกเศษต่างๆ ให้สามารถรับพลาสติกได้ขนาดใหญ่ขึ้น และระบบตัวนำไฟฟ้าควรเพิ่มเซ็นเซอร์ตรวจสอบ ควรเพิ่มเครื่องดูดฝุ่นหรือเปล่า? เพราะฝุ่นอาจเป็นอุปสรรคต่อการบดได้

ชุดที่ 2

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่ 9 มีนาคม 2561

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☐ ด้านวิศวกรรม ☑ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☑ มากกว่า 30ปีขึ้นไป
- เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวชหรือปวส ☐ ป.ตรี ☑ สูงกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☑ มากกว่า 5ปีขึ้นไป
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

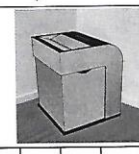
  วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

ข้อเสนอแนะในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

- ควรจะใส่ล้อในการเคลื่อนย้าย
- แม่พิมพ์การใช้รูปแบบที่ 3

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนน ดังนี้ 5 หมายถึง เห็นด้วยระดับมากที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วยระดับมาก 3 หมายถึง เห็นด้วยระดับปานกลาง 2 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อย 1 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	รูปแบบที่ 1					รูปแบบที่ 2					รูปแบบที่ 3				
																
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1	ประโยชน์ใช้สอย - ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใช้งานได้จริง	/					/					/				
	- ผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	/					/					/				
	- ผลิตภัณฑ์สามารถทำความสะอาดได้ง่าย		/					/					/			
	- ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน		/					/					/			
2	ความงาม - ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม			/				/				/				
	- ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบ ที่น่าใช้น่าสนใจ			/				/				/				
3	การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม			/					/				/			
	- กรรมวิธีการผลิตได้ตามรูปแบบ		/					/					/			
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ			/					/				/			
4	ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม			/					/				/			
5	ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-ริเริ่มใหม่			/					/				/			

.....

ผู้กรอกแบบสอบถาม

วันที่ 9 / มิ.ย. / 61

ชุดที่ 2

แบบสอบถาม

เพื่อการศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก

วันที่ 9 พฤศจิกายน 2561

ตอนที่1

- ผู้ให้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ☐ ด้านวิศวกรรม ☑ ด้านการออกแบบ ☐ อื่นๆ
- อายุ ☐ 20-30ปี ☑ มากกว่า 30ปีขึ้นไป
- เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง
- วุฒิการศึกษา ☐ ปวชหรือปวส ☐ ป.ตรี ☑ สูงกว่าป.ตรี

  ระยะเวลาในการทำงาน ☐ 3-5ปี ☑ มากกว่า 5ปีขึ้นไป
- ชื่อสถาบัน/บริษัท

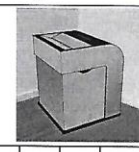
  วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

ข้อเสนอแนะในการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

- ควรละม่อมช่วยสะดวกในการเคลื่อนย้ายภายในสถานที่
- หาอุปกรณ์ที่จะลดเสียงดังเพื่อป้องกันเสียงรบกวน
- เพิ่มการใช้รูปแบบที่ 3

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

มี 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนน ดังนี้ 5 หมายถึง เห็นด้วยระดับมากที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วยระดับมาก 3 หมายถึง เห็นด้วยระดับปานกลาง 2 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อย 1 หมายถึง เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

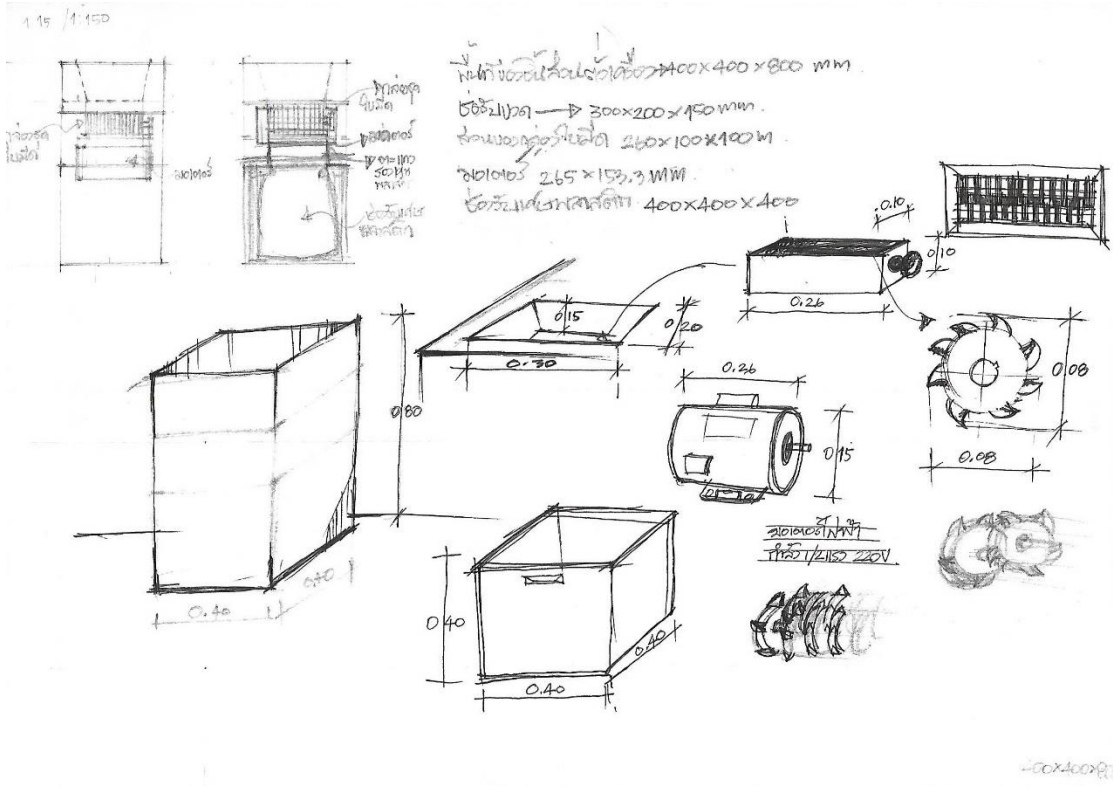
ข้อ	รายการ	รูปแบบที่ 1					รูปแบบที่ 2					รูปแบบที่ 3				
																
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1	ประโยชน์ใช้สอย - ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใช้งานได้จริง	/					/					/				
	- ผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	/					/					/				
	- ผลิตภัณฑ์สามารถทำความสะอาดได้ง่าย		/					/					/			
	- ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน		/					/					/			
2	ความงาม - ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม			/				/				/				
	- ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบ ที่น่าใช้น่าสนใจ			/				/				/				
3	การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต - วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม			/					/				/			
	- กรรมวิธีการผลิตได้ตามรูปแบบ		/					/				/				
	- ความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบ		/					/					/			
4	ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม			/					/				/			
5	ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-ริเริ่มใหม่			/					/				/			

นายอายุทธ ทองทิพย์

ผู้กรอกแบบสอบถาม

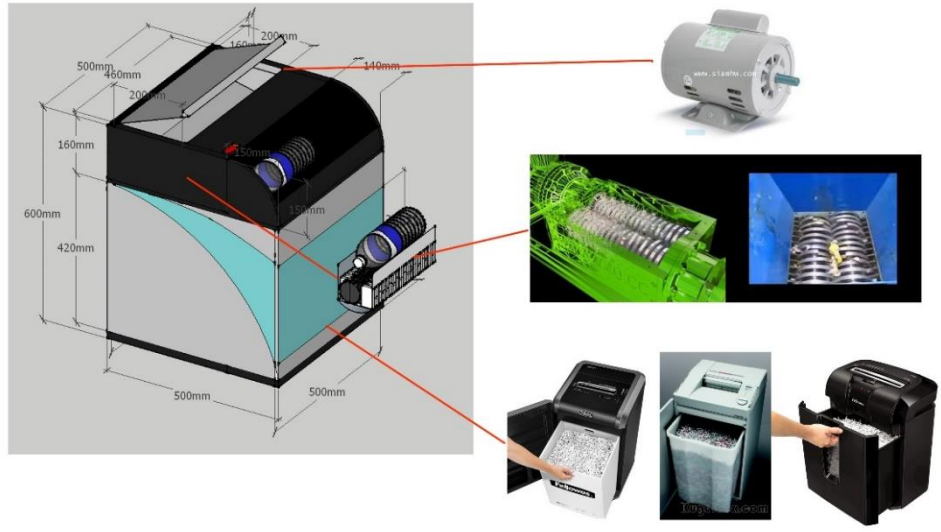
วันที่ 9 / ส.ค. / 61

ภาคผนวก จ
ผลการออกแบบ



ภาพ จ.1 การกำหนดระบบ และชิ้นส่วนภายในเบื้องต้น เพื่อกำหนดขนาดของเครื่องบด

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.2 การกำหนดระบบ และกำหดการใช้ง่ายอย่างง่าย

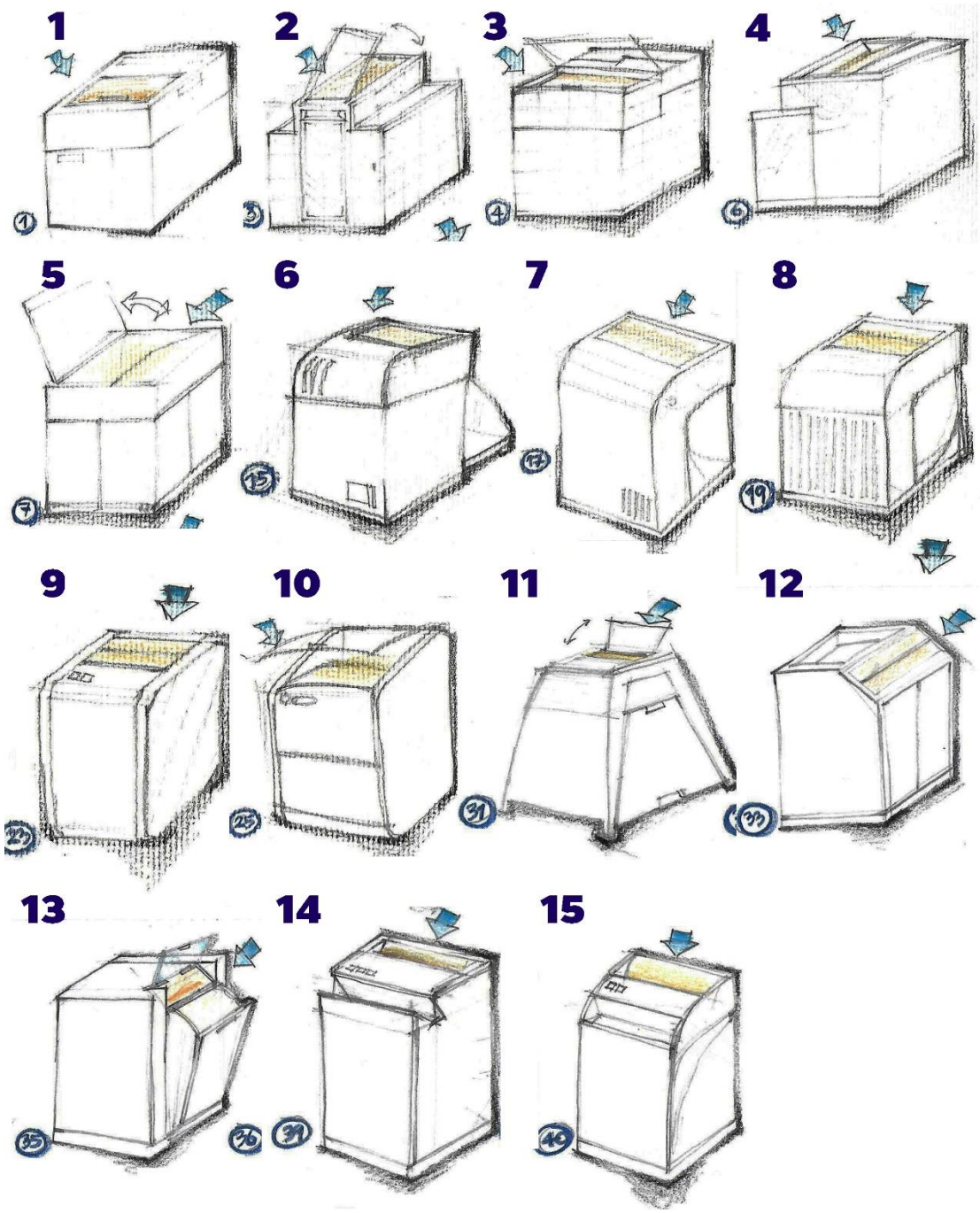
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาพ จ.3 การกำหนดแนวคิดในการออกแบบเครื่องย่อยเศษพลาสติกขนาดเล็กที่แสดงให้เห็นถึงรูปทรง และโทนสี

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

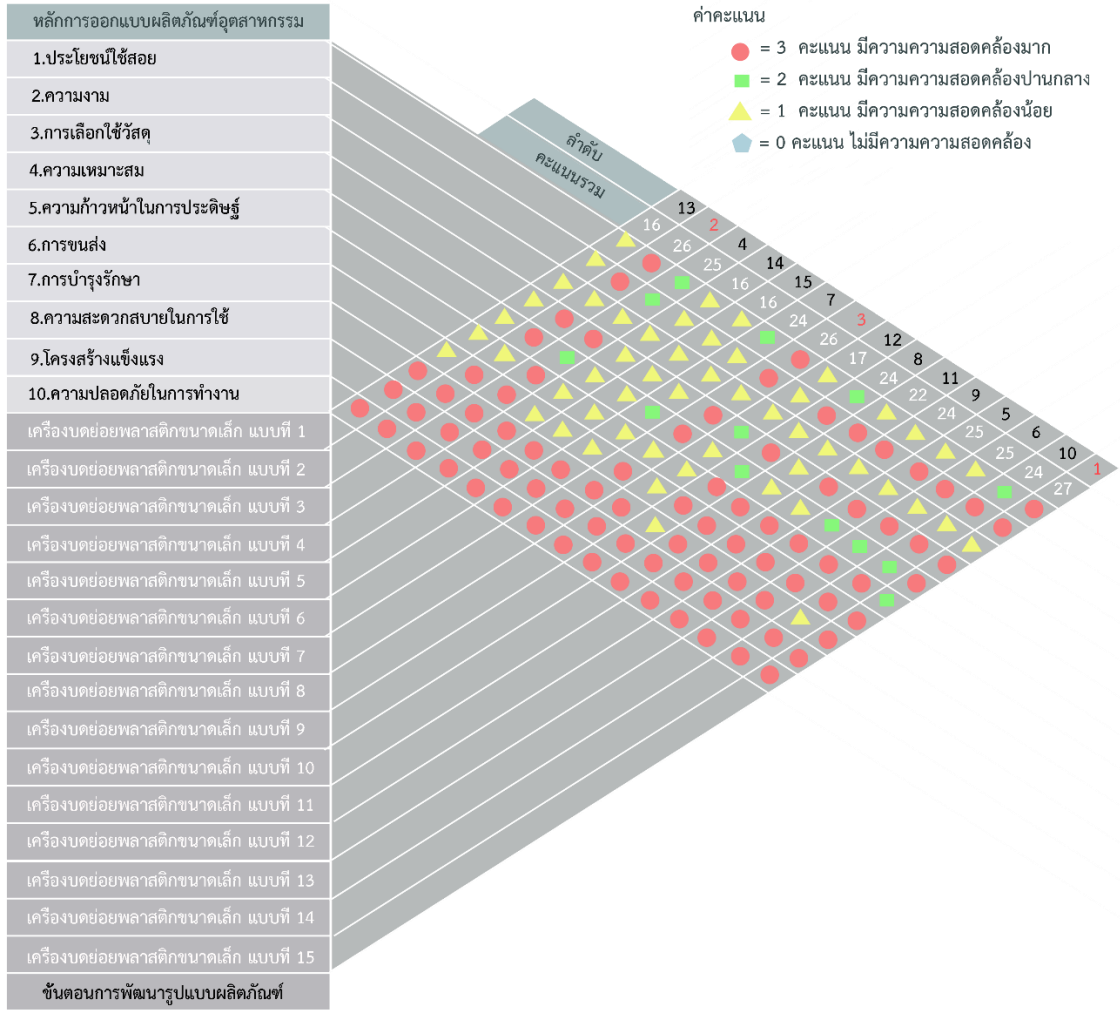
ภาพ จ.4 การกำหนดแนวคิดในการออกแบบเครื่องย่อยเศษพลาสติกขนาดเล็กที่แสดงให้เห็นถึงรูปแบบครื่องใช้ในโรงงานสำนักงาน

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.5 แบบร่างการออกแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กจำนวน 15 แบบ

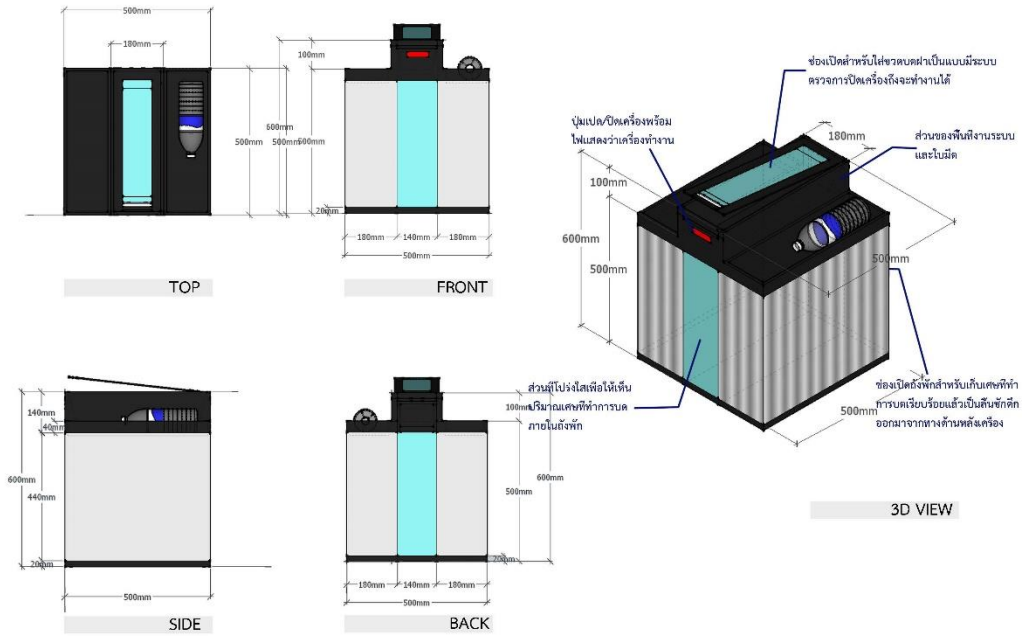
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.6 ตารางการกระจายหน้าที่การวิเคราะห์แบบ

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

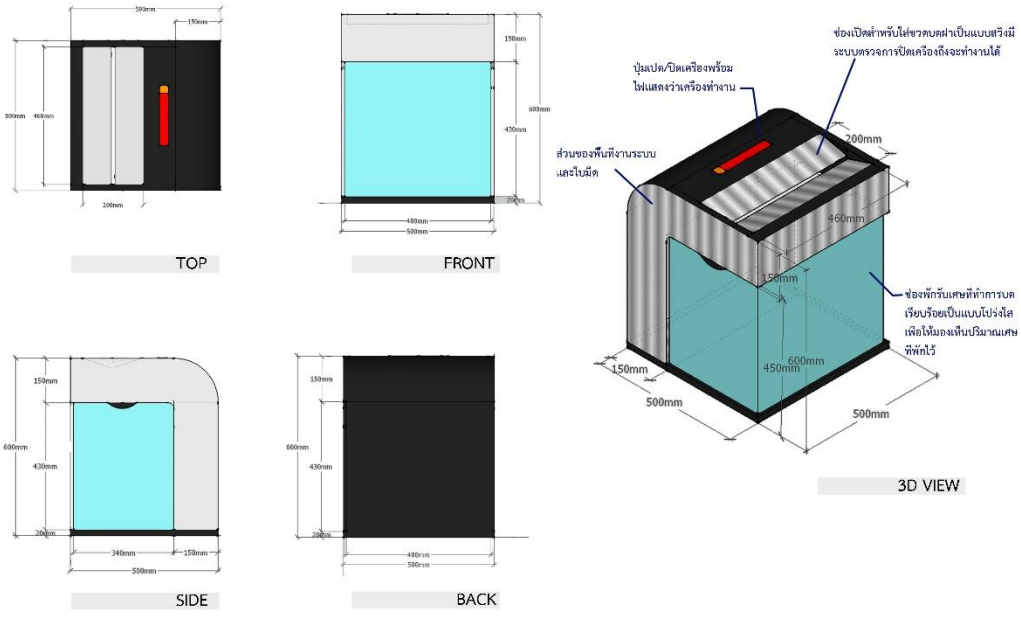
แบบที่ 1



ภาพ จ.7 ภาพขนาดรายละเอียดเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนดเล็กแบบที่ 1

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

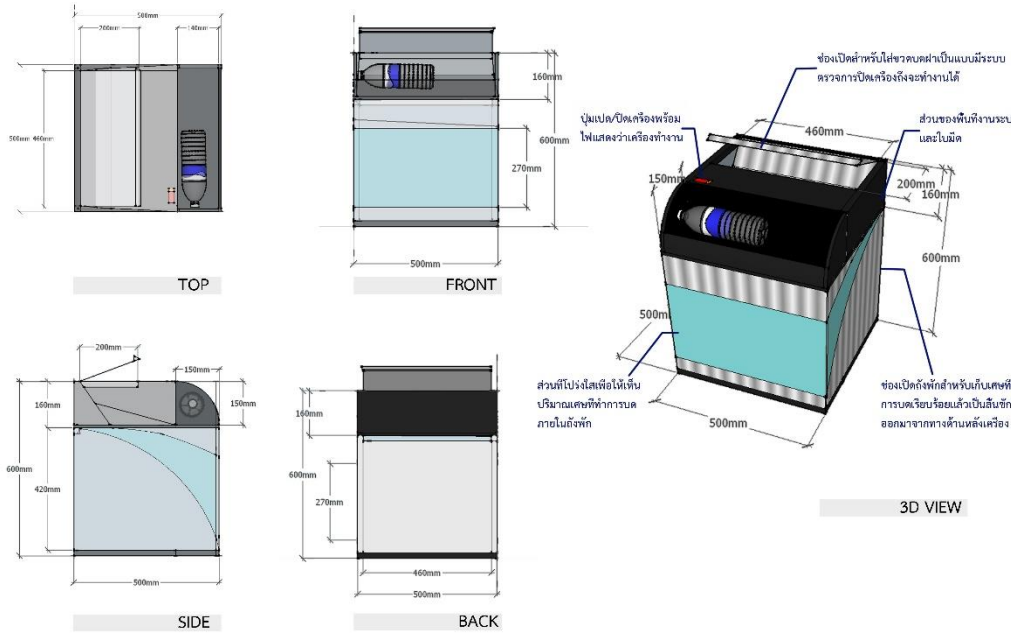
แบบที่ 2



ภาพ จ.8 ภาพขนาดรายละเอียดเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนดเล็กแบบที่ 2

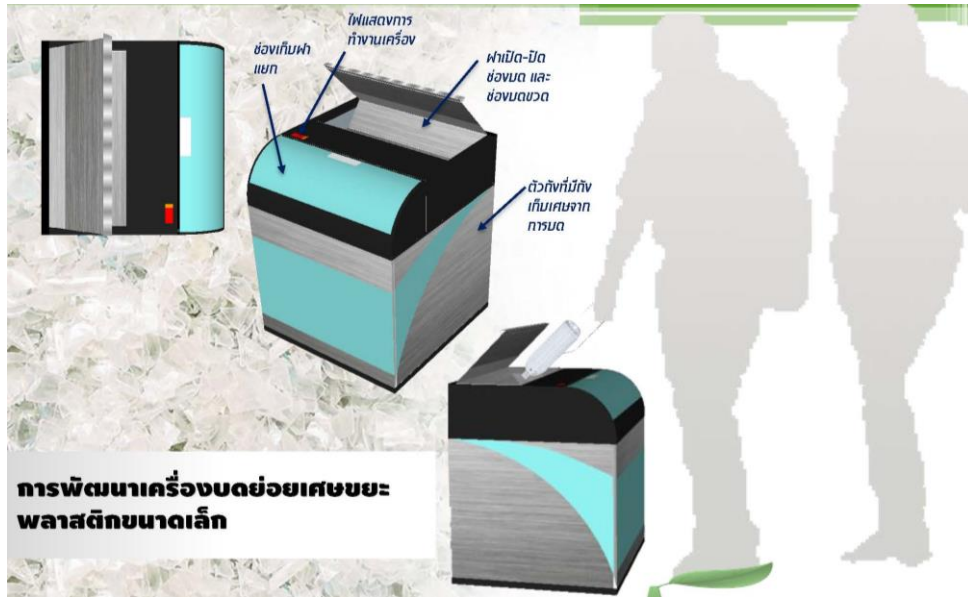
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

แบบที่ 3



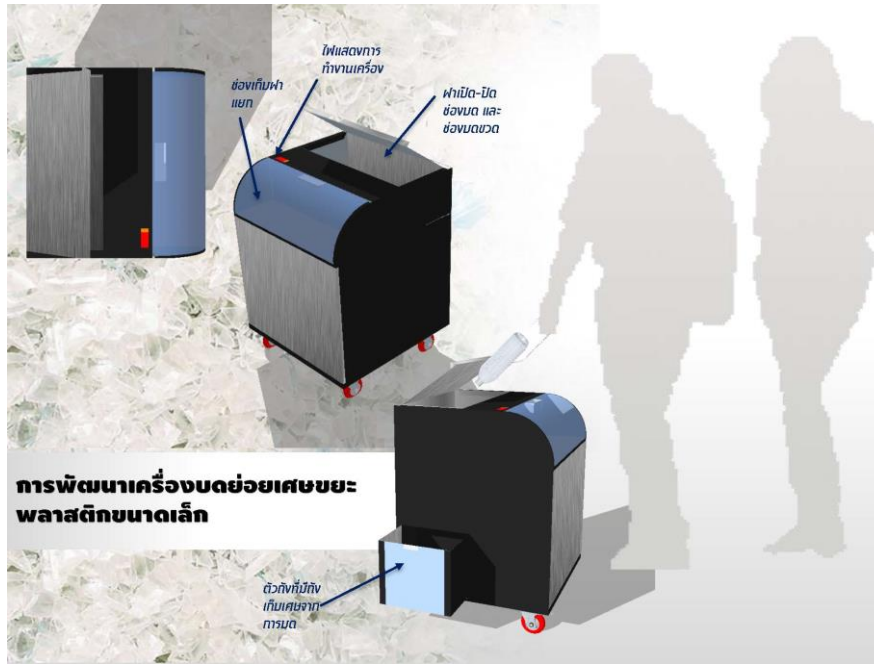
ภาพ จ.9 ภาพขนาดรายละเอียดเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนดเล็กแบบที่ 3

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



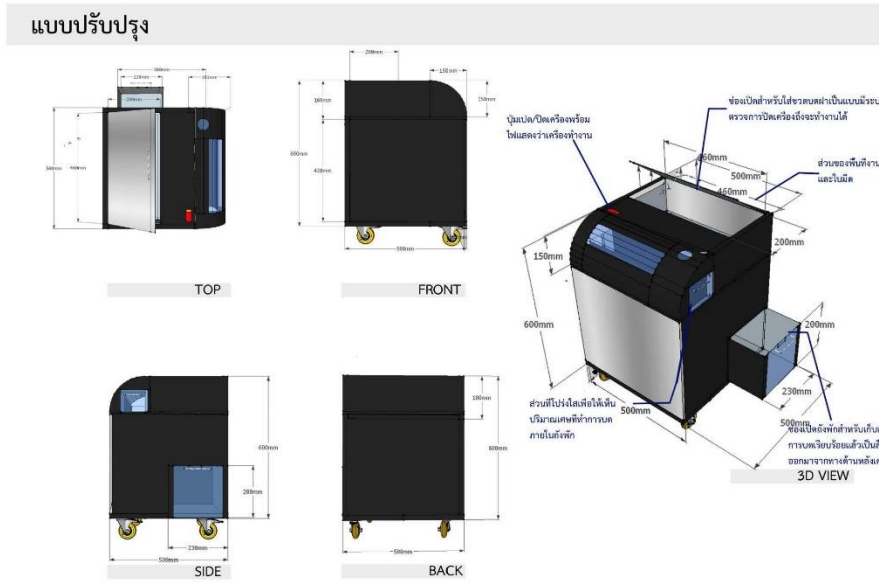
ภาพ จ.10 ภาพเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนดเล็กแบบที่ 3 แบบจำลอง 3 มิติ

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.11 ภาพเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนดเล็กแบบจำลอง 3 มิติ ที่ทำการปรับครั้งที่ 1 จากการเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.12 ภาพเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนดเล็กแบบรายละเอียดที่ทำการปรับครั้งที่ 2 แบบเพื่อการผลิตที่ได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และระหว่างผลิต

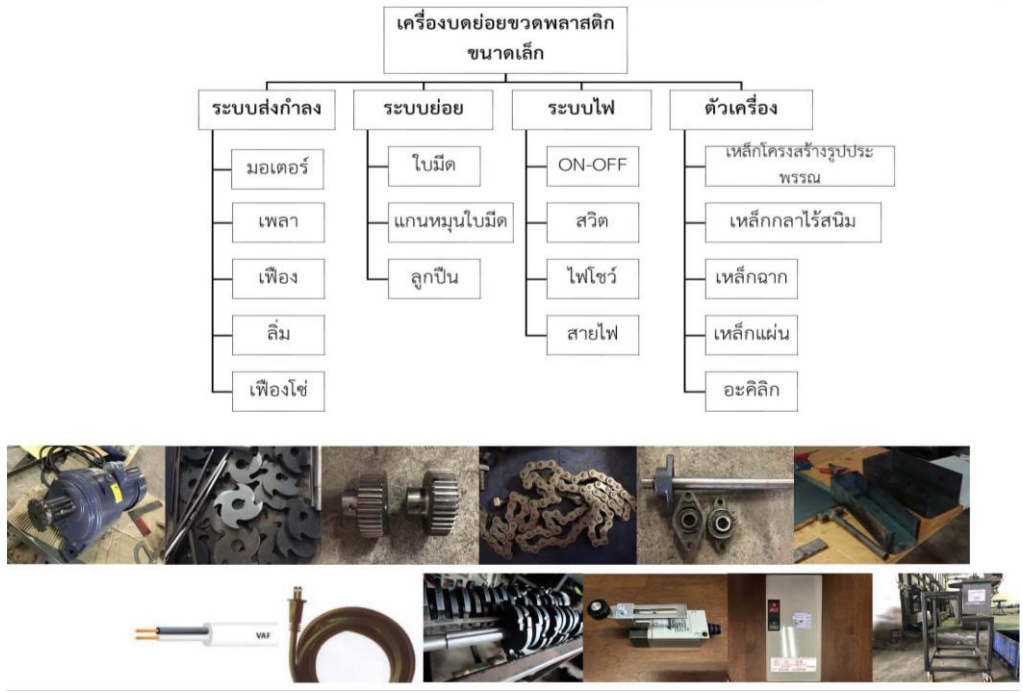
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาพ จ.13 ภาพแนวคิดการออแบบพื้นผิว และวัสดุ ของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาพ จ.14 ภาพแบบจำลองแนวคิดการออแบบพื้นผิว และวัสดุ ของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กที่มีสี ผิวที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่ใช้งานเครื่อง

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.15 ภาพแบบจำลองระบบการทำงานของเครื่องในรูปแบบตาราง

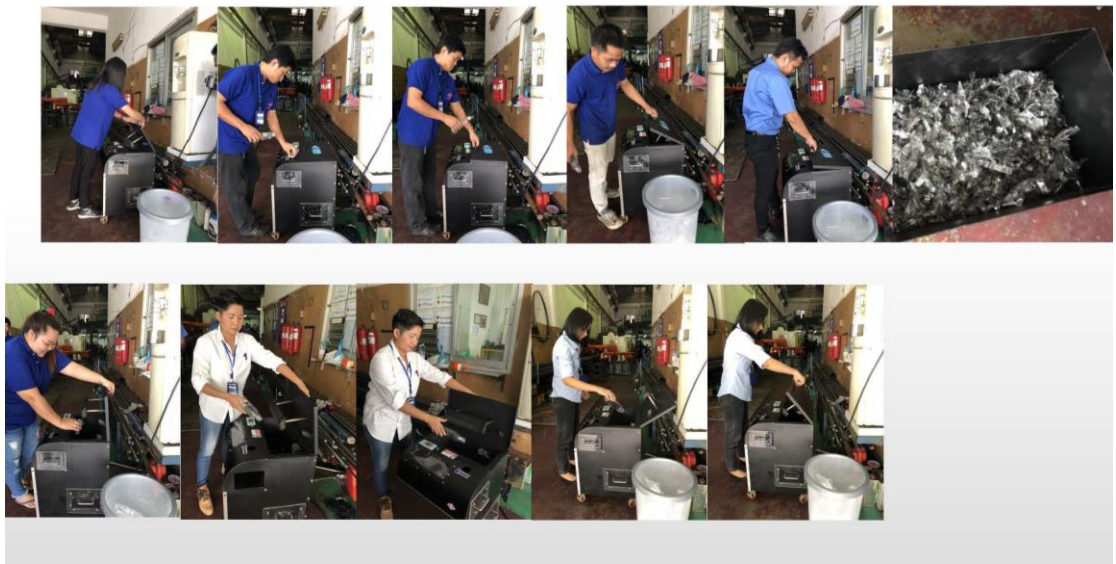
ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาพ จ.16 ภาพการขึ้นต้นแบบจริงเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาพ จ.17 ภาพเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กแบบจริง

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)



ภาพ จ.18 ภาพการใช้งานของผู้ใช้ภายในสำนักงานโรงงานเพื่อทดสอบความพึงพอใจ

ภาพโดย : ขวัญชนก จันทรพงศ์. (2560)

ภาคผนวก ฉ
บทความวิจัย

ภาพ ฉ.1 ภาพใบรับรองการขึ้งนำเสนอผลงานวิจัย

DRLE 2018
การประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติครั้งที่ 8
"การพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง: นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน"

ศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

STUDY AND DESIGN OF SMALL PLASTIC WASTE GRINDER

ขวัญชนก จันทรพงศ์[1],อภิสักก์ สินธุภัค[2*]
[1]นักศึกษาหลักสูตร ค.อ.ม. (เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและ เทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: khuonchanok@hotmail.com; khuonchanok1@gmail.com;
Corresponding author *apisak.si@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก 2) เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกในสำนักงานโรงงาน

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเป็นกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติกโรงงานพลาสติก ด้านการออกแบบและเครื่องกลเพื่อใช้ในการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ การเลือกแบบ และการทดสอบประสิทธิ์ภาพของเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก ส่วนการเลือกกลุ่มตัวอย่างสุ่มแบบง่ายนั้นเลือกกลุ่มผู้ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ โดยการใช้เครื่องมือแบบสอบถามแบบตรวจสอบ (Check list) มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยายผล โดยใช้หลักเกณฑ์ การให้คะแนน(Rating Scale) 5 ระดับใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัยของกระบวนการพัฒนาการออกแบบโดยการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิต เครื่องบดย่อยที่มีอยู่ในท้องตลาด และรูปแบบเครื่องใช้สำนักงานที่มีอยู่ในปัจจุบันนำมาสู่การออกแบบ และให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยคัดเลือกจนเหลือจำนวน 15 รูปแบบ จากนั้นใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอยในการตัดทอนรูปแบบเลือกจำนวน 3 รูปแบบนำไปประเมินแบบ 4 ด้าน 1) ประโยชน์ใช้สอย 2) ความงาม 3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต 4) ความเหมาะสมทางการตลาดคำนึงถึงสภาพแวดล้อม โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลพบว่า รูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$=4.31 , S.D. =0.40) ที่จะนำมาผลิตเครื่องต้นแบบจากนั้นการนำมาทดสอบประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญภาพความพึงพอใจจากผู้ใช้ต่อไป

คำสำคัญ : เครื่องบดย่อยพลาสติก,ขนาดเล็ก,ขวดน้ำพลาสติก,การออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to study the crusher and processing of the crusher, 2) to design the plastic crusher for using in the office of factory.

A sample was selected specific from professional expert plastic from plastic factory group, expert design and machine for basic design consult chose model and test performance of the small plastic waste crusher cases were included as a specific sample. A sample of questionnaire cases were drawn from users, using simple random sampling method, data was analyzed using check list to find arithmetic mean($\bar{x}$) and standard deviation(S.D.), present by table format and describe, used criterion rating scale 5 levels for find average.

The result of research and development that possible to produce crusher that have in market place and model are using in office, brought to design and expert chose indicated 15 models then using reverse engineering for reduce models remained 3 models, bring 3 models to estimate 4 sides 1) benefit, 2) beauty, 3) good quality material, 4) suitability (consider about environment) by the experts evaluated have found model no.3 is the most properly($\bar{x}$=4.31,S.D.=0.40) that should bring to manufacturing to be prototype and then test performance by experts and users.

Keywords: plastic grinder, Small, plastic bottle, Small Plastic Waste Shredder Design

1.ความเป็นมาของปัญหา

เมื่อจำนวนของประชากรมากขึ้นความต้องการที่จะใช้ทรัพยากรก็มากตามมาเป็นลำดับนำมาซึ่งการเกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติเกิดปัญหาขยะตามมา ซึ่งขยะที่มีอยู่จำนวนมากทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจ และรณรงค์ส่งเสริมไม่ว่าจะเป็นในภาครัฐ และเอกชน เพื่อลดปริมาณขยะแก้ไขปัญหาลดสภาวะโลกร้อน (Global warming) โดยการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทวี ทองสว่าง และทัศนีย์ ทองสว่าง[1]. 2523 : 1ขยะที่เป็นตัวการของปัญหาคือ พลาสติกเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก และทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของเรานั้นเกี่ยวข้องกับพลาสติกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการนำมาอุปโภคบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ซึ่งชีวิตประจำวันของเรานั้นมีความจำเป็นต้องบริโภคน้ำ เพราะน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของร่างกายกว่า 80% เป็นสาเหตุของการเกิดการใช้ขวดพลาสติกจำนวนมากอ้างอิงจากสถิติปริมาณการใช้ขวดพลาสติกในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีการใช้ขวดขาวขุ่น(PE) ปีละประมาณ 2,880 ล้านใบ ขวดใส(PET) ปีละประมาณ 975 ล้านใบ รวมแล้วคนไทยใช้ขวดพลาสติกเหล่านี้ถึงปีละ 3,855 ล้านใบ ซึ่งปริมาณที่ใช้เพิ่มขึ้นราวๆ 1,300 ล้านใบ นับจากปี พ.ศ. 2544 นิตยสาร Brand Age[2].2544 : ออนไลน์และนิตยสารPositioning[3].2550: ออนไลน์ซึ่งคาดว่าในอนาคตจำนวนตัวเลขของการใช้ขวดพลาสติกอาจจะพุ่งสูงเป็นเท่าตัว

อย่างไรก็ตามการนำพลาสติกเข้าสู่กระบวนการนำพลาสติกรีไซเคิลนั้นมักจะต้องผ่านการเข้าสู่เครื่องบดย่อยให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อง่ายต่อการเข้าสู่กระบวนการนำไปรีไซเคิลหรือหลอมต่อไปทั้งนี้การจะย่อยได้นั้นต้องอาศัยโรงบดย่อยที่มีเครื่องย่อยขนาดใหญ่และถ้าจะบดย่อยเศษพลาสติกเองก็ต้องใช้เครื่องบดย่อยที่มีราคา

ค่อนข้างสูงซึ่งอาจต้องนำเข้าเครื่องมาจากต่างประเทศนี้จึงทำให้ผู้วิจัยได้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ควรค่าต้องการวิจัยการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกโดยให้มีต้นทุนต่ำลงขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้สามารถจับต้องเข้าถึงเครื่องบดย่อยพลาสติกมากขึ้น เพราะจะนำไปสู่ประโยชน์ในการเกิดแรงกระตุ้นในการคัดแยกขยะและนำมาย่อยทั้งนี้ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมกันเพื่อประหยัดพื้นที่ให้ได้ปริมาณในการจัดเก็บจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่า การสร้างเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะทำให้กระบวนการขนส่งขนย้ายเศษขยะพลาสติกทำได้จำนวนมากขึ้นยังลดขั้นตอนกระบวนการรีไซเคิลได้ และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และมูลค่าของเศษขยะพลาสติกซึ่งการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะมุ่งเน้นการผลิตเครื่องจักรที่ได้ โดยที่มีรูปลักษณ์ที่สามารถนำไปใช้ภายในสำนักงานโรงงานได้ง่าย และยังช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายในได้เป็นอย่างดี

2.วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

2.2 เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกในสำนักงานโรงงาน

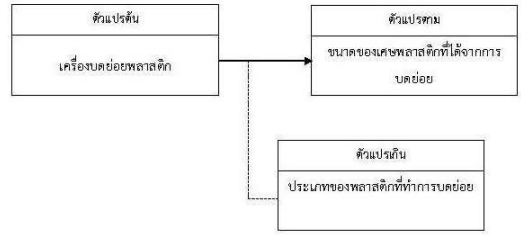
3.กรอบแนวคิดและสมมติฐาน

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงานในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กรอบเป็นแนวคิดในทางการศึกษาและพัฒนาการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยมีกรอบแนวคิดดังนี้

2.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ด้านการศึกษาเครื่องบดย่อยพลาสติกแปรรูปและการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ใช้ทฤษฎีแนวคิดของดรรชนี พัทธวรากร[4]. 2559ได้กล่าวว่า การเตรียมพลาสติกเพื่อใช้ในกระบวนการการลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล 1) เพื่อให้พลาสติกมีขนาดและรูปร่างเหมาะสมต่อกระบวนการ 2) เพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสม 3) ทำให้อบแห้งได้ดี 4) ป้อนเข้าเครื่องจักรแปรรูปได้อย่างสม่ำเสมอ 5) ทำให้พลาสติกหลอมได้เร็ว และวรชัย ทองไทย[5]. 2554 : 3 การนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ Recycle คือ การนำเอาสิ่งของที่ทิ้งแล้ว กลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง โดยสิ่งของที่ทิ้งนั้นอาจเป็นของที่ยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีอยู่ แต่เจ้าของไม่ต้องการ หรือเป็นของที่ถูกทิ้งเพราะใช้การไม่ได้ แต่สามารถซ่อมแซมให้ใช้ได้ หรือเป็นของที่ถูกทิ้งเพราะหมดสภาพใช้การไม่ได้แล้วก็ได้ ซึ่งการนำกลับมาใช้ใหม่นี้ ต้องผ่านขบวนการต่างๆ จากง่ายไปหายาก ตามแต่สภาพของสิ่งของนั้น

2.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกได้ใช้ทฤษฎีแนวคิดของการศึกษาเครื่องบดย่อยรูปแบบบต่างๆ ภายใต้มาตราฐาน มอก. 9999 เล่ม แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม[6]. 2556 และทฤษฎีแนวคิดของนวลน้อย บุญวงค์[7]. 2539 : 117-119 ได้กล่าวว่า งานออกแบบเป็นผลรวมขั้นสุดท้ายของกระบวนการต่างๆ ดังนั้น งานออกแบบที่ดีจึงเกิดขึ้นจากการทำงานประสานกันอย่างรอบคอบ ในการรวบรวมข้อมูลการแยกแยะจัดความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ข้อ ได้แก่1) ประโยชน์ใช้สอย2) ความงาม 3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต4)

ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม5) ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่โดยเลือกใช้เลือกใช้ 4 ข้อคือข้อ 1 2 3 4 ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกเพื่อส่งเสริมการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานโรงงาน ซึ่งจากกรอบแนวความคิดทั้ง 2 ข้อ เกิดเป็นตัวแปรในการวิจัยมีดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรเกิน

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง ศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็กในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีประกอบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ โดยมีขั้นตอนดำเนินการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 วัตถุประสงค์ที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเครื่องบดย่อยกระบวนการบดย่อยเศษขยะพลาสติก

4.1.1 ประชากร คือ กลุ่มผู้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติกโรงงานพลาสติกจำนวน 3 ท่าน

4.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ การสังเกตการสัมภาษณ์ ภาพถ่าย ศึกษาจากตำรา บทความ

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ทวีศักดิ์ นพเกษร[8]. 2549 : 119 เพื่อให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบการเลือกกลุ่มเศษพลาสติกมาใช้ในการบดย่อย และออกเครื่องบดย่อยเดิม

4.2 วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกขนาดเล็ก

4.2.1 ประชากร คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 2 ท่าน กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกล จำนวน 2 ท่าน

4.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 3 แบบ ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาแล้วตามกรอบแนวความคิดในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 โดยเป็นแบบประเมินแบบประเภทตรวจสอบรายการ (Check List)

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม แบบตรวจสอบ (Check list) มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยายผลเพื่อเลือกแบบ และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแบบต่อไป

5. ผลการวิจัย

5.1 การศึกษาข้อมูลความรู้ด้านการจัดการกับเศษขยะพลาสติกข้อมูลศึกษาถึงแนวคิดการคัดแยกขยะและโครงการต่างๆที่ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่ของเศษขยะมีการเกิดมานานแล้วในต่างประเทศซึ่งประเทศไทยเราก็เริ่มเกิดโครงการต่างเกิดขึ้น เช่น ธนาคารขยะรีไซเคิล การเกิดเครื่องรับซื้อขยะ การมีจุดแยกขวดน้ำพลาสติกภายในโรงงานสำนักงาน ในโรงเรียน และพื้นที่พื้นที่สาธารณะ ซึ่งกลุ่มของขวดพลาสติกนั้นเป็นขยะที่คนส่วนใหญ่จะเข้าใจ และสามารถคัดแยกทิ้งลงในพื้นคัดแยกได้มากที่สุด

ภาพที่ 2 แสดงการแบ่งกลุ่มของประเภทพลาสติก

5.2 การศึกษาข้อมูลประเภท และลักษณะของพลาสติกชนิดต่างๆ เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ1)เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) มีรูปทรงที่ถาวร การขึ้นรูปทำได้ยากและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนการผลิตสูงรวมทั้งการใช้งานค่อนข้างจำกัด ทำให้ในปัจจุบันมีใช้ในอุตสาหกรรมไม่กี่ประเภท 2) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนนิ่มและเมื่อเย็นลงจะแข็งตัวโดยที่โครงสร้างทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆได้ขึ้นรูปได้ง่ายด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ

ภาพที่ 3 แสดงการแบ่งกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

ซึ่งจากศึกษาในกลุ่มของพลาสติกที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆได้นั้น บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจาก PET นั้นหาได้งานเป็นที่นิยมใช้ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มอาหาร และของใช้เนื่องจาคุณสมบัติเด่นทางด้านความใส ความปลอดภัยสูง แข็งแรงทนแรงยืด แรงกระแทก แรงเสียดสีได้ดี ไม่เปราะแตกง่าย และเป็นพลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้ 100% ธนาวดี ลี้จากภัย[9]. 2545.

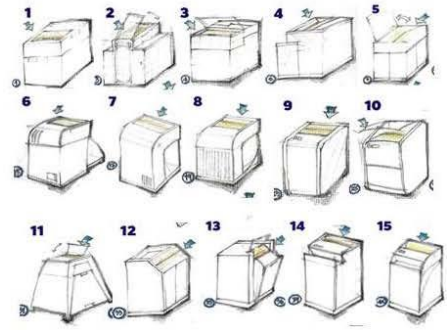
5.3 การศึกษาเพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก จากการศึกษาสอบถามและสืบข้อมูลในส่วนของรูปแบบลักษณะของเครื่องบดย่อยพลาสติกที่มีอยู่ในท้องตลาดปัจจุบันนั้นมีราคาที่ค่อนข้างสูง และต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ เครื่องบดย่อยในปัจจุบันนั้นถึงมีขนาดเล็กแล้วก็ยังมีรูปลักษณะเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรมทำให้เห็นว่ารูปแบบของเครื่องบดย่อยที่ทำการพัฒนานั้นควรมีการออกแบบรูปทรงให้ออกจากความเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรม และมีรูปลักษณะในแบบเครื่องใช้ที่ใช้ง่าย ง่ายต่อการดูแลรักษา ปลอดภัย

ภาพที่ 4 แสดงการศึกษาเครื่องบดที่มีอยู่ในท้องตลาด ชิ้นส่วน และการทำงานของตัวเครื่อง

โดยการได้ศึกษาในส่วนของเครื่องจริงนั้นทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า การออกแบบเครื่องนั้นชิ้นองค์ประกอบที่สำคัญหลักในเครื่องนั้น คือ ใบมีด มอเตอร์ เฟือง สายพาน ที่มีผลต่อการทำงาน ขนาด และรูปทรงของเครื่อง จากนั้นจึงตามมาด้วยกระบวนการออกแบบรูปทรงภายนอกที่เกิดจากศึกษารูปแบบเครื่องใช้ที่มีอยู่ในสำนักงาน โรงงานเพื่อเป็นแนวคิดในการออกแบบต่อไปซึ่งแนวคิดในการออกแบบนั้นผู้วิจัยใช้วิธีการคิดแบบมโนทัศน์โดย

แบบเป็น 4ด้าน ดังนี้ 1)คุณสมบัติ 2)โครงสร้าง 3)รูปทรง และ4) ความปลอดภัย ทาเคชิ โยเนะมามะ[10] . 2548 จากนั้นใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอย และสร้างตารางเพื่อพิจารณาให้ได้ผลออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

ภาพที่ 5 แสดงการศึกษารูปแบบเครื่องใช้สำนักงาน และแนวคิดในการออกแบบ



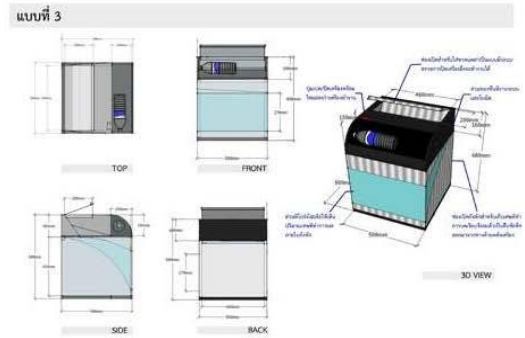
ภาพที่ 6 แสดงการออกแบบเครื่องบดย่อยจำนวน 15 แบบ

ผลการการเลือกแบบตามหลักการออกแบบทั้ง 10ข้อ โดยการสร้างตารางเพื่อพิจารณาผลซึ่งได้ผลดังนี้ รูปแบบที่ได้คะแนนความสอดคล้องมากที่สุด ได้แก่ แบบที่ 2,7และ15

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกขนาดเล็กพัฒนาแล้ว

รูปแบบที่1	รูปแบบที่2	รูปแบบที่3
มาจากแบบที่ 2	มาจากแบบที่ 7	มาจากแบบที่ 15
ค่า $\bar{x}$ = 3.56., S.D. = 0.63	ค่า $\bar{x}$ = 3.95., S.D. = 0.42	ค่า $\bar{x}$ = 4.31., S.D. = 0.40

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกลที่มีต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กจากตารางจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.31., S.D. = 0.40) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมที่จำไปผลิตต้นแบบจากนั้นจึงนำไปเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิ์ภาพของเครื่อง และ ประเมินความพึงพอใจต่อไป



ภาพที่ 7 แสดงรูปแบบรายละเอียดเครื่องบดย่อยแบบที่ 3 ที่ผู้เชี่ยวชาญเลือก

6. อภิปรายและสรุปผล

6.1.จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่าด้านการศึกษาเครื่องบดย่อยพลาสติกแปรรูป และการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ใช้ทฤษฎีแนวคิดของตรรชนี พัทธวรากร[4]. 2559ได้กล่าวว่าไว้ถึงกระบวนผลิตพลาสติกทำให้พลาสติกหลอมได้เร็วทำให้เห็นว่าการบดย่อยพลาสติกมีความสำคัญในกระบวนการนำกลับไปใช้ใหม่ และวรชัย ทองไทย[5]. 2554 : 3 การนำกลับมาใช้ใหม่ ทำให้การสร้างเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะทำให้การนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติกมีแนวโน้มมาขึ้นกระบวนการขนส่งขนย้ายเศษขยะพลาสติกทำให้ทำได้จำนวนมากขึ้นยังลดขั้นตอนกระบวนการรีไซเคิลได้ และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน มูลค่าของเศษขยะ

พลาสติก ทำผู้ได้ศึกษาข้อมูลในส่วนของขยะที่มีมาก และสามรถนำกลับมาใช้ใหม่ทำให้เห็นได้ว่ากลุ่มของพลาสติกนั้นมีจำนวนมาก โดยเฉพาะในส่วนของขวดน้ำดื่มที่เป็นแบบใส่นั้นจริงแล้วมีความบริสุทธิ์มาก แต่ยังไม่เหมาะกับการนำกลับมาวนใช้ซ้ำ แต่เหมาะกับการนำมารีไซเคิลเป็นพลาสติกชนิดอื่นๆต่อไป โดยผ่านกระบวนการคัดแยก และนำไปบดเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อๆไป

6.2.ด้านการออกแบบเครื่องบดย่อยขยะพลาสติกได้ใช้ทฤษฎีแนวคิดของการศึกษาเครื่องบดย่อยรูปแบ่งต่างๆ ภายใต้มาตราฐาน มอก. 9999 เล่ม แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภาคอุตสาหกรรม[6]. 2556นำไปสู่การออกแบบ และการเลือกแบบตามหลักการออกแบบทั้ง 10ข้อ โดยการสร้างตารางเพื่อพิจารณาผลซึ่งได้ผลดังนี้ รูปแบบที่ได้คะแนนความสอดคล้องมากที่สุด ได้แก่ แบบที่ 2,7และ15 และทฤษฎีแนวคิดของนวลน้อย บุญวงค์ [7]. 2539 : 117-119 ได้กล่าวว่า งานออกแบบเป็นผลรวมขั้นสุดท้ายของกระบวนการต่างๆ ดังนั้น งานออกแบบที่ดีจึงเกิดขึ้นจากการทำงานประสานกันอย่างรอบคอบ ในการรวบรวมข้อมูลการแยกแยะจัดความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ข้อ ได้แก่1) ประโยชน์ใช้สอย2) ความงาม 3) การเลือกใช้วัสดุคุณภาพการผลิต4) ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามระเบียบ คำนึงถึงสภาพแวดล้อม5) ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น-เริ่มใหม่โดยเลือกใช้เลือกใช้ 4 ข้อคือข้อ 1 2 3 4 ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติก โดยนำแบบที่ได้ 3 แบบมาทำการการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องกลที่มีต่อรูปแบบเครื่องบดย่อยพลาสติกขนาดเล็กจากตารางจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.31., S.D. = 0.40) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมที่นำไปผลิตต้นแบบ

ซึ่งการออกแบบเครื่องบดย่อยเศษขยะพลาสติกนั้นจะมุ่งเน้นการผลิตเครื่องจักรที่ได้คุณภาพแต่วัสดุที่สามารถลดต้นทุนในการผลิตเครื่องได้ทำให้ผู้ประกอบการองค์สำนักงานโรงงานขนาดกลางสามารถจับต้องเข้าถึงเครื่องมือได้ง่ายขึ้น โดยที่มีรูปลักษณ์ทีสามารถนำไปใช้ภายในสำนักงานโรงงานได้ง่าย ทั้งยังช่วยปลูกจิตสำนึกเริ่มต้นในการรู้จักคัดแยกขยะ และยังช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายในได้เป็นอย่างดี

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจากที่อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิ, กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ, กลุ่มตัวอย่างการวิจัย, และคุณพ่อที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะแก่งานวิจัยฉบับนี้

8. ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของตัวเครื่องนั้นเป็นการสร้างต้นแบบจริงใช้วัสดุที่อาจมีต้นทุนสูง แต่เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแบบอุตสาหกรรมอาจเปลี่ยนไปใช้วัสดุที่ขึ้นรูปโดยการฉีดที่มีต้นทุนต่ำลงในการผลิตจำนวนมากๆ และสามารถสร้างรูปทรงที่มีความโค้งเว้าได้มากกว่า ในส่วนของขนาดตัวเครื่องนั้นอาจใช้แนวคิดแบบดีไซน์เซอร์วิสเปลี่ยนรูปแบบ และขนาดตามสถานที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และแรงจูงใจในการคัดแยกมากขึ้น รวมไปถึงการพัฒนาเครื่องที่รองรับกลุ่มพลาสติกชนิดอื่น หรือแปรสภาพในแบบอื่นๆ ได้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ทวี ทองสว่าง, ทัศนีย์ ทองสว่าง. 2523. **การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

[2] นิตยสาร BrandAge. 2544. **คำนวณจากมูลค่าตลาดน้ำดื่ม.** ค้นเมื่อวันที 1 กรกฎาคม 2559, จาก http://www.brandage.com/

[3] Positioning. 2550. **จากมูลค่าตลาดน้ำดื่ม.** ค้นเมื่อวันที 1 ตุลาคม 2559, จาก http://www.positioningmag.com/prnews/prnews.aspx?id=92084

[4] ดรรชนี พัทธวรากร. 2559. **กระบวนการผลิตวัสดุพลาสติก.** ค้นเมื่อวันที 1 ตุลาคม 2559, จาก http://www.uniontoy.com.

[5] วรชัย ทองไทย. 2544. **การนำกลับมาใช้ใหม่.** ค้นเมื่อวันที 2 ตุลาคม 2559, จาก http://www.popterms.mahidol.ac.th/newsletter/showarticle.php?articleid=220

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). 2556. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 9999 เล่ม 1-2556 แนวทางเศรษฐกิจ พอเพียงภาคอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม

[7] นวลน้อย บุญวงษ์. 2539. **หลักการออกแบบ.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์

[8] ทวีศักดิ์ นพเกสร. 2549. **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เล่ม 2.** กรุงเทยพฯ : ชมรมพยาบาลแห่งประเทศไทย

[9] ธนาวดี ลี้จากภัย. 2545. **รีไซเคิลพลาสติก.** กรุงเทพฯ: เอ็มเทค.

[10] ทาเคชิ โยเนาะมามะ. 2548. **แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวขวัญชนก จันทรพงศ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	6 พฤษภาคม 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 229/278 ร่มเกล้า15 หมู่บ้านพนาสนธิ์การ์เดนโฮม 3 แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี 10560
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2548 สำเร็จศึกษามัธยมปลาย โรงเรียนบดินทร์เดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๔ ปีการศึกษา 2554 สำเร็จศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาออกแบบสภาพแวดล้อมภายใน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประติการทำงาน	เคยทำงานเป็นเจ้าหน้าที่ออกแบบดีไซน์แสงไฟบริษัท ลิกมันไลท์ติ้ง จำกัด ปัจจุบันทำงานเป็นผู้จัดการทั่วไป บริษัท สแตนดาร์ด ทูลลิ่งจำกัด