



การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลวดพลาสติก
DESIGN AND CREATE A PLASTIC WIRE COATING

นายณัฐวุฒิ แสนสุข
นายภาสวิษฐ์ ดาวดวงน้อย
นายวุฒินันท์ ศรีจันทร์
นายสิทธิศักดิ์ ศรีสังข์

โครงการเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก

นายณัฐวุฒิ แสนสุข

นายภาสวิษฐ์ ดาวดวงน้อย

นายวุฒินันท์ ศรีจันทร์

นายสิทธิศักดิ์ ศรีสังข์

โครงการเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ปีการศึกษา 2561

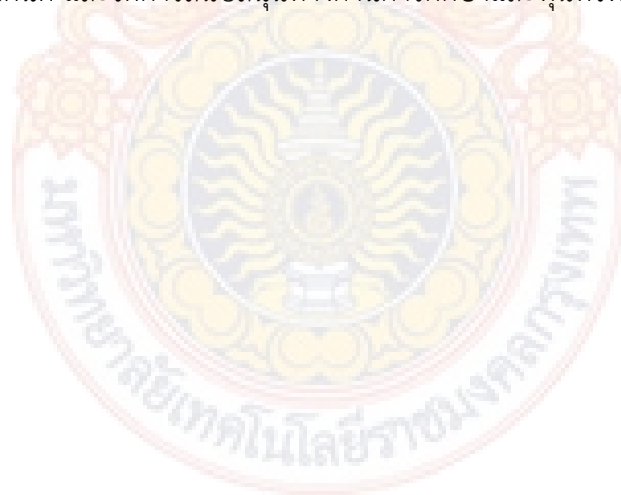
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกสามารถดำเนินการสร้างและทดสอบจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ด้วยดี โดยได้รับความแนะนำและช่วยแนะแนวจากทางอาจารย์หลายๆ ท่าน จึงไม่สามารถจะกล่าวนามได้หมดทุกท่านในที่นี้ได้ ตลอดจนคณะกรรมการสอบโครงการทุกท่าน ที่ได้ตรวจสอบความถูกต้อง และให้คำแนะนำเพื่อให้ความถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้น จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ทุกคนที่คอยให้การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มาตลอดในทุก ๆ ด้าน โดยถึงผู้ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ครบที่คอยช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจเสมอมา จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ทางผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ที่ให้กำเนิดอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ผู้ซึ่งคอยอบรมสั่งสอน และมอบโอกาสให้ลูกได้มีการศึกษาจนถึงทุกวันนี้ อีกทั้งยังคอยเป็นแรงสนับสนุนและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมาจนถึง ณ วันนี้ได้ดำเนินโครงการสำเร็จด้วยดีคณะผู้จัดทำโครงการ ขอขอบคุณงามความดี จากการทำโครงการเล่มนี้ให้แก่ บุพการีผู้ให้กำเนิด ให้ความอุปการะ และให้ทุกสิ่งทุกอย่างกับลูกเสมอมา โดยเฉพาะให้โอกาสทางด้านการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนให้การอบรมสั่งสอนเป็นคนดี และให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาและทุนทรัพย์มาโดยตลอด



นายณัฐวุฒิ แสนสุข
นายภาสวิทย์ ดาวดวงน้อย
นายวุฒินันท์ ศรีจันทร์
นายสิทธิศักดิ์ ศรีสังข์

ชื่อโครงการ	การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก
โดย	นายนายณัฐวุฒิ แสนสุข นายภาสวิทย์ ดาวดวงน้อย นาวุฒินันท์ ศรีจันทร์ นายสิทธิศักดิ์ ศรีสังข์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กังวาล นาคศุภรังษี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ดร. ทินโน ขวัญดี
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เคลือบพลาสติก มีความสำคัญและเป็นที่ยอมรับมากในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ ไม้แขวนเสื้อ ตะกร้าเหล็ก และชิ้นวางของที่ทำขึ้นจากพลาสติก เชื่อว่าต้องมีกระบวนการหรือขั้นตอนในการเคลือบลดพลาสติกด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันการเกิดสนิมบนชิ้นงาน และความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ในการเรียนในวิชาแม่พิมพ์พลาสติกเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอน จึงทำให้เห็นความสำคัญของการเคลือบชิ้นงานด้วยพลาสติก ในงานอุตสาหกรรมของประเทศ

จากการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการจัดอบรมความรู้ และใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนของวิชาแม่พิมพ์พลาสติกให้กับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เมื่อทางผู้จัดทำได้ดำเนินการการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกเสร็จสมบูรณ์แล้วก็ได้ทำการจัดอบรมและให้นักศึกษาที่เข้าร่วมอบรมประเมินความพึงพอใจของชุดเคลือบลดพลาสติก

คณะผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก มีขนาดภายในตู้ 64 ลูกบาศก์เมตร และถังเป่าผงพลาสติกขนาด 50 ลิตร ผลการทดลองอุณหภูมิที่ใช้ในการอบชิ้นงานครั้งแรก 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อบเคลือบพลาสติกใช้อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที นำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ในการจัดอบรมให้กับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จำนวน 30 คน ผลคะแนนการประเมินความพึงพอใจมีเกณฑ์อยู่ในระดับที่ดี

คำสำคัญ ชุดเคลือบลดพลาสติก ลดเคลือบพลาสติก ตู้อบความร้อน

Project	Design and Create a plastic wire coating
Author	Mr.Nuttawut Sansuk Mr.Passawich Dowdaungnoi Mr.Wuttinan SriChan Mr.Sittisak Srisang
Major	Industrial Technology
Adviser	Assistant Professor.Kangwal Narksuparangsee
Co-adviser	Dr.Tinno Kwandee
Academic Year	2017

Abstract

Plastic coating is the important and popular process in many industrial products such as cloth hangers, steel baskets and steel shelves. Plastic coating process is used to coat the steel rod with plastic for preventing the oxidation on the surface and for the customers' safety. There is a topic about the plastic coating in plastic molding subject to feature the importance of the plastic coating in the national industry.

The study about design and create the plastic wire coating tool aims to make the training and use as learning media in the plastic molding subject for the student of the division of industrial technology.

The staff designed and created the plastic wire coating tool with 64 cubic meter size chamber and 50-litre plastic powder blowing barrel. The result of the temperature condition for the tool is 240°C in 5 minute for the specimen heating and 240°C in 15 second for the plastic-coated heating. The satisfaction level from using the tool condition result in the training for 30 students from the division of industrial technology is good.

Keyword : Plastic coating tools, plastic wire coating, Furance

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐาน	2
1.4 กรอบแนวคิด	2
1.5 วิธีดำเนินงาน	2
1.6 ขอบเขต	3
1.7 นิยามเฉพาะ	3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การเคลือบผิวโลหะด้วยผงพลาสติก	4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับลวดเหล็ก	7
2.3 ผงพลาสติก	10
2.4 การออกแบบชุดเคลือบลวดพลาสติก	13
2.5 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดเคลือบลวดพลาสติก	16
2.6 การวิเคราะห์ผลข้อมูลแบบสอบถาม	32
2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	36
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	
3.1 การวางแผนและการดำเนินงาน	40
3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การออกแบบและสร้างชุดเคือบลดพลาสติก	42
3.4 การสร้างชุดเคือบลดพลาสติก	44
3.5 วิธีการทดลอง	52
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลการทดลองหาอุณหภูมิ	55
4.2 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการอบเคือบพลาสติก	58
4.3 ผลการจัดอบรมและคะแนนการประเมินความพึงพอใจ	60
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	65
5.2 สรุปผล	65
5.3 อภิปรายผล	66
5.4 ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	67
ภาคผนวก ข	83
ภาคผนวก ค	85
ภาคผนวก ง	90
ประวัติผู้จัดทำ	96

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อุณหภูมิในการให้ความร้อนแกโลหะสำหรับการเคลือบพลาสติก	5
2.2 แสดงขนาดลวดมาตรฐาน	9
2.3 แสดงค่าปกติมาตรฐานสำหรับคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่นิยมใช้กันมาก	14
2.4 แสดงชนิดข้อมูล วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	32
3.1 แผนการดำเนินงานสร้างชุดสถิติเคลือบลวดพลาสติก	40
4.1 ตารางการทดลองอบชิ้นงานในครั้งแรก	55
4.2 อุณหภูมิอบชิ้นงาน (องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที	56
4.3 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก	58
4.4 เวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก (วินาที) อุณหภูมิที่ใช้ 240 องศาเซลเซียส	59
4.5 สรุปคะแนนแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลือบลวดพลาสติก	61



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะการเคลือบโดยการเป่าให้พุ่ง	5
2.2 ลักษณะการพ่นเลวไฟเพื่อเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก	6
2.3 แสดงการหาโมเมนต์ความเฉื่อยโดยวิธี Quick Release	15
2.4 แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด	18
2.5 ฮีตเตอร์ต้มน้ำยาเคมี	19
2.6 ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ (Hot Runner Heater)	20
2.7 เซรามิกฮีตเตอร์ (Ceramic Band Heater)	20
2.8 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)	21
2.9 ฮีตเตอร์จุ่ม-ฮีตเตอร์ต้มน้ำ (Immersion Heater)	21
2.10 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)	22
2.11 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)	22
2.12 ฮีตเตอร์บอบบิ้น (Bobbin Heater)	23
2.13 ฮีตเตอร์ท่อกลม ฮีตเตอร์ทิวบูลาร์ (Tubular Heater)	23
2.14 เซอร์คูเลชันฮีตเตอร์ (Circulation Heater)	24
2.15 คอยล์ฮีตเตอร์ (Coil Heater)	24
2.16 ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)	25
2.17 ฮีตเตอร์อุ่น – ฮีตเตอร์ต้มน้ำยาเคมี	25
2.18 ถังเหล็ก	27
2.19 ปัมลมประเภทลูกสูบ (Piston Air Compressor)	28
2.20 ปัมลมประเภทไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)	29
2.21 ปัมลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor)	29
2.22 ปัมลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor)	30
2.23 ปัมลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)	31
2.24 ปัมลมประเภทกึ่งหัน (Radial and axial flow Air Compressor)	31
3.1 การออกแบบฐานรองตู้อบ	43
3.2 การออกแบบตู้อบให้ความร้อน	43
3.3 การออกแบบถังเป่าผงพลาสติก	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.4 การสร้างฐานรองตู้อบลวด	44
3.5 สร้างตู้อบให้ความร้อน	45
3.6 ฝาปิด-เปิดตู้อบ	45
3.7 ติดตั้งบานพับและมีมือจับล็อกฝาตู้อบ	46
3.8 ติดฝาตู้เข้ากับตัวตู้อบ	46
3.9 ติดตั้งแผ่นกันความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด	47
3.10 ติดตั้งฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์และชุดควบคุมอุณหภูมิ	47
3.11 ตู้อบให้ความร้อนที่เสร็จสมบูรณ์	48
3.12 การสร้างถังเป่าผงพลาสติกและเจาะรูยึดอุปกรณ์ยึดจับท่อ	48
3.13 ตัดท่อพีวีซี เพื่อนำมาประกอบเป็นท่อทางเดินลมเป่าผงพลาสติก	49
3.14 ประกอบชิ้นส่วนท่อลมเป่าผงพลาสติก	49
3.15 เจาะรูท่อพีวีซี	50
3.16 การประกอบชุดท่อเป่าลมเข้ากับถังหลัก	50
3.17 การประกอบชุดวัดแรงดันลม	51
3.18 ถังเป่าผงพลาสติกที่เสร็จสมบูรณ์	51
3.19 อบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	52
3.20 อบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	52
3.21 อบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	53
3.22 อบเคลือบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วินาที	53
3.23 อบเคลือบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที	54
3.24 อบเคลือบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วินาที	54
4.1 สรุปคะแนนแบบประเมินความพึงพอใจ	62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมพลาสติกเป็นอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มเติบโต กระทรวงพาณิชย์ระบุมูลค่าการส่งออกเม็ดพลาสติกมีมูลค่าการส่งออก 2,260.6 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.2 ไตรมาสที่ 4 ปี 2560 อุตสาหกรรมพลาสติกมีปริมาณการส่งออกและนำเข้าขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับไตรมาสเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากเศรษฐกิจโลกและประเทศคู่ค้าดีขึ้น โดยเฉพาะคู่ค้าในภูมิภาคเอเชีย จึงมีความต้องการใช้สินค้าในกลุ่มผลิตภัณฑ์พลาสติกเพิ่มขึ้น และการลงทุนภาคเอกชนดีขึ้นจากการสนับสนุนของภาครัฐ (รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไตรมาสที่ 4/2560 และแนวโน้มไตรมาสที่ 1/2561, 2560, หน้า 21) เทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยความร้อน จัดเป็นความก้าวหน้าของการผลิตวัสดุในยุคปัจจุบัน หนึ่งในอุตสาหกรรมพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นผิวเคลือบบนชิ้นงานที่มีความหนาตั้งแต่ 100-500 ไมโครเมตร มีข้อดีคือ สะดวก รวดเร็ว และสามารถใช้ได้กับวัสดุหลายชนิดทั้ง โลหะ เซรามิกส์ พลาสติก สารผสมในกระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อนอยู่ในรูปแบบของผง หรือ ลวด (อาจารย์ ดร.อภิชาติ ลิ้มปิยะพานิช, 2554, หน้า 67)

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพมหานคร มีการเรียนการสอนวิชาวัสดุวิศวกรรมและการอบชุบโลหะ ซึ่งการเคลือบลวดด้วยพลาสติกมีความสัมพันธ์กับสาขาวิชาที่เรียนและเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมพลาสติกและเทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยความร้อน การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลวดพลาสติกนี้จะบูรณาการความรู้ความเข้าใจในการศึกษาวิชาที่เกี่ยวข้องทางอุตสาหกรรมได้มากขึ้น

ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลวดพลาสติกขึ้น การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลวดพลาสติก ใช้เทคนิคการพ่นเคลือบลวดโลหะด้วยความร้อนโดยผงพลาสติก เพื่อให้ผงพลาสติกหลอมเหลว หรือกึ่งหลอมเหลวและเข้าสู่กระบวนการพ่นเคลือบโดยแรงดันลม ส่งอนุภาคหลอมเหลวด้วยความเร็วสูงไปบนลวดโลหะ เพื่อให้วัสดุยึดติดกับลวดโลหะนั้น เมื่ออนุภาคหลอมเหลวกระทบกับผิวเคลือบจะมีรูปร่างแบนเรียกว่า “อนุภาคแผ่” การที่อนุภาคแผ่ยึดติดกับชิ้นงานที่จะเคลือบได้นั้น เป็นเพราะการแข็งตัว ผิวเคลือบเกิดจากการทับถมกันหลายชั้นของอนุภาคแผ่ ส่งผลให้ลวดโลหะถูกเคลือบด้วยพลาสติก

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก
- 1.2.2 เพื่อจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ลดพลาสติกให้นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ชั้นปีที่1
- 1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจในการใช้ชุดสาธิตการออกแบบและสร้างชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก

1.3 สมมติฐาน

เมื่อนำขวดพลาสติกมาเคลื่อนที่ด้วยกรรมวิธีการเคลื่อนที่ด้วยพลาสติกแล้ว ชิ้นงานเกิดความสวยงามสามารถนำชิ้นงานที่เคลื่อนที่พลาสติกไปใช้ในครัวเรือนได้ ทำให้ผู้ใช้งานมีความปลอดภัยในการใช้งานและเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับชิ้นงาน

1.4 กรอบแนวคิด

เมื่อผู้จัดทำได้ศึกษาเกี่ยวกับชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติกแล้ว ทำให้ผู้จัดทำได้มองเห็นความสำคัญและปัญหา ซึ่งการเคลื่อนที่พลาสติกเป็นสิ่งที่ใกล้ตัวเราในชีวิตประจำวันและผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่พลาสติกนั้นเป็นที่นิยมและมีใช้ทุกครัวเรือน ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้สร้างชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติกนี้ขึ้นมาเพื่อทำการทดลองเคลื่อนที่พลาสติก เพิ่มคุณค่าให้กับชิ้นงานและให้ผู้ที่มาศึกษาชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติกนั้นได้รับความรู้และเกิดประโยชน์มากที่สุด

1.5 วิธีดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเคลื่อนที่ด้วยพลาสติก
- 1.5.2 เขียนบทที่ 1,2 และ3
- 1.5.3 เตรียมวัสดุและขอสอบหัวข้อ
- 1.5.4 ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนที่ลดพลาสติก
- 1.5.5 ทดสอบการทำงานของเครื่องชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก
- 1.5.6 เขียนโครงการอบรมและทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสม
- 1.5.7 จัดอบรม, เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนบทที่ 4 และบทที่ 5
- 1.5.8 สอบโครงการ
- 1.5.9 แก้ไขเล่มและส่งเล่มโครงการ

1.6 ขอบเขต

1.6.1 ตู้อบความร้อนลวดเหล็กสามารถทำความร้อนจากขดลวดฮีสเตอร์(Heater) สามารถให้อุณหภูมิในการใช้งานได้ถึง 500 องศาเซลเซียส ขนาดภายในตู้ประมาณ 390x500x330 มิลลิเมตร และมีฉนวนกันความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด(Calcium Silicate Board) ที่ใช้สำหรับบุผนังเตาป้องกันการสูญเสียความร้อน

1.6.2 ถังเหล็กฝาปิดใส่ผงพลาสติก ขนาดบรรจุ 50 ลิตร ใช้ระบบลมเป่าเป็นตัวดันกำลังส่งไปที่ชุดเคลือบพลาสติก โดยใช้แรงลมเป็นตัวเป่าผงพลาสติกให้ฟู

1.6.3 บั๊มลมแบบเคลื่อนที่ ขนาด 1/4 แรงม้า ความดันลมอัดที่ใช้ในการทดสอบเป่าผงพลาสติกให้ฟูอยู่ที่ประมาณ 7 – 10 บาร์

1.6.4 ทดสอบชุดสาธิตเคลือบลวดพลาสติกเพื่อหาความพึงพอใจในการทดสอบชุดสาธิต

1.6.5 เขียนโครงการจัดอบรมให้กับนักศึกษาปัจจุบันจำนวน 20-30 คน และอบรมเป็นเวลา 1/2 วัน

1.7 นิยามเฉพาะ

1.7.1 ฮีเตอร์รันเนอร์ (Heater Runner) คือฮีเตอร์ที่ให้ความร้อนได้สูงและต่อเนื่อง สามารถกำหนดขนาดได้ตามความต้องการและสามารถให้อุณหภูมิระดับปานกลางจนถึงสูงสุด

1.7.2 ฉนวนกันความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด (Calcium Silicate Board) เป็นฉนวนกันความร้อน มีองค์ประกอบที่แข็งแรง ทนทาน สามารถทนทานต่อความเปียกชื้นที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ได้ แคลเซียมซิลิเกตใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 650 องศาเซลเซียส

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ได้รับความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลวดพลาสติก

1.8.2 ใช้ชุดเคลือบลวดพลาสติกเป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาแม่พิมพ์พลาสติก ให้แก่นักศึกษาในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1.8.3 ทำให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้รับความรู้เกี่ยวกับชุดเคลือบลวดพลาสติกและหลักการทำงานของชุดเคลือบลวดพลาสติก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

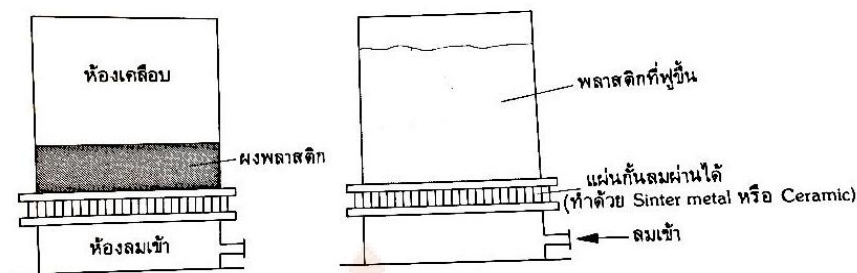
การศึกษาการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก โดยใช้การอบความร้อนลดเหล็ก และระบบลมเป่าเป็นตัวต้นกำลังส่งไปที่ชุดเคลือบพลาสติกโดยใช้เครื่องเป่าลม เป็นตัวเป่าผงพลาสติก ให้พุดติดกับลดเหล็ก โดยมีการศึกษาถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาหลัก ๆ ดังนี้

- 2.1 การเคลือบผิวโลหะด้วยผงพลาสติก
- 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับลดเหล็ก
- 2.3 ผงพลาสติก
- 2.4 การออกแบบชุดเคลือบลดพลาสติก
- 2.5 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดเคลือบลดพลาสติก
- 2.6 การวิเคราะห์ผลข้อมูลแบบสอบถาม
- 2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเคลือบผิวโลหะด้วยผงพลาสติก

การเคลือบผิวโลหะเพื่อป้องกันการกัดกร่อนและเพื่อความสวยงามมีอยู่หลายวิธีหลักการคือการนำเอาผงพลาสติกไปเกาะติดโลหะที่ทำให้ร้อนเอาไว้อย่างทั่วถึง ซึ่งพลาสติกจะหลอมละลายหุ้มโลหะนั้นโดยรอบ การเคลือบแบ่งออกได้ดังนี้

2.1.1 การเคลือบโดยการเป่าให้ฟุ้ง บรรเลง ศรีนิล (ม.ป.ป: 219) กรรมวิธีเคลือบ โลหะที่นิยมกันมากที่สุด ได้แก่การเคลือบโดยการเป่าให้ฟุ้ง ซึ่งประกอบด้วยถึงตอนบนบรรจุผงพลาสติก ที่ใช้ในการเคลือบผิวและตอนล่างจะเป็นห้องเป่าอากาศเข้า ระหว่างถังบรรจุผงพลาสติกและห้องเป่าอากาศเข้าจะเป็นแผ่นกั้นที่อากาศผ่านได้ ซึ่งทำด้วยเซรามิคซินเตอร์ หรือตะแกรงกรอง พลาสติกซึ่งมีขนาดรู 25 ไมโครเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของผงพลาสติกที่ใช้อยู่ระหว่าง 50 ถึง 300 ไมโครเมตร ในการเคลือบผิว จะเป่าลมเข้าไปในห้องอากาศ ทางด้านล่าง ซึ่งอากาศจะรูดรูปวนของแผ่นกั้นออก ไปดันพลาสติกอย่างสม่ำเสมอ ทำให้พลาสติกฟุ้งลอยขึ้นมีสภาพคล้ายของเหลว ซึ่งจะทำให้โลหะที่เคลือบผิวจมลงไปได้ง่าย แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการเคลือบโดยการเป่าให้พอง

ที่มา: บรรณานุกรม, ม.ป.ป. , หน้า219

ในการเคลือบให้พลาสติกห่อหุ้มโลหะได้ทั่วถึง จะต้องให้โลหะที่จะทำการเคลือบผิวร้อนก่อนที่จะจุ่มลงในพลาสติกและการให้ความร้อนแก่โลหะจะกระทำในเตาหลอมหมุนเวียนที่อุณหภูมิ 100 ถึง 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหลอมตัวของพลาสติกแต่ละชนิด อุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่โลหะสำหรับการเคลือบพลาสติกสามชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่โลหะสำหรับการเคลือบพลาสติก

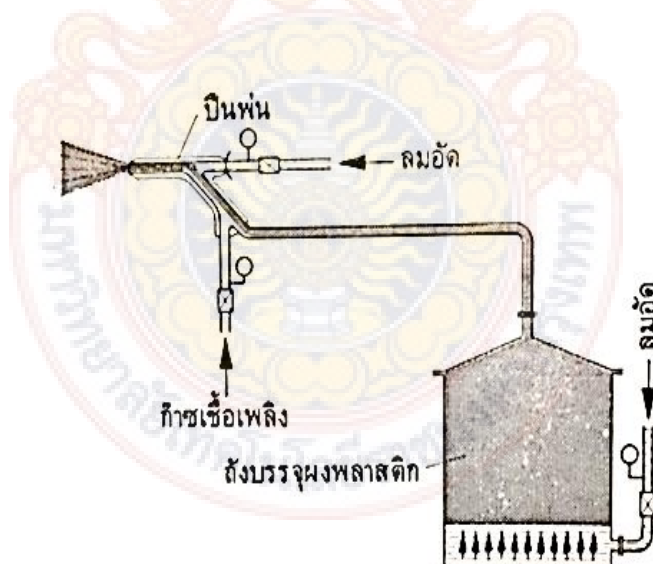
พลาสติก	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
Polyethylene	220 - 300
Polyvinylchloride	300 - 350
Polyamide 11	280 - 350
Polyamide 6	300 - 400
Celluloseacetobutyrate	300 - 370

ที่มา: บรรณานุกรม, ม.ป.ป. , หน้า220

นอกจากชนิดของ พลาสติกห้าชนิดแสดงไว้ในตารางนี้แล้วยังอาจใช้พลาสติกอื่นเคลือบโลหะเพื่อให้พลาสติกเคลือบติดผิวโลหะดียิ่งขึ้นจะต้องล้างผิวโลหะให้สะอาดปราศจากไขมันและทำให้ผิวขรุขระก่อนที่จะนำไปอบให้ความร้อนการล้างไขมันปกติ จะใช้ไตรคลอโรเอทีลีน การทำให้ผิวขรุขระที่เหมาะสมที่สุดคือใช้วิธีพ่นทรายพลาสติกบางชนิดเช่น พีวีซี หรือ Celluloseacetobuty-Rate ใช้

วิธีการทำให้ผิวขรุขระ ไม่ได้ผล ในกรณีนี้แนะนำให้ใช้สารช่วยจับยึด(Primer) ถ้าผิวก่อนเคลือบ การจับชิ้นงานจุ่มลงในผงพลาสติกนั้นจะต้องเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะทำให้ พลาสติกละลายมาหุ้ม ตำแหน่งนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ความหนาของการเคลือบผิวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการอบและระยะเวลาในการจุ่มแช่ในพลาสติกระยะเวลาในการจุ่มจะใช้ระหว่าง 2 ถึง 20 วินาทีและในระหว่างการจุ่มควรแกว่งชิ้นโลหะไปมา หรือหมุนกับชิ้นงานบ้าง หลังจากเคลือบผิวแล้วจะต้องปล่อยให้เย็นตัวลง ช้าๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกประเภท Polyolefine สำหรับ พีวีซี และ Polyamide จะต้องทำให้เย็นแล้วทางที่टीควรจุ่มลงในน้ำ ซึ่งจะทำให้ Polyamide มีสภาพเป็น Elastic ดีขึ้นถ้าตำแหน่งที่จับขุบ ไม่มีพลาสติกหุ้มจากเคลือบผิว เพิ่มเติมด้วยเปลวไฟอ่อนๆ แล้วโรยผงพลาสติกลงเคลือบเสริม ผิวเคลือบสามารถ จะทำให้ขึ้นมันได้ด้วยการขัดหรือเช็ดด้วยสารละลาย หรืออาจจะทำให้ผิวด้านได้ตามต้องการ

2.1.2 การพ่นเปลวไฟเพื่อเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติกจะใช้ในกรณี ที่ไม่สามารถจะเคลือบโดยวิธีการจุ่มเคลือบได้ ในกรรมวิธีนี้ผงพลาสติกจะถูกพ่นออกด้วย ลมอัดผ่านปืนฉีดเปลวไฟที่ปลายหัวพ่นวิ่งไปปะทะผิว ที่ต้องการเคลือบ อุณหภูมิของเปลวไฟโดยปกติจะสูงกว่า 1000 องศาเซลเซียส ดังนั้นพลาสติกจะต้องวิ่งผ่านเปลวไฟด้วยความเร็วสูงมากมิฉะนั้นจะไหม้ผิวที่เคลือบที่หนากว่า 6 มิลลิเมตร จะต้องทำให้ร้อนก่อนที่จะพ่น การให้ความร้อน ก็จะใช้หัวเปลวไฟที่ใช้พ่นนั่นเอง โดยปิดวาล์วพลาสติกไว้ก่อนเมื่อร้อนได้ที่แล้วจึงเปิดวาล์วให้พลาสติกพ่นออก ให้ความร้อนลักษณะของอุปกรณ์พ่นเคลือบพลาสติกด้วยเปลวไฟ แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลักษณะการพ่นเปลวไฟเพื่อเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก

2.2. ทฤษฎีเกี่ยวกับลวดเหล็ก

เหล็กลวด (Wire Rod) คือ ผลิตภัณฑ์เหล็กรูปทรงยาวที่ผลิตมาจากการรีดร้อนเหล็กแท่ง (Billet) ลักษณะหน้าตัดของเหล็กลวดมีได้ทั้งแบบกลม (Round) สี่เหลี่ยม (Square) หกเหลี่ยม (Hexagonal) ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน โดยทั่วไปเหล็กลวดจะนำไปผลิตต่อด้วยการดึงเย็น (Cold Drawn) เพื่อผลิตเป็นลวดเหล็กกล้า (Steel Wire) ที่มีผิวเรียบขึ้น สำหรับนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป บริษัท ไวร์เมคเกอร์ จำกัด (2550: ออนไลน์)

2.2.1 เหล็กลวดสำหรับผลิตลวดเหล็กใช้งานทั่วไป (General Use)

เหล็กลวดกลุ่มนี้เป็นเหล็กลวดคาร์บอนต่ำ (JIS G3505; SWRM) ซึ่งจะนำไปผ่านกระบวนการดึงเย็นเพื่อลดขนาดจากเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 5.5-19 มิลลิเมตร ให้เหลือ 0.1-18 มิลลิเมตร เพื่อผลิตเป็นลวดเหล็กคาร์บอนต่ำ (JIS G3532; SWM) แล้วนำไปชุบสังกะสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิม (หรืออาจไม่ชุบก็ได้) จากนั้นจึงนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป เช่นนำไปทอห้วและทำคมสำหรับผลิตตะปู (Nail) หรือนำไปทำการเชื่อมเพื่อผลิตตะแกรงลวดเหล็กกล้าเสริมคอนกรีต (Wire Mesh) ตะแกรงลวด (Sieve Screen) ลวดหนาม (Barbed Wire) และรั้วที่ทำจากลวดเหล็ก (Wire Fence)

2.2.2 เหล็กลวดสำหรับผลิตลวดเชื่อม (Welding Wire)

เหล็กลวดกลุ่มนี้ได้แก่ JIS G 3503 เกรด SWRY 11 (คาร์บอนสูงสุด 0.09%) และ SWRY 21 (คาร์บอน 0.10-0.15%) ซึ่งเกรดที่ใช้ส่วนใหญ่คือ SWRY 11 โดยนำไปดึงเย็นเพื่อผลิตเป็นลวดเหล็กกล้าสำหรับใช้ผลิตลวดเชื่อม ซึ่งมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ Metal Inert Gas (MIG) และ Cover Electrode ลักษณะสำคัญของเหล็กลวดในกลุ่มนี้ต้องมีปริมาณสารมลทินต่ำ ความสม่ำเสมอของส่วนผสมทางเคมีที่สูงและต้องควบคุมปริมาณซิลเฟอร์ ให้ไม่เกิน 0.023% (JIS Handbook : Ferrous Material & Metallurgy II 2001, Japanese Standards Association)

2.2.3 เหล็กลวดสำหรับผลิตสลักภัณฑ์ (Fastener)

เหล็กลวดกลุ่มนี้มีการใช้งานหลากหลายมาก โดยนำไปดึงเย็นแล้วขึ้นรูปเย็นเป็นชิ้นงานที่อุณหภูมิห้อง โดยจะทำให้ส่วนหัวมีขนาดใหญ่กว่าส่วนอื่นๆ หลังจากนั้นอาจนำไปทำการชุบสังกะสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิม (หรืออาจไม่ชุบก็ได้) เหล็กลวดที่นำมาผลิตต้องมีโครงสร้าง และส่วนผสมที่สม่ำเสมอ ปริมาณสารมลทิน (Inclusion) ต่ำ เพื่อให้มีความสามารถในการดึงขึ้นรูปเย็นที่ดี โดยมีอัตราการลดขนาดที่สูงผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่ แป้นเกลียว (Nut) สกรู (Screw) สลัก (Bolt) หมุดเหล็ก (Rivet) หมุด (Pin) พุกฝังปูน (Anchor) ตะปูหัวใหญ่ (Stud) ปลอก (Sleeve) ซึ่งมีการใช้งานมากในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล และโครงสร้างงานเหล็กต่างๆ

2.2.3.1 SWRCH6R-17R Rimmed Steel ซึ่งกระบวนการผลิตจะทำการหล่อเป็นเหล็กแท่งใหญ่ (Ingot) และทำการรีดเพื่อลดขนาดเป็นเหล็กแท่งเล็กและทำการผลิตเป็นเหล็กกลวดต่อไป ลักษณะผลิตภัณฑ์จะมีคุณสมบัติในการลดขนาดได้ง่าย

2.2.3.2 SWRCH6A-22A Aluminum Killed Steel โดยกระบวนการกำจัดออกซิเจนในเหล็กในขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้าจะใช้ลูมิเนียมในการรวมตัวกับออกซิเจนซึ่งต่างจาก Killed Steel ที่ใช้ Si ในการกำจัดออกซิเจนเนื่องจาก Si มีผลในการลดคุณสมบัติในการลดขนาด

2.2.3.3 SWRCH10K-50K Killed Steel ใช้ Si ในการกำจัดออกซิเจนเนื่องจาก Si มีผลในการลดคุณสมบัติในการลดขนาด จึงมีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการมีเปอร์เซ็นต์การลดขนาด (Reduction) ไม่มาก

2.2.4 เหล็กกลวดสำหรับนำไปผลิต

ลวดเหล็กคาร์บอนสูงสำหรับงานก่อสร้าง เหล็กกลวดกลุ่มนี้ได้แก่ เหล็กกลวดคาร์บอนสูงซึ่งจะนำไปดัดเย็นเพื่อผลิตเป็นลวดเหล็ก

2.2.4.1 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนสูงสำหรับคอนกรีตอัดแรงชนิดเส้นเดี่ยว (Steel Wire for Prestressed Concrete) จะทำหน้าที่ในการเสริมแรงในคอนกรีต เช่นใช้ในการทำหมอนคอนกรีตรถไฟ เป็นต้น

2.2.4.2 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนสูงสำหรับคอนกรีตอัดแรงชนิดตีเกลียว (PC Strand) จะนำไปตีเกลียวเพื่อใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงขนาดใหญ่

2.2.4.3 เชือกลวดเหล็กกล้า (Wire Rope) ซึ่งจะนำลวดเหล็กไปตีเกลียวจนกลายเป็นเชือกลวด สำหรับนำไปใช้ทำ cable และงานลวดด้านต่างๆ

2.2.5 เหล็กกลวดสำหรับนำไปผลิตสปริง

เหล็กกลวดกลุ่มนี้ ได้แก่ เหล็กกลวดคาร์บอนสูง และเหล็กกลวดเปียนซึ่งจะนำไปดัดเย็นเพื่อผลิตเป็นลวดเหล็ก

2.2.5.1 Hard Drawn Steel Wires (JIS G 3521; SW-B, C) และ Oil Tempered Wire for Mechanical Springs (JIS G 3560; SWO-A, B) โดยผลิตจากเหล็กกลวดคาร์บอนสูง

2.2.5.2 Piano Wire (JIS G 3522; SWP_A, B, V) และ Oil Tempered Wire for Valve Springs (JIS G 3561; SWO-V) โดยผลิตจากเหล็กกลวดเปียน

สิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงสำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ คือ ส่วนผสมทางเคมีที่มีถูกต้อง และมีปริมาณสารมลพิษต่ำ นอกจากนี้ต้องไม่มีรอยตำหนิ หรือข้อบกพร่องที่ผิว เนื่องจากจะมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลในการใช้งานอย่างมาก

สปริงที่ผลิตได้มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ สปริงที่ให้แรงเมื่อเกิดแรงอัด (Compression Spring) สปริงที่ให้แรงเมื่อเกิดแรงดึง (Tensile Spring) และสปริงที่ให้แรงเมื่อเกิดแรงบิด (Torsion Spring)

โดยสปริงเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในงานต่างๆ เช่น สปริงในส่วนประกอบของรถยนต์ เครื่องจักรต่างๆ เครื่องใช้ไฟฟ้า เติียงนอน ฯลฯ เป็นต้น

2.2.6 เหล็กลวดสำหรับนำไปผลิตลวดเหล็กเสริมยางรถยนต์

เหล็กลวดกลุ่มนี้ ได้แก่ เหล็กลวดเปียโน ที่ถูกนำไปดัดเย็นหลายขั้นตอน เพื่อให้ได้ลวดเหล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางในช่วง 0.15-0.38 มม. ซึ่งจะนำไปผลิตต่อเป็น Bead Wire สำหรับช่วยยึดโครงสร้างของยาง และ Tyre Cord สำหรับเสริมหน้ายางเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรง ซึ่งใช้ในงานผลิตล้อรถต่างๆ รวมถึงล้อเครื่องบินด้วย และในชั้นคุณภาพที่รองลงมาสามารถใช้ในงานในการเสริมความแข็งแรงในวัสดุอื่นๆ เช่น ท่อใยไฮโดรลิกแรงดันสูง สายพานยางขนาดใหญ่ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ต้องผ่านการดัดขึ้นรูปสูง และต้องการความแข็งแรงสูงมาก ดังนั้นจึงต้องการเหล็กลวดคาร์บอนสูง และต้องมีความสะอาดสูงมาก โดยทั้งธาตุผสมตกค้าง และสารมลทินในปริมาณที่ต่ำมาก และคุณภาพผิวของเหล็กลวดต้องดีมากเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นในระหว่างการดัดเย็น ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดลวดมาตรฐาน

เบอร์	ขนาด (mm)			mm/kg
	ทั่วไป	เหล็ก	สังกะสี	
0	8.64	-	-	2,167
1	7.62	-	-	2,786
2	7.21	-	-	3,112
3	6.58	-	-	3,736
4	6.05	6.00	-	4,420
5	5.59	-	-	5,177
6	5.19	5.00	5.00	6,076
7	4.57	4.40	4.40	7,746
8	4.19	4.00	4.00	9,215
9	3.76	3.65	3.65	11,443
10	3.76	3.30	3.20	13,995
11	3.40	3.00	3.00	17,391
12	3.05	2.60	2.65	21,085

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดลวดมาตรฐาน (ต่อ)

เบอร์	ขนาด (mm)			mm/kg
	ทั่วไป	เหล็ก	สังกะสี	
13	2.41	2.35	2.40	27,854
14	2.11	2.00	2.00	36,338
15	1.83	1.80	1.80	48,309
16	1.65	1.60	1.60	59,424
17	1.47	1.40	1.40	74,868
18	1.27	1.25	1.25	100,306
19	1.07	-	-	141,308
20	0.89	-	-	204,246

ที่มา: บริษัท ไวร์เมคเกอร์ จำกัด, 2550: ออนไลน์

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับลวดเหล็ก สรุปข้อมูลได้ว่า ลวดเหล็กที่ใช้ได้แก่ เหล็กลวดคาร์บอน สำหรับงานทุบขึ้นรูปเย็น (JIS G 3507; SWRCH) โดยมีปริมาณคาร์บอนไม่เกิน 0.50% กลุ่มเหล็ก ลวดสำหรับผลิตสลักภัณฑ์

2.3 ผงพลาสติก

ผงพลาสติก (Plastic Powder) สำหรับงานขึ้นรูปด้วยการชุบ การเหวี่ยงเข้าแบบ เพื่อการทำ สารละลายต่างๆ เช่น กาว สารเคลือบ มีทั้งผลิตจากเม็ดสีธรรมชาติ หรือต้องการทำสีได้ด้วย อีกทั้งยังสามารถเติมสารช่วยต่างๆ ได้อีกด้วย เช่น ใส่สารให้ทนต่อสภาพอากาศ

2.3.1 พลาสติกที่ใช้มากในปัจจุบัน

บริษัทมหาชนอุตสาหกรรม จำกัด (2556 :ออนไลน์) มีอยู่หลายชนิด มีแนวโน้มการใช้งานพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะสามารถใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาติได้ เช่น ไม้และเหล็ก เพราะมีราคาถูก น้ำหนักเบา สามารถผลิตได้ตามความต้องการ พลาสติกบางชนิดเมื่อเย็นก็สามารถแข็งตัวได้ตามวัตถุประสงค์ของเรา และเมื่อถูกความร้อนก็สามารถอ่อนตัวลง บางชนิดก็สามารถแข็งตัวได้อย่างถาวร เช่น ไนลอน ยางเทียม ที่สามารถนำมาผลิตเป็น เสื้อผ้า ฟิล์ม ภาชนะต่างๆ ส่วนประกอบยานพาหนะ เป็นต้น ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย จึงทำให้มีผลิตภัณฑ์พลาสติกที่หลากหลายรูปแบบ พลาสติกจึงเป็นที่ยอมรับและมีการใช้งานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

2.3.1.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นพลาสติกที่เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะอ่อนตัวลง และเมื่อเจอกับความเย็นพลาสติกนี้ก็จะแข็งตัว สามารถเปลี่ยนรูปได้ นำมาหลอมซ้ำใหม่ได้ด้วยความร้อน มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลของสายโซ่โพลิเมอร์เป็นแบบเส้นตรงหรือแบบสั้นๆ ละลายได้ดีในการละลายบางชนิด สามารถขึ้นรูปโดยการฉีดในขณะที่พลาสติกกำลังอ่อนตัวและไหลไปด้วยความร้อนและความดัน เข้าไปในแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างเป็นรูปร่างตามที่ต้องการ หลังจากทีพลาสติกไหลเข้าไปจนเต็มแม่พิมพ์แล้ว จะถูกทำให้เย็นลง และถอดออกจากแม่พิมพ์ แล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ สามารถนำไปใช้งานได้ แล้วสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้โดยการบดและหลอมละลายด้วยความร้อน เพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อีก

ชนิดของเทอร์โมพลาสติก ได้แก่

- 1) พอลิเอทิลีน (Polyethylene : PE) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักผ่านได้เล็กน้อย แต่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ มีลักษณะขุ่นและทนความร้อนได้ดี เป็นพลาสติกที่นำมาใช้งานมากที่สุด ในอุตสาหกรรม เช่น ท่อน้ำ ถัง ถุง ขวด แท่นรองรับสินค้า และใช้ในการเคลือบโลหะ
- 2) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene : PP) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักผ่านได้เล็กน้อย มีลักษณะแข็งกว่าพอลิเอทิลีนทนต่อสารไขมันและความร้อนสูง สามารถใช้ทำแผ่นพลาสติก ถุงบรรจุอาหารที่ทนร้อน และหลอดดูดพลาสติก เป็นต้น
- 3) พอลิสไตรีน (Polystyrene : PS) มีลักษณะโปร่งใส เปราะบาง ทนต่อกรดและด่าง ใส่น้ำและอากาศซึมผ่านได้พอสมควร นิยมทำเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้สำนักงาน เป็นต้น
- 4) SAN (Styrene-acrylonitrile) มีลักษณะโปร่งใส นิยมใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น
- 5) ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) มีคุณสมบัติคล้ายพอลิสไตรีน แต่ทนสารเคมีดีกว่า เหนียวกว่า โปร่งแสง นิยมนำมาผลิตถ้วยพลาสติก ถาดพลาสติก เป็นต้น
- 6) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride : PVC) ใส่น้ำและอากาศสามารถซึมผ่านได้พอสมควร และสามารถป้องกันไขมันได้ดีมีลักษณะใส นิยมนำมาใช้เป็นขวดบรรจุน้ำมันและขวดบรรจุอาหาร ขวดบรรจุเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ ไวน์ เบียร์ ใช้ทำเป็นแผ่นพลาสติก ห่อเนยแข็ง ทำแผ่นแลมินเนตชั้นในของถุงพลาสติก เป็นต้น
- 7) ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวมาก ทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิ ใช้สำหรับทำถุงพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ
- 8) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate : PET) มีลักษณะเหนียว โปร่งใส ราคาแพง ใช้ทำเป็นแผ่นฟิล์มต่างๆ บรรจุเครื่องดื่มและอาหาร

9) พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate : PC) มีลักษณะโปร่งใส แข็งแรง ทนแรงยึดและแรงกระแทกได้ดี สามารถทนความร้อนสูง ทนกรดแต่ไม่ทนด่าง ไม่เป็นรอยและคราบอาหาร นิยมทำเป็นถ้วย จาน ชาม ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารสำหรับเด็ก

2.3.1.2 เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting Plastic) เป็นพลาสติกที่มีลักษณะโครงสร้างนั้นเป็นแบบร่างแห มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนปฏิกิริยาเคมีที่ทำการหลอมเหลวขึ้นรูปร่างต่างๆ อย่างถาวร ไม่สามารถหลอมเหลวได้อีกเมื่อโดนความร้อน หรือนำมาหลอมใหม่ได้ คุณสมบัตินี้จึงทำให้ เทอร์โมเซตติงพลาสติก ไม่เป็นที่นิยมเท่าใดนัก พลาสติกประเภทนี้มีโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันเป็นร่างแหจับกันแน่น แรงยึดโมเลกุลเหนียวและแข็งแรงมาก ได้แก่ ฟีนอลิครีซิน อีพอกซี และโพลียูรีเทน เป็นต้น พลาสติกเหล่านี้จะใช้งานผ่านการขึ้นรูป ในรูปของเหลวที่มีความหนืดต่ำสามารถไหลไปตามแบบหรือแม่พิมพ์ จากนั้นเรซินจะถูกบ่มด้วยความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิดการแข็งตัว สามารถนำผลิตภัณฑ์ออกจากแบบโดยไม่ต้องรอให้เย็น เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะแข็งตัวอยู่ภายในแม่พิมพ์ ชนิดของเทอร์โมเซตติงพลาสติก ได้แก่

1) เมลามีน ฟอรัมาลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde:MF) ประกอบไปด้วยโมเลกุลที่สร้างพันธะเชื่อมกันกลายเป็นพลาสติกใสและแข็ง เป็นพลาสติกที่ทนความร้อนได้มาก กันรอยขีดข่วน จึงนิยมมาผลิตเป็นเครื่องครัว ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องเรือนไม้อัดเคลือบ และติดชั้นของไม้ให้กลายเป็นไม้อัด ข้อเสียคือ เมื่อโดนน้ำสัสมายชุบจะซึมเข้าเนื้อพลาสติกได้ง่าย และเกิดรอยต่างแต่ไม่มีพิษเพราะไม่เกิดปฏิกิริยากับเคมีพลาสติก

2) ฟีนอลฟอรัมาลดีไฮด์ (Phenol-Formaldehyde) หรือ ฟีนอลิกส์ เป็นโพลีเมอร์รุ่นแรกที่มีการผลิตขึ้นในปี 1910 ซึ่งฟีนอลิกส์ในปัจจุบันนี้นิยมผลิตกันอย่างแพร่หลาย เพราะมีความแข็งแรง ค่าใช้จ่ายในการผลิตไม่มาก มีความต้านทานไฟฟ้าได้ดีและต้านทานตัวทำสารละลายเกลือและน้ำมันได้ นิยมนำมาผลิตเป็นฝาจุขวด หม้อ กระทะ สวิตช์ไฟฟ้า แผ่นทำความร้อน ที่จับเตารีด โครงวิทยุและโทรทัศน์ และฐานเครื่องปั๊มขมปัง

3) อีพอกซี (Epoxy:EP) อยู่ในกลุ่มอีพอกไซด์ (Cyclic-CH₂OCH คำว่า Cyclic นั้นหมายถึง โมเลกุลรูปห่วงสามเหลี่ยม) ที่ต่ออยู่ท้ายโมเลกุล ออกซิเจนที่อยู่ในโซ่คาร์บอน และกลุ่มอีพอกไซด์ ที่อยู่ปลายโซ่คาร์บอน ทำให้อีพอกซีมีคุณสมบัติ ที่เหนียว ทนต่อการสึกกร่อนมาก และไม่หดตัวระหว่างที่แห้งตัว นำมาใช้เคลือบผิวของอุปกรณ์ในบ้านเรือน และท่อเก็บก๊าซ ใช้ในการเชื่อมส่วนประกอบโลหะ แก้ว และเซรามิก ใช้การหล่ออุปกรณ์ที่ทำจากโลหะและเคลือบผิวอุปกรณ์ไฟฟ้า ยังเคยนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยานอวกาศ และนำมาใช้ทำผิวปีกของเครื่องบินรบเอฟ-18 และเอฟ-22 อีกด้วย

4) โพลีเอสเตอร์ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Polyester : UP) ประกอบด้วยโซ่คาร์บอน (OOC-C₆H₄-COO-CH₂-CH₂)_n² จะสร้างโมเลกุลเชื่อมโมเลกุลระหว่างกันหากนำ

โคโพลิเอไมธ (สร้างโพลิเมอร์ร่วมกับ) สารอินทรีย์มีกลิ่น ชื่อว่า สไตรีน และจะถูกผสมกับเส้นใยแก้ว เพื่อเพิ่มความแข็งแรง มีน้ำหนักเบา เหนียว ไม่เปราะง่ายและแข็งแรงกว่าโลหะ เมื่อเปรียบเทียบกับ น้ำหนักต่อน้ำหนัก มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ สามารถทนการกัดกร่อนของสารเคมีได้ ไม่เป็นสนิม นิยมนำมาใช้ทั้งการหล่อ เคลือบ และขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เรือลำเล็ก แก้ว ใยไฟเบอร์ วัสดุทำหลังคาและส่วนประกอบรถยนต์อื่นๆ

5) โพลียูรีเทน (Polyurethane : PU) เป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยการเชื่อมต่อของยูรีเทน โพลิเมอร์ของโพลียูรีเทน เกิดขึ้นจาก มอนอเมอร์ อย่างน้อยสองชนิดโพลียูรีเทนมี คุณสมบัติ ด้านความเหนียว ความแข็ง และความหนาแน่น เช่น โฟมอ่อนและโฟมแข็ง โฟมอ่อน จะใช้ในการทำเบาะ พูก และหีบห่อ ส่วนโฟมแข็ง จะใช้เป็นฉนวนในตู้เย็น เครื่องแช่แข็ง กันชนรถยนต์

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับผงพลาสติก สรุปข้อมูลได้ว่า เลือกใช้พลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ชนิด พอลิเอทิลีน (Polyethylene : PE) ในการทดสอบเคลือบลดพลาสติก เป็นพลาสติกที่นำมาใช้งานมากที่สุดในอุตสาหกรรม เช่น ท่อน้ำ ถัง ถุง ขวด แท่นรองรับสินค้า และใช้ในการเคลือบโลหะ

2.4 การออกแบบชุดเคลือบลดพลาสติก

จากการศึกษาค้นคว้าการออกแบบชุดเคลือบลดพลาสติก โดยศึกษาจากหลักการการยศาสตร์ และส่วนประกอบที่ใช้ในการสร้างชุดสาธิตเคลือบลดพลาสติกมีหลักการออกแบบดังนี้

2.4.1 ตู้อบ

บริษัท คราฟท์ สกิลล์ จำกัด (ม.ป.ป. : ออนไลน์) โดยการศึกษาองค์ประกอบของตู้อบ ใช้ส่วนประกอบใดบ้างในการออกแบบ

2.4.1.1 โครงสร้างตู้อบเป็นโลหะภายในเป็นสแตนเลส ประกอบด้วย ผนังชั้นนอกและชั้นใน ซึ่งบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน กั้นระหว่างผนังทั้งสองหนาถึง 65 มิลลิเมตร ผนังด้านนอกเคลือบสีทนความร้อน

2.4.1.2 มีชุดควบคุมอุณหภูมิแสดงผลเป็นระบบดิจิตอล พร้อมด้วยระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร ตั้งปรับอุณหภูมิได้ 30 - 500 องศาเซลเซียส

2.4.1.3 ประตูตู้อบลดเชื่อมมีกลอน มือจับปิดล็อกและบานพับแข็งแรง

2.4.1.4 ขนาดตู้อบ

ตู้อบ = กว้าง×ยาว×สูง (2.1)

แทนค่า = กว้าง×ยาว×สูง (มิลลิเมตร)

= ค่าปริมาตรของตู้อบ (มิลลิเมตร³)

2.4.2 ชุดถังเหล็กพร้อมฝาปิด

บริษัท ที เอ็น ค้าถัง จำกัด (2559: ออนไลน์) ขนาดบรรจุ 50 ลิตร สูง 520 มิลลิเมตร การออกแบบชุดตัวถังเคลือบพลาสติก โดยการนำถังเหล็กมาประยุกต์ใช้โดยการเจาะรูถัง ต่อเข้ากับเลคคูเลเตอร์เพื่อบังคับให้ลมไหลผ่าน

2.4.3 ฐานรองตู้บลวด

2.4.3.1 ใช้เหล็ก ST37 เป็นเหล็กฉากขนาด 5x5 มิลลิเมตร ความหนา 3 มิลลิเมตร

2.4.3.2 การออกแบบโดยใช้หลักการยศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติของร่างกายในการออกแบบให้เหมาะสมกับผู้ใช้อุปกรณ์

- 1) ต้องกำหนดให้ได้ว่าประชากรกลุ่มใดที่จะเป็นผู้ใช้เครื่องมือเหล่านั้น
- 2) เลือกอัตราส่วนของกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้
- 3) กำหนดมิติที่สำคัญในการออกแบบ เช่น ความสูงของตาจากพื้นขณะนั่ง

หรือความสูงส้นมือ เป็นต้น

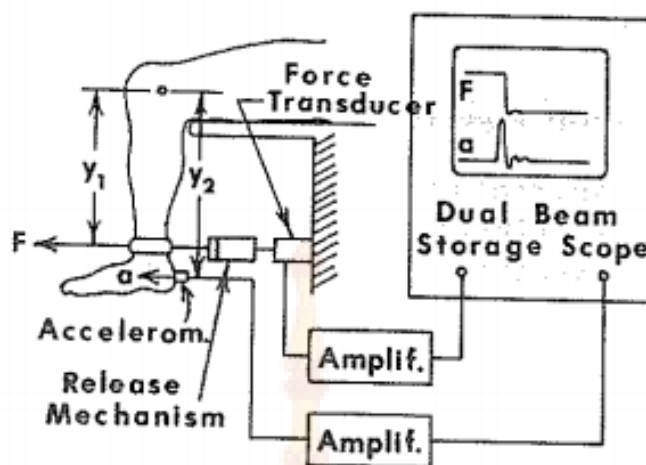
4) เมื่อได้กลุ่มประชากรที่ต้องการ ได้ช่วงเปอร์เซ็นต์ไทด์ดังตารางที่ 2.3 ก็หามิติที่ระดับเปอร์เซ็นต์ไทด์โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าปกติมาตรฐานสำหรับคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่นิยมใช้กันมาก

เปอร์เซ็นต์ไทด์ที่	0.5	1	2.5	5	10	16.5	25
(p)	(0.005)	(0.01)	(0.025)	(0.05)	(0.10)	(0.165)	(0.25)
Z_p	-2.575	-2.327	-1.960	-1.654	-1.282	-0.974	-0.675
เปอร์เซ็นต์ไทด์ที่	75	83.5	90	95	97.5	99	99.5
(p)	(0.75)	(0.835)	(0.90)	(0.95)	(0.975)	(0.99)	(0.995)
Z_p	0.675	0.974	1.282	1.645	1.960	2.327	2.575

ที่มา: กิตติ อิทรานนท์ , 2553 , หน้า56

5) เมื่อเป็นการออกแบบสำหรับผู้ใช้งานทั้งสองเพศ ขณะที่ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติสัดส่วนของร่างกายผสมทั้งสองเพศยังไม่มีให้ใช้กลุ่มข้อมูลประชากรที่มีขนาดใหญ่กว่า (ชาย) กำหนดมิติเพื่อและใช้ข้อมูลกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็กกว่า (หญิง) กำหนดมิติเอื้อถึง ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงการหาโมเมนต์ความเฉื่อยโดยวิธี Quick Release

ที่มา: กิตติ อิทรานนท์ , 2553 , หน้า86

ตัวอย่าง วิศวกรผู้ออกแบบปุ่มควบคุมการทำงานของเครื่องอุปกรณ์ชิ้นหนึ่ง ต้องกำหนดที่ตั้งของปุ่มดังกล่าวบนแผงหน้าของเครื่องในแนวตั้ง และประสงค์จะให้ขายไทยอย่างน้อย 95% สามารถเอื้อมถึงปุ่มควบคุมอันนี้ได้ ถ้ามว่าปุ่มนี้จะอยู่สูงจากพื้นเท่าใด

$$\text{สมการคือ } X_p = X + Z_p * S \quad (2.2)$$

X_p = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูล

X_p = ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ p ของตัวแปร X

Z_p = ค่าตัวเลขปกติมาตรฐานเมื่ออยู่ในตารางและสอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์

ไทล์ที่ p ของ X

ในการนี้ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของความสูงเหยียดแขนของชายไทย และจากตารางกระจายแบบปกติมาตรฐาน $Z_{0.05} = -1.625$ และ จากตารางที่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติดังกล่าวเป็น $X = 194.5$ เซนติเมตร และค่า $s = 7.6$ เซนติเมตร

$$\text{จากสมการ } X_{0.05} = 194.5 - 1.645(7.6) = 182 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นปุ่มควบคุมไม่ควรอยู่สูงกว่า 182 เซนติเมตร ถ้ามีความจำเป็นอาจยอมให้สูงกว่านี้ได้อีก 2.5 เซนติเมตร เมื่อมีระยะเผื่อสำหรับการสวมรองเท้ามีส้นทำงานปกติได้

$$2.4.3.3 \text{ ความแข็งแรงของฐานรองรับ สมการคือ } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

กำหนดให้ σ = ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นปาสกาล (Pa, $1 \text{ Pa} = 1\text{N/m}^2$) หรือ kgf/mm^2 หรือ $\text{psi (lbf/in}^2)$

F = แรงภายนอกที่มากระทำมีหน่วยเป็น N หรือ kgf หรือ lbf

A = พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ : m^2 หรือ mm^2 หรือ in^2

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบชุดเคลือบลดพลาสติก สรุปข้อมูลได้ว่า ศึกษาส่วนที่เป็นองค์ประกอบของตู้อบและหลักการการยศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดเคลือบลดพลาสติก

วัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก วัสดุที่ใช้นั้นสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

2.5.1 เหล็กกล่องใช้สำหรับขึ้นโครงเคลือบลดพลาสติก

ห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยสวัสด์ค้าวัสดุและโลหะภัณฑ์ (2558: ออนไลน์) หรือนิยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เหล็กแป๊บ เป็นเหล็กในกลุ่มเหล็กโครงสร้าง มีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถรับแรงต้านขณะใช้งานได้ดี นิยมใช้ทำโครงหลังคาเหล็ก หรือคานเหล็ก เป็นต้น ซึ่งเหล็กกล่องมี 2 ประเภท

2.5.1.1 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม เป็นเหล็กที่มีขนาดกว้างกับสูงเท่ากัน เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมมีลักษณะเป็นท่อนสี่เหลี่ยมมีมุมฉากที่มั่นคงแต่มีความเรียบคม มีมุมฉากเก๋าสีบองศา ผิวของเหล็กกล่องนี้จะเรียบไม่หยาบ ขนาดต้องเท่ากันทุกเส้นและเป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยปกติเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมทั่วไปจะมีความยาวประมาณ 6000 มิลลิเมตรต่อเส้น เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปที่ไม่รับน้ำหนักมาก เช่น เสาหรือ นั่งร้าน แต่สามารถนำเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมไปประยุกต์ใช้ในงานทั่วไปได้เช่นเดียวกัน อย่างการทดแทนการใช้ไม้ หรือ คอนกรีต รวมถึงการใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ทดแทนเหล็กรูปพรรณชนิดอื่นๆ แม้เหล็กกล่องจะมีน้ำหนักเบา แต่มีคุณสมบัติที่แข็งแรงและทนทาน

2.5.1.2 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน เป็นเหล็กกล่องที่มีลักษณะเป็นท่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผิวของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบนจะมีความเรียบและไม่หยาบ เป็นเหล็กโครงสร้างที่มีรูปพรรณกลวงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีความยาว 6000 มิลลิเมตร ต่อเส้นเท่ากับมีความยาวของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม แต่ขนาดกว้างกับสูงของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบนจะไม่เท่ากัน ซึ่งการใช้งานเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบนเหมาะสำหรับงานก่อสร้างสร้างทั่วไปที่มีขนาดเล็กและขนาดกลาง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทั่วไป ทดแทนการใช้ไม้ คอนกรีต และเหล็กรูปพรรณชนิดได้เช่นกัน

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับเหล็กกล่อง สรุปข้อมูลได้ว่า เลือกใช้เหล็กแป๊บโปรง หรือเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม เพราะเหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปที่ไม่รับน้ำหนักมาก เช่น เสา หรือนั่งร้าน แต่สามารถนำเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมไปประยุกต์ใช้ในงานทั่วไปได้เช่นเดียวกัน

2.5.2 เหล็กแผ่น (Steel Plate)

ใช้สำหรับสร้างตู้อบลวดเหล็ก ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม (2554: ออนไลน์) ได้ระบุไว้ว่า จัดอยู่ในประเภท เหล็กรูปพรรณ โดยส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการรีดด้วยลูกรีด (Roll Forming) เพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ หากแบ่งประเภทของเหล็กแผ่นตามรูปร่าง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เหล็กแผ่นม้วน และ เหล็กแผ่นหนา เหล็กแผ่นม้วน จะมีความหนาตั้งแต่ 0.1 – 12 มิลลิเมตร ซึ่งยังแบ่งตามลักษณะการผลิตออกเป็น

2.5.2.1 เหล็กแผ่นรีดร้อน จะมีความหนาตั้งแต่ 1.0 – 12 มิลลิเมตร หรือภาษาตลาดเรียกว่า เหล็กแผ่นดำ เพราะมีผิวสีดำเนื่องจากต้องรีดที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส โดยมักใช้เหล็กแผ่นรีดร้อนในงานท่อ งานถังแก๊ส งานโครงสร้าง งานขึ้นรูปทั่วไปที่ไม่เน้นคุณภาพผิวและเป็นการขึ้นรูปไม่ลึกมาก

2.5.2.2 เหล็กแผ่นรีดเย็น จะมีความหนาตั้งแต่ 0.1 – 3.2 มิลลิเมตร หรือภาษาตลาดเรียกว่า เหล็กแผ่นขาว เพราะเป็นผิวที่ไม่มีสนิมร้อนเหมือน เหล็กแผ่นรีดร้อน มีความสามารถในการขึ้นรูปลึกมากกว่าขึ้นตามลำดับ โดยมากมักใช้กับงานขึ้นรูปที่เน้นคุณภาพผิวและเป็นการขึ้นรูปไม่ลึก เช่น ตัวถังรถยนต์ ตัวบอดี้เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์

2.5.2.3 เหล็กแผ่นเคลือบ ชุบผิวจะมีความหนาตั้งแต่ 0.1 – 3.2 มิลลิเมตร อีกกลุ่มหนึ่งของเหล็กแผ่นคือ เหล็กแผ่นเคลือบชุบผิว หรือที่นำมาใช้ทำ เหล็กแผ่นลาย ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบโลหะผสมสังกะสี เป็นเหล็กกล้าชนิดแผ่นที่มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนในสภาพบรรยากาศทั่วไปเหนือกว่าเหล็กกล้าชนิดแผ่นธรรมดา โดยทั่วไปเหล็กจะถูกกัดกร่อนได้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ กระบวนการกัดกร่อนเกิดจากการรวมตัวของเนื้อเหล็กกับออกซิเจนเป็นออกไซด์ของ เหล็กซึ่งมีอยู่หลายประเภท การเคลือบเหล็กแผ่นด้วยสังกะสีเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถป้องกันการกัดกร่อน ได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเกี่ยวกับแผ่นเหล็ก คณะผู้จัดทำสรุปได้ว่า เลือกใช้แผ่นเหล็กรีดร้อน หรือเหล็กแผ่นดำ มาใช้ในการสร้างตู้อบลวดเหล็ก เพราะเหมาะกับงานที่จะนำมาใช้เป็นโครงสร้างของตู้อบลวดเหล็ก

2.5.3 แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด (Calcium Silicate)

ใช้สำหรับเป็นฉนวนกันความร้อน บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ คอนเซ็ปท์ กรุ๊ป จำกัด (2559: ออนไลน์) โดยธรรมชาติถือว่าเป็นฉนวนแบบเกรนูลาร์ ประกอบด้วยไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต โดยระหว่างกรรมวิธีการผลิต ใอน้ำจะเปลี่ยนรูปหินปูน และซิลิกาไปเป็นไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งสารประกอบชนิดนี้นับว่าเป็นองค์ประกอบที่แข็งแรง ทนทาน นอกจากนี้ยังมีความสามารถทนทานต่อความเปียกชื้นที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ได้ แคลเซียมซิลิเกตใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 650 องศาเซลเซียส ไม่เป็นวัสดุเป็นพิษ และไม่ปรากฏว่าสมรรถนะทางความร้อนจะลดลงตามอายุ แต่ผลของความชื้นที่ดูดซึมจะทำให้สมรรถนะทางความร้อนลดลงบ้าง อย่างไรก็ตาม เมื่อกลับมาอยู่ในสภาพแห้งใหม่ สมรรถนะทางความร้อนจะไม่เปลี่ยน นอกจากนี้แคลเซียมซิลิเกตนับว่าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติต้านไฟไหม้ได้เป็นอย่างดี ทั้งยังไม่ติดไฟอีกด้วย สำหรับคุณสมบัติเชิงความร้อน สภาพนำความร้อนปรากฏของฉนวนแคลเซียมซิลิเกตที่มีความหนาแน่น 208.26 กิโลกรัมต่ออุณหภูมิห้อง คือ 0.05 W/m.K ซึ่งจะได้สภาพต้านทานความร้อนเท่ากับ 19.84 m.K/W จากคุณสมบัติทางกายภาพและความร้อนดังกล่าวจึงทำให้แคลเซียมซิลิเกตเป็นที่นิยมนำไปใช้ในการหุ้มฉนวนท่อและภาชนะในกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูง สำหรับคุณสมบัติโดยทั่วไปของแคลเซียมซิลิเกต ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด

ที่มา: บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ คอนเซ็ปท์ กรุ๊ป จำกัด, 2559, ออนไลน์

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด คณะผู้จัดทำสรุปได้ว่า เลือกใช้แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด เพราะเหมาะสำหรับงานเป็นฉนวนกันความร้อน แคลเซียมซิลิเกตใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 650 องศาเซลเซียส

2.5.4 ฮีตเตอร์ (Heater)

บริษัท สุพรีมไลน์ส์ จำกัด (2558 :ออนไลน์) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท เกษตรกรรม งานทำความร้อนในอาคาร หรือระบบระบายอากาศ ที่มีความต้องการสร้างความร้อนให้กับชิ้นงาน อาหาร ห้องอบสี งานบรรจุหีบห่อ อบขึ้นรูปพลาสติก ฯลฯ โดยใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ ซึ่งส่งผลให้ลวดตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น โดยแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้กับแรงดัน 220VAC และ 380VAC ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานฮีตเตอร์ ได้ง่ายและสะดวก ซึ่งในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมหันมาใช้ฮีตเตอร์ ลวดฮีตเตอร์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากราคาถูก และสั่งขนาด รูปทรง และวัสดุได้ตามความต้องการ โดยประเภทของฮีตเตอร์ มีดังนี้

2.5.4.1 ฮีตเตอร์ต้มน้ำยาเคมี ใช้สำหรับอุ่นหรือต้มของเหลวได้เกือบทุกประเภทที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสแตนเลส 316 (SUS 316) เช่นน้ำ หรือน้ำมัน และยังใช้อุ่น หรือ ต้ม ของเหลวที่เหนียวข้นได้หลากหลาย การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถัง แล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไปโดยตัวฮีตเตอร์ขนานกับพื้นถังควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้นของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลว ร้อนจัดเกินไปทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึงควรติดตั้งใบพัดกวนของเหลวควบคู่กันด้วย ดังภาพที่ 2.5



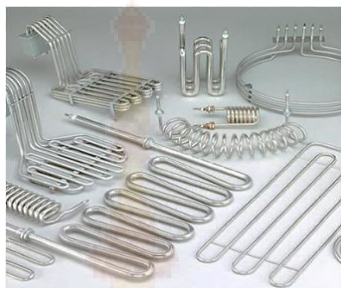
ภาพที่ 2.5 ฮีตเตอร์ต้มน้ำยาเคมี

ที่มา: บริษัท สุพรีมไลน์ส์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.2 ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ (Hot Runner Heater) คือฮีตเตอร์ที่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับท่อนำฉีด ที่ติดกับแม่พิมพ์ เพื่อถ่ายเทความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอและทั่วทั้งฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์เหมาะสมกับงานอุตสาหกรรมพลาสติก เครื่องฉีดพลาสติก และฝาพลาสติก สามารถกำหนดขนาดตามความต้องการได้

ฮีตเตอร์ขดลวด ผลิตจากขดลวดฮีตเตอร์คุณภาพสูงมีอายุการใช้งานยืนยาว ปราศจากสนิม เพราะตัวขดลวดด้านนอกทำจากสแตนเลสเกรด 304 แท้ ฮีตเตอร์ขดลวดของ มีคุณภาพและให้ความร้อนได้สูงตามต้องการ ฮีตเตอร์ขดลวดเหมาะสำหรับใช้ในการให้ความร้อนของเหลวหรือ ให้ความร้อน

กับเตาไฟฟ้าต่าง ๆ ก็ได้ซึ่งสามารถดัด เป็นรูปแบบต่าง ๆ ขนาดของขดลวดก็มีให้เลือกหลายขนาด เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้งานฮีตเตอร์ขดลวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นฮีตเตอร์ที่มีขนาดเล็กแต่สามารถทำความร้อนได้สูงเหมาะใช้กับเครื่องฉีด สามารถให้อุณหภูมิในการใช้งาน ได้ถึง 1,400 ° F (760 ° C) ขึ้นอยู่กับการออกแบบด้วย ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ (Hot runner Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.3 เซรามิกฮีตเตอร์ (Ceramic Band Heater) คือฮีตเตอร์ที่ให้ความร้อนได้สูง และต่อเนื่องเหมาะสำหรับเครื่องฉีดพลาสติก ที่ต้องการใช้อุณหภูมิสูง และใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ โครงสร้างทำจากเซรามิก อายุการใช้งานนาน ปลอดภัย สามารถกำหนดขนาดได้ตามความต้องการ และสามารถให้อุณหภูมิระดับปานกลางจนถึงสูง เนื่องจากเซรามิกเป็นตัวนำความร้อนและยังเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีอีกด้วย ฮีตเตอร์เซรามิกสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งกลม และ แบบแผ่น ซึ่งเหมาะกับงานประเภทอุตสาหกรรมพลาสติก งานแม่พิมพ์ และ อุตสาหกรรมผลิตยางทุกชนิด เซรามิกยังให้ความร้อนต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและปลอดภัย ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 เซรามิกฮีตเตอร์ (Ceramic Band Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.4 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) คือฮีตเตอร์ที่ใช้ในการอุ่น และให้ความร้อนให้แก่แม่พิมพ์ ชิ้นงานเหล็ก เครื่องรีดถุงพลาสติก นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใส่เกลียว เพื่อต้มน้ำเค็ม กาวในท่อ หรือถาดได้ฮีตเตอร์แท่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ฮีตเตอร์แท่งแบบไฮเดนมักใช้กับงานที่ไม่ร้อนเกิน 350 องศาเซลเซียส และฮีตเตอร์แท่งแบบโลเดนใช้กับงานที่ไม่ควรร้อนเกิน 150 องศาเซลเซียส อนึ่งฮีตเตอร์ไฮเดนดีกว่า ใช้งานได้นานกว่า ราคาแพงกว่าแต่ไม่มากจึงมีผู้ใช้มากกว่า ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

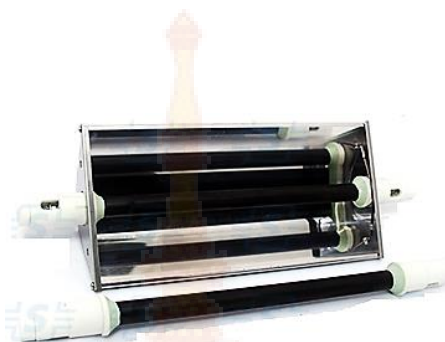
2.5.4.5 ฮีตเตอร์จุ่ม-ฮีตเตอร์ต้มน้ำ (Immersion Heater) คือฮีตเตอร์ที่ใช้ให้ความร้อนกับของเหลว เช่น ใช้น้ำมันของเหลวต่างๆ ซึ่งเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมที่มีการอุ่น หรือต้มของเหลวหลายชนิด และยังอุ่นหรือต้มของเหลวที่เหนียวข้น เช่น อกาวยางมะตอย การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไป โดยตัวฮีตเตอร์ขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้นระดับของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไปเพราะไม่ได้ระบายความร้อนให้กับของเหลวจึงทำให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ฮีตเตอร์จุ่ม-ฮีตเตอร์ต้มน้ำ (Immersion Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

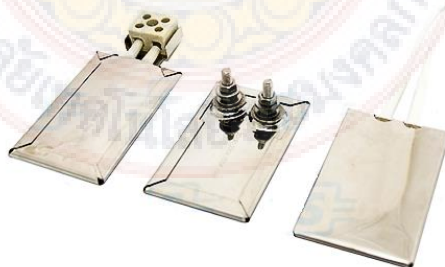
2.5.4.6 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) คือฮีตเตอร์ที่ใช้ส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสี จึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ ประหยัดไฟ สามารถให้ความร้อนวัตถุได้ถึงเนื้อในจึงทำให้ประหยัดเวลาได้ และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในงานอบแห้งต่างๆ เช่น อบสี แลคเกอร์ กาว เมล็ดพันธุ์พืช อีพ็อกซี ใช้กับงานอุตสาหกรรมพลาสติก อบพลาสติกให้อ่อนตัวก่อนนำไปเข้าเครื่องเป่า มีลักษณะเป็นท่อกลมเส้นตรงมีทั้งสีดำ (เซรามิก) สีขาว (แก้วควอต) ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมาไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.7 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนกับงานทั่วไป ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการให้ความร้อนกับงานทั่วไป เช่น เครื่องบรรจุหีบห่อเม็ดตัดพลาสติก เตอบอบแบบต่างๆ ที่ต้องการให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอกับชิ้นงาน และให้ความร้อนในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้ให้ความร้อนกับแผ่นแม่พิมพ์ ลักษณะงานเหมือนฮีตเตอร์แท่ง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมหรือวงกลม สามารถเจาะรูได้ ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมาไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.8 ฮีตเตอร์บอบบี้ (Bobbin Heater) คือฮีตเตอร์แบบจุ่มชนิดหนึ่ง ถูกออกแบบให้ความร้อนกับของเหลวสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายใช้ให้ความร้อนกับของเหลว เช่นงานชุบ งานแซ่ในกรด หรือสารละลายวัสดุที่เป็นควอทซ์สำหรับกรดหรือสารละลายกัดกร่อนพิเศษและยังนำไปใช้อุ่นหรือต้มน้ำยาเคมี และ ของเหลวเกือบทุกชนิด ให้ความร้อนคงที่สม่ำเสมอ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีเกือบทุกประเภท ลักษณะของฮีตเตอร์บอบบี้ คือฮีตเตอร์จะสอดเข้ากับท่อสำหรับให้ความร้อนกับของเหลว โดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีเกือบทุกประเภท สามารถถอดออกมาซ่อมบำรุงได้สะดวก เหมาะกับงานอุ่นน้ำ หรือต้มน้ำยาเคมี น้ำมัน หรือ ไขมัน เป็นต้น ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ฮีตเตอร์บอบบี้ (Bobbin Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมาไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.9 ฮีตเตอร์ท่อกลม ฮีตเตอร์ทิวบูลาร์ (Tubular Heater) คือฮีตเตอร์ที่ให้ความร้อนได้กับอากาศ และของเหลว และใช้ให้ความร้อนกับน้ำ เช่น งานอุ่น หรืองานต้ม และยังใช้สำหรับงานที่ต้องการให้ความร้อนในการอบ เช่น อบสี อบชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ อบไล่ความชื้น อบใยผ้า อบแม่พิมพ์ อบพลาสติก อบอาหาร เป็นต้น มีวัสดุให้เลือกตามความเหมาะสมของงาน ฮีตเตอร์ท่อกลมผลิตให้มีความยาวได้ตั้งแต่ 1.5 เซนติเมตร จนถึง 6 เมตร และสามารถนำไปดัดแปลงเป็นฮีตเตอร์อื่นๆ ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ฮีตเตอร์ท่อกลม ฮีตเตอร์ทิวบูลาร์ (Tubular Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมาไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.10 เซอร์คูเรชั่นฮีตเตอร์ (Circulation Heater) เซอร์คูเรชั่นฮีตเตอร์เป็นเครื่องทำความร้อนระบบหมุนเวียน ที่ใช้น้ำ, น้ำมัน, ลมและแก๊ส เป็นตัวพาความร้อนไปใช้ และยังให้ความร้อนของเหลว และก๊าซภายในท่อ ใช้สแตนเลสคุณภาพดีให้ความร้อนสม่ำเสมอ สามารถติดตั้งได้ทั้งแนวดิ่งและแนวนอน ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 เซอร์คูเรชั่นฮีตเตอร์ (Circulation Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ส์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.11 คอยล์ฮีตเตอร์ (Coil Heater) เป็นฮีตเตอร์ที่ใช้สำหรับให้ความร้อนในอากาศ เหมาะสำหรับใช้งานในเตาอบให้ความร้อนกับชิ้นงาน สามารถวางบนฉนวนกันความร้อน เช่น เซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) หรือ เซรามิกสโรองรับความร้อนจากขดลวดฮีตเตอร์ (Ceramic Support Heater) ออกแบบขนาดโวลท์ให้ถูกต้องจะทำให้อายุการใช้งานนานมากขึ้น และนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมเตาอุณหภูมิสูง ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้มีทั้งลวด เหล็ก และลวดนิเกิล นำมาขดขึ้นรูปตามขนาดที่ต้องการให้ความร้อนสูง ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 คอยล์ฮีตเตอร์ (Coil Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ส์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.4.12 ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater) เป็นฮีตเตอร์ที่ใช้สำหรับให้ความร้อนกับท่อหรือ ถังทรงกระบอก เช่น เครื่องฉีดพลาสติกให้การตอบสนองเกือบจะทันทีที่ใช้คู่กับอุณหภูมิควบคุมให้ความร้อนและส่งผ่านความร้อนได้เร็วขึ้น ทนต่อการปนเปื้อนของการล้นจากพลาสติก หรือวัสดุอื่นๆ สามารถสั่งทำได้ตามแบบที่ลูกค้าต้องการ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการให้ความร้อน หรืออุ่น ของเหลวในท่อลำเลียง หรือ ถังพักในสายการผลิต เช่น ท่อลำเลียงกาว ท่อส่งน้ำมัน ท่อส่งน้ำร้อน และยังสามารถนำไปใช้ เป็นส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีการใช้ความร้อนในการทำงาน เช่น กระติกน้ำร้อน หม้อหุงข้าว เตาไรต์ เป็นต้น ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ส์ จำกัด, 2014, ออนไลน์)

2.5.4.13 ฮีตเตอร์อุ่นหรือฮีตเตอร์ต้มน้ำยาเคมี คืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อนเพื่ออุ่น หรือ ต้มของเหลวทุกประเภท ที่ทำปฏิกิริยากับสแตนเลส ซึ่งเหมาะกับทุกงานอุตสาหกรรม ที่มีการอุ่นหรือ ต้มของเหลวได้หลายชนิด โดยเฉพาะงานที่ให้ความร้อนกับน้ำยาที่ใช้ซัพ น้ำกรด/ด่างโดยทั่วๆ ไปแล้ว ฮีตเตอร์ชนิดนี้แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น ฮีตเตอร์หน้าแปลน ฮีตเตอร์ชั้นเกลียว ฮีตเตอร์จุ่มหรือ แขนงในบ่อความร้อน ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 ฮีตเตอร์อุ่น – ฮีตเตอร์ต้มน้ำยาเคมี

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ส์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับฮีตเตอร์ สรุปได้ว่า เลือกใช้ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ (Hot runner Heater) เป็นฮีตเตอร์ที่ ถ่ายเทความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์เหมาะสมกับงานอุตสาหกรรมพลาสติก สามารถกำหนดขนาดตามความต้องการในการใช้งานได้

2.5.5 ตู้คอนโทรลหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ (Control Panel Heater)

บริษัท ไฮ-เด็น ฮีตเทค จำกัด (2559: ออนไลน์) เครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ โดยจะนำมาใช้ในการสั่งการให้กับอุปกรณ์สำหรับทำความร้อนหรืออุปกรณ์ทำความเย็น ทำงาน ตามที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ การนำมาใช้งานและการควบคุมก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน

2.5.5.1 เครื่องวัดอุณหภูมิก็จะมีส่วนที่รับอุณหภูมิ (Input) จากหัววัดอุณหภูมิ หรือที่เรียกกันว่าเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแล้วมาแสดงผลที่หน้าจอ (Display) พร้อมกับควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่ได้กำหนดไว้ หากอุณหภูมิไม่ได้ตามที่กำหนดไว้ก็จะมีในส่วนของการสั่งงาน (Output) สั่งงานให้อุปกรณ์สำหรับทำความร้อนหรืออุปกรณ์ทำความเย็นทำงานให้ได้ตามค่าที่กำหนดไว้ คุณสมบัติ (Features) ตู้คอนโทรลหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ (Control Panel Heater)

- 1) ออกแบบตู้คอนโทรล ในการควบคุมส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่เราติดตั้ง ตู้คอนโทรลฮีตเตอร์ หลายรูปแบบตามความต้องการ
- 2) สามารถต่อพ่วงสัญญาณอุณหภูมิออก สำหรับต่อกับเครื่องควบคุม Data
- 3) ออกแบบเคลื่อนย้ายสะดวก แข็งแรงทนทาน

2.5.5.2 ประเภทลักษณะการใช้งาน ของตู้คอนโทรลหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ (Control Panel Heater)

- 1) MDB. (Main Distribution Board) เป็นตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก มี Main Circuit Breaker เพื่อตัดต่อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร
- 2) SDB. (Sub Distribution Board) เป็นตู้ควบคุมย่อย จ่ายกระแสไฟฟ้าไปตามตู้ PB. หรือ Load Center หลายๆ ตู้ ขึ้นอยู่กับขนาดของอาคาร
- 3) PB (Panel Board) หรือ Load Center เป็นแผง Circuit Breaker ที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับจำนวนของ Load

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับตู้คอนโทรลหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ สรุปได้ว่า เลือกใช้ตู้คอนโทรลหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ ประเภท PB (Panel Board) หรือ Load Center เป็นแผง Circuit breaker ที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

2.5.6 ถังเหล็ก

เป็นตัวถังเป่าผงพลาสติก บริษัท ที เอ็น ค้าถัง จำกัด (2559: ออนไลน์) ภายในเนื้อเหล็กไม่มีสิ่งปนเปื้อน ขนาด 50 ลิตร



ภาพที่ 2.18 ถังเหล็ก

ที่มา: บริษัท สุพริมไลน์ จำกัด, 2558, ออนไลน์

2.5.7 ปัมลม

ปั๊มลม มีชื่อภาษาอังกฤษว่า “Air Compressor” ทำหน้าที่ในการอัดลมให้มีแรงดันสูงตามที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้ได้หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นระบบลมในโรงงานอุตสาหกรรมตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ การใช้งานระบบนิวเมติกส์ในอุตสาหกรรมเล็กๆ ยกตัวอย่างเช่นอู่ซ่อมรถยนต์ ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นปั๊มลมประเภทลูกสูบ ที่มีการใช้ปริมาณลมน้อยและแรงดันลมไม่สูง ปั๊มลมประเภทลูกสูบจึงเหมาะกับอุตสาหกรรมเล็กๆ ส่วนเครื่องปั๊มลมที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนมากแล้วจะใช้เป็นปั๊มลมประเภทโรตารีสกรู ที่ให้ปริมาณลมที่มากและยังสามารถทำความดันลมได้สูงถึง 13 บาร์

ปั๊มลมแบ่งออกเป็น 6 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

1. ปั๊มลมประเภทลูกสูบ (Reciprocating Air Compressor)
2. ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)
3. ปั๊มลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor)
4. ปั๊มลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor)
5. ปั๊มลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)
6. ปั๊มลมประเภทกังหัน (Radial and axial flow Air Compressor)

โดยส่วนใหญ่แล้วปั๊มลมที่นิยมใช้กันมี 2 ประเภทได้แก่ ปั๊มลมประเภทลูกสูบ และ ปั๊มลมประเภทสกรู จะเห็นตามอู่ซ่อมรถยนต์ รถจักรยานยนต์ และในโรงงานอุตสาหกรรม

2.5.7.1 ปั๊มลมประเภทลูกสูบ (Piston Air Compressor) หลักการทำงานของปั๊มลมลูกสูบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังมาขับเคลื่อนลูกสูบให้เคลื่อนที่ขึ้นลง ทำให้เกิดแรงดูดและอัดอากาศภายในกระบอกสูบ โดยมีวาล์วทางด้านดูดและวาล์วทางออกทำงานสัมพันธ์กัน ถือเป็นปั๊มลมที่นิยมใช้งานมากที่สุดด้วยความเหมาะสมต่อการใช้งานและราคาที่ไม่สูงมากนักและยังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกอีกด้วย โดยปั๊มลมชนิดนี้สามารถสร้างความดันหรือแรงดันลมได้ตั้งแต่ 1 bar ไปจนถึง 1,000 bar เลยทีเดียว โดยแรงอัดจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของการอัด ยิ่งขึ้นในการอัดมากก็จะสามารถสร้างแรงอัดได้สูงขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง สำหรับปั๊มลมหรือเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ ยังแบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆได้อีกอย่างเช่น Booster Air Compressor, High Pressure Air Compressor ปั๊มลมแรงดันสูงแต่ให้เสียงที่เงียบ เพราะโดยปกติแล้วปั๊มลมประเภทลูกสูบนั่นจะมีข้อเสียอย่างหนึ่งคือเสียงดังขณะเครื่องทำงาน ดังภาพที่ 2.19

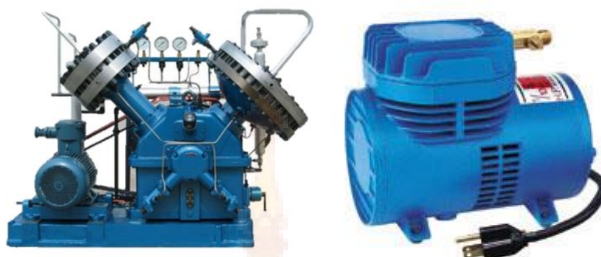


ภาพที่ 2.19 ปั๊มลมประเภทลูกสูบ (Piston Air Compressor)

ที่มา: บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด, ออนไลน์

2.5.7.2 ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor) ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม เป็นปั๊มลมที่ใช้หลักการทำงานของคล้ายลูกสูบแต่จะมีแผ่นไดอะแฟรมเป็นตัวกั้นไม่ให้อากาศสัมผัสกับลูกสูบ ทำให้ลมที่ถูกดูดเข้าไปในปั๊มหรือเครื่องอัดลมจะไม่โดนหรือสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ ส่วนลมที่ได้ก็จะไม่มีการผสมกับน้ำมันหล่อลื่นสามารถสร้างแรงดันได้สูงคล้ายปั๊มลูกสูบขึ้นอยู่กับการออกแบบขึ้นในการอัด ปั๊มลมชนิดนี้ ก็มีข้อดีอยู่เหมือนกันคือลมที่ได้ออกมาจะเป็นลมที่สะอาดไม่มีอะไรปนเปื้อน จึงมีการนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเฉพาะด้าน เช่น อุตสาหกรรมยา

อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ปั๊มเพื่อส่งสารเคมีต่างๆ เป็นต้น ข้อดีอีกอย่างคือมีเสียงที่เงียบกว่าปั๊มลมแบบลูกสูบ เหมาะกับอุตสาหกรรมที่ต้องการความเงียบและเสียงรบกวนน้อย ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)

ที่มา: บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด, ออนไลน์

2.5.7.3 ปั๊มลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor) ปั๊มลมประเภทสกรู เป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เพราะเครื่องปั๊มลม หรือ Air Compressor ประเภทนี้จะให้การผลิตลมที่มีคุณภาพสูง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการหมุนเพลาสกรู 2 ตัวให้หมุนเข้าหากันทำให้เกิดแรงอัดอากาศขึ้นมา เครื่องอัดลมแบบสกรูจะได้ปริมาณลมที่สม่ำเสมอกว่าแบบลูกสูบและ ทั้งนี้ปริมาณลมและแรงดันลมขึ้นอยู่กับกำลังของมอเตอร์และการออกแบบชุดสกรู ยิ่งกำลังสูงตัวเครื่องอัดอากาศก็จะสามารถผลิตปริมาณอากาศได้มากและมีขนาดใหญ่ตามด้วย เครื่องปั๊มลมหรือเครื่องอัดอากาศประเภทนี้สามารถจ่ายลม 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (m^3/min) และยังสามารถทำความดันได้สูงถึง 13 บาร์เลยทีเดียว ดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 ปั๊มลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor)

ที่มา: บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด, ออนไลน์

2.5.7.4 ปัมลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor) ปัมลมประเภทใบพัดเลื่อน จุดเด่นของปัมลมประเภทนี้คือการที่เครื่องหมุนเรียบให้ความสม่ำเสมอ ทำให้อากาศที่ออกมามีแรงดันที่คงที่ เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการแรงลมที่สม่ำเสมอและคงที่ เครื่องปัมลมประเภทนี้จะไม่มีการลื่นหรือวาล์วในการเปิดปิดในพื้นที่จำกัดทำให้ไวต่อความร้อน สามารถกระจายแรงลมได้ 4 – 100 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ความดันของลมอยู่ที่ 4 – 10 บาร์ ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 ปัมลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor)

ที่มา: บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด, ออนไลน์

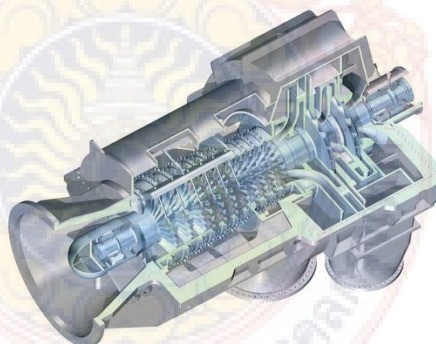
2.5.7.5 ปัมลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor) ปัมลมประเภทใบพัดหมุน ลักษณะของปัมลมประเภทนี้จะมีใบพัดหมุน 2 ตัว เมื่อโรเตอร์ 2 ตัวทำการหมุน จะทำให้ลมถูกดูดเข้าไปจากฝั่งหนึ่งไปอีกฝั่งหนึ่ง โดยอากาศที่ถูกดูดเข้าไบนั้นจะไม่มี การเปลี่ยนปริมาตร ทำให้อากาศที่ไม่ถูกบีบหรืออัดตัว แต่อากาศจะมีการอัดตัวตอนที่เข้าไปเก็บในถังลม ปัมลมประเภทนี้ต้องอาศัยการระบายความร้อนและอุณหภูมิที่ดี ไม่มีลื่น ไม่ต้องการหล่อลื่นขณะทำงาน และมีต้นทุนการผลิตที่สูง ลักษณะการทำงานของปัมลมแบบใบพัดหมุน จะใช้ใบพัดหมุน 2 ตัวทำการหมุน ทำให้มีการดูดอากาศจากทางช่องลมเข้าผ่านเข้าใบพัดที่ 1 แล้วส่งต่อไปพัดที่ 2 แล้วผ่านไปยังฝั่งลมออก โดยไม่ทำให้อากาศถูกบีบตัวหรืออัดตัว ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 ปัมลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)

ที่มา: บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด, ออนไลน์

2.5.7.6 ปัมลมประเภทกังหัน (Radial and axial flow Air Compressor) ปัมลมประเภทกังหัน เป็นปัมลมอีกประเภทหนึ่งที่มีการจ่ายอัตราการไหลที่มาก เนื่องจากลักษณะจะเป็นใบพัดกังหันดูดลมเข้าจากอีกด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ตามแกนด้วยการหมุนที่มีความเร็วสูง และลักษณะของใบพัดก็เป็นส่วนสำคัญเรื่องอัตราการจ่ายลม สามารถกระจายแรงลมได้ตั้งแต่ 170 – 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที(m^3/min) ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 ปัมลมประเภทกังหัน (Radial and axial flow Air Compressor)

ที่มา: บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด, ออนไลน์

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นปัมลมคณะผู้จัดทำสรุปได้ว่า เลือกใช้ปัมลมประเภทลูกสูบ เพราะเหมาะสมต่อการใช้งานและราคาที่ไม่สูงมากและยังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกอีกด้วย โดยปัมลมชนิดนี้สามารถสร้างความดันหรือแรงดันลมได้ตั้งแต่ 1 bar ไปจนถึง 1,000 bar

2.6 การวิเคราะห์ผลข้อมูลแบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยมีหลายประเภท อาจจะเป็นเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นใหม่หรือดัดแปลงเครื่องมือของผู้คนที่ศึกษาวิจัยในเรื่องที่คล้ายๆ กัน หรืออาจจะใช้เครื่องมือที่มีผู้อื่นสร้างไว้แล้วทั้งหมดเลยก็ได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เช่น แบบทดสอบ แบบสังเกตพฤติกรรม แบบสัมภาษณ์ แบบตรวจสอบรายการ แบบสอบถาม แบบบันทึกข้อมูล แบบสำรวจ เป็นต้น

2.6.1 การเลือกใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การเลือกใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเริ่มจากการพิจารณาชนิดของข้อมูล จากนั้นเลือกวิธีการและเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล ชนิดของ ข้อมูล แบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม มีวิธีการและเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลสรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงชนิดข้อมูล วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

ชนิดของข้อมูล	วิธีการ	เครื่องมือ
1.ด้านความรู้ ความสามารถ	- การทดสอบเชิงทฤษฎี - การทดสอบเชิงปฏิบัติ - การประเมินทักษะ - การประเมินผลงาน	- แบบทดสอบภาคทฤษฎี - แบบทดสอบภาคปฏิบัติ - แบบประเมินทักษะ - แบบประเมินผลงาน
2.ด้านความรู้สึก ความคิดเห็นเจตคติ	- การสะท้อนความรู้สึก - ความคิดเห็น - การวัดเจตคติ - การประมาณค่า - การสังเกต	- แบบสอบถาม - แบบวัดเจตคติ - มาตรฐานค่า - แบบบันทึกการสังเกต - แบบสำรวจรายการ
3.ด้านพฤติกรรม	- การสังเกต - การตรวจสอบประวัติ - การสอบถามการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง	- แบบบันทึกการสังเกตแบบสำรวจรายการ - แบบบันทึกข้อมูล - แบบสอบถามแบบบันทึกการสัมภาษณ์

ตารางที่ 2.4 แสดงชนิดข้อมูล วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล(ต่อ)

ชนิดของข้อมูล	วิธีการ	เครื่องมือ
4.ด้านปฏิสัมพันธ์	- เทคนิคสังคมมิติ - การสังเกต	- แบบวัดเจตคติ แบบสอบถาม ความต้องการ - แบบบันทึกการสังเกตแบบ ตรวจสอบรายการ

ที่มา : ทิวัฒน์ มณีโชติ, 2554, หน้า105

2.6.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลแบบประมาณค่า

ในการเสนอมาตรวัดด้วยคำถามแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) เป็นระบบตัวเลข(มาตร) ที่นิยมใช้กันมากรายการหนึ่งในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นมาพัฒนาเป็นแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบวัดเจตคติ/แบบวัดคุณลักษณะต่างๆ ซึ่งควรให้ความสำคัญการพัฒนาเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เทคนิคมาตราประมาณค่า ซึ่งเป็นข้อสรุปประเด็นหลักดังนี้

2.6.2.1 มาตราประมาณค่า เป็นมาตรในระดับ “อันดับ”(Ordinal Scale) ในการเลือกใช้วิธีการทางสถิติ หรือการแปลผลการวิจัยจะต้องระมัดระวัง

2.6.2.2 การพัฒนามาตราประมาณค่าเพื่อใช้ในการวัดเจตคติ ทัศนคติ และความคิดเห็นประเภทที่ใช้ข้อความเป็นสิ่งเร้า แล้วให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นว่า เห็นด้วยกับข้อความนั้นๆ มากน้อยเพียงใดซึ่งมีทั้งข้อความเชิงบวก (ให้คะแนนแบบ 5 4 3 2 และ 1 ในกรณีที่ผู้ตอบเห็นด้วยมากที่สุด จนถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด) และ ให้คะแนนแบบกลับทิศ(1 2 3 4 และ 5) ในกรณีที่เห็นข้อความเชิงลบ คำถามที่มักจะถูกถามคือ ในแบบประเมินฉบับนั้น ๆ ควรมีข้อความเชิงลบสักกี่ข้อ หรือกี่เปอร์เซ็นต์ ของข้อความทั้งหมด....คำตอบ คือ มีผู้วิจัยแล้วโดยทดลองบรรจุข้อความเชิงลบไว้ 10 20 30 40 60และ 60เปอร์เซ็นต์ผลการวิจัย พบว่า “มีคุณภาพในด้านความเที่ยง (Reliability) ไม่แตกต่างกัน” แต่ผู้วิจัยได้สรุปอย่างชัดเจนว่า “ควรมีข้อความเชิงลบแค่ไว้ส่วนหนึ่ง” และในการแปลผลจะต้องเน้นการแปลผลคะแนนรวมมากกว่าการแปลผลเป็นรายข้อ

2.6.2.3 จำนวนช่อง/จำนวนระดับของมาตร เช่น มี 5 ช่อง คือ มากที่สุด มากปานกลาง น้อย น้อยที่สุด (อาจจะเปลี่ยนคำคุณศัพท์เป็นอย่างอื่น) หรือจะเป็น 6 ช่อง มากที่สุด มาก ค่อนข้างมาก ค่อนข้างน้อย น้อย น้อยที่สุด หรือ 7 ช่อง/ระดับ หรือ 4 ช่อง หรือ 3 ช่อง จำนวนระดับมาตร/ช่องระดับการประเมินเท่าไรจึงจะเหมาะสมที่สุด “ช่องจำนวนคู่ คือ 4 หรือ 6” หรือ “ช่องจำนวนคี่ 3 5 หรือ 7 ช่อง” อย่างไรก็ดีเหมาะสมมากกว่ากัน ผลการวิจัย ยืนยันว่า จำนวนช่องที่

เป็นคู่ (4 หรือ 6) มีแนวโน้มให้ค่าความเที่ยงมากกว่า จำนวนช่องเลข คือ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.6.2.4 การกำหนดสัญลักษณ์ หรือให้ความหมายระดับมาตร 5= มากที่สุด, 4 = มาก, 3= ปานกลาง, 2= น้อย, 1= น้อยที่สุด หรือจะ กลับเลขเป็น 1= มากเป็นอันดับหนึ่งหรือมากที่สุด จนถึง 5= มากเป็นอันดับที่ 5(หรือน้อยที่สุด) หรือให้สัญลักษณ์เป็น ก ข ค ง และ จ แทนมากที่สุด ถึง น้อยที่สุด หรือ การใช้คำคุณศัพท์ประเภท Bipolar (2 ขั้ว เช่น ชัดเจน คลุมเครือ, มาก, น้อย, ดี, เลว) จัดทำเป็นมาตรประมาณค่าแบบ กราฟิก (Graphic Rating Scale) ผลการวิจัยพบว่ามาตรแบบกราฟิก มีแนวโน้มให้ค่าความเที่ยงสูงสุด สำหรับการกำหนดแบบอื่นๆ ไม่แตกต่างกันในกรณีที่ปรับเป็นมาตรประมาณค่าเชิงพฤติกรรม(Behaviorally-Anchored Rating Rating Scale) ก็จะทำให้ค่าความเที่ยง และความตรงมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.6.3 เกณฑ์การแปลผลที่เหมาะสมที่สุดของ Rating Scale

เนื่องจากการวิจัยทางสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ และการศึกษา มักจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อรวบรวมข้อมูลจากประชากร และ/หรือกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาและนำมาวิเคราะห์แล้วแปลผลโดยใช้สถิติและเกณฑ์ในการแปลผลได้ในหลายลักษณะ เช่น การแปลผลในรูปร้อยละ หรือ เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าต้องการทราบผลโดยสรุปอย่างกระชับชัดเจนถึงระดับความคิดเห็นของกลุ่มที่ศึกษามากขึ้นกว่าการแปลผลโดยใช้ร้อยละซึ่งมีอาจสนองตอบต่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ได้จำเป็นต้องใช้วิธีการอื่นซึ่งวิธีที่นิยมใช้กันคือการใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

การแปลผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตนั้นจะทำได้โดยกำหนดคะแนนน้ำหนักให้แต่ละช่วงของระดับความคิดเห็นแล้วคำนวณค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมาย ซึ่งการหาค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปก็มักจะใช้ผลรวมของผลคูณระหว่างค่าน้ำหนักของแต่ละระดับกับค่าความถี่ในระดับนั้น แล้วหารด้วยความถี่ทั้งหมดในการกำหนดเกณฑ์ของการแปลความหมายนั้นทำได้หลายแบบ ดังนี้

แบบที่ 1 : ค่าเฉลี่ย

ระดับ	ความหมาย
4.21 - 5.00	มากที่สุด
3.41 - 4.20	มาก
2.61 - 3.40	ปานกลาง
1.81 - 2.60	น้อย
1.00 - 1.80	น้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์เช่นนี้ยึดหลักว่า ให้ช่วงห่างหรือพิสัยของคะแนนทุกระดับเท่ากัน ซึ่งเมื่อกำหนดน้ำหนักคะแนนระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ น้อยที่สุด เป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ พิสัยเป็น $5-1 = 4$ เฉลี่ยแต่ละช่วงห่างกัน $4/5 = 0.8$

ถ้าการคำนวณค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่ได้เป็นจำนวนเต็มก็ไม่มีปัญหาแต่อย่างไร แต่ถ้าค่าที่ได้เป็นเลขทศนิยมก็จะต้องมีการปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม เช่น 1.65 ก็ปัดเป็น 2 เพราะมีค่าใกล้ 2 มากกว่า 1 ก็ยังมีความชัดเจนไม่เกิดข้อถกเถียง เมื่อมาใช้เกณฑ์ตามแบบที่ 1 ที่ทุกระดับมีช่วงห่างของคะแนนเท่ากันอาจก่อให้เกิดการขัดกับหลักของการปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็มดังที่กล่าวมาข้างต้น เช่น เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเป็น 1.80 ก็จะแปลความตามเกณฑ์ที่กำหนดว่าอยู่ในระดับน้อยที่สุด ทั้งๆ ที่ 1.80 เมื่อปัดเศษเป็นจำนวนเต็มจะเป็น 2 ซึ่งตรงกับระดับน้อยทำให้ขัดแย้งกัน แสดงว่าการใช้เกณฑ์ตามแบบที่ 1 อาจจะทำให้เกิดข้อโต้แย้งได้ในบางค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้เพื่อประนีประนอมเงื่อนไขดังกล่าวนี้จึงนำการกำหนดน้ำหนักประจำของแต่ละระดับมาบูรณาการร่วมกับหลักการปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็มโดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลเป็นแบบที่ 2 ดังนี้

แบบที่ 2 : ค่าเฉลี่ย

ระดับ	ความหมาย
4.50 - 5.00	มากที่สุด
3.50 - 4.49	มาก
2.50 - 3.49	ปานกลาง
1.50 - 2.49	น้อย
1.00 - 1.49	น้อยที่สุด

เกณฑ์แบบที่ 2 นี้ ช่วงระดับคะแนนมากที่สุดกับน้อยที่สุดจะมีน้อยกว่าระดับอื่น โดยช่วงคะแนนมากที่สุด และน้อยที่สุดช่วงละประมาณ 0.5 แต่ในช่วงอื่นๆ ประมาณ 1 จะเห็นว่า คะแนนเฉลี่ย 1.80 ก็จะตกอยู่ในระดับน้อย ซึ่งสอดคล้องกับหลักการปัดเศษ

แต่แม้แบบที่ 2 จะสอดคล้องกับหลักทั่วไปของการปัดเศษ แต่ ณ คะแนนเฉลี่ยเป็น 4.50, 3.50, 2.50 และ 1.50 ก็เป็นจุดที่มีปัญหาเช่นเดียวกัน เช่น 4.50 ถูกปัดเป็น 5 ในระดับมาก ทั้งๆ ที่ 4.50 มีระยะห่างจาก 5 กับ ห่างจาก 4 เป็นระยะที่เท่ากัน อาจมีข้อคำถามขึ้นว่าทำไมไม่ปัดเป็น 4 ละ?? แล้วจะตอบเช่นไร

ดังนั้นเกณฑ์การแปลความหมายที่เหมาะสมที่สุดปัดข้อโต้แย้งทั้งหมดโดยพัฒนาจากแนวคิดทั้งสองแบบดังกล่าว เป็นดังนี้

แบบที่ 3 : ค่าเฉลี่ย

ระดับ	ความหมาย
4.51 - 5.00	มากที่สุด
3.51 - 4.50	มาก
2.51 - 3.50	ปานกลาง
1.51 - 2.50	น้อย
1.00 - 1.50	น้อยที่สุด

2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้เก็บหรือรวบรวมข้อมูลและดำเนินการจัดระเบียบข้อมูลให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อยพร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ได้แล้ว งานในขั้นต่อไปของผู้วิจัยคือการตัดสินใจว่าจะนำสถิติอะไรมาใช้ ซึ่งในการนี้ผู้วิจัยจะต้องทราบตั้งแต่แรกว่าข้อมูลที่มีอยู่ในลักษณะใดและต้องการเสนอผลการวิเคราะห์อะไร

คำว่าสถิติ (Statistics) มาจากภาษาเยอรมันว่า Statistics มีรากศัพท์มาจาก สถิติ หมายถึง ข้อมูลหรือสารสนเทศ ซึ่งจะอำนวยความสะดวกต่อการบริหารประเทศในด้านต่างๆ เช่น การทำสำมะโนครัวเพื่อจะทราบจำนวนพลเมืองในประเทศทั้งหมด ในสมัยต่อมา คำว่า สถิติ ได้หมายถึง ตัวเลขหรือข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม เช่น จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุบนท้องถนน อัตราการเกิดของเด็กทารก ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี เป็นต้น สถิติในความหมายที่กล่าวมานี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ข้อมูลทางสถิติ

2.7.1 สูตรค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลชุดหนึ่ง หาได้จากการหารผลรวมของข้อมูลชุดนั้นทั้งหมดด้วยจำนวนข้อมูลนั้น เขียนแทนค่าเฉลี่ยมีชัณมิติเลขคณิตด้วย $\bar{X}$ (อ่านว่า เอ็กซ์บาร์) ในกรณีที่ไม่ได้แจกแจงความถี่ ถ้า Σx เป็นผลรวมของข้อมูล n เป็นจำนวนข้อมูล หาค่าเฉลี่ยมีชัณมิติเลขคณิตในการคำนวณดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x}{n} \quad (2.4)$$

กำหนดให้

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

Σx = ผลรวมของข้อมูลทุกค่า

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.7.2 สูตรความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อุนริช นวพรไพศาล (2546, หน้า 40) กล่าวว่า คือ ค่าที่ใช้การกระจายของข้อมูลซึ่งอาศัยหลักการทำงานเดียวกับส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย แต่หลักปัญหาค่าสมบูรณ์ โดยการใช้การยกกำลังสองของผลต่างแล้วหารากที่สองของค่าที่ได้ในอีกครึ่งหนึ่ง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลในขั้นสูงต่อไปและค่าการกระจายที่ได้จะมีความละเอียดถูกต้องและเชื่อถือได้มากที่สุดดังนั้นจึงเปรียบเทียบได้ว่าการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นวิธีที่ใช้วัดการกระจายข้อมูลได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นสมการที่ใช้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในกรณีข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงความถี่ในการคำนวณดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (2.5)$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} S.D. &= \text{สูตรความเบี่ยงเบนมาตรฐาน} \\ n &= \text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด} \end{aligned}$$

2.7.3 จำนวนครั้งของการสุ่มงาน

ถ้าผลลัพธ์ของการสุ่มงานได้ออกมา 2 หนทางคือ ทำงานหรือไม่ทำงาน ข้อมูลในลักษณะนี้จะมีรูปแบบการกระจายแบบ ไบโนเมียล สูตรของการกระจายเป็นดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (1-\bar{x})^2}{n}} \quad (2.6)$$

กำหนดให้

$$n = \text{จำนวนครั้งของการสุ่มงาน}$$

การหาจำนวนครั้งของการสุ่ม นอกจากต้องกำหนดระดับความเชื่อมั่นและความถูกต้องของข้อมูลแล้ว ยังต้องทดลองหาอัตราการทำงานของสิ่งที่สังเกตด้วย (ทดลองหา P ไว้ก่อนจำนวนหนึ่ง)

ถ้ากำหนดระดับความเชื่อมั่นและความแม่นยำของข้อมูล สูตรการคำนวณหาจำนวนครั้งของการสุ่มงาน เป็นดังนี้

$$n = \frac{c^2 \bar{x}(1-\bar{x})}{S.D.^2} \quad (2.7)$$

กำหนดให้ $c =$ ช่วง $\pm \sigma$ เช่น ใช้ระดับความเชื่อมั่น 99 % c มีค่าเท่ากับ 2.575

ใช้ระดับความเชื่อมั่น 95 % c มีค่าเท่ากับ 1.960

ใช้ระดับความเชื่อมั่น 90 % c มีค่าเท่ากับ 1.645

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้จัดทำได้ทำการสืบค้นและศึกษาข้อมูลโครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับถังเป่าพลาสติก การเคลือบชิ้นงานด้วยพลาสติก และตู้อบให้ความร้อน

2.8.1 นริศโรจน์ ศรีรังษ์ นายวรกุล ใจดี และนายศตวรรษ ไพรมีสุข ได้เสนอการออกแบบ และการพัฒนาตู้อบ และอบสีแบบทำความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด การทำงานประกอบด้วย 2 ส่วน คือห้องพ่นสี และห้องอบสี โดยการทำงานในห้องพ่นสี เมื่อทำการพ่นสี พัดลมจะดูดละอองสีเข้าช่องลมเข้าไปผ่านม่านน้ำ เพื่อให้ละอองสีจางตัวลง โดยม่านน้ำถูกส่งมาจากปั้มน้ำ และน้ำจะตกเข้าถังพักน้ำ โดยผ่านการกรอง และถูกดูดส่งไปปลายทางในส่วนห้องอบสี ใช้แหล่งความร้อนจากหลอดอินฟราเรด เมื่อนำชิ้นงานเข้าห้องอบสี จะมีชิ้นงานอยู่ 2 ส่วน คือชิ้นงานพลาสติก และชิ้นงานโลหะทำการทดลองที่อุณหภูมิต่างกันเพื่อหาช่วงเวลา และอุณหภูมิในการแห้งตัวของสีที่เหมาะสมที่สุดในการอบสี พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 และ 30 นาที ชิ้นงานอยู่ในระดับการแห้งตัวที่ระดับ 3 ทำให้การแห้งตัวของสีดีที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยการพัฒนาตู้อบและอบสีแบบทำความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด เบด คณะผู้จัดทำได้รู้ถึงวิธีการทำงานของตู้อบ นำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างตู้อบลวดเหล็ก

2.8.2 อาจารย์ ดร.อภิชาติ ลิ้มปิชัยพานิช เทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยความร้อน (Thermal Spray Technology) จัดเป็นความก้าวหน้าของการผลิตวัสดุในยุคปัจจุบัน โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นผิวเคลือบบนชิ้นงานที่มีความหนาตั้งแต่ 100- 500 ไมโครเมตร เทคนิคการพ่นเคลือบด้วยความร้อนมีข้อดี คือ สะดวก รวดเร็ว และสามารถใช้ได้กับวัสดุหลายชนิดทั้งโลหะ เซรามิกส์ พลาสติก และ สารผสม ในกระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน วัตถุดิบตั้งต้นใน การผลิตผิวเคลือบ (Feedstock) มักอยู่ในรูปของผง(Powders) หรือลวด(Wires) จากนั้นจะให้ความร้อน เพื่อให้วัตถุดิบตั้งต้น หลอมเหลว หรือกึ่งหลอมเหลวและจึงจะเข้าสู่กระบวนการพ่นเคลือบ โดยทั่วไปผิวเคลือบที่ได้จากการพ่นเคลือบด้วยความร้อนจะนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งทางด้านการผลิตวัสดุใหม่เพื่อการนำไปใช้จริง หรือการพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุทั้งความแข็ง และความต้านทานการสึกหรอ เป็นต้น

2.8.3 วรรณวิมล อารยะปราณี งานวิจัย การเคลือบผิวชิ้นงานด้วยพลาสติกผงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด กรรมวิธีการเคลือบผิวด้วยพลาสติกผงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด คือ การอบชิ้นงานโลหะให้มีอุณหภูมิสูงเกินจุดหลอมละลายของ พลาสติกผง จากนั้นจุ่มชิ้นงานร้อนลงในถังเบตซึ่งภายในบรรจุ ผง พลาสติกที่ลอยตัวด้วยแรงอัดของอากาศ แรงอัดนี้จะทำให้ผงพลาสติกภายในเบตมีสภาพคล้าย ของเหลวเดือด ผงพลาสติกที่ลอย ตัวอยู่จะสัมผัสทั่วผิวหน้าของชิ้นงานและจะหลอมละลาย และผง พลาสติกรอบๆ บริเวณชิ้นงานจะเกาะติดพลาสติกที่หลอมละลาย ไปเรื่อยๆ นำชิ้นงานขึ้นจากถังเบต เมื่อได้ความหนาฟิล์ม พลาสติกตามต้องการ ให้นำเข้าเตาอบอีกครั้งอบที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับจุด หลอมละลายของพลาสติกผงเพื่อให้พลาสติกผงที่เหลือ อยู่หลอมละลายจนหมด นำชิ้นงานออกจาก เตาอบและปล่อยให้เย็น งานวิจัยนี้เกิดขึ้นเพื่อศึกษาการเคลือบโลหะทองแดงด้วย ผงโพลิเอทิลีนความ หนาแน่นต่ำในถังเบตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร สูง 65 เซนติเมตร โดยมี วัตถุประสงค์คือ ศึกษาลักษณะการเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติกผงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด และ อิทธิพลของตัวแปรต่อค่าความหนาฟิล์มพลาสติกของการเคลือบ จากการทดลองพบว่าการเคลือบผิว ทำได้ดีในทุกสภาวะคือฟิล์ม พลาสติกที่ได้มีผิวเรียบสม่ำเสมอและเป็นมันวาว ในการศึกษา ตัวแปรที่มี ผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาฟิล์มพลาสติกของ การเคลือบ มีตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเคลือบ อุณหภูมิเริ่มต้นชิ้นงาน 200ถึง300 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเบต 30-50 องศาเซลเซียส อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรชิ้นงาน 710.8-242.1 ม.(-1) - ความเร็วอากาศ 0.0288- 0.0406 เมตร/วินาที สร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่ออธิบายกลไก การเคลือบผิว ด้วยวิธี อินทิเกรต สมดุลความร้อนจากสมการการนำ ความร้อนสำหรับฟิล์มพลาสติก และการตั้งสมมติฐาน ให้สอดคล้อง เปรียบเทียบความหนาฟิล์มพลาสติกระหว่างผลการทดลอง กับค่าการคำนวณจาก สมการนำความร้อนที่สภาวะการทดลองเดียวกัน พบว่าค่าความหนาจากการคำนวณจะสูงกว่าการ ทดลองประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ การเบี่ยงเบนนี้คาดว่าเกิดจากสมมติฐานที่ตั้ง ขึ้นคืออุณหภูมิชิ้นงาน และอุณหภูมิที่ผิวฟิล์มมีค่าคงที่

จากการศึกษางานวิจัยการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยพลาสติกผงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด คณะ ผู้จัดทำได้รู้ถึงวิธีการทดสอบการเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก

บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

โครงการนี้เป็นารสร้างออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกซึ่งในการออกแบบเพื่อจัดทำโครงการนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่มีความเหมาะสม เพื่อที่จะทำการออกแบบให้สามารถเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อให้โครงการสำเร็จเป็นไปตามวัตถุประสงค์และระยะเวลาตามที่กำหนดจึงต้องมีการวางแผนในการดำเนินงาน ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างที่คาดไว้ ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- 3.1 แผนการดำเนินงาน
- 3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้
- 3.3 การออกแบบ
- 3.4 การสร้างชุดสาธิตเคลื่อนที่ลดพลาสติก
- 3.5 วิธีการทดลอง

3.1 การวางแผนและการดำเนินงาน

3.1.1 การวางแผนและการดำเนินงานสร้างชุดสาคิตเคลือบลดพลาสติก จากการศึกษาข้อมูลสามารถวางแผน การดำเนินงาน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานสร้างชุดสาธิตเคลื่อนที่ลดพลาสติก

หัวข้อการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการทำโครงการ (พ.ศ.2561)																			
	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเคลือบลดด้วยผงพลาสติก																				
2. เขียนบทที่ 1,2 และ3																				
3. เตรียมวัสดุและขอสอบหัวข้อ																				

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานสร้างชุดสาธิตเคลือบลดพลาสติก (ต่อ)

หัวข้อการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการทำโครงการ (พ.ศ.2561)																			
	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4. ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบลดพลาสติก								---												
5. ทดสอบการทำงานของเครื่องชุดเคลือบลดพลาสติก									---											
6. เขียนโครงการอบรมและทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสม													---							
7. จัดอบรม, เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนบทที่ 4 และบทที่ 5																---				
8. สอบโครงการ																		---		
9. แก้ไขเล่มและส่งเล่มโครงการ																			---	

แสดงแผนการดำเนินงาน

แสดงการดำเนินงานจริง

3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.2.1 วัสดุ

วัสดุที่ต้องจัดเตรียมมาสร้างเครื่องมือมีดังต่อไปนี้

3.2.1.1 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 32x32x3.2 มิลลิเมตร ยาว 7 เมตร จำนวน 1 เส้น

3.2.1.2 เหล็กกล่องแบนขนาด 60x30x3.2 มิลลิเมตร ยาว 7 เมตร จำนวน 1 เส้น

3.2.1.3 เหล็กแผ่นรีดร้อนขนาด 600x600x3 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น

3.2.1.4 ถังเหล็ก ขนาด 50 ลิตร จำนวน 1 ถัง

3.2.1.5 ท่อพีวีซี 1/2 นิ้ว ขนาดความยาว 2 เมตร จำนวน 1 เส้น

3.2.1.6 ข้องอเกลียวใน 90 องศา ขนาด $1/2$ นิ้ว จำนวน 1 ตัว

3.2.1.7 ข้องอ 90 องศา ขนาด $1/2$ นิ้ว จำนวน 1 ตัว

3.2.1.8 ข้อต่อ 4 ทาง ขนาด $1/2$ นิ้ว จำนวน 3 ตัว

3.2.1.9 ปลีกอุดท่อพีวีซี ขนาด $1/2$ นิ้ว จำนวน 7 ตัว

3.2.1.10 แผ่นฉนวนกันความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด จำนวน 2 แผ่น

3.2.1.11 ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ ขนาด 900 องศาเซลเซียส จำนวน 3 ชิ้น

3.2.1.12 ชุดตู้ควบคุมอุณหภูมิ จำนวน 1 ชุด

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

ในการผลิตชุดเคลือบหลอดพลาสติกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตดังต่อไปนี้

3.2.2.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า – กระแสไฟเชื่อม 10-200 แอมป์ , ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์

3.2.2.2 เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ

3.2.2.3 เครื่องตัดไฟเบอร์

3.2.2.4 สว่านไร้สาย – กำลังไฟ 10.8 โวลต์ , ชนิดแบตเตอรี่

3.2.2.5 เลื่อยมือ

3.2.2.6 สว่านไฟฟ้า – กำลังไฟ 350 วัตต์

3.3 การออกแบบและสร้างชุดเคลือบหลอดพลาสติก

การออกแบบชุดเคลือบหลอดพลาสติกแบ่งการออกแบบออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบในส่วนของชุดตู้อบลวดเหล็กสำหรับการให้ความร้อนกับลวดเหล็ก จำนวน 1 ชุด และชุดถังเป่าผงพลาสติกจำนวน 1 ชุด

3.3.1 การออกแบบฐานรองตู้อบ โดยออกแบบความสูงทั้งหมดของเครื่องชุดเคลือบหลอดพลาสติก เพื่อใช้ผู้ปฏิบัติงานเพศชาย 95% สามารถปฏิบัติงานได้ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 = 1.645 โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 2.3 สัดส่วนที่สำคัญของผู้ใช้แรงงานไทย 250 คน มีความสูงยืน 160.7 เซนติเมตร มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.7 สามารถคำนวณได้ดังนี้

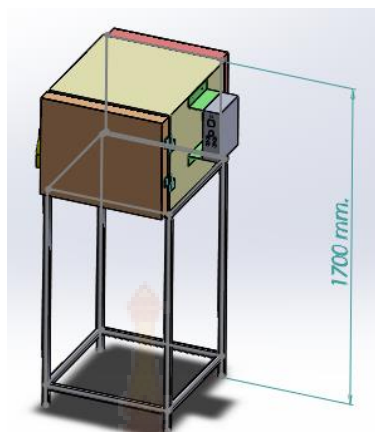
$$\text{จากสูตร} \quad X_p = X + Z_p * s \quad (2.2)$$

$$\text{แทนค่า} \quad X_{0.95} = 160.7 + 1.645(5.7)$$

$$X_{0.95} = 160.7 + 9.3765$$

$$X_{0.95} = 170.0765 \approx 170 \text{ เซนติเมตร หรือ } 1700 \text{ มิลลิเมตร}$$

ดังนั้น ผู้จัดทำเลือกที่จะออกแบบให้เหมาะสมความสูงทั้งหมดของเครื่องชุดอบลวดเคลือบพลาสติกนั้นคือ 170 เซนติเมตร หรือ 1700 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.1

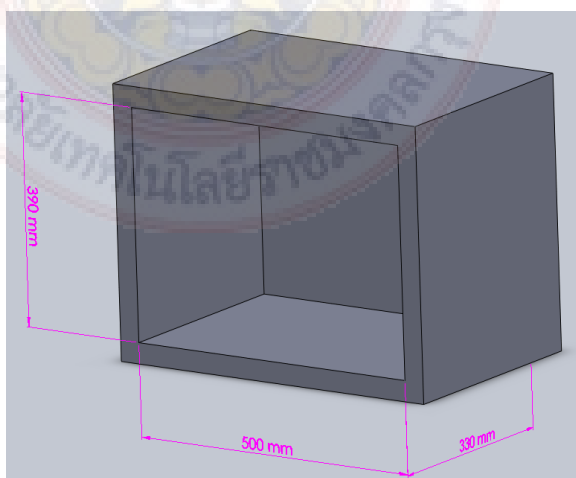


ภาพที่ 3.1 การออกแบบฐานรองตู้อบ

3.3.2 การออกแบบตู้อบให้ความร้อน โดยออกแบบให้ตู้อบให้ความร้อนมีขนาดภายใน 390 x 500 x 330 มิลลิเมตร โดยออกแบบเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการนำชิ้นงานเข้าตู้อบเพื่อไม่ให้ชิ้นงานถูก Heater ใช้ปริมาตรค่าเพื่อเป็น 3 เท่าของขนาดชิ้นงาน สามารถคำนวณได้ดังนี้

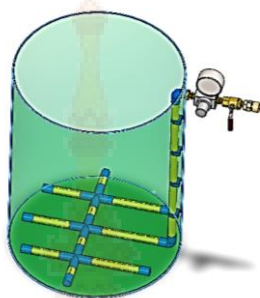
$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad \text{หาปริมาตรตู้อบ} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} & (2.1) \\
 \text{แทนค่า} &= 390 \times 500 \times 330 \text{ มิลลิเมตร}^3 \\
 &= 0.39 \times 0.50 \times 0.33 \text{ เมตร}^3 \\
 &= 64 \text{ ลูกบาศก์เมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ผู้จัดทำเลือกที่จะออกแบบตู้อบให้เหมาะสมกับการใช้งานในการอบชิ้นงาน โดยออกแบบขนาดภายในของตู้มีขนาด 64 ลูกบาศก์เมตร ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การออกแบบตู้อบให้ความร้อน

3.3.3 การออกแบบถังเป่าผงพลาสติก ส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ ของการออกแบบตัวถังเป่าพลาสติก ใช้ถังเหล็กขนาด 50 ลิตร โดยมีท่อฟิวซี ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว เป็นตัวนำทิศทางของลมในการเป่าผงพลาสติกให้ฟู ผู้จัดทำเลือกที่จะใช้ถังขนาด 50 ลิตร เพราะสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและมีขนาดไม่ใหญ่มากจนเกินไป ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การออกแบบถังเป่าผงพลาสติก

3.4 การสร้างชุดเคลื่อนที่พลพลาสติก

การสร้างชุดสาธิตเคลื่อนที่พลพลาสติก มีขั้นตอนการดำเนินการและรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 สร้างตู้อบลวดเหล็ก มีขั้นตอนการดำเนินการและรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1.1 ฐานรองตู้อบให้ความร้อน วัสดุที่ใช้ เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด $32 \times 32 \times 3.2$ มิลลิเมตร ขั้นตอนการทำ ใช้เครื่องตัดไฟเบอร์ตัดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด $32 \times 32 \times 3.2$ มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น ตัดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด $32 \times 32 \times 3.2$ มิลลิเมตร ความยาว 1100 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น และทำการเชื่อมเหล็กตามแบบจะได้ฐานรองตู้อบ แสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การสร้างฐานรองตู้อบลวด

3.4.1.2 ตู้อบให้ความร้อน วัสดุที่ใช้ เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน ขนาด 60x30x3.2 มิลลิเมตร เหล็กแผ่น ความหนา 3 มิลลิเมตร ขั้นตอนการทำ ใช้เครื่องตัดไฟเบอร์ตัดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน ขนาด 60x30x3.2 มิลลิเมตร ความยาว 490 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น ตัดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน ขนาด 60x30x3.2 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้น ตัดเหล็กแผ่น ขนาด 600x490x3 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น ทำการเชื่อมเหล็กกล่องแบนขึ้นโครงตู้และทำการเชื่อมแผ่นเหล็กติดกับโครงตู้ที่ขึ้นไว้เป็นผนังของตู้อบให้ความร้อน แสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 สร้างตู้อบให้ความร้อน

3.4.1.3 ฝาปิด-เปิดตู้อบให้ความร้อน วัสดุที่ใช้ เหล็กแผ่นขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร ขั้นตอนการทำ ตัดเหล็กแผ่นขนาด 600x490x3 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ตัดเหล็กแผ่นขนาด 70x600x3 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น ตัดเหล็กแผ่นขนาด 70x490x3 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น เชื่อมแผ่นเหล็กที่ตัดเตรียมไว้ให้เป็นฝาดู้อบ แสดงดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ฝาปิด-เปิดตู้อบ

3.4.1.4 ติดตั้งบานพับและมือจับล็อกฝาตู้อบ วัสดุที่ใช้ บานพับ ขนาด 4 นิ้ว มือจับ ล็อกประตู ขนาด 150 มิลลิเมตร ขั้นตอนการทำ ใช้สว่านเจาะรูยึดบานพับ มือจับล็อกฝาตู้อบ และ ทำการใช้ไขควงขันยึดน็อตติดตั้งบานพับและมือจับ แสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ติดตั้งบานพับและมือจับล็อกฝาตู้อบ

3.4.1.5 ติดตั้งฝาตู้อบเข้ากับตู้ โดยการใช้สว่านเจาะรูเข้ากับบานพับที่ติดกับตัวตู้อบ แสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ติดฝาตู้เข้ากับตัวตู้อบ

3.4.1.6 ติดตั้งแผ่นทนความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด วัสดุที่ใช้ แผ่นทนความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด ขั้นตอนการทำ ตัดแผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด ขนาด 600x490x90 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น และทำการใส่แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ดที่ตัดเตรียมไว้ลงในตัวตู้อบและฝาตู้อบ แสดงดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ติดตั้งแผ่นกันความร้อนแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด

3.4.1.7 ติดตั้งฮีสเตอร์ฮอตทรานเนอร์และชุดควบคุมอุณหภูมิ วัสดุที่ใช้ ฮีสเตอร์ฮอตทรานเนอร์ ขนาด 650 วัตต์ ชุดควบคุมอุณหภูมิ ขั้นตอนการทำ วางขดลวดฮีสเตอร์เพื่อวัดจุดติดตั้งของขดลวดฮีสเตอร์ ติดตั้งขดลวดฮีสเตอร์ตามจุดที่ได้วัดไว้ และทำการติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ติดตั้งฮีเตอร์ฮอตทรานเนอร์และชุดควบคุมอุณหภูมิ

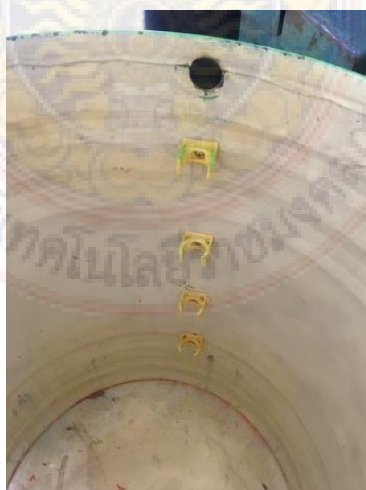
3.4.1.8 ตู้อบให้ความร้อนที่เสร็จสมบูรณ์ แสดงดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ตู้อบให้ความร้อนที่เสร็จสมบูรณ์

3.4.2 สร้างถังเป่าผงพลาสติก มีขั้นตอนการดำเนินการและรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.2.1 เจาะรูยึดอุปกรณ์ วัสดุที่ใช้ ถังเหล็ก ขนาด 50 ลิตร ก้ามปูยึดจับท่อ ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ขั้นตอนการทำ เจาะรูถังเหล็กด้วยสว่านมือ ขนาดรู 3 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เพื่อยึดอุปกรณ์ยึดจับท่อ และเจาะรูด้วยดอกไฮลซอร์ ขนาดรู 13 มิลลิเมตร จำนวน 1 รู เพื่อไว้ยึดข้อต่อระหว่างท่อพีวีซีกับอุปกรณ์วัดแรงดันลม แสดงดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 การสร้างถังเป่าผงพลาสติกและเจาะรูยึดอุปกรณ์ยึดจับท่อ

3.4.2.2 ตัดท่อพีวีซี เพื่อนำมาประกอบท่อทางเดินลมเป่าผงพลาสติก วัสดุที่ใช้ ท่อพีวีซี ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ขั้นตอนการทำ ใช้เลื่อยมือตัดท่อพีวีซี ความยาว 435 มิลลิเมตร 1 ชิ้น ตัดท่อพีวีซี ความยาว 170 มิลลิเมตร 1 ชิ้น ตัดท่อพีวีซี ความยาว 150 มิลลิเมตร 2 ชิ้น ตัดท่อพีวีซี ความยาว 70 มิลลิเมตร 2 ชิ้น ตัดท่อพีวีซี ความยาว 100 มิลลิเมตร 2 ชิ้น ตัดท่อพีวีซี ความยาว 50 มิลลิเมตร 2 ชิ้น ตัดท่อพีวีซี ความยาว 120 มิลลิเมตร 1 ชิ้น แสดงดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ตัดท่อพีวีซี เพื่อนำมาประกอบเป็นท่อทางเดินลมเป่าผงพลาสติก

3.4.2.3 ประกอบชิ้นส่วนท่อลมเป่าผงพลาสติก วัสดุที่ใช้ ท่อพีวีซี ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ที่ตัดตามขนาดที่เตรียมไว้ ข้อต่อ 90 องศา เกลียวใน ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 1 ตัว ข้อต่อ 90 องศา ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 1 ตัว ข้อต่อ 4 ทิศ ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 3 ตัว ปลั๊กอุดท่อพีวีซี ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 7 ตัว ขั้นตอนการทำ นำท่อแต่ละชิ้นประกอบเข้าด้วยกัน แสดงดังภาพที่ 3.14



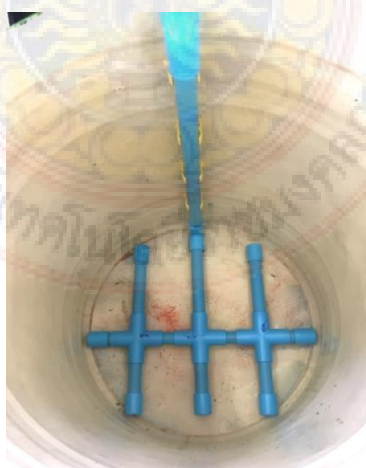
ภาพที่ 3.14 ประกอบชิ้นส่วนท่อลมเป่าผงพลาสติก

3.4.2.4 เจาะรูท่อพีวีซี ขั้นตอนการทำ ใช้ดอกสว่าน ขนาด 2 มิลลิเมตร เจาะรูที่ท่อพีวีซี ขนาดความห่างของรูที่เจาะประมาณ 10 มิลลิเมตร รูที่เจาะจะเจาะด้านบนและด้านข้างของท่อพีวีซี แสดงดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 เจาะรูท่อพีวีซี

3.4.2.5 การประกอบชุดท่อเป่าลมเข้ากับถังเหล็ก ขั้นตอนการทำ นำชุดท่อเป่าลมที่ประกอบเสร็จแล้ว มาประกอบลงในตัวถังเหล็กดันท่อยึดเข้ากับตัวยึดจับท่อที่ติดกับตัวถังเหล็ก แสดงดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 การประกอบชุดท่อเป่าลมเข้ากับถังเหล็ก

3.4.2.6 การประกอบชุดวัดแรงดันลม วัสดุที่ใช้ ข้อต่อเกลียวนอกทองเหลือง ขนาด 1/2 นิ้ว เกจวัดลม ขนาด 16 บาร์ บอลวาล์ว ขนาด 1/2 นิ้ว ข้อต่อสวมลมเร็ว ขนาด 1/2 นิ้ว ขั้นตอนการทำ ประกอบอุปกรณ์ ข้อต่อเกลียวนอกทองเหลือง เกจวัดลม บอลวาล์ว ข้อต่อสวมลมเร็ว แต่ละชิ้นเข้าด้วยกัน และนำอุปกรณ์ที่ประกอบเสร็จแล้วในขั้นตอนแรก มาประกอบเข้ากับท่อลมที่เตรียมรอไว้ แสดงดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 การประกอบชุดวัดแรงดันลม

3.4.2.7 ถังเป่าผงพลาสติกที่เสร็จสมบูรณ์ ดังภาพที่ 3.18

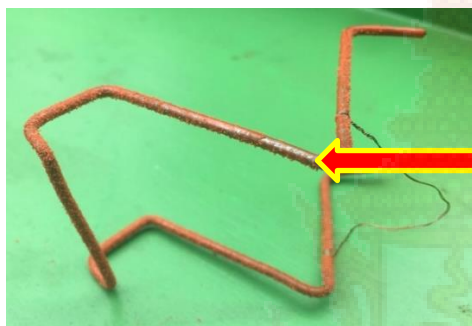


ภาพที่ 3.18 ถังเป่าผงพลาสติกที่เสร็จสมบูรณ์

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ทำการทดลองขึ้นงาน ในขั้นตอนนี้เป็นการทดลองอบขึ้นงานเพื่อหาอุณหภูมิที่ทำให้ผงพลาสติกเกาะกับชิ้นงานที่ดีที่สุด อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบคือ 230 – 250 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบขึ้นงาน 5 นาที ลมที่ใช้เป่าผงพลาสติก 7 บาร์ จากนั้นดูอุณหภูมิที่ทำให้ผงพลาสติกเกาะกับชิ้นงานที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดสอบและนำมาใช้ในการจัดอบรม

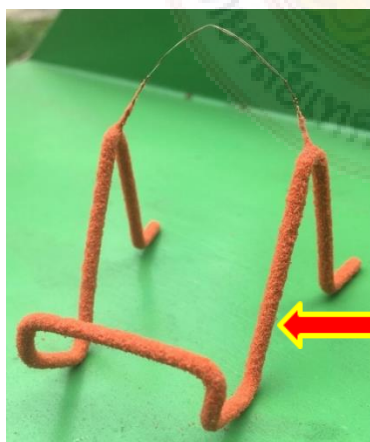
3.5.1.1 ทำการทดลองอบขึ้นงานด้วยอุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำชิ้นงานมาเป่าผงพลาสติกให้เกาะกับชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะการเกาะของพลาสติกไม่ทั่วทั้งชิ้นงานมีการเกาะของพลาสติกเป็นบางจุด บางจุดก็ไม่มีพลาสติกเกาะที่ชิ้นงานแสดงดังภาพที่ 3.19



ชิ้นงานประเภท A เป็นชิ้นงานที่มีลักษณะการเกาะของพลาสติกเป็นบางจุด บางจุดก็ไม่มีพลาสติกเกาะที่ชิ้นงาน

ภาพที่ 3.19 อบขึ้นงานด้วยอุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

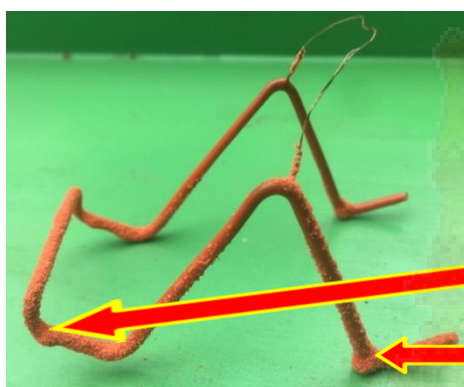
3.5.1.2 ทำการทดลองอบขึ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำชิ้นงานมาเป่าผงพลาสติกให้เกาะกับชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเกาะของพลาสติกเต็มทั่วทั้งชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 3.20



ชิ้นงานประเภท B เป็นชิ้นงานมีลักษณะการเกาะของพลาสติกเต็มทั่วทั้งชิ้นงาน

ภาพที่ 3.20 อบขึ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

3.5.1.3 ทำการทดลองอบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำชิ้นงานมาเป่าผงพลาสติกให้เกาะกับชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเกาะของพลาสติกหดยดและเยิ้มของพลาสติกเพราะชิ้นงานมีความร้อนเกินไปทำให้ผงพลาสติกละลายแสดงดังภาพที่ 3.21



ชิ้นงานประเภท C เป็นชิ้นมีลักษณะการเกาะของพลาสติกหดยดและเยิ้มของพลาสติกเพราะชิ้นงานมีความร้อนเกินไปทำให้ผงพลาสติกละลาย

ภาพที่ 3.21 อบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

3.5.2 ทำการทดลองชิ้นงาน ในขั้นตอนนี้เป็น การทดสอบอบชิ้นงานเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติกที่ดีที่สุด เวลาที่ใช้ทดสอบอบเคลือบพลาสติกคือ 14 - 16 วินาที อุณหภูมิที่ใช้ 240 องศาเซลเซียส จากนั้นดูเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติกที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดสอบ

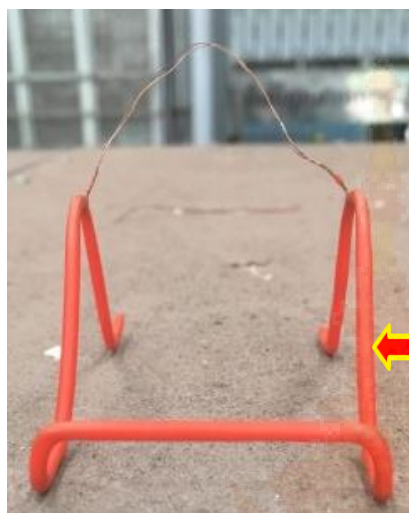
3.5.2.1 ทำการทดลองอบเคลือบพลาสติกชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วินาที ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบของพลาสติกที่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ชิ้นงานที่เคลือบเป็นจุดเม็ดๆ ของผงพลาสติกแสดงดังภาพที่ 3.22



ชิ้นงานประเภท X เป็นชิ้นงานมีลักษณะการเคลือบของพลาสติกที่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ชิ้นงานที่เคลือบเป็นจุดเม็ดๆ ของผงพลาสติก

ภาพที่ 3.22 อบเคลือบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วินาที

3.5.2.2 ทำการทดลองอบเคลือบพลาสติกชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบที่สมบูรณ์มีการละลายเคลือบของพลาสติกทั่วทั้งชิ้นงานแสดงดังภาพที่ 3.23



ชิ้นงานประเภท Y เป็นชิ้นงานมี
ลักษณะการเคลือบที่สมบูรณ์มี
การละลายเคลือบของพลาสติก
ทั่วทั้งชิ้นงาน

ภาพที่ 3.23 อบเคลือบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที

3.5.2.3 ทำการทดลองอบเคลือบพลาสติกชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วินาที ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบที่ไม่ดี เวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติกนานเกินไปทำให้ชิ้นงานที่เคลือบพลาสติกมีการหดและเย็นของพลาสติกแสดงดังภาพที่ 3.24



ชิ้นงานประเภท Z เป็นชิ้นงานมี
ลักษณะการเคลือบที่ไม่ดี เวลาที่ใช้
ในการอบเคลือบพลาสติกนาน
เกินไปทำให้ชิ้นงานที่เคลือบ
พลาสติกมีการหดและเย็นของ
พลาสติก

ดังภาพที่ 3.24 อบเคลือบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วินาที

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองโครงงานการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกเป็นการสร้างเพื่อนำมาใช้ทดสอบหาความพึงพอใจในการใช้เครื่องชุดเคลือบลดพลาสติก ในส่วนของบทนี้เป็นการทดลองและประเมินหาความพึงพอใจ ดังนั้นจึงเก็บข้อมูลประเมินความพึงพอใจดังนี้

- 4.1 ผลการทดลองหาอุณหภูมิ
- 4.2 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก
- 4.3 ผลการจัดอบรมและคะแนนการประเมินความพึงพอใจ

4.1 ผลการทดลองหาอุณหภูมิ

ในการทดลองอบชิ้นงานในครั้งแรกเพื่อหาอุณหภูมิที่ดีที่สุดมาใช้อบชิ้นงานเพื่อนำมาเป่าผงพลาสติกให้เกาะชิ้นงาน เวลาที่ใช้ในการอบ 5 นาที อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ 230 – 250 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางการทดลองอบชิ้นงานในครั้งแรก

เวลาที่ใช้ในการอบ ชิ้นงานครั้งแรก	อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ (องศาเซลเซียส)	สภาพชิ้นงานทดลอง		
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
5 นาที	230°	A	B	A
	240°	B	B	B
	250°	C	C	C

- หมายเหตุ
- A – ชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะการเกาะของพลาสติกไม่ทั่วชิ้นงานมีการเกาะของพลาสติกเป็นบางจุด บางจุดก็ไม่มีพลาสติกเกาะที่ชิ้นงาน
 - B – ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเกาะของพลาสติกเต็มทั่วทั้งชิ้นงาน
 - C – ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเกาะของพลาสติกหยดและเยิ้มของพลาสติก เพราะชิ้นงานมีความร้อนเกินไปทำให้ผงพลาสติกละลาย

หาค่าเฉลี่ยจากสมการดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{7150}{30}$$

$$\bar{X} = 238.33$$

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}}$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{(30)(1705500) - (7150)^2}{30(30-1)}}$$

$$S.D. = 6.98$$

หาจำนวนข้อมูลที่อยู่ภายใต้กราฟ $\pm 3\sigma$ โดยใช้ค่า $c = 2.575$ ในสมการดังนี้

$$n = \frac{c^2 \bar{X}(1-\bar{X})}{S.D.^2}$$

$$n = \frac{2.575^2(238.33)(1-238.33)}{6.98^2}$$

$$n = 7697.94$$

$\therefore$ สรุปได้ว่าภายใต้กราฟ $\pm 3\sigma$ มีค่าเท่ากับ $n \approx 1$

4.2 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก

จากข้อมูลในขั้นตอนแรกนำอุณหภูมิที่ทดลองได้ที่ 240 องศาเซลเซียส มาใช้ในการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติกที่ดีที่สุด เวลาที่ใช้ในการทดสอบ 14 - 16 วินาที อุณหภูมิในการอบเคลือบพลาสติก 240 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก

อุณหภูมิที่ใช้ในการ อบเคลือบพลาสติก (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ ทดสอบ (วินาที)	สภาพชิ้นงานทดลอง		
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
240°	14 วินาที	X	Y	X
	15 วินาที	Y	Y	Y
	16 วินาที	Z	Z	Z

หมายเหตุ X – ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบของพลาสติกที่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ชิ้นงานที่เคลือบเป็นจุดเม็ดๆ ของผงพลาสติก

Y – ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบที่สมบูรณ์มีการละลายเคลือบของพลาสติกทั่วทั้งชิ้นงาน

Z – ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบที่ไม่ดี เวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติกนานเกินไปทำให้ชิ้นงานที่เคลือบพลาสติกมีการหดและเย็นของพลาสติก

จากผลการทดลองทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้เวลาในการอบเคลือบพลาสติกเป็นเวลา 15 วินาที อุณหภูมิในการอบเคลือบ 240 องศาเซลเซียส เพราะชิ้นงานที่ได้มีลักษณะการเคลือบที่สมบูรณ์มีการละลายเคลือบของพลาสติกทั่วทั้งชิ้นงาน

4.2.2 การหาค่าจำนวนข้อมูลที่อยู่ภายใต้กราฟ $\pm 3\sigma$

ในการหาประสิทธิภาพของชุดเคลือบหลอดพลาสติก ผู้จัดทำโครงการได้ทำการหาประสิทธิภาพเชิงปริมาณซึ่งจะเป็นการหาค่าคลาดเคลื่อน ดังนี้

4.2.2.1 ในการหาค่าที่ระดับค่าความเชื่อมั่น 99% ของเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก จะใช้ตัวอย่างที่ระยะ 12 มาเป็นตัวแทนในการหาค่า N ว่าเพียงพอหรือไม่และใช้ค่า $C = 2.575$ ได้ข้อมูล ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เวลาที่ใช้ในการอบเคลือบพลาสติก (วินาที) อุณหภูมิที่ใช้ 240 องศาเซลเซียส

ชั้นที่	เวลาที่ใช้ อบเคลือบ พลาสติก (วินาที)	X^2	ชั้นที่	เวลาที่ใช้ อบเคลือบ พลาสติก (วินาที)	X^2	ชั้นที่	เวลาที่ใช้ อบเคลือบ พลาสติก (วินาที)	X^2
1	13 วินาที	169	11	15 วินาที	225	21	15 วินาที	225
2	14 วินาที	196	12	15 วินาที	225	22	15 วินาที	225
3	15 วินาที	225	13	15 วินาที	225	23	15 วินาที	225
4	16 วินาที	256	14	15 วินาที	225	24	15 วินาที	225
5	17 วินาที	289	15	15 วินาที	225	25	15 วินาที	225
6	14 วินาที	196	16	15 วินาที	225	26	15 วินาที	225
7	15 วินาที	225	17	15 วินาที	225	27	15 วินาที	225
8	15 วินาที	225	18	15 วินาที	225	28	15 วินาที	225
9	15 วินาที	225	19	15 วินาที	225	29	15 วินาที	225
10	15 วินาที	225	20	15 วินาที	225	30	15 วินาที	225
Σ							449	6731

หาค่าเฉลี่ยจากสมการดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{449}{30}$$

$$\bar{X} = 14.96 \text{ วินาที}$$

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}}$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{(30)(6731) - (449)^2}{30(30-1)}}$$

$$S.D. = 0.61$$

หาจำนวนข้อมูลที่อยู่ภายใต้กราฟ $\pm 3\sigma$ โดยใช้ค่า $c = 2.575$ ในสมการดังนี้

$$n = \frac{c^2 \bar{X}(1-\bar{X})}{S.D.^2}$$

$$n = \frac{2.575^2(14.96)(1-14.96)}{0.61^2}$$

$$n = -3721.44$$

$\therefore$ สรุปได้ว่าภายใต้กราฟ $\pm 3\sigma$ มีค่าเท่ากับ $n \approx 1$

4.3 ผลการจัดอบรมและคะแนนการประเมินความพึงพอใจ

4.3.1 การอบรมชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติกได้มีการบรรยายให้ความรู้โดยวิทยากร โดยให้ความรู้เรื่องการใช้ชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติกให้กับผู้เข้าร่วมอบรม ให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้รับความรู้ ความเข้าใจและประโยชน์ได้รับสูงสุด

4.3.1.1 วิทยากรผู้ให้บรรยาย ผู้ช่วยศาสตราจารย์กังวาล นาคศุภรังษี อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4.3.1.2 ผู้เข้าร่วมอบรมเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีชั้นปีที่ 1,2 จำนวน 30 คน เป็นผู้ชาย 25 คน ผู้หญิง 5 คน

4.3.2 การประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก แบ่งหัวข้อเป็น 5 ประเด็น คือ 1.การประชาสัมพันธ์จัดอบรมโครงการ ฯ ในประเด็นที่ 1 มีทั้งหมด 4 ข้อย่อยในการตอบแบบสอบถาม 2.เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ/วิทยากร/ผู้ประสานงาน ในประเด็นที่ 2 มีทั้งหมด 4 ข้อย่อยในการตอบแบบสอบถาม 3.ความพึงพอใจในด้านการใช้ชุดลดพลาสติก ในประเด็นที่ 3 มีทั้งหมด 4 ข้อย่อยในการตอบแบบสอบถาม 4.ความพึงพอใจในด้านการใช้ถังเป่าผงพลาสติก ในประเด็นที่ 4 มีทั้งหมด 3 ข้อย่อยในการตอบแบบสอบถาม 5.การอำนวยความสะดวก ในประเด็นที่ 5 มีทั้งหมด 1 ข้อย่อยในการตอบแบบสอบถาม

4.3.2.1 คะแนนการประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก

โดยมีการกำหนดเกณฑ์ระดับความเห็นด้วย จากค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้ คือ น้อยกว่า 1 คะแนน ควรปรับปรุง, 1.5 – 2 คะแนน ปานกลาง, 2.5 – 3 คะแนน พอใช้, 3.5 – 4 คะแนน ดี และ 4.5 – 5 คะแนน ดีมาก

1) ผลการหาค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลือบลดพลาสติก ดังตารางที่ 4.5

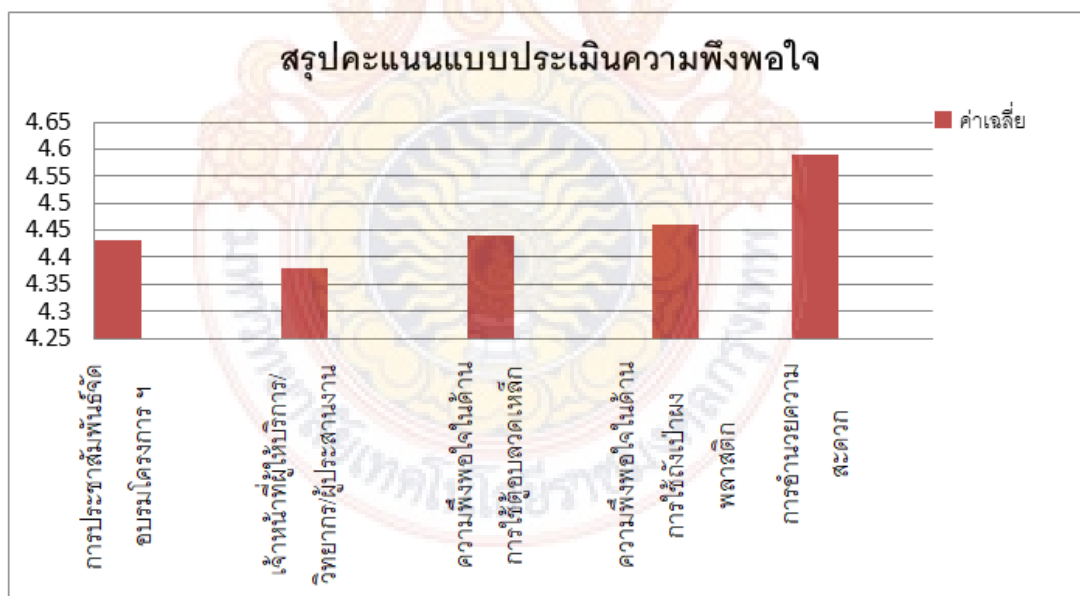
ตารางที่ 4.5 สรุปคะแนนแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลือบลดพลาสติก

ลำดับ	หัวข้อประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	S.D
		5	4	3	2	1		
1.1	การประชาสัมพันธ์โครงการ ฯ	17	12	1			4.53	0.64
1.2	ความเหมาะสมของสถานที่	16	9	5			4.37	0.61
1.3	ความเหมาะสมของระยะเวลา	15	13	2			4.43	0.62
1.4	การจัดลำดับขั้นตอนของกิจกรรม	13	15	2			4.37	0.61
2.1	ความรู้ในเนื้อหาของวิทยากร	13	13	4			4.30	0.60
2.2	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้	12	12	6			4.20	0.58
2.3	การตอบคำถาม	18	10	2			4.53	0.64
2.4	ความเหมาะสมของวิทยากรในภาพรวม	18	9	3			4.50	0.63
3.1	ความเหมาะสมของขนาดตู้อบ	13	12	5			4.27	0.59
3.2	ระบบควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบลดเหล็ก	15	11	4			4.37	0.61
3.3	การปิด – เปิด ของตู้อบลดเหล็ก	16	13	1			4.50	0.63
3.4	ความปลอดภัยในการใช้ตู้อบลดเหล็ก	21	7	2			4.63	0.66
4.1	ความเหมาะสมของขนาดถังเป่าผงพลาสติก	15	13	2			4.43	0.62
4.2	ระบบของลมในการพ่นเป่าผงพลาสติก	16	11	3			4.43	0.62

ตารางที่ 4.5 สรุปคะแนนแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลือบหลอดพลาสติก(ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	S.D
		5	4	3	2	1		
4.3	ความปลอดภัยในการใช้ถังเป่าผงพลาสติก	18	9	3			4.50	0.63
5.1	อุปกรณ์, เครื่องมือ เพียงพอต่อการใช้งาน	11	13	6			4.17	0.57
5.2	เจ้าหน้าที่สนับสนุน	18	13	2			4.93	0.71
5.3	อาหาร, เครื่องดื่มและสถานที่	21	8	1			4.67	0.67

2) สรุปคะแนนประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลือบหลอดพลาสติก สรุปคะแนนเป็น 5 ส่วน แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 สรุปคะแนนแบบประเมินความพึงพอใจ

ก) การประชาสัมพันธ์จัดอบรมโครงการ ฯ มี 4 ข้อย่อย

ข้อ 1.1 การประชาสัมพันธ์โครงการ ฯ คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.53 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64

ข้อ 1.2 ความเหมาะสมของสถานที่ คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.37 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61

ข้อ 1.3 ความเหมาะสมของระยะเวลา คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.43 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

ข้อ 1.4 การจัดลำดับขั้นตอนของกิจกรรม คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.37 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61

คะแนนเฉลี่ยรวมการประชาสัมพันธ์จัดอบรมโครงการ ฯ เท่ากับ 4.43

ข) เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ/วิทยากร/ผู้ประสานงาน มี 4 ข้อย่อย

ข้อ 2.1 ความรอบรู้ ในเนื้อหาของวิทยากร คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.37 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60

ข้อ 2.2 ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.30 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58

ข้อ 2.3 การตอบคำถาม คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.20 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64

ข้อ 2.4 ความเหมาะสมของวิทยากร ในภาพรวม คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63

คะแนนเฉลี่ยรวมเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ/วิทยากร/ผู้ประสานงาน เท่ากับ 4.38

ค) ความพึงพอใจในการใช้ตู้อบลวดเหล็ก มี 4 ข้อย่อย

ข้อ 3.1 ความเหมาะสมของขนาดตู้อบ คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.27 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.59

ข้อ 3.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบลวดเหล็ก คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.37 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61

ข้อ 3.3 การปิด - เปิด ของตู้อบลวดเหล็ก คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63

ข้อ 3.4 ความปลอดภัยในการใช้ตู้อบลวดเหล็ก คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.63 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66

คะแนนเฉลี่ยรวมความพึงพอใจในการใช้ตู้อบลวดเหล็ก เท่ากับ 4.44

ง) ความพึงพอใจในการใช้ถังเป่าผงพลาสติก มี 3 ข้อย่อย

ข้อ 4.1 ความเหมาะสมของขนาดถังเป่าผงพลาสติก คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.43 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

ข้อ 4.2 ระบบของลมในการพ่นเป่าผงพลาสติก คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.43 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

ข้อ 4.3 ความปลอดภัยในการใช้ถังเป่าผงพลาสติก คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63

คะแนนเฉลี่ยรวมความพึงพอใจในการใช้ถังเป่าผงพลาสติก เท่ากับ 4.46

จ) การอำนวยความสะดวก มี 3 ข้อย่อย

ข้อ 5.1 อุปกรณ์,เครื่องมือ เพียงพอต่อการใช้งาน คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.17 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57

ข้อ 5.2 เจ้าหน้าที่สนับสนุน คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.93 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71

ข้อ 5.3 อาหาร, เครื่องดื่มและสถานที่ คะแนนที่เฉลี่ย เท่ากับ 4.67 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67

คะแนนเฉลี่ยรวมการอำนวยความสะดวก เท่ากับ 4.59

บทที่ 5

บทสรุป

ในการดำเนินการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก โดยเริ่มจากการวางแผนต่างๆ ออกแบบดำเนินการสร้างเครื่องจนถึงการทดลองเพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตวัตถุประสงค์ของโครงการ และเพื่อเป็นการเข้าใจถึงผลจากการดำเนินการต่างๆ จึงสรุปและอภิปรายผล ดังนี้

- 5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ
- 5.2 สรุปผลการดำเนินโครงการ
- 5.3 อภิปรายผล
- 5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 5.1.1 เพื่อออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก
- 5.1.2 เพื่อจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการเคลือบลดพลาสติกให้นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ชั้นปีที่1
- 5.1.3 เพื่อหาความพึงพอใจในการใช้ชุดสาธิตการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก

5.2 สรุปผล

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก สามารถแบ่งได้ 3 หัวข้อดังนี้

5.2.1 การออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก คณะผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก มีขนาดภายในตู้ขนาด 64 ลูกบาศก์เมตร พร้อมติดตั้งฮีสเตอร์ทำความร้อน ตู้ควบคุมอุณหภูมิและถังเป่าผงพลาสติกขนาด 50 ลิตร พร้อมติดตั้งท่อพีวีซีเจาะรูสำหรับเป่าลม ในการสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกที่ได้นั้นปรากฏว่าได้เครื่องที่ทำงานได้จริงและสามารถทำการอบชิ้นงานเคลือบลดพลาสติกได้

5.2.2 จัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับชุดเคลือบลดพลาสติกให้กับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ชั้นปีที่1 จำนวน 27 คน และชั้นปีที่ 2 จำนวน 3 คน โดยมีวิทยากรเป็นผู้ให้ความรู้และมี การลงปฏิบัติทดสอบการใช้ชุดเคลือบลดพลาสติกแก่ผู้เข้าร่วมอบรม

5.2.3 การทดสอบชิ้นงานเคลือบชิ้นงานด้วยผงพลาสติกนำชิ้นงานมาอบด้วยอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำชิ้นงานที่อบออกมาเป่าให้ผงพลาสติกเกาะชิ้นงานและนำกลับมาอบเคลือบพลาสติกที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที ชิ้นงานที่ได้ออกมาจะมีพลาสติกเคลือบลดเหลือที่สวยงามและมีความปลอดภัยกับผู้ใช้งาน หลังจากผู้เข้าร่วมอบรมเข้ารับฟังบรรยายและลงปฏิบัติการใช้ชุดเคลือบลดพลาสติกจะให้ผู้เข้าร่วมอบรมประเมินคะแนนความพึงพอใจในการใช้ชุดเคลือบลดพลาสติก คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประชาสัมพันธ์จัดอบรมโครงการ ฯ เท่ากับ 4.43 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ/วิทยากร/ผู้ประสานงาน เท่ากับ 4.38 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากความพึงพอใจในด้านการใช้ชุดเคลือบลดพลาสติก เท่ากับ 4.44 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากความพึงพอใจในด้านการใช้ถังเป่าผงพลาสติก เท่ากับ 4.46 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการอำนวยความสะดวก เท่ากับ 4.59 ซึ่งมีเกณฑ์อยู่ในระดับที่ดี

5.3 อภิปรายผล

จากการสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกมีอุปสรรคในการทำงาน ดังต่อไปนี้

5.3.1 การเคลื่อนย้ายชุดเคลือบลดพลาสติกมีการเคลื่อนย้ายที่ยุ่งยากเพราะต้องใช้คนช่วยยกตุ๊อบและถังเป่าผงพลาสติก

5.3.2 โครงสร้างของตุ๊อบและถังเป่าผงพลาสติกไม่เป็นชุดเดียวกัน

5.3.3 ลักษณะการทำงานกับถังเป่าผงพลาสติกผู้ปฏิบัติงานต้องก้มลงทำงาน ทำให้มีการทำงานล่าช้าและเกิดการเมื่อยล้าต่อผู้ปฏิบัติงาน

5.4 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติกต่อไป ทางคณะผู้จัดทำจึงมีข้อเสนอแนะ 2 ลักษณะดังนี้

5.4.1 แนะนำให้ติดตั้งล้อเลื่อนแบบล็อกได้ให้กับชุดเคลือบลดพลาสติกเพื่อความสะดวกในการใช้งานและเคลื่อนย้าย

5.4.2 แนะนำให้ทำตุ๊อบและถังเป่าผงพลาสติกให้เป็นชุดเดียวกัน โดยให้ทำการเชื่อมโครงเหล็กติดข้างๆ ฐานวางตุ๊อบเพื่อวางถังเป่าผงพลาสติกติดกับโครงเหล็กฐานรองตุ๊อบเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

5.4.3 แนะนำให้เชื่อมโครงเหล็กที่วางถังเป่าให้อยู่ในระดับที่ทำงานได้สะดวก

บรรณานุกรม

กิตติ อีทรานนท์. (2553). การยศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิวดีท์ มณีโชติ. (2554). เทคนิคการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ: ศูนย์การเรียนรู้ และผลิตสิ่งพิมพ์ระบบดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. เต็มศักดิ์ สุขวิบูลย์ ผู้รวบรวม และดัดแปลง.

นริศโรจน์ ศรีรัมย์ นายวรกุล ใจดี และนายศตวรรษ ไพรมีสุข. (2557). งานวิจัยการออกแบบ และ
การพัฒนาตู้พ่น และอบสีแบบทำความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด.

บรรเลง ธรนิล. การเคลือบผิวโลหะด้วยผงพลาสติก. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

http://brandexdirectory.com.php?com_id=14550&pro_id=16514&lang=2

บริษัท ก้าวหน้า อินดัสทรีส์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด. **ปัมลม.** สืบค้นจาก:

<https://www.kaowna.co.th/> (วันที่สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2561)

บริษัท คราฟท์สทิลล์ จำกัด. การออกแบบตู้อบ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.craft->

skill.com/%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B9%89%
ElectroDrying-Oven-Electro-Dryer.html (วันที่สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2561)

บริษัท ที เอ็น ค้าถึง จำกัด. **ถังเหล็ก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://tndrumtrade.co.th/>

subheadmenu=true&subheadid=H000000009&id (วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2561)

บริษัท มหาธานีอุตสาหกรรม จำกัด. พลาสติก. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.great->

pet.com/th/%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95
%E0%B8%B4%E0%B8%81plastic/ (วันที่สืบค้น 27 มกราคม 2561)

บริษัท สพรिमไลน์ จำกัด. **อีทีเตอร์.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://xn---yxfb0d6bc3c8e5e.com/>

(วันที่สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2561)

บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ คอนเซ็ปท์ กรุ๊ป จำกัด. **แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

<http://www.energyconceptgroup.com/%B8%81%E0%B8%95-calcium-silicate/>
(วันที่สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2561)

บริษัท ไวร์เมคเกอร์ จำกัด. **ทฤษฎีเกี่ยวกับลวดเหล็ก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

http://wiremakerthai.com/product_steel_wire.php (วันที่สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2561)

บริษัท ไฮ-เด็น ฮีสเทค จำกัด. **ตู้คอลโทรลหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิฮีสเตอร์**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

<http://www.hi-den.co.th/contact-us.html> (วันที่สืบค้น 22 มกราคม 2561)

รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไตรมาสที่ 4/2560 และแนวโน้มไตรมาสที่ 1/2561,2560.

อุตสาหกรรมพลาสติก. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.oie.go.th/attachments/industry_overview/r_octdec60.pdf (วันที่สืบค้น 22 มกราคม 2561)

วรรณวิมล อารยะปรางค์. (2533). **งานวิจัยการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยพลาสติกผงโดยเทคนิคพลูอิไดซ์เบด**.

ห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยสวัสดิ์ค้าวัสดุและโลหะภัณฑ์. **อุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดเคลือบลวดพลาสติก**.

[ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.thaicompanylist.com/=3T4T&%A1%C3%D8%A7%E0%B9%A4%C3> (วันที่สืบค้น 22 มกราคม 2561)

อภิชาติ ลิ้มปิยะพานิช. (2554). **งานวิจัยเทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยความร้อน (thermal spray**

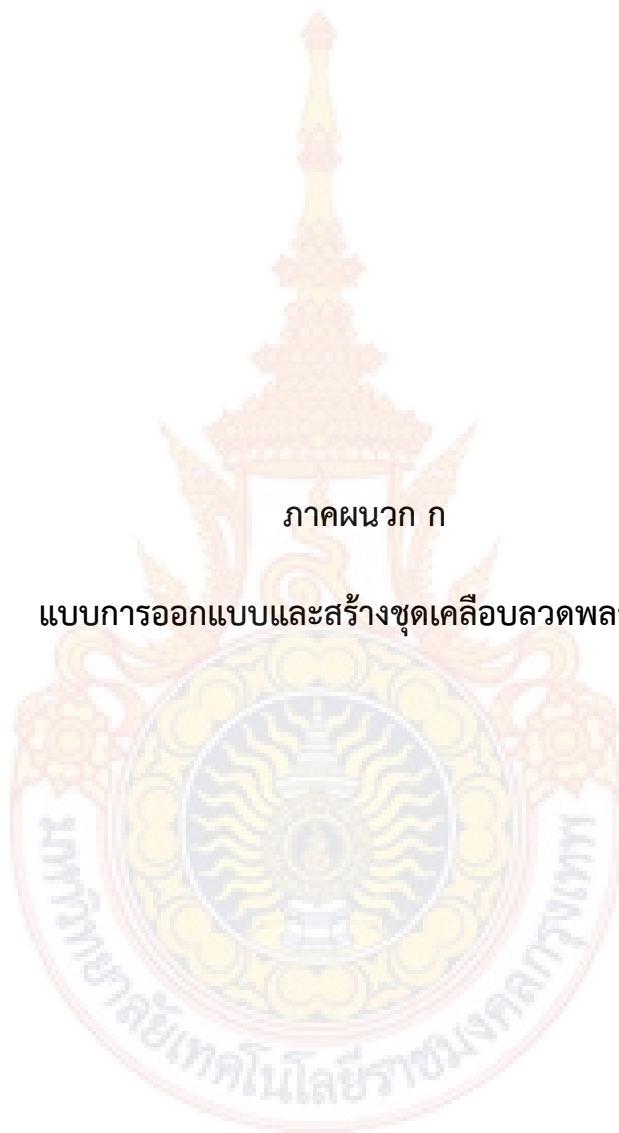
technology). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www2.science.cmu.ac.th/qa2556/SCE-7-1-10.pdf> (วันที่สืบค้น 17 มกราคม 2561)

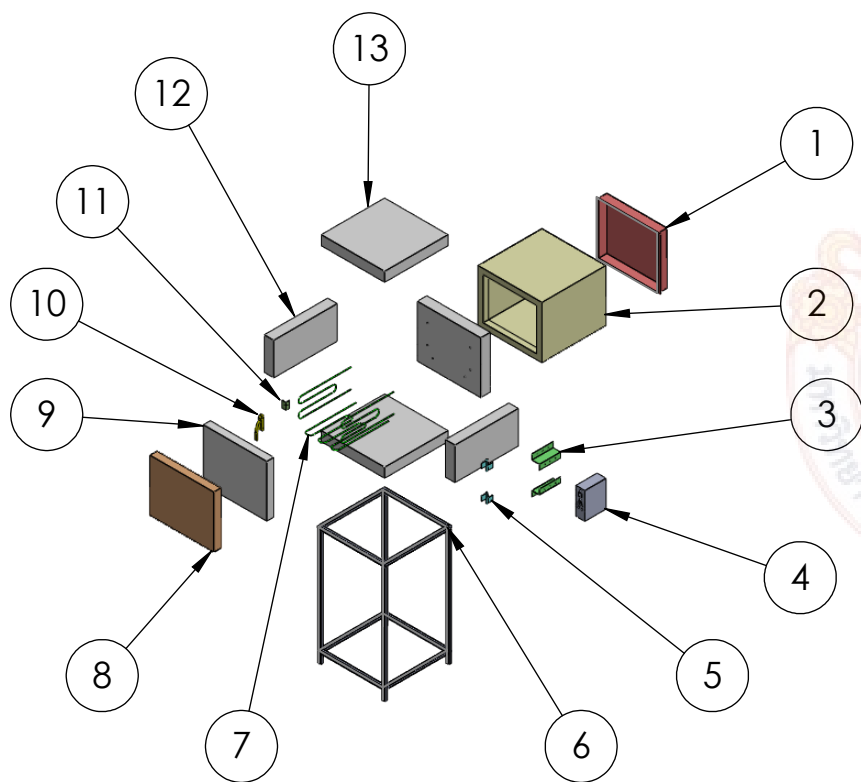
อภิชาติ ลิ้มปิยะพานิช. **เทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยความร้อน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

<http://www2.science.cmu.ac.th/qa2556/SCE-7-1-10.pdf> (วันที่สืบค้น 17 มกราคม 2561)

ภาคผนวก ก

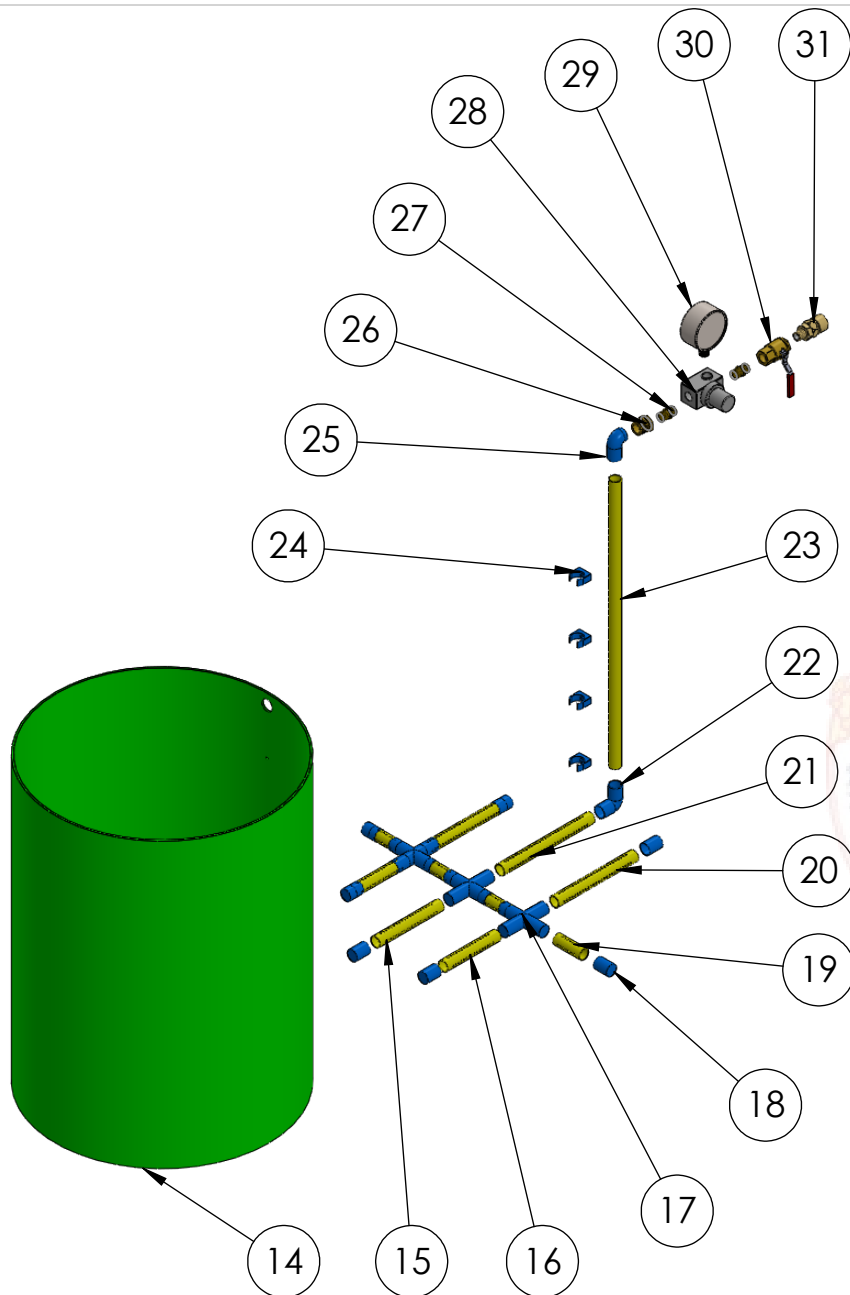
แบบการออกแบบและสร้างชุดเคีอบลวดพลาสติก





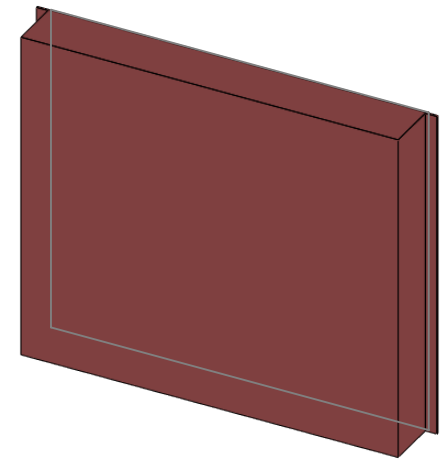
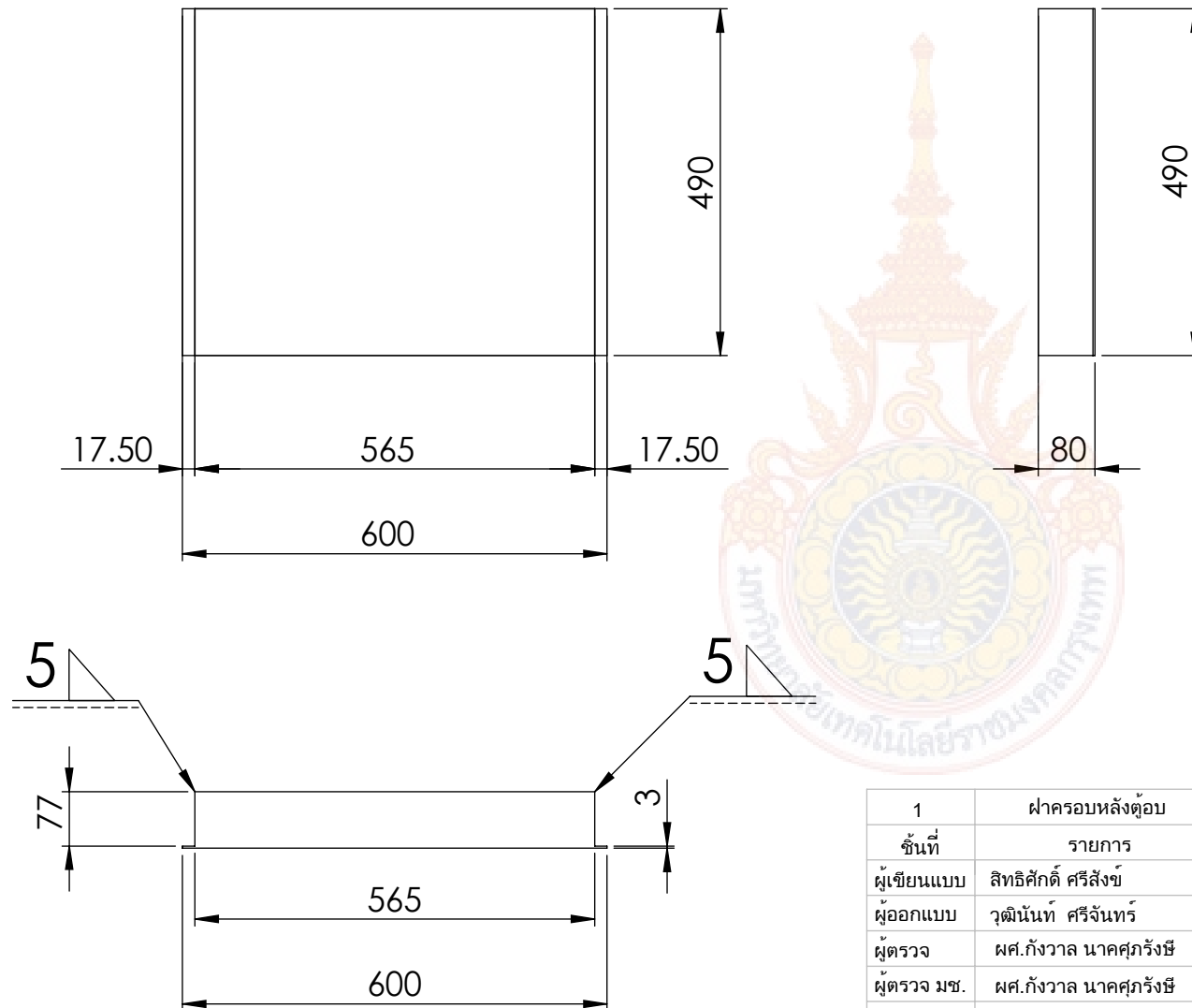
13	บอร์ดทำความร้อน	594 x 594 x 90 mm.	STD	HF-13	3
12	บอร์ดทำความร้อน	305 x 594 x 90 mm.	STD	HF-12	2
11	เหล็กฉาก	40 x 80 x 40 mm.	ST34	HF-11	1
10	กลอนล็อกมือจับ	150 mm.	STD	HF-10	1
9	บอร์ดทำความร้อนไฟฟ้า	600 x 490x 90 mm.	STD	HF-09	1
8	ฝาตู้อบ	600 x 490x 70 mm.	SS400	HF-08	1
7	ขดลวดฮีตเตอร์	650 watt	STD	HF-07	3
6	ฐานรองตู้อบ	600 x 600 x 1100 mm.	ST37	HF-06	1
5	บานพับ	4 นิ้ว	STD	HF-05	2
4	ตุ้กล็อกโทรล	85 x 200 x 250 mm.	STD	HF-04	1
3	เหล็กยึดตุ้กล็อกโทรล	70 x 200 x 100 mm.	SS400	HF-03	2
2	ตู้อบ	600 x 600 x 490 mm.	SS400	HF-02	1
1	ฝาครอบหลังตู้อบ	80 x 600 x 490 mm.	SS400	HF-01	1

ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้วล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้วล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 50	ชื่อชิ้นงาน เตาอบให้ความร้อน	หมายเลขแบบ HF- 01-01-13			



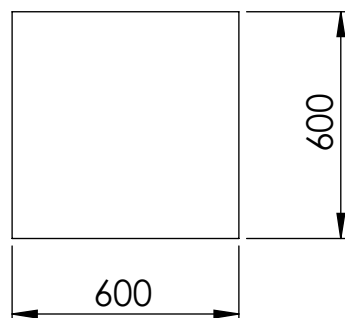
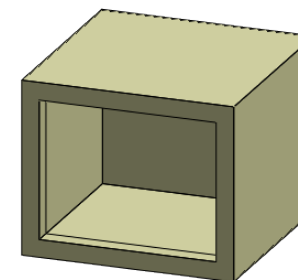
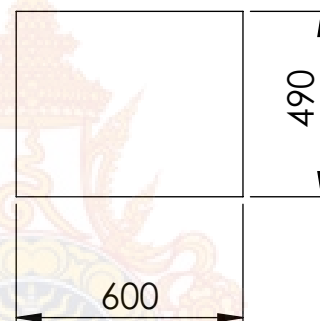
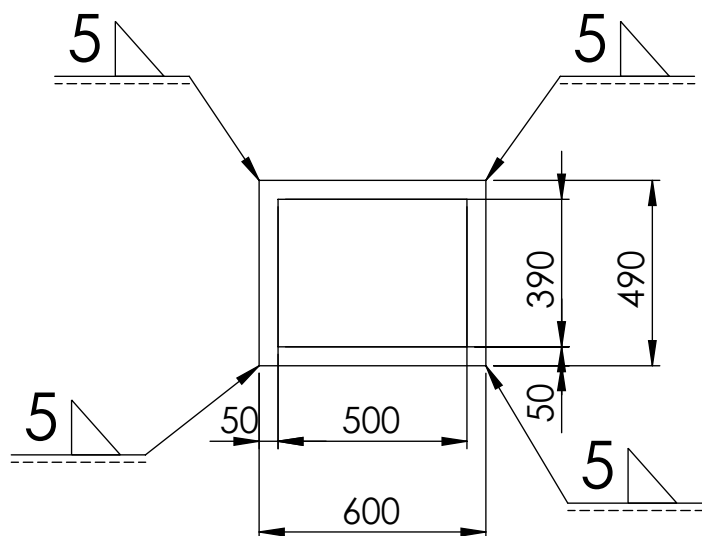
31	ข้อต่อสวมเร็ว	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	STD	HF-31	1
30	บอลวาล์ว	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	STD	HF-30	1
29	เกจวัดลม	60 Bar	STD	HF-29	1
28	วาล์วปรับแรงดันลม	8 Bar	STD	HF-28	1
27	ข้อต่อเกลียวนอกทองเหลือง	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	STD	HF-27	2
26	ข้อต่อเกลียวในทองเหลือง	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	STD	HF-26	1
25	ข้องอ PVC เกลียวใน	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	Plastic	HF-25	1
24	อุปกรณ์ยึดจับท่อ	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	Plastic	HF-24	4
23	ท่อ PVC	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 435 mm.	Plastic	HF-23	1
22	ข้องอ PVC	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	Plastic	HF-22	1
21	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 170 mm.	Plastic	HF-21	1
20	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 150 mm.	Plastic	HF-20	2
19	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 50 mm.	Plastic	HF-19	4
18	ปลั๊กอุดท่อ PVC	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	Plastic	HF-18	7
17	ข้อต่อ PVC 4 ทาง	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว	Plastic	HF-17	3
16	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 100 mm.	Plastic	HF-16	2
15	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 120 mm.	Plastic	HF-15	1
14	ถังเหล็ก	50 ลิตร	STD	HF-14	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61	 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ		
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อชิ้นงาน ถังเป่าพลาสติก	หมายเลขแบบ HF- 02-14-31			

1) ~



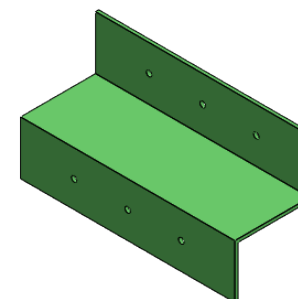
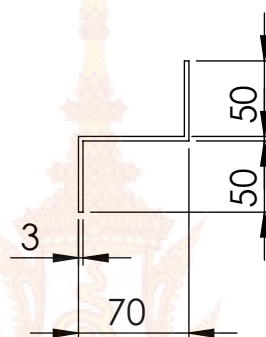
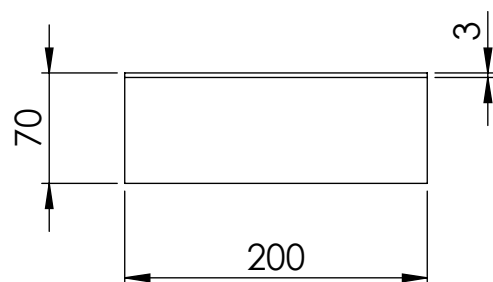
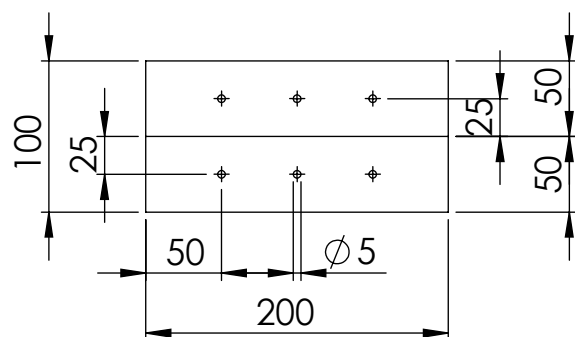
1	ฝาครอบหลังตู้	80 x 600 x 490 mm.	SS400	HF-01	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61	 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ		
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อชิ้นงาน ฝาครอบหลังตู้	หมายเลขแบบ HF-01-01			

2) ~



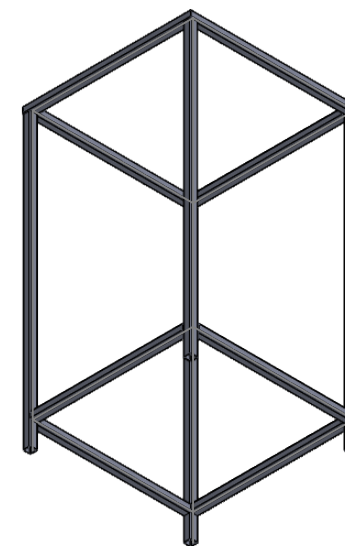
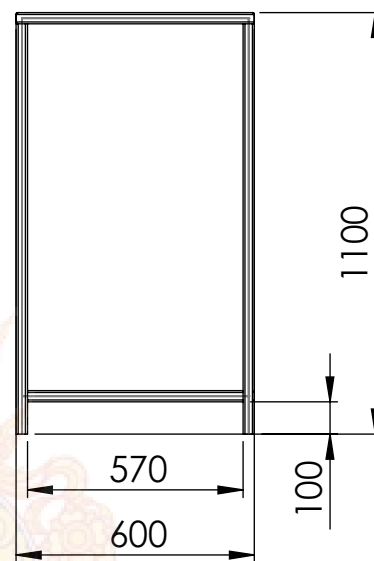
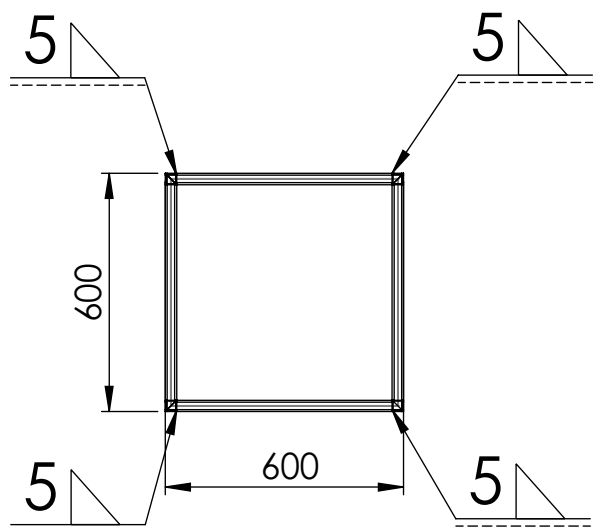
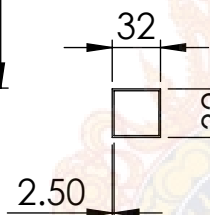
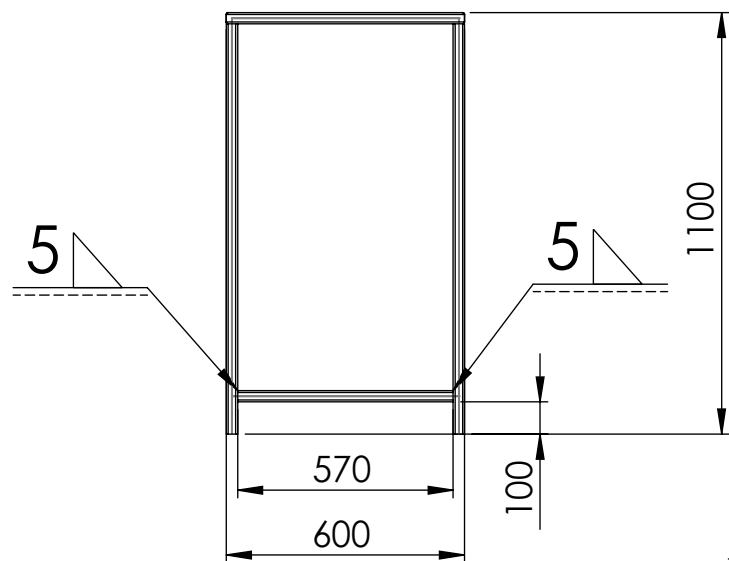
2	ตู้อบ	600 x 600 x 490 x หน้า 3 mm.	SS400	HF-02	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 20	ชื่อชิ้นงาน ตู้อบ	หมายเลขแบบ HF-01-02			

3) ~



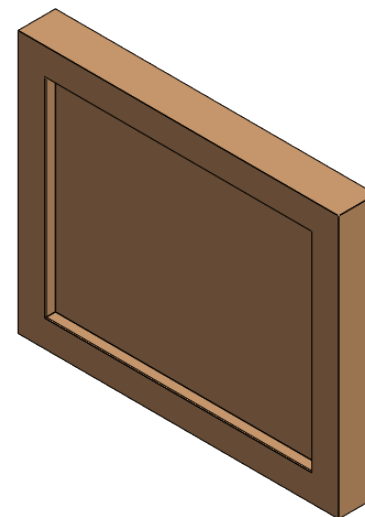
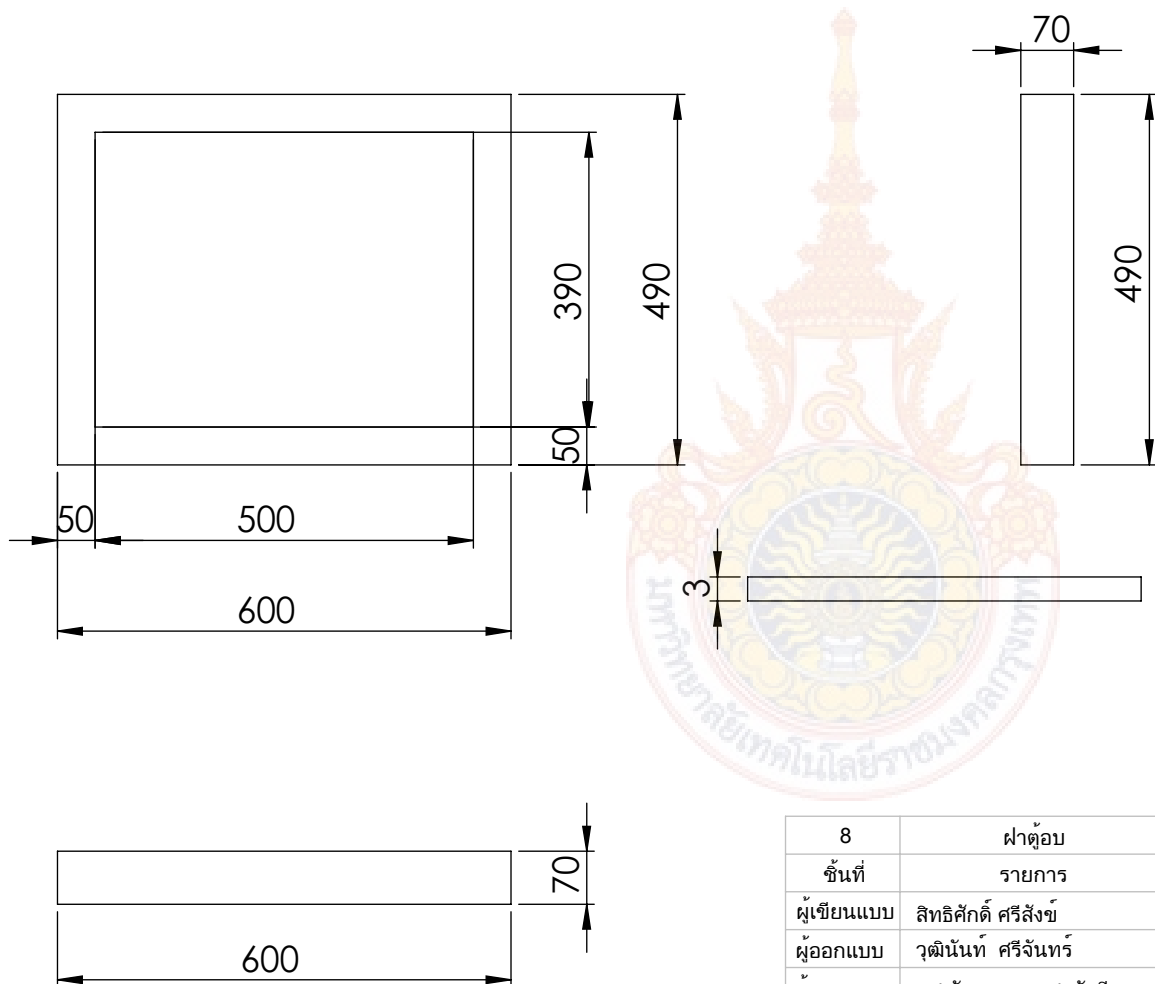
3	เหล็กยึดตุ้คอลโทรล	70 x 200 x 100 mm.	SS400	HF-03	2
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อชิ้นงาน เหล็กยึดตุ้คอลโทรล	หมายเลขแบบ HF-01-03			

6) ~

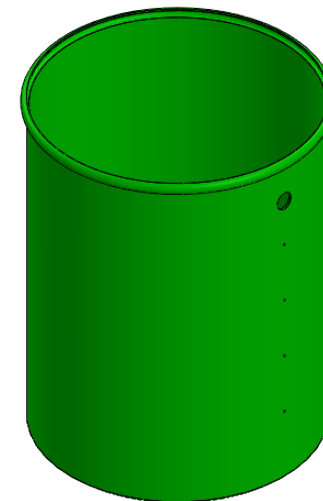
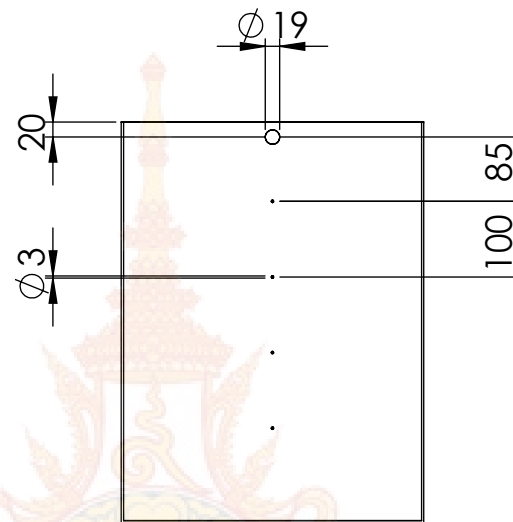
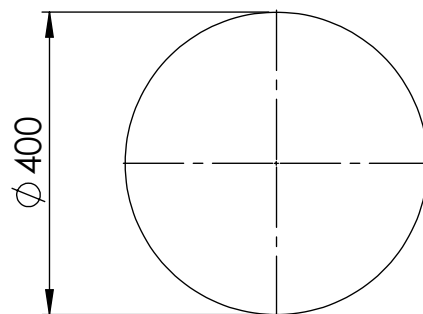
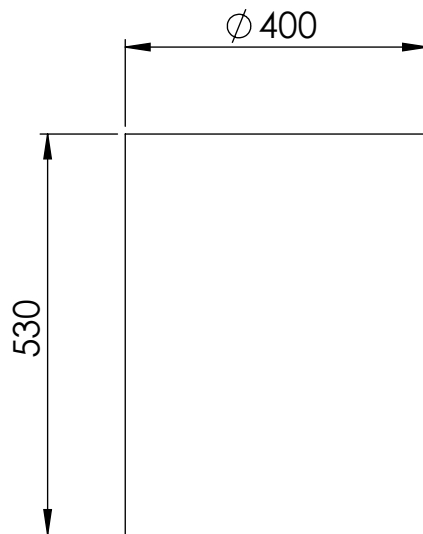


6	ฐานรองตู้	600 x 600 x 1100 mm.	ST37	HF-06	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้ววาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 20	ชื่อชิ้นงาน ฐานรองตู้	หมายเลขแบบ HF-01-06			

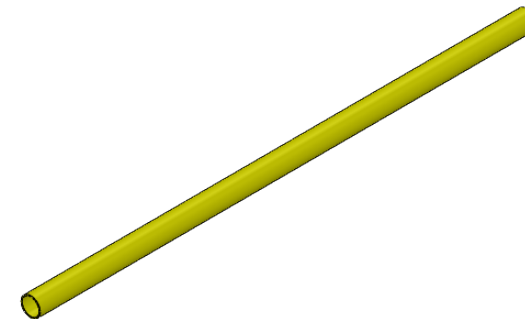
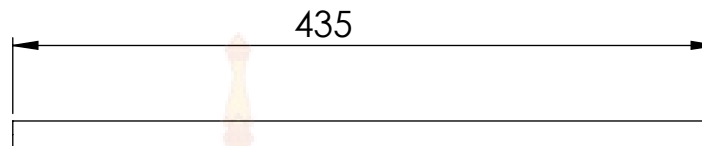
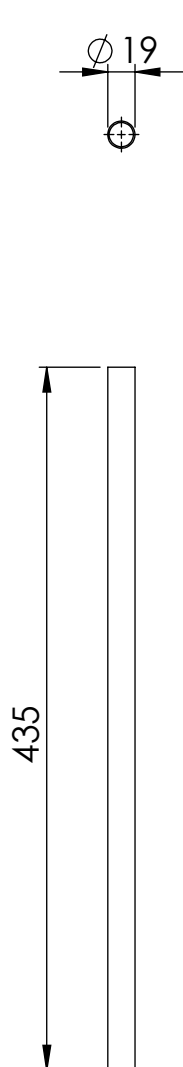
8) ~



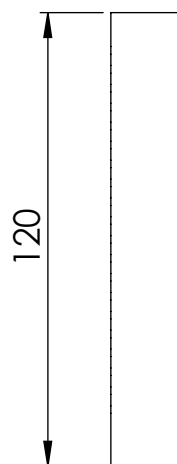
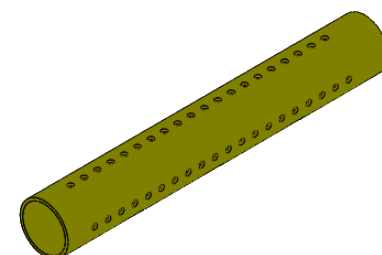
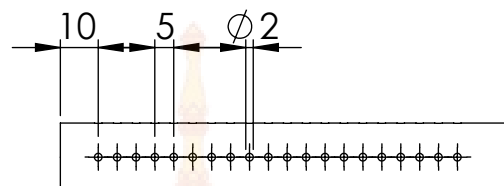
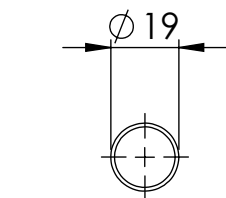
8	ฝาดูบ	70 x 600 x 490 mm.	SS400	HF-08	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมนครกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อชิ้นงาน ฝาดูบ	หมายเลขแบบ HF-01-08			



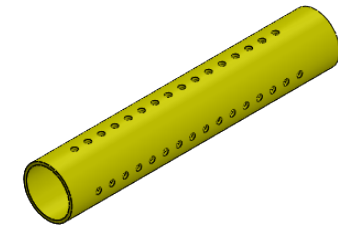
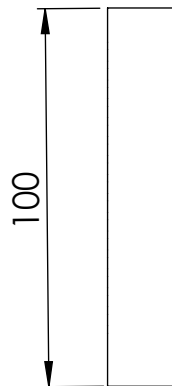
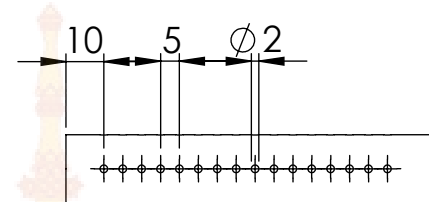
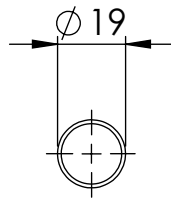
14	ถังเหล็ก	Ø 400 x 530 x 50 ลิตร		STD	HF-14	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด		วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ		
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61				
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61				
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61				
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อชิ้นงาน ถังเหล็ก	หมายเลขแบบ HF-02-14				



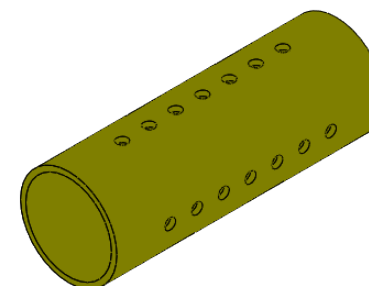
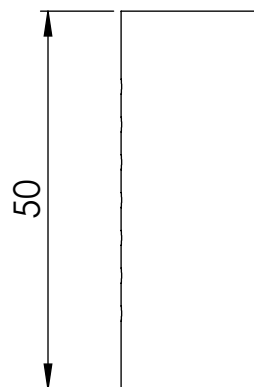
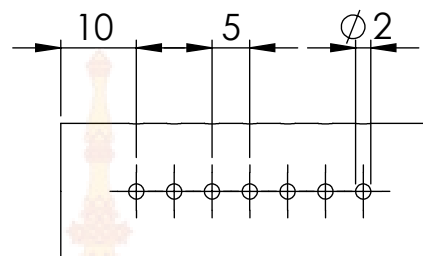
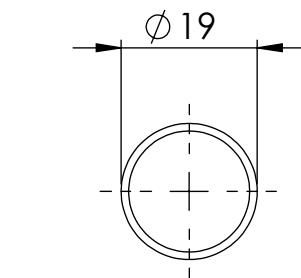
23	ท่อ PVC	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 435 mm.	Plastic	HF-23	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้ววาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อชิ้นงาน ท่อ PVC		หมายเลขแบบ HF-02-23		



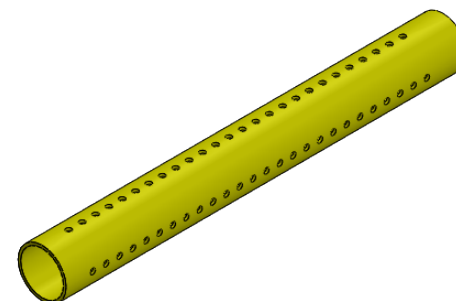
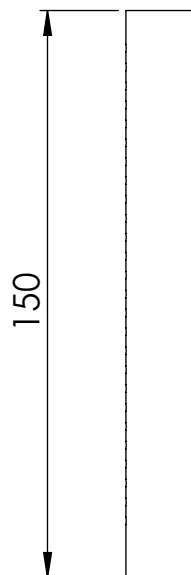
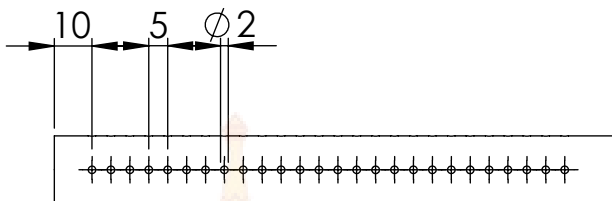
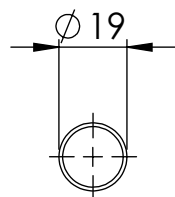
15	ท่อPVCเจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x120 mm.	Plastic	HF-15	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มข.	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ท่อPVCเจาะรู		หมายเลขแบบ HF-02-15		



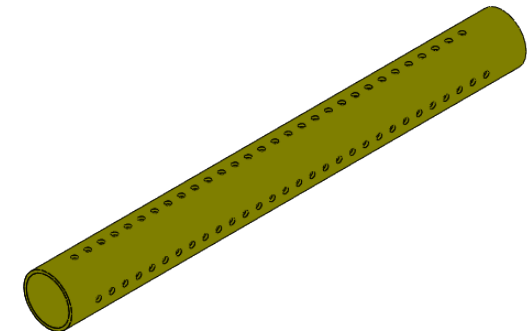
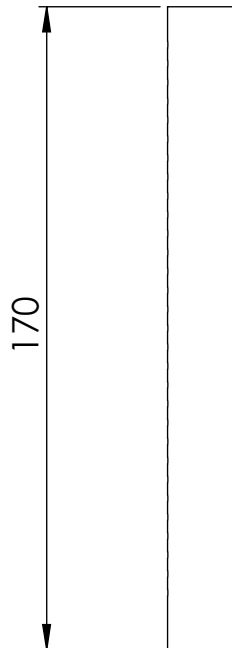
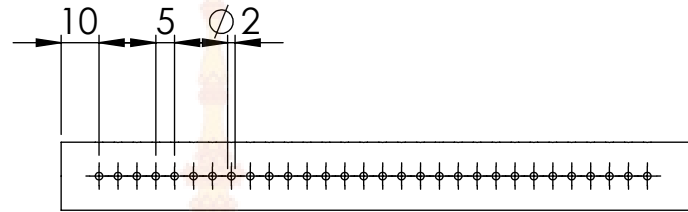
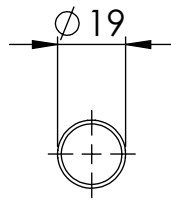
16	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x100 mm.	Plastic	HF-16	2
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้วล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มข.	ผศ.กั้วล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ท่อ PVC เจาะรู	หมายเลขแบบ HF-02-16			



19	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 50 mm.	Plastic	HF-19	4
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มข.	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ท่อ PVC เจาะรู		หมายเลขแบบ HF-02-19		

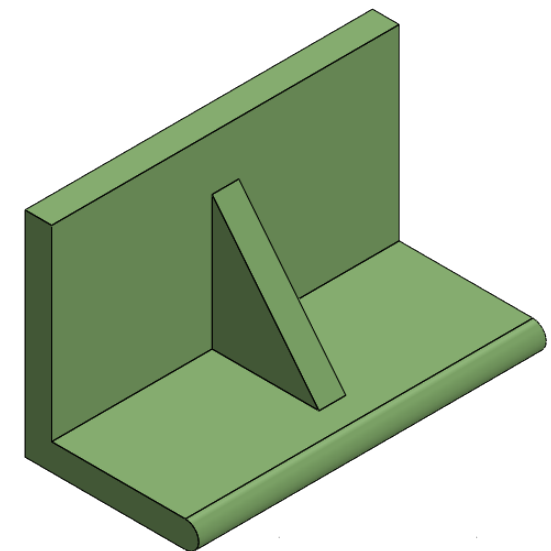
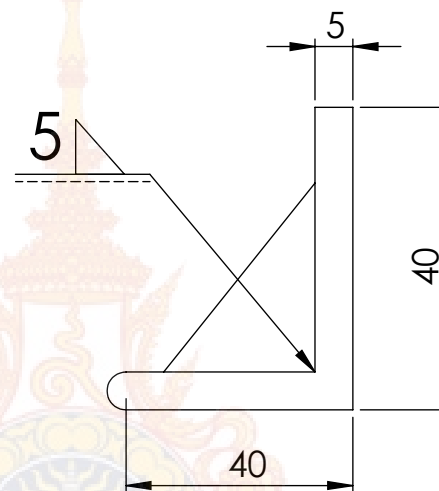
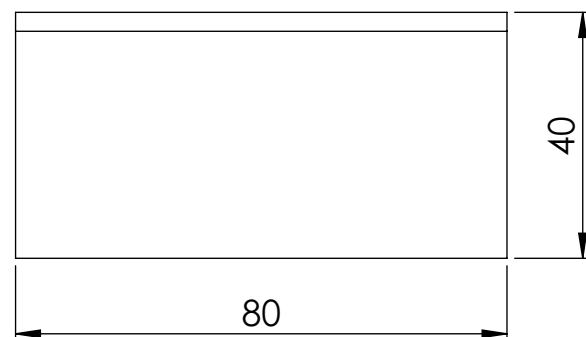
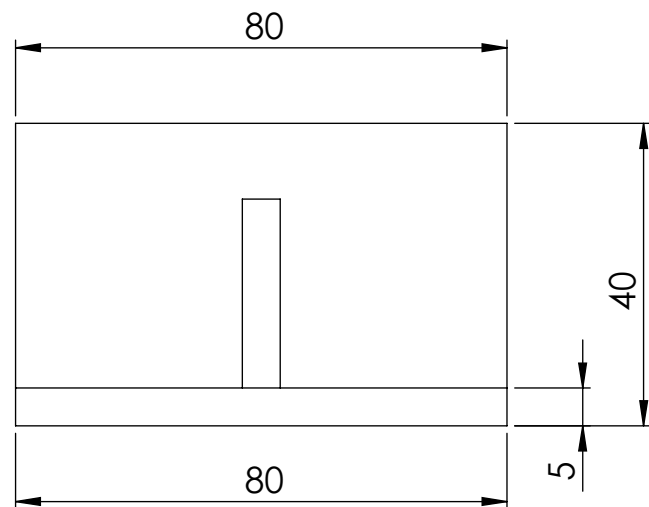


20	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x150 mm.	Plastic	HF-20	2
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้วล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้วล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ท่อ PVC เจาะรู		หมายเลขแบบ HF-02-20		



21	ท่อ PVC เจาะรู	$\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว x 170 mm.	Plastic	HF-21	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61	 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลกรุงเทพ		
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กังวาล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ท่อ PVC เจาะรู	หมายเลขแบบ HF-02-21			

11) ~



11	เหล็กฉาก	40 x 80 x 40 mm.	ST34	HF-11	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	สิทธิศักดิ์ ศรีสังข์	17/5/61		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมนครกรุงเทพ	
ผู้ออกแบบ	วุฒินันท์ ศรีจันทร์	17/5/61			
ผู้ตรวจ	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
ผู้ตรวจ มช.	ผศ.กั้ววล นาคศุภรังษี	17/5/61			
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก		หมายเลขแบบ HF-01-11		

ภาคผนวก ข

ตารางแจกแจงค่าใช้จ่าย



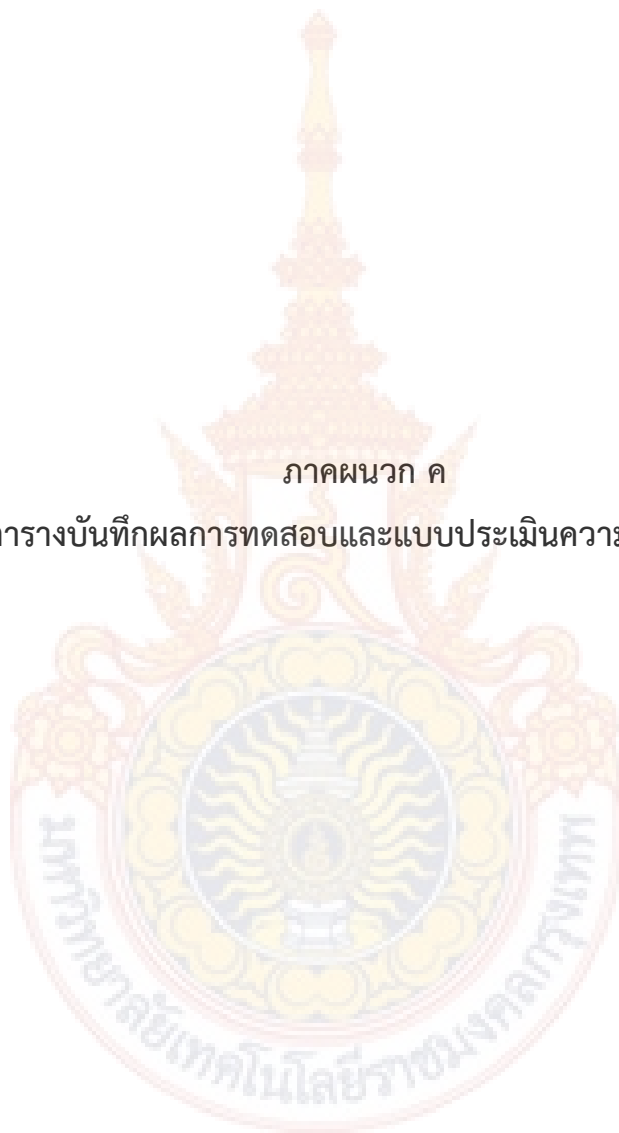
ตารางแจกแจงค่าใช้จ่าย

ตารางที่ ข.1 ตารางแจกแจงค่าใช้จ่ายการสร้างชุดเคลื่อนที่พลาสติก

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคาวัสดุ
1	เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 32x32x3.2 มิลลิเมตร	2 เส้น	1200 บาท
2	เหล็กแผ่น 600x490x3 มิลลิเมตร	4 แผ่น	1800 บาท
3	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	1 ตัว	3500 บาท
4	ชุดลวดฮีสเตอร์	3 ชิ้น	2100 บาท
5	แผ่นแคลเซียมซิลิเกตบอร์ด	4 แผ่น	2000 บาท
6	มือจับล็อคประตู	1 ชิ้น	180 บาท
7	สายไฟ THW ขนาด 2.5 มิลลิเมตร	1 ม้วน	250 บาท
8	บานพับ 4 นิ้ว	2 คู่	90 บาท
9	ท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว	1 เส้น	120 บาท
10	ข้อต่อพีวีซี 4 ทาง ขนาด 1/2 นิ้ว	3 ตัว	45 บาท
11	ปลั๊กอุดท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว	7 ตัว	35 บาท
12	ข้องอ90 องศา พีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว	2 ตัว	20 บาท
13	อุปกรณ์ยึดจับท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว	4 ตัว	20 บาท
14	ดอกสว่าน ขนาด 2 มิลลิเมตร	1 ดอก	30 บาท
15	ข้อต่อทองเหลือง	4 ตัว	140 บาท
16	บอลวาล์ว	1 ตัว	30 บาท
17	เกจวัดลม	1 ตัว	300 บาท
18	ข้อต่อสวมลมเร็ว	1 ตัว	35 บาท
19	สายลม	3 เมตร	105 บาท
รวม			12000 บาท

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกผลการทดสอบและแบบประเมินความพึงพอใจ



ผลการทดสอบ

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการทดสอบและเก็บชิ้นงานทดสอบ

ชั้นที่	อุณหภูมิที่ใช้อบ ชิ้นงาน (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้อบ ชิ้นงาน (นาที)	อุณหภูมิที่ใช้อบ เคลือบพลาสติก (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้อบ เคลือบพลาสติก (นาที)
1	210°	3 นาที	210°	13 วินาที
2	220°	4 นาที	220°	14 วินาที
3	230°	5 นาที	230°	15 วินาที
4	240°	5 นาที	240°	16 วินาที
5	250°	6 นาที	250°	17 วินาที
6	240°	5 นาที	240°	14 วินาที
7	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
8	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
9	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
10	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
11	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
12	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
13	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
14	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
15	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
16	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
17	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
18	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
19	240°	5 นาที	240°	15 วินาที

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการทดสอบและเก็บชิ้นงานทดสอบ(ต่อ)

ชั้นที่	อุณหภูมิที่ใช้อบ ชิ้นงาน (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้อบ ชิ้นงาน (นาที)	อุณหภูมิที่ใช้อบ เคลือบพลาสติก (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้อบ เคลือบพลาสติก (วินาที)
20	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
21	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
22	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
23	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
24	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
25	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
26	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
27	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
28	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
29	240°	5 นาที	240°	15 วินาที
30	240°	5 นาที	240°	15 วินาที

แบบสอบถามความคิดเห็น

“โครงการ การออกแบบและสร้างชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก”

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความพึงพอใจของชุดเคลื่อนที่ลดพลาสติก ทำเครื่องหมาย ✓ ลง
ในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. สถานะ
☐ นักศึกษา ชั้นปีที่..... ☐ บุคลากร
☐ ประชาชนทั่วไป ☐ โปรดระบุ
3. วุฒิการศึกษา ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี
4. อายุ ☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20-40 ปี ☐ 41 ปีขึ้นไป
5. ท่านเคยพบเห็นงานเคลื่อนที่ลดพลาสติกมาก่อนหรือไม่ ☐ เคย ☐ ไม่เคย

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อโครงการ

ระดับ 5 = มากที่สุดหรือดีมาก 4 = มากหรือดี 3 = ปานกลางหรือพอใช้ 2 = น้อยหรือต่ำกว่ามาตรฐาน 1 = น้อยที่สุดหรือต้องปรับปรุงแก้ไข

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. การประชาสัมพันธ์จัดอบรมโครงการ ฯ					
1.1 การประชาสัมพันธ์โครงการ ฯ					
1.2 ความเหมาะสมของสถานที่					
1.3 ความเหมาะสมของระยะเวลา					
1.4 การจัดลำดับขั้นตอนของกิจกรรม					
2. เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ/วิทยากร/ผู้ประสานงาน					
2.1 ความรอบรู้ ในเนื้อหาของวิทยากร					
2.2 ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้					
2.3 การตอบคำถาม					
2.4 ความเหมาะสมของวิทยากร ในภาพรวม					

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อโครงการ (ต่อ)

ระดับ 5 = มากที่สุดหรือดีมาก 4 = มากหรือดี 3 = ปานกลางหรือพอใช้ 2 = น้อยหรือต่ำกว่ามาตรฐาน 1 = น้อยที่สุดหรือต้องปรับปรุงแก้ไข

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
3. ความพึงพอใจในการใช้ตู้อบลวดเหล็ก					
3.1 ความเหมาะสมของขนาดตู้อบ					
3.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบลวดเหล็ก					
3.3 การปิด – เปิด ของตู้อบลวดเหล็ก					
3.4 ความปลอดภัยในการใช้ตู้อบลวดเหล็ก					
4. ความพึงพอใจในการใช้ถังเป่าผงพลาสติก					
4.1 ความเหมาะสมของขนาดถังเป่าผงพลาสติก					
4.2 ระบบของลมในการพ่นเป่าผงพลาสติก					
4.3 ความปลอดภัยในการใช้ถังเป่าผงพลาสติก					
5. การอำนวยความสะดวก					
5.1 อุปกรณ์,เครื่องมือ เพียงพอต่อการใช้งาน					
5.2 เจ้าหน้าที่สนับสนุน					
5.3 อาหาร,เครื่องดื่มและสถานที่					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

3.1 สิ่งที่ท่านพึงพอใจในการร่วมโครงการ/กิจกรรมครั้งนี้

.....

.....

.....

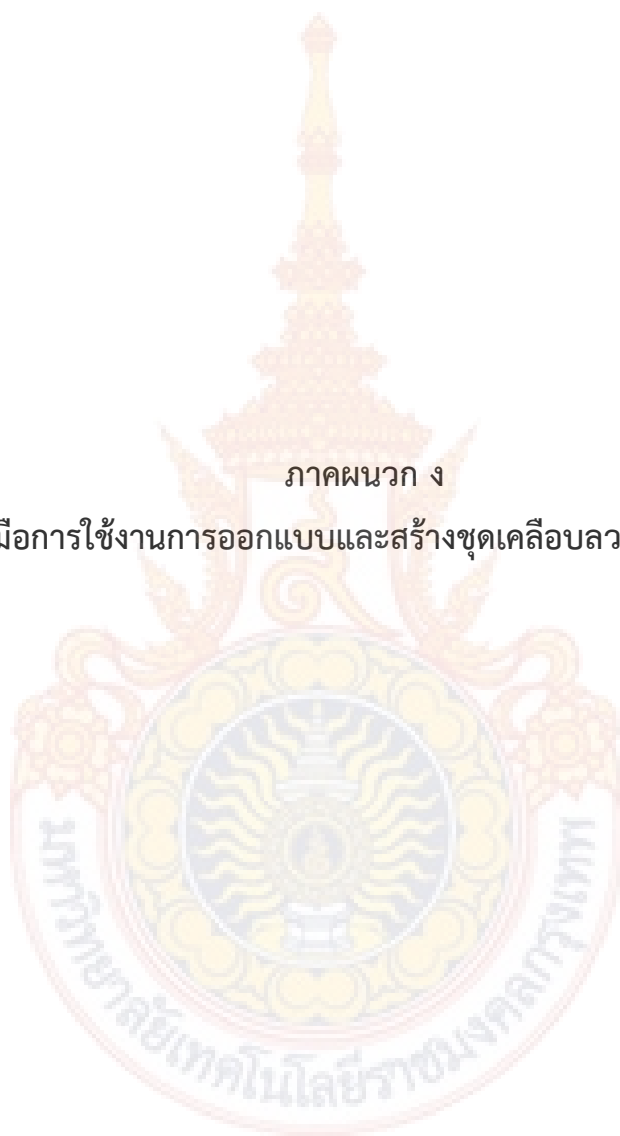
.....

.....

*** ขอขอบคุณสำหรับการกรอกแบบสอบถาม ***

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งานการออกแบบและสร้างชุดเคลือบลดพลาสติก





คู่มือการใช้งานชุดเคลือบลดพลาสติก



อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการ
จัดทำโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กังวาล นาคศุภรังษี
ดร. ทินโน ขวัญดี
นายณัฐวุฒิ แสนสุข
นายภาสวิษฐ์ ดาวดวงน้อย
นายวุฒินันท์ ศรีจันทร์
นายสิทธิศักดิ์ ศรีสังข์

สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

1. ขั้นตอนการใช้งานชุดเคลือบลดพลาสติก

1.1 การใช้ตู้อบให้ความร้อน เสียบบล็อกตู้อบทำการเปิดสวิทซ์ตู้อบให้ความร้อนตามหมายเลข4 ตั้งอุณหภูมิในการอบชิ้นงานตามหมายเลข 1 ตั้งเวลาในการอบชิ้นงานตามหมายเลข 2 และเปิดสัญญาณเตือนเวลาในการอบชิ้นงานตามหมายเลข 3 อุณหภูมิที่ใช้ออบชิ้นงานในครั้งแรกอยู่ที่ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และในการอบครั้งที่สองเป็นการอบเคลือบชิ้นงานอุณหภูมิที่ใช้ออบเคลือบชิ้นงานอยู่ที่ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที แสดงดังภาพที่ ง.1



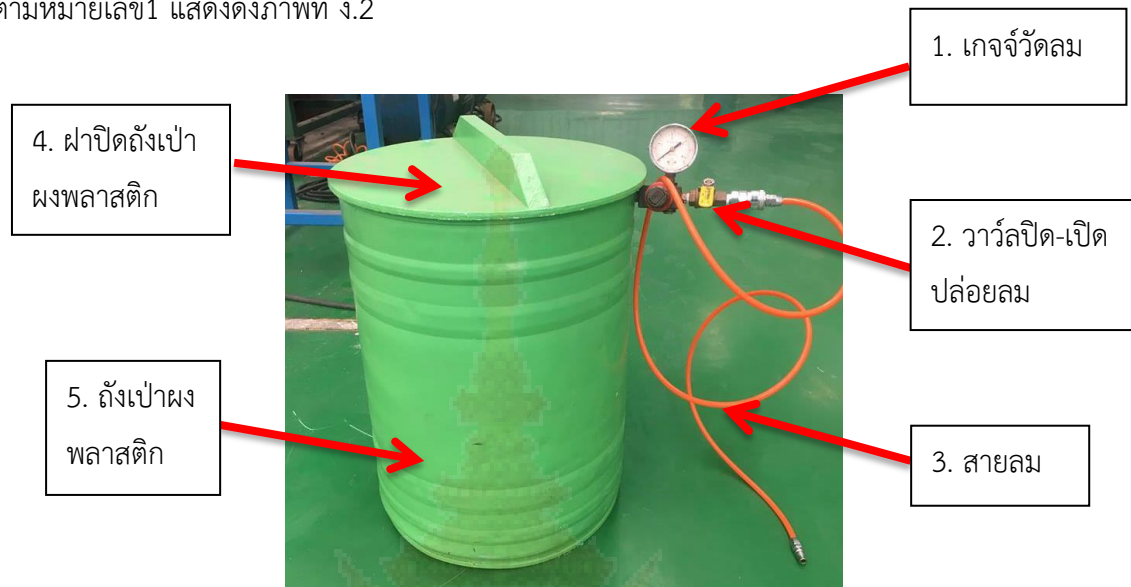
ภาพที่ ง.1 ตู้อบให้ความร้อน

หมายเหตุ การตั้งเวลาในการอบชิ้นงานปรับเวลานาทีกับวินาทีตามหมายเลข3

-หน่วย M จะเป็น นาที

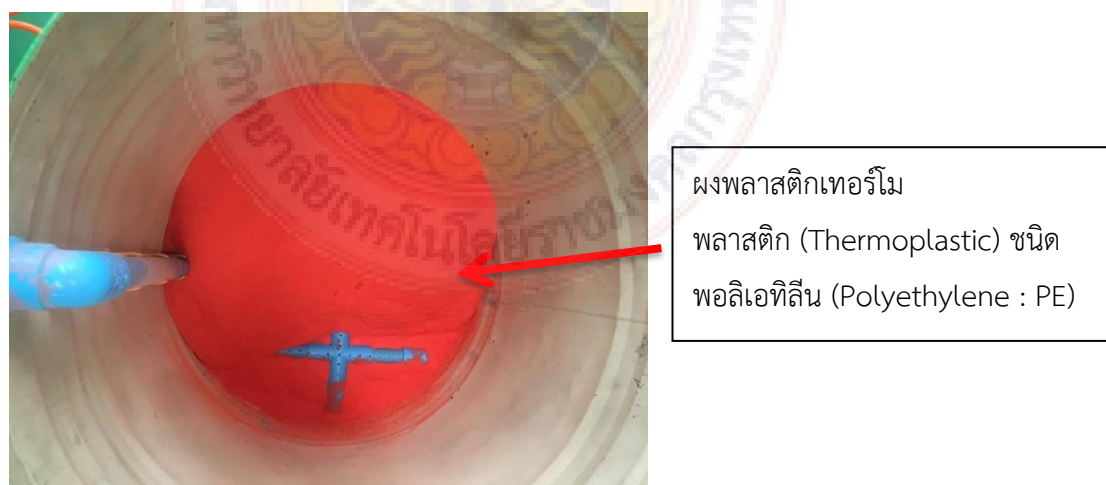
-หน่วย S จะเป็นวินาที

1.2 การใช้ถังเป่าผงพลาสติก ทำการนำสายลมต่อเข้ากับปั้มลมตามหมายเลข3 การปล่อยลมเป่าผงพลาสติกใช้การเปิด - ปิดวาล์วตามหมายเลข2 ดูเกจวัดแรงดันลมที่ออกมาให้อยู่ในระดับ 1 บาร์ตามหมายเลข1 แสดงดังภาพที่ ง.2



ภาพที่ ง.2 ถังเป่าผงพลาสติก

1.3 ผงพลาสติกที่ใช้ในการเคลือบประเภท เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ชนิด พอลิเอทิลีน (Polyethylene : PE) เทผงพลาสติกใส่ลงไปจนถึง 4 กิโลกรัม ผงพลาสติกที่เทลงไปต้องให้ท่วมท่อพลาสติก แสดงดังภาพที่ ง.3



ภาพที่ ง.3 ผงพลาสติก

2. ข้อควรระวัง

- 2.1 ไม่ควรนำมือเปล่าจับชิ้นงานออกจากตู้อบเพราะชิ้นงานมีความร้อน
- 2.2 นำชิ้นงานเข้า – ออกตู้อบควรระวังไม่ให้ไอร้อนจากตู้อบมาโดนขดลวดฮีตเตอร์ให้ความร้อน
- 2.3 ไม่ควรใช้ลมในการเป่าผงพลาสติกเกิน 7 บาร์ เพราะจะทำให้ผงพลาสติกฟุ้งจนเกินไป
- 2.4 ใส่ถุงมือและผ้าปิดจมูกทุกครั้งในการทำงาน
- 2.5 ไม่เล่นหรือหยอกล้อกันในขณะปฏิบัติงาน

3. วิธีการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาประจำวัน

1. ตรวจสอบเช็คตู้อบก่อนการใช้งานทุกครั้ง ถ้าหากมีการชำรุดของอุปกรณ์ให้รีบทำการซ่อมแซมและเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ทันที
2. ตรวจสอบเช็คขดลวดฮีตเตอร์ทำความร้อน ถ้ามีพลาสติกหยดใส่ให้ทำความสะอาดให้เรียบร้อยหลังจากการใช้งาน
3. ตรวจสอบเช็คตู้คอลโทรลและสายไฟภายในตู้คอลโทรล ถ้าหากสายไฟหลุดและมีการคลายตัวของน็อตให้ทำการไขไขควงไขย้ำให้แน่น
4. ตรวจสอบเช็คถังเป่าผงพลาสติกก่อนการใช้งานทุกครั้ง ถ้าหากมีการชำรุดของอุปกรณ์รีบทำการซ่อมแซมและเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ทันที
5. ตรวจสอบเช็คข้อต่อลมทุกชิ้นและสายลมว่ามีการพร้อมใช้งานหรือไม่ ถ้าหากมีจุดที่ชำรุดให้ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ทันทีก่อนการใช้งานทุกครั้ง
6. ผงพลาสติกที่ใช้ควรเก็บใส่ถุงทุกครั้งหลังจากเลิกใช้งาน และไม่ควรเก็บไว้ในที่อับชื้น
7. หลังจากเลิกใช้งานชุดเคลือบลดพลาสติกควรนำผ้าคลุมมาคลุมเครื่องทุกครั้งหลังจากเลิกใช้งาน

การบำรุงรักษาประจำสัปดาห์

1. ตรวจสอบเช็คตู้อบและฮีตเตอร์ทำความร้อนและทำการเปิดเครื่องทดสอบ เพื่อดูว่าอุปกรณ์และเครื่องใช้งานได้ปกติหรือไม่ ถ้าหากมีจุดที่เสียหายให้ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่
2. ตรวจสอบเช็คตู้คอลโทรลและสายไฟภายในตู้คอลโทรล ถ้าหากสายไฟหลุดและมีการคลายตัวของน็อตให้ทำการไขไขควงไขย้ำให้แน่น
3. ตรวจสอบเช็คถังเป่าผงพลาสติกว่ามีอุปกรณ์ตรงจุดไหนชำรุดเสียหายและพร้อมใช้งานหรือไม่ ถ้าหากมีจุดที่ชำรุดให้ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่

การบำรุงรักษาประจำเดือน

1. ตรวจสอบเช็คตู้อบและฮีสเตอร์ทำความร้อนและทำการเปิดเครื่องทดสอบ เพื่อดูว่าอุปกรณ์และเครื่องใช้งานได้ปกติหรือไม่ ถ้าหากมีจุดที่เสียหายให้ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่
2. ตรวจสอบเช็คตู้คอลโทรลและสายไฟภายในตู้คอลโทรล ถ้าหากสายไฟหลุดและมีการคลายตัวของน็อตให้ทำการไขไขควงไขย้ำให้แน่น
3. ตรวจสอบเช็คถังเป่าผงพลาสติกว่ามีอุปกรณ์ตรงจุดไหนชำรุดเสียหายและพร้อมใช้งานหรือไม่ ถ้าหากมีจุดที่ชำรุดให้ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่



ประวัติผู้จัดทำ



ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ - สกุล	นายณัฐวุฒิ แสนสุข 55503140008-1
สาขาวิชา/ภาควิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วัน/เดือน/ปีเกิด	9 พฤศจิกายน 2533
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลราชวิถี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	19/199 หมู่ที่ 9 อาคารเจพีแมนชั่น ซอยมิตรไมตรี 19 ตำบลบางเมืองใหม่ อำเภอมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10270
เบอร์ติดต่อ	096-8511297
ประวัติการศึกษา	พ.ศ 2561 ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ พ.ศ. 2553 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2560 สถานที่ฝึกสหกิจ บริษัท สหมิตรเครื่องกล จำกัด (มหาชน) 42,48 ถนนพระราม 3 ซอย 53 แขวงบางโพงพาง เขตยานนาวา จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10120

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ – สกุล	นายภาสวิชญ์ ดาวดวงน้อย 55503140019-8
สาขาวิชา/ภาควิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วัน/เดือน/ปีเกิด	5 พฤษภาคม 2537
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลรามาริบัติ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	22 หมู่ที่5 ตำบลบางเสด็จ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดอ่างทอง 14130
เบอร์ติดต่อ	085-9719847
ประวัติการศึกษา	ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
พ.ศ. 2561	ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2554	
ประวัติการทำงาน	สถานที่ฝึกสหกิจ บริษัท การบินไทย (ฝ่ายช่าง) ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10120
พ.ศ. 2560	

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ - สกุล	นายวุฒินันท์ ศรีจันทร์ 55503140022-2
สาขาวิชา/ภาควิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วัน/เดือน/ปีเกิด	16 มีนาคม 2536
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลตำรวจ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	223/390 ตำบลบางเพรียง อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ 10560
เบอร์ติดต่อ	096-4764069
ประวัติการศึกษา	พ.ศ 2561 ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ พ.ศ. 2554 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยศรีวัฒนาบริหารและเทคโนโลยีนานาชาติ
ประวัติการทำงาน	-

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ – สกุล	นายสิทธิศักดิ์ ศรีสังข์ 55503140024-8
สาขาวิชา/ภาควิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วัน/เดือน/ปีเกิด	8 สิงหาคม 2535
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลตากสิน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	326/3 หมู่ที่ 5 ตำบลบางพิง อำเภอบางปะเตม จังหวัดสมุทรปราการ 10130
เบอร์ติดต่อ	094-5519496
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2561	ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
พ.ศ. 2554	ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนพระนครพนิชยการ
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2560	สถานที่ฝึกสหกิจ บริษัท เค เพาเดอร์เมทัล จำกัด ที่อยู่ 9 ซอยเพชรเกษม แขวงบางจาก เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160