เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

PLASTER MIXER FOR JEWELRY CASTING

นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา

MR. CHAOWAT SRICHABA

A024913

เลขหมู่ .....
เลขทะเบียน A024913
วัน เดือน ปี ๑๓.ค.43

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สาขาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สาขาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLASTER MIXER FOR JEWELRY CASTING

MR. CHAOWAT SRICHABA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENT

FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF SCIENCE INDUSTRIAL DESIGN EDUCATION

DEPARTMENT OF ARCHITECTURAL EDUCATION

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

PLASTER MIXER FOR JEWELRY CASTING

ชื่อนักศึกษา นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา

รหัสประจำตัว 41030608

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา ศิลปอุตสาหกรรม โครงการภาควิชาครุศาสตร์ศิลปอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	ประธานกรรมการ	
2. อาจารย์ประดิษฐ์ กาญจนอัครเดช	กรรมการ	
3. อาจารย์ธเนศ ภิรมย์การ	กรรมการ	
4. อาจารย์ เอกชัย เลิศชำชอง	กรรมการและเลขานุการ	

วัน/เดือน/ปี วันที่ 11 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2543 เวลา 9.00 น.

สถานที่สอบ ห้องสอบวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ
นักศึกษา	นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร
ระดับการศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม
ภาควิชา	ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2543

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับการหล่อแม่พิมพ์เครื่องประดับ โดยได้มุ่งในการช่วยลดขั้นตอนในกรรมวิธีการหล่อต้นแบบปูนปลาสเตอร์ สำหรับหล่อแม่พิมพ์เครื่องประดับ ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตที่ซ้ำซ้อนให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น โดยกรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับแต่เดิมอาศัยการใช้แรงงานคนในการตีส่วนผสมของน้ำปูนปลาสเตอร์ให้เข้ากันดี จากนั้นจึงนำน้ำปูนปลาสเตอร์ไปทำการดูดแยกเอาฟองอากาศออกอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นในกรณีที่ต้องทำการตีส่วนผสมของน้ำปูนปลาสเตอร์ปริมาณมาก ๆ จะเห็นว่าต้องใช้เวลาและต้องมีการควบคุมการผลิตอย่างดีเยี่ยม เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ที่ออกแบบในโครงการวิจัยนี้จึงได้นำปัญหาในจุดนี้มาปรับปรุงการสร้างเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อมาช่วยลดปัญหาดังกล่าว

การดำเนินการวิจัยนั้น ได้เริ่มจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกรรมวิธีการหล่อต้นแบบปูนปลาสเตอร์เพื่อทำเครื่องประดับทั้งทางภาคทฤษฎีและปฏิบัติ และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาทำการรวบรวมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเข้าสู่แนวทางการออกแบบ และการสร้างต้นแบบ

ผลการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่า จะได้เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับที่มีประสิทธิภาพสามารถทดแทนการทำงานที่ซ้ำซ้อนของการใช้แรงงานคน ทุ่นเวลาในการทำงาน ช่วยขจัดปัญหาฟองอากาศในเนื้อปูนปลาสเตอร์ ทำให้เนื้อปูนปลาสเตอร์มีคุณภาพเหมาะแก่การหล่อแม่พิมพ์เครื่องประดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Plaster Mixer for Jewelry Casting
By	Mr. Chaowat Srichaba
Thesis Advisor	Mr. Udomsak Saributr
Level	Bachelor of Science in Industrial Design Education
	B.S.I.Ed. (Industrial Design)
Year	2000

ABTRACT

This research purposes Design of Plaster Mixer for Making Ornament Plaster Model by focusing reduction of plaster model forming processes, which consist of many fairly complex sub-processes, to better improve the operation. The usual plaster model forming process originally uses human workers to mix the mixture of plaster liquid homogeneously. Then the liquid is absorbed for its bubbles. Hence, whenever large amount of mixture has to be produced, the forming process has to be greatly controlled as well. The Plaster Mixer designed from this research there for solves for this problem by improving the mixer to earn more efficiency when forming and ease the production processing as described.

The research progress started from studying the procedure of ornament model forming theoretically and practically then defined data set that was used for analyzing, design, and finally making a model.

The mail result of this research, the author expected a plaster mixer for making ornament plaster model that have efficiency to be able to instead of human workers which consist of many complex sub-processes, to decrease the time in working processes and to be able to get rid of the bubbles in the mixture of plaster liquid, which to make the plaster mixture is suitable for making ornament plaster model.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับนี้ ทางผู้จัดทำได้รับความสนับสนุนเป็นอย่างดีจากหลาย ๆ บุคคล ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร รวมถึงคุณอานุภาพ ลอยฟ้า และคุณอดุลย์ ขันธะนา จากบริษัท เอฟ แอนด์ อาร์ จีเวลรี่ จำกัด ซึ่งท่านเหล่านี้ได้กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะการดำเนินโครงการให้เป็นไปในแนวทางที่ถูกต้อง อีกทั้งเพื่อน ๆ ผู้คอย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการจัดทำการนำเสนอ จนทำให้โครงการนี้เกิดสำเร็จเป็นรูปเป็นร่างขึ้นมา

สุดท้ายที่จะลืมเสียมิได้คือพ่อแม่ และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และคอยห่วงใยเสมอมาเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้จัดทำเกิดความมุมานะที่จะศึกษา และสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นประโยชน์ยิ่ง ๆ ขึ้น ความรู้อันเกิดจากการทำโครงการนี้ผู้จัดทำหวังว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อตนเองและส่วนรวมได้ต่อไป

เชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....X
สารบัญภาพ.....XI

บทที่

1. บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....3
1.3 ที่มาของปัญหา..... 4
1.4 ปัญหาที่เกิดขึ้น..... 4
1.5 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล..... 9
1.6 ขอบเขตการออกแบบ.....9
1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 10
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....10
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....11
2.1 ประวัติความเป็นมาของการทำเครื่องประดับ..... 11
2.2 คุณสมบัติของโลหะที่ใช้หล่อเครื่องประดับ..... 12
2.3 กรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ..... 14
2.3.1 กรรมวิธีการหล่อเหวี่ยง..... 14
2.3.2 กรรมวิธีการหล่อดูด..... 15
2.4 ขั้นตอนต่าง ๆ ในกรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ..... 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.4.1 การเตรียมแบบหุ่น..... 16
2.4.1.1 ทำแบบหุ่นด้วยโลหะ..... 16
2.4.1.2 ทำแบบหุ่นด้วยขี้ผึ้ง..... 16
2.4.2 การทำแบบยาง..... 17
2.4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้..... 18
2.4.2.2 การอบแบบยาง..... 18
2.4.2.3 การตัดแบบยาง..... 18
2.4.3 การทำแม่แบบขี้ผึ้ง..... 19
2.4.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของขี้ผึ้งที่ใช้ทำแบบ..... 19
2.4.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการผลิตแม่แบบขี้ผึ้ง..... 20
2.4.3.3 การอัดขี้ผึ้ง..... 20
2.4.3.4 การประกอบแม่แบบขี้ผึ้ง..... 22
2.4.4 การทำแบบปูนหล่อ..... 23
2.4.4.1 คุณสมบัติของปูนหล่อ..... 23
2.4.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำแบบปูนหล่อ..... 24
2.4.4.3 ขั้นตอนการผสมปูนหล่อ..... 25
2.4.5 การเผาไล่ขี้ผึ้ง..... 26
2.4.5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการเผาไล่ขี้ผึ้ง..... 26
2.4.5.2 การเตรียมการเผา..... 26
2.4.5.3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไล่ขี้ผึ้ง..... 27
2.4.5.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการหล่อ..... 28
2.4.6 การหลอมเหลวโลหะและวิธีการหล่อ..... 29
2.4.6.1 คุณสมบัติของโลหะที่ใช้หลอม..... 29
2.4.6.2 การหลอมโลหะ..... 29
2.4.6.3 อุปกรณ์ที่ใช้และเครื่องมือ..... 29
2.4.6.4 กรรมวิธีการหล่อ..... 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.4.7 การทำความสะอาดชิ้นงาน.....30
2.4.7.1 การล้างด้วยกรด.....30
2.4.7.2 การตกแต่งโดยการชุบเคลือบผิว.....31
2.4.8 การตกแต่งชิ้นงาน.....31
2.4.8.1 การขัดหยาบ.....31
2.4.8.2 การขัดด้วยเครื่อง.....31
2.4.8.3 การเชื่อม.....31
2.4.8.4 การฝังและการติดกาว.....33
2.4.8.5 การขัดเงา.....34
2.4.9 การตรวจคุณภาพ.....35
2.4.10 การบรรจุ.....36
2.5 เครื่องมอเตอร์.....36
2.6 ปลั๊กไฟฟ้า.....46
2.7 สวิตช์ไฟฟ้า.....47
2.8 ระบบสายไฟ.....49
2.9 ชนิดของวาล์ว.....52
2.10 ข้อต่อสำหรับท่อระบายน้ำและอากาศ.....55
2.11 ชนิดและคุณสมบัติของพลาสติก.....56
2.12 พลาสติกชนิดยืดหยุ่น.....61
2.13 ไฟเบอร์กลาส.....64
2.14 วัสดุโครงสร้าง.....65
2.14.1 เหล็ก.....65
2.14.2 โลหะแผ่น.....66
2.14.3 สเตนเลส.....67
2.14.4 อลูมิเนียม.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.15 ข้อมูลกรรมวิธีการประกอบชิ้นงาน....70
2.15.1 การเชื่อม....70
2.15.2 การบัดกรีอ่อน....70
2.15.3 การบัดกรีแข็ง....71
2.15.4 การใช้แรงอัดผงติดกัน....71
2.15.5 การอัดยึด....71
2.15.6 การใช้หมุดย้ำ....71
2.15.7 การใช้สลักเกลียวยึด....71
2.16 อุปกรณ์สำหรับการยึดติด....71
2.16.1 สลัก....71
2.16.2 โบลต์....72
2.16.3 สกรู....73
2.16.4 รองเพลาลูกกลิ้ง....73
2.17 กรรมวิธีการตกแต่งผิว....75
2.18 จิตวิทยาสี....76
2.19 ข้อมูลเกี่ยวกับสรีระศาสตร์....77
3. **การรวบรวมและการศึกษาข้อมูล**....85
3.1 วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูล....85
3.1.1 การศึกษาข้อมูลเชิงเอกสาร....85
3.1.2 การศึกษาจากการสัมภาษณ์....85
3.1.3 การศึกษาจากของจริง....85
3.2 เนื้อหาและแนวทางการศึกษาข้อมูล....86
3.3 แหล่งที่มาของข้อมูล....86
3.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4. **ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**..... 87

4.1 การวิเคราะห์และแนวทางการออกแบบ..... 87

4.1.1 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำตัวถัง..... 87

4.1.2 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำช่องวางกระบอกแม่แบบ..... 87

4.1.3 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำแท่นวางกระบอกแม่แบบ..... 88

4.1.4 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำฐานตั้งเครื่อง..... 88

4.1.5 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำใบพาย..... 89

4.1.6 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำฝาปิดตัวถัง..... 89

4.1.7 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำฝาปิดช่องวางกระบอกแม่แบบ..... 89

4.1.8 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำมือจับฝาปิดตัวถัง..... 90

4.1.9 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำโครงครอบตัวถัง..... 90

4.1.10 การวิเคราะห์ประเภทของมอเตอร์ต้นกำลัง..... 90

4.1.11 การวิเคราะห์ประเภทของวาล์ว..... 91

4.1.12 การวิเคราะห์ประเภทของท่อดูดอากาศ..... 91

4.1.13 การวิเคราะห์ขนาดความจุของถังปั่น..... 92

4.1.14 การวิเคราะห์ขนาดความจุของช่องวางกระบอกแม่แบบ..... 92

4.1.15 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์..... 92

4.1.16 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งวาล์ว..... 92

4.1.16.1 ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วเทน้ำปูนปลาสเตอร์..... 92

4.1.16.2 ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วปรับแรงดันอากาศในถังปั่น..... 93

4.1.16.3 ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วปรับแรงดันอากาศในช่องวางกระบอก..... 93

4.1.17 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดันอากาศ..... 93

4.1.17.1 ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดับอากาศในถังปั่น..... 93

4.1.17.2 ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดันอากาศในช่องวางกระบอก..... 94

4.1.18 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งท่อดูดอากาศ..... 94

4.1.18.1 ตำแหน่งการติดตั้งท่อดูดอากาศในถังปั่น..... 94

4.1.18.2 ตำแหน่งการติดตั้งท่อดูดอากาศในช่องวางกระบอกแม่แบบ..... 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.1.19 การวิเคราะห์ระบบการเทปูนปลาสเตอร์..... 94

4.2 สรุปผลการวิเคราะห์..... 95

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....110

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 110

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 110

5.3 ข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์.....111

บรรณานุกรม..... 112

ภาคผนวก.....113

ภาคผนวก ก. แบบอนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์.....114

ภาคผนวก ข. หนังสือขอความอนุเคราะห์.....117

ภาคผนวก ค. แบบสัมภาษณ์ประกอบการวิจัย.....118

ประวัติผู้ทำวิจัย..... 123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงชนิดและการใช้งานพลาสติก.....63

2.2 แสดงความสูงในการปฏิบัติงาน..... 78

2.3 แสดงอัตราส่วนระหว่างมิติของร่างกายส่วนต่าง ๆ ต่อความสูงยืน..... 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 แสดงการเทน้ำปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบ..... 4
1.2 แสดงการแตกร้าวของเนื้อปูนปลาสเตอร์..... 5
1.3 แสดงฟองอากาศที่ถูกดูดออกจากกระบอกแม่แบบ..... 6
1.4 แสดงซอกมุมที่เป็นจุดอับของต้นแบบในการหล่อปูนปลาสเตอร์..... 7
1.5 แสดงชิ้นส่วนภายในถังปั่นซึ่งยากต่อการทำความสะอาด..... 8
2.1 เครื่องทองโบราณ..... 11
2.2 การหลอมทองคำเพื่อการหล่อแบบ..... 14
2.3 เครื่องหล่อเหวี่ยงแบบสูญญากาศ..... 15
2.4 เครื่องหล่อดูด..... 15
2.5 การทำแบบหุ่นด้วยโลหะ..... 16
2.6 แสดงขนาดการติดก้านที่เหมาะสม..... 17
2.7 เครื่องอัดแม่พิมพ์ยาง..... 18
2.8 ขั้นตอนการทำแบบยาง..... 19
2.9 เครื่องฉีดขี้ผึ้ง..... 20
2.10 การฉีดขี้ผึ้งเข้าในแบบยาง..... 21
2.11 ชิ้นงานขี้ผึ้งที่แกะออกจากแบบยาง..... 21
2.12 ต้นขี้ผึ้งที่ติดบนแท่นยาง..... 22
2.13 ลักษณะของกระบอกแม่แบบในกรรมวิธีการหล่อดูด..... 22
2.14 การสวมครอบกระบอกแม่แบบเข้ากับต้นขี้ผึ้ง..... 23
2.15 เครื่องปั๊มสูญญากาศ..... 24
2.16 กระบอกตวงปริมาตรน้ำ..... 25
2.17 กระบอกแม่แบบที่เทปูนปลาสเตอร์แล้ว..... 26
2.18 การนำกระบอกแม่แบบออกจากเตาอบ..... 27
2.19 การเทน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์..... 30
2.20 เครื่องอัลตร้าโซนิคสำหรับทำความสะอาดชิ้นงานหล่อ..... 30
2.21 การขัดแต่งชิ้นงาน..... 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

2.22 เครื่องขัดขึ้นงานเครื่องประดับด้วยหินขัดเซรามิกส์..... 32
2.23 การเชื่อมสายสร้อย..... 32
2.24 การฝังอัญมณีลงบนตัวเรือนแหวน..... 33
2.25 การขัดเงา..... 34
2.26 การตรวจสอบคุณภาพในขั้นสุดท้าย..... 35
2.27 แสดงทิศทางการหมุนของมอเตอร์แบบสามเฟส..... 38
2.28 แสดงมอเตอร์แบบต่าง ๆ..... 39
2.29 ภาพตัดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 43
2.30 แสดงคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน..... 43
2.31 แสดงภาพตัดของสปลิทเฟสมอเตอร์..... 44
2.32 แสดงคาพาซิเตอร์มอเตอร์..... 45
2.33 มอเตอร์ชนิดยูนิเวอร์แซล..... 46
2.34 เซดเดดโพลมอเตอร์..... 46
2.35 สวิทช์ปุ่มกดแบบต่าง ๆ..... 47
2.36 แสดงสายไฟชนิด VCT..... 50
2.37 แสดงท่อโลหะอ่อนสำหรับเดินเข้ามอเตอร์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า..... 51
2.38 หน้าที่การใช้งานวาล์วชนิดต่าง ๆ..... 52
2.39 ส่วนประกอบของเกทวาล์ว..... 53
2.40 ส่วนประกอบภายในของบอลวาล์ว..... 54
2.41 วาล์วระบายความกดดัน..... 55
2.42 ข้อต่อลักษณะต่าง ๆ..... 56
2.43 การใช้สลักเรียวสำหรับรูตัน..... 72
2.44 สลักเบ่ง..... 72
2.45 แสดงโบลต์ชนิดต่าง ๆ ตามมาตรฐานเยอรมัน..... 72
2.46 แสดงการยึดด้วยสกรู..... 73
2.47 รองเพลาลูกกลิ้ง..... 75
2.48 แสดงการวัดขนาดสำหรับผู้ชายและผู้หญิงในขณะยืนและนั่ง..... 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

2.49 แสดงขนาดสัดส่วนท่ายืนด้านหน้าของผู้ใหญ่เพศชายทั่วไป.....80
2.50 แสดงขนาดสัดส่วนท่ายืนด้านข้างของผู้ใหญ่เพศชายทั่วไป.....81
2.51 แสดงภาพและข้อมูลตัวเลขของผู้ใหญ่เพศชายขณะนั่งควบคุมการทำงาน.....82
2.52 แสดงภาพข้อมูลตัวเลขพื้นฐานเกี่ยวกับสายตามนุษย์.....83
2.53 แสดงภาพและข้อมูลการวัดขนาดสัดส่วนมือของผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก.....84
4.1 แสดงข้อมูลในการออกแบบ.....103
4.2 แสดงข้อมูลในการออกแบบ.....103
4.3 แสดงแบบร่าง.....104
4.4 แสดงภาพด้านแสดงโครงสร้าง.....104
4.5 แสดงภาพทัศนียภาพ.....105
4.6 แสดงสัดส่วนการใช้งาน.....105
4.7 แสดงภาพตัด 3 มิติ.....106
4.8 แสดงระบบการเทปูนปลาสเตอร์.....106
4.9 แสดงการใช้งานวาล์ว.....107
4.10 แสดงรายละเอียดปลีกย่อย.....107
4.11 แสดงการดูแลรักษา.....108
4.12 แสดงภาพมุมมองด้านหน้าของหุ่นจำลอง.....108
4.13 แสดงภาพมุมมองด้านหลังของหุ่นจำลอง.....109
4.14 แสดงขนาดสัดส่วนคนกับหุ่นจำลอง.....109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มนุษย์รู้จักการนำเอาโลหะมีค่า เช่น ทอง เงิน ทองคำขาว ฯลฯ มาทำเป็นเครื่องประดับมาแต่ครั้งโบราณกาล ดังปรากฏหลักฐานที่ค้นพบเครื่องประดับที่ทำขึ้นในยุคสมัยต่าง ๆ ในแหล่งอารยะธรรมโบราณ เช่น อียิปต์ บาบิโลเนีย อินเดีย จีน เป็นต้น โดยกรรมวิธีการผลิตยังไม่อยู่ในรูปแบบงานอุตสาหกรรม แต่จะเป็นงานฝีมือที่เน้นความวิจิตร และประณีตเป็นหลัก ซึ่งวิธีการผลิตในสมัยโบราณมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การกะไหล่ การแกะสลัก การฝัง การตี ฯลฯ ชิ้นงานที่ได้ออกมาแต่ละชิ้นจะมีลักษณะความประณีตสวยงามต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความชำนาญของช่างแต่ละคน (ประทุม ชุ่มเพ็งพันธ์ : 2531)

ประเทศไทยก็รู้จักการผลิตเครื่องประดับมาเป็นเวลายาวนานเช่นกัน โดยมีการสืบทอดกรรมวิธีการผลิตกันมาหลายชั่วอายุคน เครื่องประดับฝีมือช่างไทยได้รับการยอมรับในด้านของความวิจิตรสวยงาม ทำให้การทำเครื่องประดับในประเทศไทยมีการขยายตัวจากการทำในลักษณะอุตสาหกรรมครัวเรือนมาเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และสามารถเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้เข้าประเทศติดอันดับ 1 ใน 10 ของอุตสาหกรรมหลักที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุดตลอดช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา โดยล่าสุดในปี พ.ศ. 2541 การส่งออกสินค้าประเภทอัญมณีและเครื่องประดับมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 57,356.5 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 2.6 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าทั้งหมด (ศูนย์สถิติการพาณิชย์ : 2541)

ด้วยความสำคัญของอุตสาหกรรมการส่งออกเครื่องประดับที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี แต่กิจการด้านนี้ยังขาดแคลนช่างฝีมือที่มีความสามารถและความชำนาญอีกเป็นจำนวนมาก กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ในโครงการสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ จึงได้มีการจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ ว่าด้วยกรรมวิธีขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับ ให้แก่บรรดาผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจ อาทิเช่น ขั้นตอนการเจียระไนพลอย การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับ การตกแต่งชิ้นงาน ฯลฯ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมการสัมมนาได้ชมเครื่องจักร เครื่องมือที่ทันสมัย และเทคนิควิธีการใหม่ ๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้ให้ผู้เข้าสัมมนานำไปฝึกฝนความชำนาญเพื่อพัฒนากิจการของตนให้สามารถดำเนินการต่อไปได้ด้วยดีต่อไป (กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม : 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจะกล่าวถึงขั้นตอนและกรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับแล้ว ขั้นตอนการหล่อตัวเรือนเครื่องประดับนับเป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องให้ความพิถีพิถันเป็นอย่างยิ่งเพราะชิ้นงานที่หล่อออกมาแล้วมีคุณภาพไม่ดี เช่น หล่อน้ำโลหะไม่เต็มแม่พิมพ์ ชิ้นงานมีตำหนิ มีรูพรุน เหล่านี้จะส่งผลต่อขั้นตอนต่อ ๆ ไปให้ประสบปัญหาทั้งระบบ โดยการหล่อตัวเรือนเครื่องประดับมีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ กรรมวิธีหล่อเหวี่ยง และกรรมวิธีหล่อดูด (กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม : 2535)

โดยทั้งสองวิธีการนี้จะมีวิธีการตั้งแต่แรกเริ่มเหมือนกันทุกประการ แต่จะต่างกันที่การเทน้ำโลหะลงในแบบ โดยการหล่อเหวี่ยงจะนำแม่พิมพ์ปูนวางในเครื่องเหวี่ยงแล้วเทน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์ จากนั้นจึงเปิดให้เครื่องเหวี่ยงทำงาน น้ำโลหะก็จะไหลลงเต็มแม่พิมพ์ ส่วนการหล่อดูดก็จะนำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์วางลงในกระบอกดูดอากาศ จากนั้นจึงรีบทำการเทน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์ กระบอกดูดอากาศจะดูดให้น้ำโลหะไหลเข้าแม่พิมพ์จนเต็มในที่สุด

สาเหตุที่ใช้ปูนปลาสเตอร์ในการหล่อทำแม่พิมพ์เครื่องประดับเนื่องจากปูนปลาสเตอร์มีเนื้อละเอียดเมื่อหล่อเป็นแม่พิมพ์แล้ว แบบที่ได้จะมีผิวเรียบ และสามารถใช้หล่อต้นแบบที่มีรายละเอียดสูงได้เป็นอย่างดี จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ในการทำแม่พิมพ์สำหรับหล่อตัวเรือนเครื่องประดับ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ : 2535)

กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2535) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการเตรียมปูนปลาสเตอร์สำหรับการทำแม่พิมพ์เครื่องประดับซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องมีการควบคุมอย่างละเอียด โดยเริ่มจากการเตรียมอัตราส่วนผสมระหว่างปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้ได้ตามที่กำหนด จากนั้นจึงนำไปกวนให้ส่วนผสมเข้ากันโดยต้องมีการดูดเอาฟองอากาศออกให้หมด เมื่อกวนส่วนผสมให้เข้ากันดีโดยควบคุมตามเวลาที่กำหนดแล้วจึงเทปูนปลาสเตอร์ลงในกระบอกโดยการเขย่าให้สั่นสะเทือนเล็กน้อย เพื่อให้น้ำปูนปลาสเตอร์ไหลเข้าสู่ทุกซอกทุกมุมของต้นแบบซึ่งทำจากการหล่อเทียน โดยต้องเทให้สูงท่วมต้นแบบเล็กน้อย เพื่อป้องกันน้ำโลหะไหลรั่วออกจากแม่พิมพ์ในตอนที่จะทำการเทแบบ เมื่อเทปูนปลาสเตอร์ลงจนเต็มกระบอกแล้วจึงนำออกมาวางพักให้ปูนปลาสเตอร์ได้เซ็ทตัวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วจึงนำเข้าเตาอบเพื่อใช้ความร้อนเผาไล่ต้นแบบเทียนออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้หมดก่อนที่จะเทน้ำโลหะเข้าไปแทนที่

คุณสมบัติที่ดีของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่หล่อเสร็จต้องเป็นดังนี้ คือ

1. มีผิวเรียบ และละเอียด
2. ปูนปลาสเตอร์ต้องสามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 760 องศาเซลเซียส
3. ต้องทนต่อแรงดันน้ำโลหะในขณะที่ทำการเทแบบ โดยที่เนื้อปูนไม่มีรอยแตกร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่วนผสมของเนื้อปูนปลาสเตอร์ต้องไม่มีสารที่จะทำให้เกิดการผุกร่อนเสียหาย หรือกรด ซึ่งมีผลต่อกระบอกแม่แบบหล่อ เตาอบ และชิ้นงานหล่อ

5. ต้องทำลายออกจากกระบอกพิมพ์ได้ง่ายหลังจากที่ทำการหล่อชิ้นงานเสร็จแล้ว

หากการควบคุมการผสมปูนปลาสเตอร์ไม่เป็นไปตามหลักการที่กำหนดจะส่งผลเสียต่อชิ้นงานที่หล่อออกมา ซึ่งปัญหาที่พบได้แก่

1. อัตราส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์กับน้ำไม่ถูกต้อง เช่น ถ้าน้ำมากเกินไปปูนจะแห้งเร็วและทำให้เทลงกระบอกแม่แบบไม่ทั่ว หรือถ้าน้ำมากเกินไปปูนจะแห้งช้าทำให้มีความหนาแน่นไม่พอที่จะทนต่อแรงดันของน้ำโลหะในตอนเทแบบ ปูนปลาสเตอร์จะมีรอยร้าว หรือทะลุน้ำโลหะจะไหลออกจากแม่พิมพ์จนหมด

2. การดูดอากาศไม่ควบคุมตามเวลาจะส่งผลให้มีฟองอากาศในเนื้อปูนปลาสเตอร์ เมื่อปูนแห้งจะเกิดเป็นรูพรุน ชิ้นงานที่ได้หลังจากหล่อน้ำโลหะจะไม่เป็นตามต้นแบบ

3. การเขย่าน้ำปูนลงกระบอกแม่แบบไม่ทั่วถึง เนื้อปูนไม่ปกคลุมทุกซอกทุกมุมของต้นแบบเทียน ทำให้ชิ้นงานขาดรายละเอียดที่ถูกต้องตามต้นแบบ

เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์เพื่อทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับจึงต้องมีระบบการทำงานที่รองรับปัญหาดังกล่าวทั้งนี้เพื่อลดขั้นตอนการผลิตที่ซ้ำซ้อนอันเกิดจากการเสียหายของขั้นตอนการหล่อ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนการผลิตที่ยาวนานที่สุดในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ เพราะแค่ขั้นตอนการนำกระบอกแม่แบบเข้าเผาไล่เทียนด้วยความร้อนก็กินเวลากว่า 12 ชั่วโมงแล้ว ดังนั้นหากต้องการลดเวลาในการผลิต ลดปริมาณการผลิตซ้ำซ้อน และลดต้นทุนการผลิตแล้ว ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงให้ความสำคัญกับการหล่อต้นแบบเป็นอย่างมาก

ด้วยความสำคัญของขั้นตอนการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์เพื่อการทำตัวเรือนเครื่องประดับดังที่กล่าวไปทั้งหมด ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการเตรียมปูนปลาสเตอร์ในการเทแบบพิมพ์ต้องมีเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ช่วยให้ปัญหาในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นน้อยที่สุด หรือหมดไป จึงเป็นที่มาของการเสนอโครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์เครื่องประดับ เพื่อให้การผลิตตัวเรือนเครื่องประดับด้วยการหล่อได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ และได้มาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์เครื่องประดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ที่มาของปัญหา

เนื่องจากเกิดความเสียหายต่อชิ้นงานโลหะที่หล่อออกมาแล้วมีคุณภาพไม่ดี เช่น เนื้อโลหะเกิดเป็นรอยแหว่ง หล่อได้ไม่เต็มแม่พิมพ์ หรือหลังจากเทน้ำโลหะเข้าในแม่พิมพ์แล้วเกิดการทะลุของแม่พิมพ์ โดยทั้งหมดเกิดจากเนื้อปูนปลาสเตอร์ที่ทำแม่พิมพ์ไม่เป็นไปตามกระบวนการผลิตที่ควบคุมอย่างถูกต้องตามอัตราส่วนผสมของเนื้อปูนปลาสเตอร์กับน้ำ ในเวลาที่กำหนด

1.4 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ปัญหาเนื้อปูนปลาสเตอร์แห้งเร็วเกินไป ทำให้ปูนมีความแข็งตัว และมีความหนืดน้อยจึงไหลตัวลงสู่กระบอกแม่แบบในตอนเทแบบได้ไม่ดี

ภาพที่ 1.1 แสดงการเทน้ำปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบ

แนวทางการแก้ปัญหา : ควบคุมอัตราส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้เป็นไปตามที่กำหนด คือ ใช้อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ 6 กิโลกรัมต่อน้ำ 2400 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ซึ่งสามารถเทลงกระบอกแม่แบบขนาด ∅ 4" สูง 8 " ได้ 3 กระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

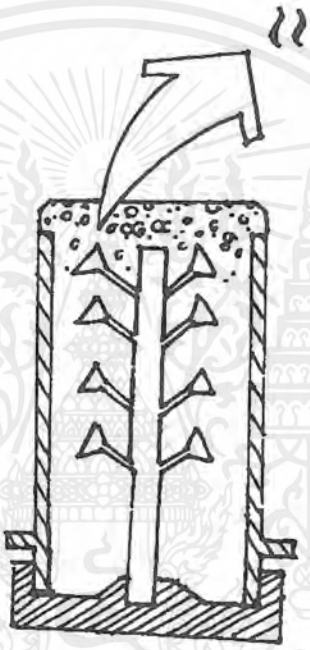
2. ปัญหาเนื้อปูนปลาสเตอร์แห้งช้าเกินไป เนื่องจากมีน้ำในเนื้อปูนปลาสเตอร์มาก เมื่อนำเข้าเตาอบความร้อนเพื่อเผาไล่เทียน เนื้อปูนจะเกิดรอยร้าว ความสามารถในการทนต่อแรงดันน้ำโลหะตอนเทแบบจะลดลง ทำให้เกิดการทะลุของแม่พิมพ์ได้

ภาพที่ 1.2 แสดงการแตกร้าวของเนื้อปูนปลาสเตอร์

แนวทางการแก้ปัญหา : ควบคุมอัตราส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้เป็นไปตามอัตราส่วนที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหาเกิดรูพรุนในเนื้อปูนปลาสเตอร์ เนื่องจากในขั้นตอนการผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำ ทำการดูดฟองอากาศออกได้ไม่ดีพอ หรือเกิดจากระยะเวลาในการดูดอากาศสั้นเกินไป

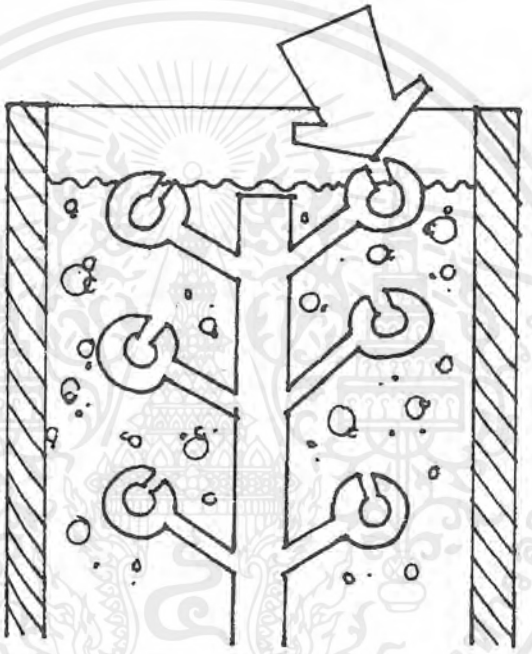


ภาพที่ 1.3 แสดงฟองอากาศที่ถูกดูดออกจากกระบอกแม่แบบ

แนวทางการแก้ปัญหา : ควบคุมระยะเวลาการดูดอากาศให้เป็นไปตามขั้นตอนของการผสมปูนปลาสเตอร์ก่อนที่จะทำการเทน้ำปูนลงกระบอกแม่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัญหาเนื้อปูนปลาสเตอร์ไม่สามารถไหลเข้าสู่ทุกซอกทุกมุมของต้นแบบเทียนได้อย่างทั่วถึงในขณะที่ทำการเทน้ำปูนลงสู่กระบอกแม่แบบ เป็นเหตุให้ชิ้นงานที่หล่อเป็นโลหะออกมาแล้วเกิดตำหนิ และขาดความถูกต้องของรายละเอียดตามต้นแบบ

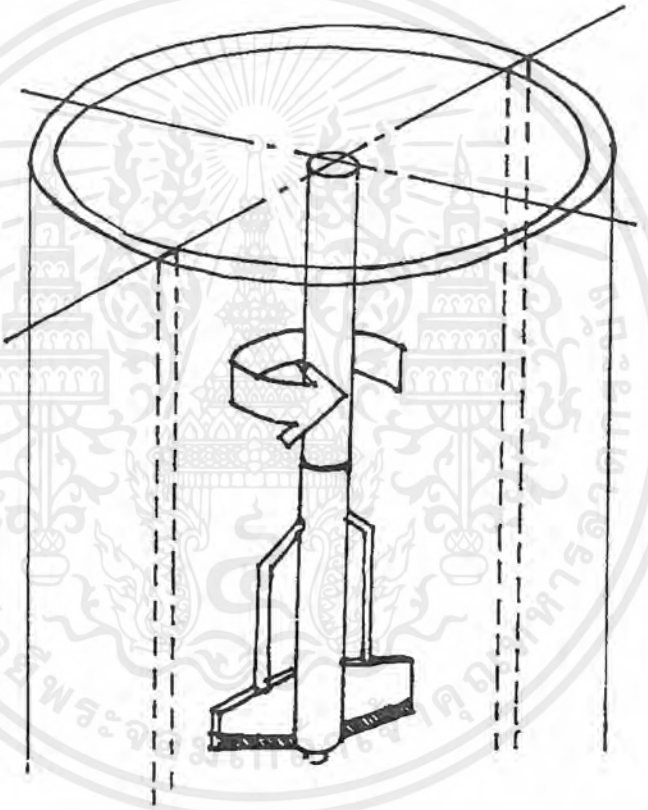


ภาพที่ 1.4 แสดงซอกมุมที่เป็นจุดอับของต้นแบบในการหล่อปูนปลาสเตอร์

แนวทางการแก้ปัญหา : ในขณะที่ทำการเทน้ำปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบต้องทำการเขย่าให้กระบอกแม่แบบเกิดการสั่นสะเทือนเล็กน้อย เพื่อที่จะให้น้ำปูนสามารถไหลเข้าต้นแบบเทียนได้อย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปัญหาการทำความดูแลทำความสะอาดเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ ซึ่งภายในห้องผสมมีรายละเอียดต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นก้านหมุน ใบพาย ครีบปาด ซึ่งล้วนแต่มีซอกมุมต่าง ๆ ที่จำเป็นที่จะต้องล้างทำความสะอาดเอาเศษปูนปลาสเตอร์หลุดออกให้หมดของการผสมปูนแต่ละครั้ง มิฉะนั้นเศษปูนที่แข็ง ๆ จะหลุดลงในกระบอกแม่แบบอันใหม่ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานที่เทโลหะได้



ภาพที่ 1.5 แสดงชิ้นส่วนภายในถังปั่นซึ่งยากต่อการทำความสะอาด

แนวทางการแก้ปัญหา : ออกแบบเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์โดยให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องผสมปูนปลาสเตอร์สามารถถอดแยกชิ้นส่วนเพื่อการล้างทำความสะอาดรายละเอียดต่าง ๆ ได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล

1. ศึกษาประวัติความเป็นมาของการผลิตเครื่องประดับ

2. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโลหะที่ใช้ทำเครื่องประดับ

3. ศึกษาชนิด ประเภท ตลอดจนความนิยมของโลหะแต่ละชนิดที่ใช้กรรมวิธีการผลิตด้วยการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

4. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

5. ศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับด้วยการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

6. ศึกษาคุณสมบัติ ชนิดของปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

7. ศึกษารูปแบบ ความนิยมของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับที่เหมาะที่จะผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีการหล่อแบบด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

8. ศึกษาระบบของเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ที่สามารถทำงานได้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต

9. ศึกษาวัสดุที่จะใช้ในการผลิตเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์

10. ศึกษาการเลือกใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะต้องใช้ร่วมกันกับเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ เช่น เครื่องดูดอากาศ มอเตอร์ไฟฟ้า

11. ศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์

12. ศึกษาขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับสรีระมนุษย์ในการออกแบบเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์

13. ศึกษากลุ่มเป้าหมายที่จะออกมารองรับการใช้งานเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์

1.6 ขอบเขตการออกแบบ

1. ออกแบบเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์เครื่องประดับ

2. ออกแบบให้อุปกรณ์ภายในตัวถังปั่นของเครื่องผสมเป็นระบบถอดประกอบเพื่อสะดวกในการทำความสะอาดหลังการใช้งาน

3. ออกแบบตัวช่องวางกระบอกแม่แบบให้มีการจับยึดป้องกันการล้มของกระบอกแม่แบบในขณะทำการเทน้ำปูนปลาสเตอร์

4. ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการปั่นผสมปูนปลาสเตอร์

5. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสามารถเทน้ำปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบได้ครั้งละ 3 กระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย

1. เสนอหัวข้อโครงการ
2. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ค่าสถิติ
3. สรุปข้อมูล
4. การเขียนแบบร่าง
5. การเขียนแบบเพื่อการผลิต
6. การทำหุ่นจำลอง
7. การจัดทำข้อมูลฉบับสมบูรณ์
8. การนำเสนอผลงาน
9. การสรุปและประเมินผล

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

2. การทำความสะอาดภายในถังปั่นผสมปูนปลาสเตอร์หลังการใช้งานในแต่ละครั้งสามารถทำได้โดยสะดวก

3. กระบอกแม่แบบไม่มีการล้มระหว่างการเทปูนปลาสเตอร์

4. สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของการปั่นผสมเนื้อปูนปลาสเตอร์ให้เข้ากันได้ดี ทำให้ได้เนื้อปูนที่มีคุณภาพในการเทแม่พิมพ์

5. เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์มีขีดความสามารถในการทำงานเทน้ำปูนลงกระบอกได้ครั้งละ 3 กระบอก

6. ปัญหาต่าง ๆ ในขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ลดน้อยลง หรือหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิจัย เรื่องเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ จากการรวบรวมและศึกษา ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ประวัติความเป็นมาของการทำเครื่องประดับ
2. คุณสมบัติของโลหะที่ใช้หล่อ
3. กรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ
4. ขั้นตอนต่าง ๆ ในกรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ
5. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์
6. จิตวิทยาสี
7. ขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์

2.1 ประวัติความเป็นมาของการทำเครื่องประดับ

ภาพที่ 2.1 เครื่องทองโบราณ

มนุษย์รู้จักการนำเอาโลหะมีค่า เช่น ทอง เงิน ทองคำขาว ฯลฯ มาทำเป็นเครื่องประดับมาแต่ครั้งโบราณกาล ดังปรากฏหลักฐานที่ค้นพบเครื่องประดับที่ทำขึ้นในยุคสมัยต่าง ๆ ในแหล่งอารยะธรรมโบราณ เช่น อียิปต์ บาบิโลเนีย อินเดีย จีน เป็นต้น โดยกรรมวิธีการผลิตยังไม่อยู่ในรูปแบบงานอุตสาหกรรม แต่จะเป็นงานฝีมือที่เน้นความวิจิตร และประณีตเป็นหลัก ซึ่งวิธีการผลิตใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมัยโบราณมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การกะไหล่ การแกะสลัก การฝัง การตี ฯลฯ ชิ้นงานที่ได้ออกมาแต่ละชิ้นจะมีลักษณะความประณีตสวยงามต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความชำนาญของช่างแต่ละคน

เทคโนโลยีที่ช่างทำเครื่องประดับแต่โบราณได้ทำการถ่ายทอดสู่คนรุ่นหลัง และยังคงทำกันอยู่ในปัจจุบันคือ การถ่ายทอดวิชาจากหัวหน้างาน หรือนายจ้างไปยังลูกน้องวันละเล็กละน้อย อันเป็นการสะสมความรู้ความชำนาญแบบต่อเนื่องและยาวนาน จนเกิดการพัฒนาฝีมือในที่สุด

2.2 คุณสมบัติของโลหะที่ใช้หล่อเครื่องประดับ

2.2.1 **ทอง** (Gold) ทองเป็นโลหะมีค่าที่เหมาะสมสำหรับการทำเครื่องประดับ ทองบริสุทธิ์จะมีสีเหลือง ทองเป็นโลหะที่อ่อนสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายและไม่เกิดปฏิกริยากับแก๊สออกซิเจน กำมะถัน หรือกรด นอกจากสารละลายที่ชื่อว่า Aqua Regia ซึ่งมีส่วนผสมของกรดไนตริก 1 ส่วน และกรดเกลือ 3 ส่วน สามารถทำให้ทองละลายเป็นโลหะผสมได้ อัตราส่วนของสารละลายที่มีในเนื้อทองจะเป็นตัววัดค่าความบริสุทธิ์ของทอง โดยมีหน่วยเป็นการัต หรือที่เรียกว่าทอง K โดยถือว่าทองบริสุทธิ์มีค่าเท่ากับ 24 K ดังนั้นทองที่มีค่า 14 K ก็หมายถึงทองที่มีเนื้อทองบริสุทธิ์หนักในอัตราส่วน 14 / 24 ส่วนที่เหลืออีก 10 / 24 ส่วนก็จะเป็นน้ำหนักของโลหะผสมชนิดอื่นที่ปนอยู่

การทดสอบทองทำได้โดยใช้ตะไบบากลงไปบนชิ้นงานที่ต้องการทดสอบให้ลึกพอสมควร แล้วใช้กรดไนตริกหยดลงบนรอยบากถ้ามีปฏิกริยาเป็นสีเขียวใสขึ้น แสดงว่าเป็นทองเคลือบบนโลหะทองแดง หรือทองเหลือง ถ้ามีสีครีมชมพูแสดงว่าเป็นทองเคลือบบนเงิน ถ้าหากเป็นเนื้อทอง 10 K จะมีปฏิกริยาเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย หากมากกว่า 10 K จะไม่มีปฏิกริยาเกิดขึ้นเลย หรืออาจเกิดแต่น้อยมาก (กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม : 2534)

2.2.2 **เงิน** (Silver) เชื่อกันว่าเงินเป็นโลหะที่พบกันมากว่า 2400 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งตามการสันนิษฐานเข้าใจว่าจะมีแหล่งเงินตามธรรมชาติ ถึงแม้จะพบเงินมานานแล้วก็ตามแต่ก็ยังไม่แพร่หลายในอุตสาหกรรม ส่วนมากจะใช้ทำเครื่องประดับ ทำเหรียญ เงินตรา อีกประการหนึ่งคือเงินเป็นโลหะที่หายาก ในปี 1900 ได้เริ่มมีการทำเหมืองแยกเงินออกจากโลหะอื่นได้เป็นผลสำเร็จ จึงทำให้ปริมาณเงินที่ได้มีเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ดีเงินก็ยังคงมีราคาที่สูงอยู่ (สาคร คันธโชติ และวิศิษฐ์ ศิริสัมพันธ์ : 2529)

เงินเป็นโลหะสีขาวอ่อน และดัดแปลงรูปร่างได้ง่าย เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีที่สุด แต่ธาตุกำมะถันจะทำให้สีเงินมัวหมอง เงินบริสุทธิ์อ่อนเกินไปที่จะใช้ทำเป็นชิ้นงานต่าง ๆ ได้ จึงจำเป็นต้องมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมด้วยทองแดงเพื่อให้เงินมีความแข็งยิ่งขึ้น โลหะผสมเงินที่นิยมใช้กัน ได้แก่ เงินเสตอริง มีปริมาณเงินคิดเป็น 92.5% และทองแดง 7.5% นิยมใช้กันมากในการหล่อเครื่องประดับ และอีกชนิดหนึ่งคือ เงินเหรียญ มีเงิน 90% และทองแดง 10% ซึ่งสมัยก่อนเหรียญเงินของสหรัฐใช้ส่วนผสมนี้ แต่ปัจจุบันไม่ใช้เงินผสมแล้ว

การทดสอบเงินใช้ตะไบบากลงบนชิ้นงานที่ต้องการทดสอบให้ลึกพอสมควร เช่นเดียวกับการทดสอบทอง แล้วจึงหยดกรดไนตริกลงบนรอยที่บากไว้ ถ้ามีปฏิกริยา เช่น เกิดสีครีมมัว ๆ แสดงว่าเป็นเงินเสตอริง ถ้าเป็นโลหะที่เคลือบด้วยเงิน โลหะพื้นจะมีสีเขียว ถ้าเป็นเงินเหรียญจะเกิดเป็นสีดำ เงินเมื่อนำไปจุ่มทำความสะอาดในกรดกำมะถันที่มีความร้อนพอสมควร จะเป็นประกายสีขาว เงินบริสุทธิ์เมื่อเผาจนมีสีแดงแล้วปล่อยทิ้งไว้จนเย็นตัวจะยังคงเป็นสีขาวอยู่ แต่ถ้าเป็นเงินสเตอริงจะเปลี่ยนเป็นสีดำ (กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม : 2534)

เงินใช้ในการทำเครื่องประดับ และของใช้บนโต๊ะ เงินมีความวาวมัน เงินบริสุทธิ์จะมีความอ่อนตัว ถ้าต้องการให้สามารถคงรูปได้ต้องมีการผสมทองแดง หรือธาตุอื่น ๆ เนื่องจากเงินเป็นโลหะที่มีสีขาวงดงาม ทนต่อการผุกร่อนได้ดี จึงนิยมใช้เงินในการทำเหรียญตราเป็นจำนวนมาก และคุณสมบัติพิเศษอีกอย่างคือ เงินเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมาก

2.2.3 **ทองเหลือง (Brasses)** ทองเหลืองคือ โลหะผสมของทองแดง โดยมีสังกะสีเป็นธาตุผสมหลัก แต่มักจะมีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่อีก เช่น อลูมิเนียม ตะกั่ว ฯลฯ เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น แต่ทั้งนี้ปริมาณธาตุผสมอื่น ๆ จะต้องมีไม่มากเกินไปจนส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของโลหะผสมมากกว่าผลสืบเนื่องของสังกะสีที่มีต่อโลหะ

ปริมาณสังกะสีในทองเหลืองมีตั้งแต่จำนวนเล็กน้อยไปจนถึงมากกว่า 40% โดยน้ำหนัก สีของทองเหลืองจะแปรไปตามปริมาณสังกะสีที่ผสมอยู่ ถ้ามีน้อยสีของโลหะจะออกเป็นสีแดงชมพู ถ้ามีมากจะออกเป็นสีเหลืองและมีสีซีดลงตามลำดับ

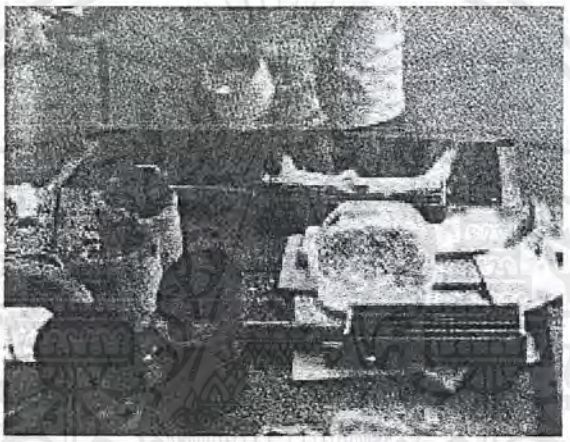
สังกะสีจะช่วยให้ทองเหลืองสามารถต้านแรงดึง และมีความเหนียวสูง ส่วนความแข็งจะสูงกว่าทองแดงมาก แต่ถ้ามีสังกะสีมากเกินไป โดยเฉพาะเมื่อมากเกินกว่า 40% จะพบว่าความเหนียวลดลงมากจนไม่เหมาะต่อการใช้งาน ปริมาณสังกะสี 30% ต่อน้ำหนักทองเหลืองเป็นปริมาณที่นิยมใช้กันมากที่สุด จุดอ่อนของทองเหลืองคือไม่ทนต่อการผุกร่อน ยิ่งถ้ามีปริมาณสังกะสีมากก็ยิ่งมีโอกาสผุกร่อนมาก ซึ่งอาจลดการผุกร่อนโดยการผสมธาตุต่าง ๆ เช่น ตะกั่ว ดีบุก นิกเกิล ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ

ในการผลิตเครื่องประดับโลหะที่มีค่า ซึ่งต้องการความเรียบร้อยสวยงาม ตลอดจนลวดลาย และรายละเอียดต่าง ๆ กรรมวิธีที่ถูกนำมาใช้ก็คือ กรรมวิธีที่เรียกว่าการหล่อไล่ขี้ผึ้ง

เครื่องประดับที่นิยมผลิตในกรรมวิธีแบบนี้ ได้แก่ แหวน เข็มกลัด ปิ่นปักผม กำไลข้อมือ สร้อย เรือนนาฬิกา ฯลฯ ส่วนโลหะที่ใช้ในการหล่อก็มักจะเป็นโลหะที่มีค่า และมีความสวยงาม เช่น ทองคำ เงิน ทองคำขาว รวมไปถึงโลหะผสม เช่น ทองเหลือง ทองแดง ฯลฯ



ภาพที่ 2.2 การหลอมทองคำเพื่อทำการหล่อแบบ

ข้อดีของกรรมวิธีการหล่อแบบไล่ขี้ผึ้งก็คือ สามารถหล่อแบบที่มีรายละเอียดมาก ๆ ได้ ทำให้ลดขั้นตอนการทำงานของช่างฝีมือในการตัด เชื่อม ตะไบ เจาะ ฯลฯ ได้อย่างมาก โดยหลังจากหล่อเสร็จแล้วสามารถนำไปตกแต่งผิวในขั้นสุดท้ายได้ทันที

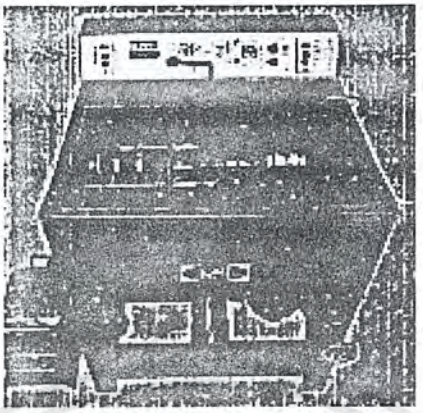
กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2535) ได้ทำการแบ่งกรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับเครื่องประดับโดยทั่วไป โดยแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่

2.3.1 **กรรมวิธีการหล่อเหวี่ยง** อาศัยหลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาใช้กับการหล่อ โดยมีเครื่องเหวี่ยงกระบอกแม่แบบ (FLASK) ในขณะที่เทน้ำโลหะ ด้วยแรงเหวี่ยงจะทำให้น้ำโลหะไหลเข้าไปตามซอกมุมในแม่พิมพ์ วิธีนี้มีข้อดีที่เครื่องจักรใช้น้อยราคาไม่แพงมาก เหมาะสำหรับช่างหล่อเครื่องประดับที่ทำกิจการส่วนตัว แต่การทำงานจะค่อนข้างยุ่งยากหลายขั้นตอนต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญเป็นอย่างมาก ทั้งยังอาจเกิดอันตรายจากกระบอกแม่แบบที่จะหลุดจากเครื่องเหวี่ยงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

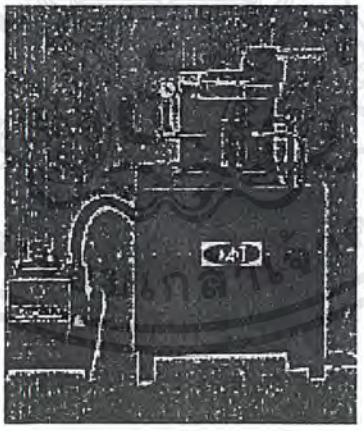
ปพ.
ป732ค
2543

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.



ภาพที่ 2.3 เครื่องหล่อเหวี่ยงแบบสูญญากาศ

2.3.2 **กรรมวิธีการหล่อดูด** ใช้หลักการดูดอากาศในกระบอกแม่แบบในขณะที่เทน้ำโลหะ ทำให้น้ำโลหะไหลตามแรงดูดเข้าไปตามซอกมุมของแม่พิมพ์ได้ วิธีนี้เครื่องมือเครื่องจักรจะมีราคาสูงแต่มีขั้นตอนการทำงานที่ง่ายกว่าวิธีแรก เหมาะสำหรับผู้ประกอบการที่ผลิตเครื่องประดับในลักษณะงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2.4 เครื่องหล่อดูด

2.4 ขั้นตอนต่าง ๆ ในกรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ

กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2535) กล่าวว่ากรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับที่กล่าวไปทั้ง 2 วิธี ต่างกันเพียงหลักการทำงานเท่านั้น แต่ขั้นตอนก่อนที่จะมาสู่กรรมวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหล่อนั้นก็เหมือนกันทุกประการ ดังนั้นเมื่อจะกล่าวถึงกรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับโดยรวมก็สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

2.4.1 การเตรียมแบบหุ่น

2.4.2 การทำแบบยาง

2.4.3 การทำแม่แบบขี้ผึ้ง

2.4.4 การทำแบบปูนหล่อ

2.4.5 การเผาไล่ขี้ผึ้ง

2.4.6 การหลอมโลหะและการหล่อ

2.4.7 การทำความสะอาดชิ้นงาน

2.4.1 **การเตรียมแบบหุ่น**

เมื่อออกแบบเครื่องประดับที่จะทำการหล่อแล้ว ต้องมีการทำแบบหุ่น (MODEL) เพื่อนำไปทำเป็นแบบสำหรับหล่อแม่แบบขี้ผึ้งต่อไป วิธีการทำหุ่นมี 2 วิธี คือ

2.4.1.1 **ทำแบบหุ่นด้วยโลหะ** โดยการนำมาตัดแต่ง เชื่อม ตะไบ ฯลฯ จนได้รูปที่ต้องการ ซึ่งโลหะที่ใช้อาจจะเป็นทอง ทองเหลือง หรือโลหะผสมก็ได้ โดยควรนำแบบหุ่นที่ได้ไปชุบด้วยโรเดียม หรือนิกเกิลเสียก่อนเพื่อให้ได้ผิวที่เรียบสวยงาม

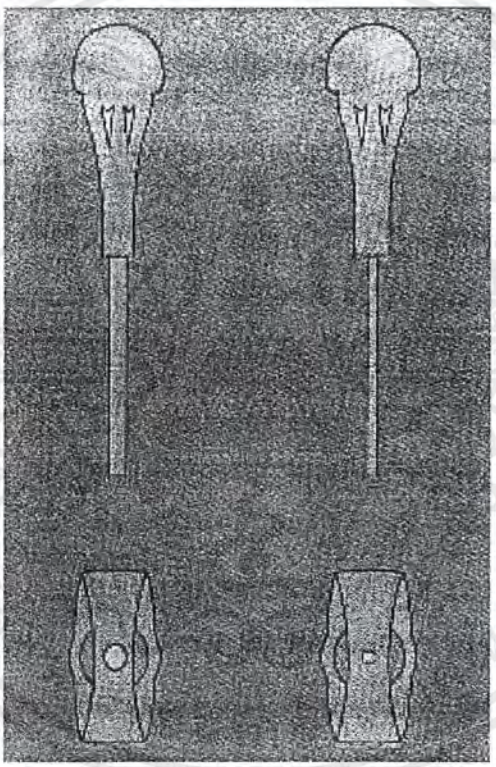
ภาพที่ 2.5 การทำแบบหุ่นด้วยโลหะ

2.4.1.2 **ทำแบบหุ่นด้วยขี้ผึ้ง** จากนั้นจึงนำไปทำแบบปูนหล่อ เพื่อทำการหล่อเป็นแบบหุ่นโลหะที่มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ขนาดของแบบหุ่น** แบบหุ่นที่ทำเสร็จแล้วที่จะเป็นแบบสำหรับหล่อนั้นควรจะใหญ่กว่าขนาดจริงที่ต้องการประมาณ 10% เผื่อไว้สำหรับการหดตัวของแบบขี้ผึ้ง แบบโลหะ และการขัดแต่งขั้นสุดท้าย

- **การติดก้าน** แบบหุ่นที่ทำไว้ต้องนำมาติดก้านโลหะ (SPURE) ซึ่งจะเป็นช่องทางไหลของน้ำโลหะเข้าสู่แม่พิมพ์ ขนาดหน้าตัดของก้านต้องได้สัดส่วนกับขนาดของแบบหุ่น โดยปกติจะใช้เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1/8 นิ้ว และเลือกติดในตำแหน่งที่น้ำโลหะจะสามารถไหลเข้าเต็มแม่พิมพ์โดยสะดวก



ภาพที่ 2.6 แสดงการขนาดการติดก้านที่เหมาะสม

2.4.2 การทำแบบยาง

ในปัจจุบันบล็อกอัดยางที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือบล็อกสี่เหลี่ยมที่ทำจากอลูมิเนียม ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา มีการนำยางซิลิโคนมาใช้การแบบยางซึ่งมีข้อดีที่สามารถคงรูปได้ดี มีอัตราการยืดน้อยมากทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง ในการทำแบบยางต้องมีการเตรียมเครื่องมือและวิธีการดังต่อไปนี้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 **เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้**

1) กรอบโลหะ (FRAME)
2) ยางทำแบบ (MOLD RUBBER)
3) เครื่องอบยางแบบ (VULCANIZER)
4) มีดผ่าตัดพร้อมใบมีด (SURGICAL KNIFE & BLADE)

2.4.2.2 **การอบยางแบบ**

นำกรอบที่อัดแบบยางไว้แล้วเข้าเครื่องอบ โดยตั้งอุณหภูมิเครื่องไว้ที่ 154 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการอบยาง โดยต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้มีความคงที่ด้วย ระหว่าง 10 นาทีแรก ค่อย ๆ อัดยางให้ความร้อนละลายยางแทรกซึมเข้าสู่ช่องว่างรอบ ๆ แบบหุ่นอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นจึงอัดให้แน่น การอัดให้แน่นครั้งสุดท้ายต้องทำใน 10 นาทีแรก หลังจากนั้นจึงทิ้งไว้อีกประมาณ 20-30 นาที ขึ้นกับความหนาของแบบยาง จึงนำกรอบออกจากเครื่องอบ

ภาพที่ 2.7 เครื่องอัดแม่พิมพ์ยาง

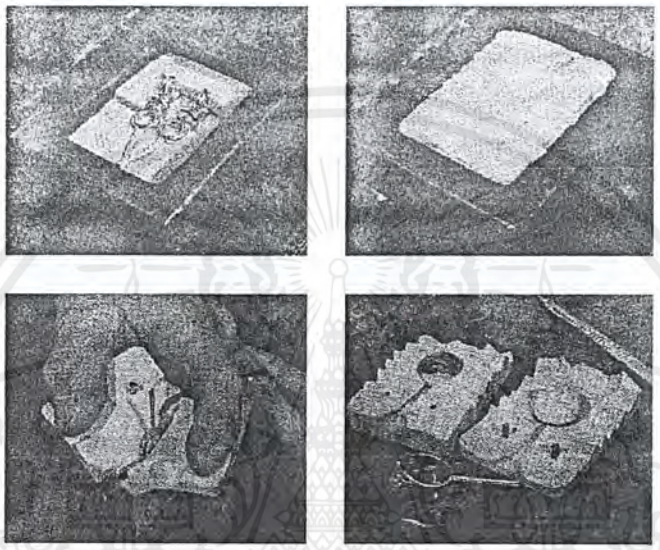
2.4.2.3 **การตัดแบบยาง**

แบบยางหลังจากที่ทำการอบแล้ว จะต้องนำมาตัดแบ่งครึ่งโดยใช้มีดตัดแบบ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้มีดผ่าตัด โดยเทคนิคการตัดสามารถแบ่งได้ดังนี้

1) การตัดแบบทำล็อค
2) การตัดขอบนอก
3) การตัดภายใน
4) การตัดทำร่องระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นโดยใช้มีดผ่าตัดกรีดแบบยางจากด้านที่มีก้านทางเดินน้ำโลหะ (SPURE) โผล่ออกมา เริ่มจากแนวกึ่งกลางก้านไปตามแนวที่ขีดเส้นแบ่งครึ่งไว้จนรอบ แล้วค่อย ๆ ตัดเข้าไปด้านในหาตัวหุ่น โดยตัดแบ่งแบบส่วนบนและส่วนล่างให้อยู่ในแนวกึ่งกลางหุ่นพอดี หลังจากนั้นจึงแกะแบบหุ่นโลหะออกจากแบบยาง แล้วทำการตัดส่วนที่เหลือเพื่อตัดแบบยางออกเป็นสองซีก



ภาพที่ 2.8 ขั้นตอนการทำแบบยาง

2.4.3 การทำแม่แบบขี้ผึ้ง

ในอุตสาหกรรมหล่อบางประเภทใช้พลาสติก เช่น โพลีสไตรีนในการทำแม่แบบ แต่สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องประดับโลหะจะใช้ขี้ผึ้ง (WAX) เป็นแม่แบบ ขี้ผึ้งที่ใช้เป็นแม่แบบนี้จะเป็นขี้ผึ้งที่ได้มาจากธรรมชาติ ได้แก่ คาร์นูบาร์ (CARNAUBA) มีความแข็งแรงมาก, แคนเดลิลลา (CANDELILLA) มีความแข็งแรงพอสมควร, ขี้ผึ้งจากผึ้ง (BEE WAX) มีความอ่อนตัวดี, ขี้ผึ้งเทียม เช่น พาราฟิน (PARAFIN) ได้จากการผลิตปิโตรเลียม, ขี้ผึ้งที่ได้จากแร่ถ่านหินสีน้ำตาล เช่น มอนแทน (MONTAIL) มีความแข็งแรงมาก

2.4.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของขี้ผึ้งที่ใช้ในการทำแบบ

1) ต้องมีจุดหลอมละลายต่ำ และมีอัตราการขยายตัวน้อยที่สุด

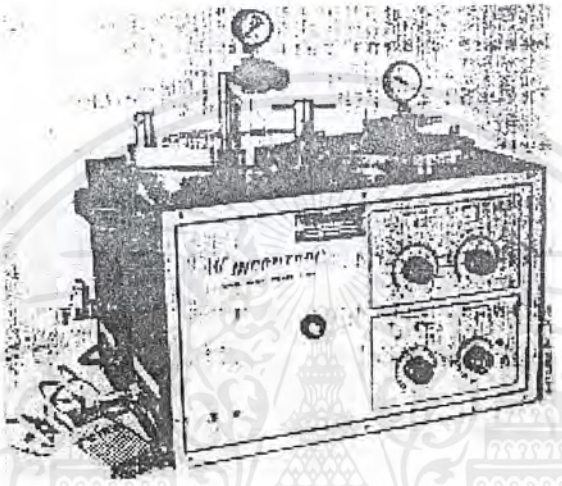
2) เมื่ออยู่ในภาวะหลอมเหลว ขี้ผึ้งต้องสามารถไหลตัวได้ดี เมื่อเย็นต้องแข็งตัวและสามารถรักษารูปทรงอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อเผาปูนหล่อที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสขึ้นไป ขี้ผึ้งที่อยู่ภายในแม่พิมพ์จะต้องเผาไหม้จนหมดไม่เหลือแม้แต่เศษเถ้า

2.4.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการผลิตแม่แบบขี้ผึ้ง

1) เครื่องอัดขี้ผึ้ง ใช้อัดขี้ผึ้งเข้าแบบโดยใช้ความร้อน และมีเครื่องทำความร้อนสำหรับละลายขี้ผึ้ง พร้อมทั้งต้องมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจากลมอัด



ภาพที่ 2.9 เครื่องฉีดขี้ผึ้ง

2) ขี้ผึ้ง

3) สารหล่อลื่น ซึ่งใช้ทา ปัด หรือพ่นบนแบบยาง เพื่อทำให้ขี้ผึ้งที่แข็งตัวสามารถแกะออกจากแบบยางได้โดยง่าย

4) แปรงขนอูฐ มีด แท่งเหล็ก และตะเกียงอัลกอฮอล์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ในการตกแต่งแบบขี้ผึ้ง

5) กระบอกแบบหล่อพร้อมฐานโลหะเพื่อใช้ทำแบบปูนหล่อ

6) ดีบับเบอร์ไรเซอร์ คือ น้ำยาประสานให้น้ำกับขี้ผึ้งเกาะตัวกันดี

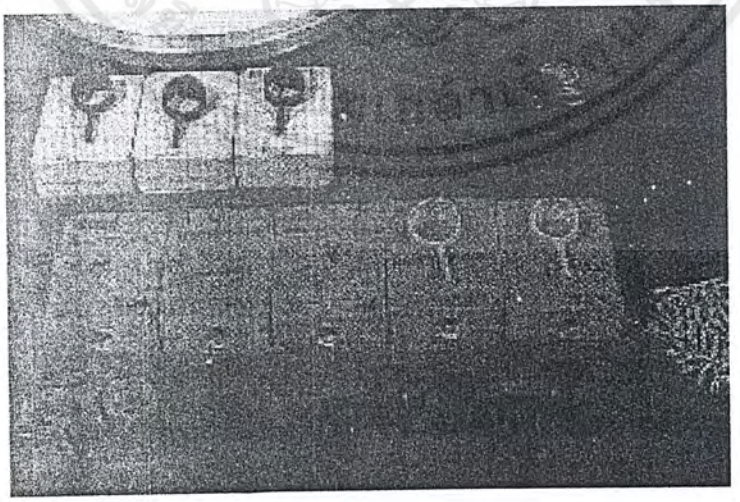
2.4.3.3 การอัดขี้ผึ้ง

ต้องใช้สารหล่อลื่นต่าง ๆ เช่น น้ำมันพืชผสมอัลกอฮอล์ 50% หรือพ่นด้วยสารละลายซิลิโคน หรือใช้โรยด้วยแป้งฝุ่นบาง ๆ บนแบบยาง เพื่อที่จะสามารถแกะแม่แบบขี้ผึ้งออกจากแบบยางได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.10 การฉีดขี้ผึ้งเข้าในแบบยาง

ใช้แผ่นเหล็กประกบด้านบนและด้านล่างของแบบยาง ใช้มือบีบแผ่นเหล็กทั้งสองให้แน่นพอสมควรแล้วนำไปอัดขี้ผึ้งเข้าแบบในขณะที่อุณหภูมิของขี้ผึ้งอยู่ในระหว่าง 65-75 องศาเซลเซียส และมีแรงดันของลมอัดอยู่ในระหว่าง 5-10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่ออัดขี้ผึ้งเข้าเต็มแบบยางแล้วทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2-3 นาที แล้วจึงแกะแบบยางออกอย่างระมัดระวัง



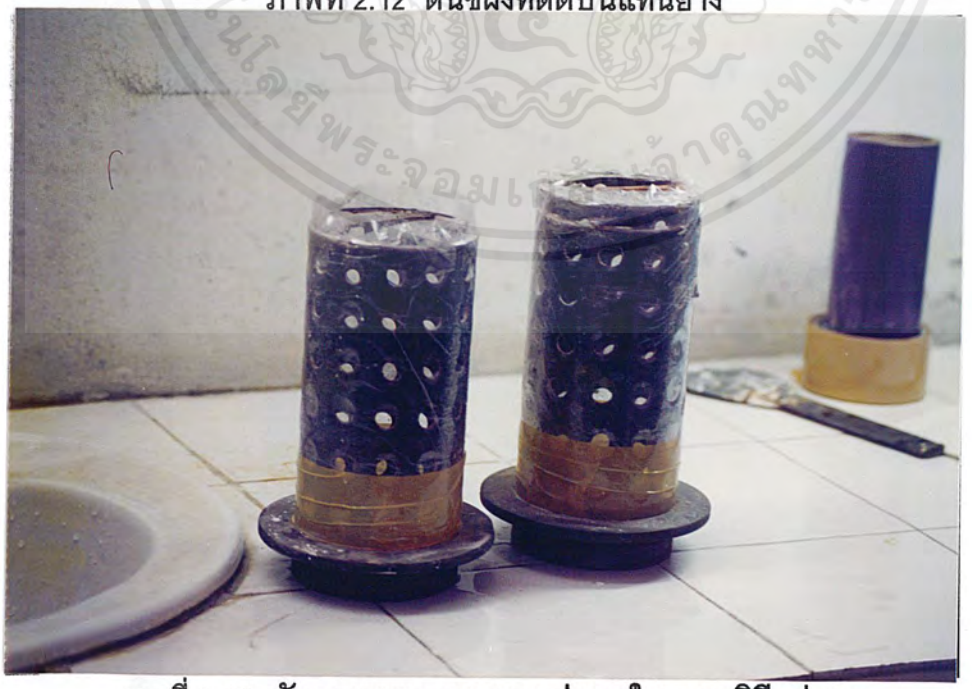
ภาพที่ 2.11 ชิ้นงานขี้ผึ้งที่แกะออกจากแบบยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.4 **การประกอบแม่แบบขี้ผึ้ง**

ในการประกอบแม่แบบขี้ผึ้งนั้นต้องใช้แม่แบบขี้ผึ้งที่สมบูรณ์ สำหรับแม่แบบบางชิ้นที่ไม่สมบูรณ์ก็ต้องนำมาตกแต่ง เช่น หากเกิดเป็นรูหรือมีฟองอากาศก็ใช้ขี้ผึ้งที่หลอมเหลวเข้าไปอุดและขัดแต่งด้วยกระดาษทรายละเอียด

ภาพที่ 2.12 ต้นขี้ผึ้งที่ติดบนแท่นยาง



ภาพที่ 2.13 ลักษณะของกระบอกแม่แบบในกรรมวิธีหล่อดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่แบบขี้ผึ้งที่ตกแต่งเสร็จแล้วแต่ละชิ้นก็นำไปติดบนต้นขี้ผึ้งซึ่งเสียบบนแท่นยางเพื่อเตรียมนำไปครอบด้วยกระบอกแม่แบบสำหรับนำไปเทปูนปลาสเตอร์ต่อไป โดยระยะห่างของต้นขี้ผึ้งที่ติดก้านแล้วกับผนังด้านในของกระบอกแม่แบบควรห่างกันอย่างน้อย 1/4 นิ้วโดยรอบ และกระบอกควรสูงกว่าต้นขี้ผึ้ง 1/2 นิ้ว เพื่อที่เวลาเทน้ำโลหะเข้าในแม่พิมพ์ปูนจะได้ไม่ทะลุ

ภาพที่ 2.14 การสวมครอบกระบอกแม่แบบเข้ากับต้นขี้ผึ้ง

2.4.4 การทำแบบปูนหล่อ

2.4.4.1 คุณสมบัติของปูนหล่อ

หลังจากที่นำกระบอกแบบหล่อสวมครอบบนแม่แบบขี้ผึ้งแล้วต้องใช้ปูนปลาสเตอร์เทล้อมรอบแม่แบบขี้ผึ้งนั้น เพื่อที่จะทำเป็นแบบขั้นสุดท้าย ก่อนที่จะนำไปเทโลหะลงในแม่พิมพ์ ปูนที่ใช้ในการหล่อแบบนี้เรียกว่าปูนหล่อ (INVESMENT)

ปูนหล่อที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) ต้องมีผิวที่ละเอียด
2) ต้องทนความร้อนได้สูงถึง 760 องศาเซลเซียส
3) ต้องทนต่อแรงดันน้ำโลหะที่ไหลเข้าในแบบได้โดยไม่เกิดรอยร้าว
4) ส่วนผสมของปูน จะต้องไม่มีสารที่จะก่อให้เกิดการผุกร่อน หรือมีกรดที่จะไปทำลายเตาอบ กระบอกแม่แบบ หรือชิ้นงานหล่อได้

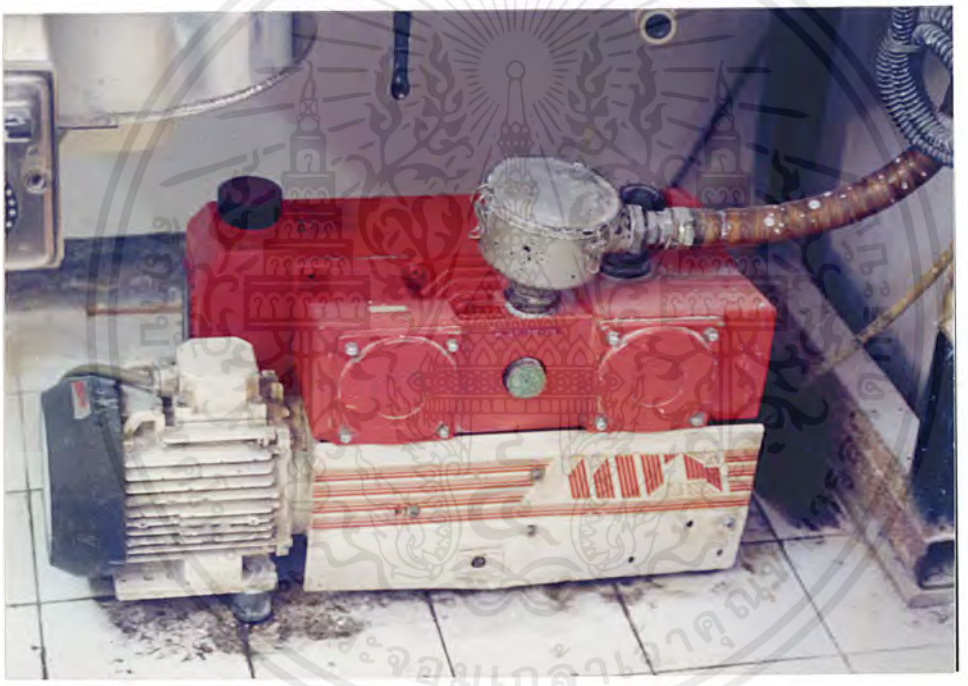
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ต้องทำลายออกจากกระบอกแม่แบบได้ง่ายหลังจากเทน้ำโลหะ

จากการค้นคว้าทดลองของบริษัทผู้ผลิตปูนหล่อต่าง ๆ เพื่อที่จะให้ได้ปูนหล่อที่มีคุณสมบัติดังที่กล่าวไปข้างต้น ปูนหล่อชนิดนั้นต้องประกอบไปด้วยส่วนประกอบของแร่ธาตุดังต่อไปนี้ ได้แก่ แร่คริโตโบไลท์ (CRITOBOLITE), แร่ยิปซัม (GYPSUM), แร่ซิลิกา (SILICA), และตัวประสาน (MODIFYING AGENTS)

2.4.4.2 **เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำแบบปูนหล่อ**

1) เครื่องปั๊มสูญญากาศ ประกอบด้วยเครื่องปั๊มซึ่งสามารถทำให้บริเวณภายในกรอบแก้วกลายเป็นสูญญากาศได้ และที่ฐานของกรอบแก้วต้องสามารถเขย่าหรือสามารถที่จะทำให้สั่นได้



ภาพที่ 2.15 เครื่องปั๊มสูญญากาศ

2) ผงปูนหล่อ ซึ่งเป็นปูนสำเร็จรูปสำหรับใช้ในการหล่อทำแม่พิมพ์เครื่องประดับโดยเฉพาะ

3) ตาชั่ง สำหรับชั่งหาน้ำหนักของปูนหล่อและน้ำที่จะใช้เป็นส่วนผสม

4) ถ้วยยางและใบมีดกวนใช้เป็นภาชนะในการผสมผงปูนหล่อกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.3 **ขั้นตอนการผสมปูนหล่อ**

1) เตรียมผงปูนหล่อกับน้ำในอัตราส่วนที่ผู้ผลิตระบุไว้ ซึ่งโดยทั่วไปอัตราส่วนผสมจะอยู่ในเกณฑ์ดังนี้ น้ำหนักของผงปูนหล่อจะมากกว่าน้ำหนักของน้ำ 2.5-3 เท่า

ภาพที่ 2.16 กระบอกตวงปริมาตรน้ำ

2) ใช้ตาชั่งชั่งน้ำหนักของผงปูนหล่อ กับน้ำในอัตราส่วนที่กำหนด เทน้ำลงในถ้วยผสมแล้วค่อย ๆ ตักผงปูนหล่อลงไปผสม คนให้ทั่ว

3) เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว นำถ้วยผสมเข้าเครื่องปั๊มสูญญากาศนานประมาณ 30-40 วินาที เพื่อดูดเอาฟองอากาศที่มีอยู่ในส่วนผสมนั้นออกเสียก่อน

4) นำส่วนผสมที่ดูดฟองอากาศออกแล้วค่อย ๆ เทลงในกระบอกแม่แบบหล่อซึ่งเตรียมเอาไว้แล้วโดยเทลงข้าง ๆ ของกระบอกแม่แบบ ให้ระดับสูงท่วมต้นขี้ผึ้งเล็กน้อย

5) นำกระบอกแม่แบบที่เทปูนหล่อใส่แล้วไปเข้าเครื่องปั๊มสูญญากาศอีกครั้งหนึ่ง ประมาณ 1-2 นาที โดยขณะที่อยู่ในเครื่องปั๊มสูญญากาศครั้งนี้ จะต้องทำการเขย่าให้กระบอกแม่แบบเกิดการสั่นสะเทือนเล็กน้อย เพื่อให้ส่วนผสมของปูนหล่อสามารถไหลลงไปตามซอกต่าง ๆ ของแม่แบบขี้ผึ้งได้อย่างทั่วถึง

6) นำกระบอกแม่แบบออกจากเครื่องปั๊มสูญญากาศ แล้วเติมปูนหล่อลงไปอีกจนท่วมเสมอขอบปากของกระบอกแม่แบบ จากนั้นจึงทิ้งให้ปูนแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาเริ่มต้นตั้งแต่การผสมปูนจนกระทั่งเสร็จทิ้งไว้ให้แข็งตัวจะต้องไม่เกินกว่า 7 นาที เพื่อที่จะให้ได้ปูนสำหรับหล่อที่มีคุณภาพดี

ภาพที่ 2.17 กระบอกแม่แบบที่เทปูนปลาสเตอร์แล้ว

2.4.5 การเผาไล่ขี้ผึ้ง

2.4.5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการเผาไล่ขี้ผึ้ง

เครื่องมือดังกล่าวได้แก่เตาอบ ซึ่งเตาอบนี้จะใช้แก๊สหรือไฟฟ้าก็ได้โดยต้องสามารถให้ความร้อนได้สูงถึง 760 องศาเซลเซียส และจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังต้องมีการระบายอากาศออกให้ควันขี้ผึ้งที่ถูกเผาไหม้สามารถลอยออกจากเตาไปได้

2.4.5.2 การเตรียมการเผา

หลังจากที่ทิ้งให้ปูนหล่อแข็งตัวแล้ว ซึ่งจะใช้เวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง สำหรับกระบอกแม่แบบขนาดเล็ก และ 2 ชั่งโมงสำหรับกระบอกแม่แบบขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วขึ้นไป) จึงนำเอาแท่นยึดต้นขี้ผึ้งออกจากกระบอกแม่แบบ แล้วนำกระบอกแม่แบบไปวางในเตาอบโดยต้องวางให้ส่วนปากแม่พิมพ์อยู่ด้านล่าง ทั้งนี้เพื่อเวลาเผาขี้ผึ้งในกระบอกจะได้ไหลออกมาโดยง่าย เมื่อวางกระบอกแม่แบบในเตาอบเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มตั้งอุณหภูมิ แล้วตั้งเวลาให้เตาเร่งอุณหภูมิตามที่กำหนด โดยจะต้องเผากระบอกแม่แบบแช่ไว้ระยะเวลาหนึ่งจนกระทั่งขี้ผึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลออกจากกระบอกแม่แบบจนหมด จากนั้นจึงลดอุณหภูมิของเตาเผาลงมาสู่อุณหภูมิที่จะใช้หล่อโลหะแต่ละชนิด แล้วจึงนำกระบอกแม่แบบออกจากเตาอบเพื่อทำการเทน้ำโลหะ

ภาพที่ 2.18 การนำกระบอกแม่แบบออกจากเตาอบ

2.4.5.3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไล่ขี้ผึ้ง

เวลาและอุณหภูมิที่ใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของกระบอกแม่แบบที่ใส่ไว้ในเตาอบ โดยเตาอบขนาดใหญ่สามารถบรรจุกระบอกแม่แบบได้ถึง 60 กระบอก ส่วนเวลาและอุณหภูมิที่ใช้มีดังนี้

1) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 120 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 315 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 540 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 730 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 2 ชั่วโมง เผาแช่ที่อุณหภูมิ 730 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึง 620 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึง 565 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการหล่อ
รวมใช้เวลาทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 200 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 2 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 430 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 3 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 760 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 2 ชั่วโมง เผาแช่ที่อุณหภูมิ 760 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึง 600 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เผาแช่ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการหล่อ
รวมใช้เวลาทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง

สำหรับเตาอบขนาดเล็กที่สามารถบรรจุกระบอกแม่แบบขนาด 4 นิ้วได้ 10 กระบอก อาจใช้เวลาและอุณหภูมิดังนี้

ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 260 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เร่งอุณหภูมิให้ได้ถึง 760 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 2 ชั่วโมง เผาแช่ที่อุณหภูมิ 760 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึง 600 องศาเซลเซียส
ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิลงถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการหล่อ
รวมใช้เวลาทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง

สำหรับเตาอบขนาดเล็กที่บรรจุกระบอกแม่แบบได้ครั้งละ 1-2 กระบอก อาจใช้ระยะเวลาเผาแค่ 2-3 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่เปิดเตาอบ ค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ จนกระทั่งได้อุณหภูมิที่ต้องการใช้หล่อ จึงนำกระบอกแม่แบบออกจากเตาอบมาเทน้ำโลหะ

ข้อสังเกตว่าขี้ผึ้งที่อยู่ในกระบอกแม่แบบถูกเผาออกไปหมดหรือยังนั้น สามารถสังเกตได้จากปากแม่พิมพ์ ถ้ามีสีขาวคล้ายซอล์กและไม่มีเปลวไฟแลบออกมาจากปากแม่พิมพ์ แสดงว่าขี้ผึ้งถูกเผาไหม้ออกไปจนหมดแล้ว

2.4.5.4 **อุณหภูมิที่ใช้ในการหล่อ**

อุณหภูมิที่ใช้สำหรับปูนหล่อเมื่อจะทำการเทน้ำโลหะแต่ละชนิด มีดังนี้

1) ทองสีขาว

- ชิ้นงานบาง ใช้อุณหภูมิ 565 องศาเซลเซียส
- ชิ้นงานหนา ใช้อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทองสีเหลือง

- ขึ้นงานบาง ใช้อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส
- ขึ้นงานหนา ใช้อุณหภูมิ 455 องศาเซลเซียส

3) เงิน และทองเหลือง ใช้อุณหภูมิ 427 องศาเซลเซียส

2.4.6 **การหลอมเหลวโลหะและกรรมวิธีการหล่อ**

2.4.6.1 **คุณสมบัติของโลหะที่ใช้หลอม** โลหะที่ใช้หลอมมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ทั้งทองคำ เงิน ทองเหลือง และโลหะผสมอื่น ๆ

2.4.6.2 **การหลอมโลหะ** อาจทำได้โดยการนำโลหะเข้าหลอมละลายเข้าในเตาหลอม หรืออาจใช้แก๊สเป่าจนกระทั่งโลหะหลอมละลายก็ได้

2.4.6.3 **อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้**

1) เตาหลอมโลหะ (MELTING FURNACE)
2) หัวพ่นความร้อน (MELTING TORCH)
3) เบ้าหล่อ (CASTING CRUCIBLE)
4) คีมจับ (TONGS)
5) ถุงมือชนิดไม่มีนิ้ว (MITTENS)
6) น้ำประสาน (FLUXES)
7) เครื่องหล่อเหวี่ยงหรือเครื่องหล่อดูด (CENTRIFUGAL CASTING MACHINE OR VACUUM CASTING MACHINE)

2.4.6.4 **กรรมวิธีการหล่อ**

เนื่องจากการหล่อต้องทำในขณะที่แบบหล่อยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ ดังนั้นตำแหน่งที่วางเตาอบกับเครื่องหล่อเหวี่ยง หรือเครื่องหล่อดูดต้องอยู่ใกล้ ๆ กัน เพื่อสะดวกในการปฏิบัติการ เริ่มจากการใส่โลหะตามปริมาณที่ต้องการหล่อในเบ้าหล่อ ถ้าเป็นโลหะผสมอย่างเช่นทองเหลืองต้องมีการเติมน้ำประสานเพื่อช่วยให้แต่ละชนิดสามารถผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี เสร็จแล้วจึงใช้หัวพ่นความร้อนเป่า โดยไม่ควรใช้ความร้อนสูงเกินไปในการหลอมทองหรือเงิน เพราะจะเกิดรูพรุนเมื่อเนื้อทองหรือเงินแข็งตัว เมื่ออุณหภูมิของเตาอบลดลงจนถึงระดับที่จะใช้หล่อได้ ก็ใช้คีมคีบเอากระบอกแม่แบบออกจากเตาอบ เพื่อวางในเครื่องหล่อเหวี่ยงหรือเครื่องหล่อดูดที่เปิดให้ทำงานรอไว้อยู่แล้ว ยกเบ้าหลอมออกมาโดยใช้หัวพ่นความร้อนคอยเป่าให้น้ำโลหะในเบ้าหลอมมีอุณหภูมิคงที่ แล้วค่อย ๆ ยกเทลงในปากแม่พิมพ์จนถึงระดับเกือบปริ่ม ๆ ปากแม่พิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.19 การเทน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์

2.4.7 การทำความสะอาดชิ้นงาน

2.4.7.1 การล้างด้วยกรด

ภาพที่ 2.20 เครื่องอัลตร้าโซนิคสำหรับทำความสะอาดชิ้นงานหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่โลหะในแบบหล่อแข็งตัวดีแล้ว ใช้คีมคีบกระบอกแม่แบบลงจุ่มในถังน้ำเย็น ซึ่งจะทำให้แบบปูนหล่อแตกออกเองเหลือแต่เพียงชิ้นงานหล่อ นำชิ้นงานหล่อไปทำความสะอาดในขั้นแรกโดยแยกเศษปูนหล่อออกมาให้หมดก่อน โดยการใช้หัวฉีดลม หรือหัวฉีดน้ำแรงดันสูงพ่นไล่ให้เศษปูนหล่อที่หลงเหลืออยู่หลุดออกจนหมด จากนั้นจึงนำชิ้นงานหล่อไปแช่กรดซัลฟูริกเจือจางโดยใช้กรด 1 ส่วนต่อน้ำ 9 ส่วน เมื่อสะอาดดีแล้วจึงนำชิ้นงานหล่อไปตัดก้านออก แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องขัดด้วยเซรามิกส์ เพื่อใช้ชิ้นงานมีรอยตำหนิน้อยที่สุด

2.4.7.2 **การตกแต่งโดยการชุบเคลือบผิว**

ชิ้นงานที่ได้อาจนำไปตกแต่งโดยการนำไปชุบเคลือบผิวให้ดูสวยงามยิ่งขึ้น โดยการนำไปชุบทอง เงิน ฯลฯ

2.4.8 **การตกแต่งชิ้นงาน**

2.4.8.1 **การขัดหยาบ** (EMERIZING) เป็นการตกแต่งผิวของชิ้นงานที่หล่อแล้วในขั้นต้น วิธีการก็คือการนำชิ้นงานที่ได้ตัดก้านแยกออกเป็นชิ้น ๆ แล้วมาทำการขัดรอยคมที่เหลือของตอก้านด้วยหัวขัดขนาดเล็ก จนได้ผิวของชิ้นงานที่เรียบเสมอกัน โดยการขัดต้องระมัดระวังไม่ให้ชิ้นงานเสียรูปทรง หรือรายละเอียดต่าง ๆ ที่มีอยู่หายไป

ภาพที่ 2.21 การขัดแต่งชิ้นงาน

2.4.8.2 **การขัดด้วยเครื่อง** (TUMBLING) เป็นการนำชิ้นงานที่ผ่านการขัดหยาบแล้วมาทำการขัดผิวอีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องขัดเซรามิกส์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีผิวเนียนเรียบละเอียด วิธีการในขั้นตอนนี้คือจะนำชิ้นงานมาเทรวมกันลงในเครื่องขัดเซรามิกส์ซึ่งจะมีหินขัดที่เป็นน้ำทำจากเซรามิกส์ชิ้นเล็ก ๆ รูปร่างต่าง ๆ ใส่อยู่ เมื่อเปิดเครื่องให้ทำงานหินขัดและชิ้นงานที่เทรวมกันจะถูกกวนเข้าด้วยกันอย่างช้า ๆ เมื่อเปิดเครื่องให้ขัดชิ้นงานจนมีผิวเรียบดีแล้วจึงนำชิ้นงานแยกออกมาทำความสะอาดด้วยเครื่อง ULTRASONIC ก่อนส่งไปทำการขัดเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.22 เครื่องขัดชิ้นงานเครื่องประดับด้วยหินขัดเซรามิกส์

2.4.8.3 การเชื่อม (SOLDERING) ชิ้นงานบางประเภท เช่น เข็มกลัด สาย สร้อย หรือ สายนาฬิกาบางครั้งจะต้องมีการนำมาตกแต่งเพื่อให้ได้รายละเอียดที่สมบูรณ์ เข็มกลัด

ภาพที่ 2.23 การเชื่อมสายสร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องนำมาประกอบเข็มเชื่อมติดกับตัวเรือน สายสร้อยก็ต้องนำมาร้อยเชื่อมเป็นเส้นจนได้ความยาวที่ต้องการ และเชื่อมติดส่วนหัวสร้อยกับตัวล็อค ส่วนสายนาฬิกาก็เช่นเดียวกัน

การเชื่อมโลหะแต่ละชนิดต้องใช้โลหะชนิดเดียวกันเป็นตัวเชื่อม เช่น หากเป็นแหวนเงินก็ต้องใช้เงินเป็นโลหะในการเชื่อม แล้วใช้ความร้อนจากหัวเชื่อมโดยต้องปรับระยะของเปลวไฟให้มีความพอเหมาะเชื่อมเนื้อโลหะให้หลอมละลายติดกันโดยการใช้น้ำประสานทอง (BORAX) เป็นตัวช่วยให้เนื้อโลหะสามารถติดกันได้ดีขึ้น การเชื่อมที่ดีต้องเก็บรอยเชื่อมให้แนบเนียนที่สุด พยายามอย่าให้เห็นตำหนิมาก หลังจากที่เชื่อมส่วนประกอบต่าง ๆ แล้วชิ้นงานที่ได้จะต้องนำไปล้างทำความสะอาดด้วยกรดกำมะถัน (SULFURIC ACID) เพื่อล้างน้ำประสานทองออกจากรอยเชื่อม

2.4.8.4 **การฝังและการติดกาว** (SETTING & FIXING) ขั้นตอนการฝังและการติดกาวเป็นขั้นตอนในการติดพลอยและอัญมณีต่าง ๆ สำหรับเครื่องประดับบางประเภทตามแต่ความต้องการของลูกค้า

ภาพที่ 2.24 การฝังอัญมณีลงบนตัวเรือนแหวน

1) **การฝัง** (SETTING) การติดพลอยบนเครื่องประดับโดยใช้วิธีการฝังมักจะใช้กับเครื่องประดับที่มีราคาสูง เช่น ทองคำ ทองคำขาว เงิน ฯลฯ เป็นส่วนใหญ่ และจะใช้กับอัญมณีแท้เท่านั้น การติดพลอยโดยการฝังที่ตัวเรือนของเครื่องประดับจะต้องมีเดือยสำหรับยึดพลอยเตรียมไว้ก่อนตั้งแต่ชิ้นงานยังเป็นต้นแบบอยู่ เมื่อตัวเรือนผ่านการหล่อและตกแต่งผิวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงส่งมาทำการติดพลอย ช่างติดพลอยก็จะทำการเคาะเดือยให้งอเกาะติดตัวพลอยให้ยึดแน่นกับตัวเรือน โดยการใช้เหล็กส่งและเหล็กเคาะ

2) **การติดกาว** (FIXING) การติดพลอยโดยการติดกาวเป็นวิธีการสำหรับเครื่องประดับราคาถูกที่ทำจากโลหะราคาต่ำ อาทิเช่นเครื่องประดับที่ทำจากดีบุก ซึ่งเป็นโลหะที่มีความอ่อนตัวจึงไม่สามารถทำเดือยยึดเกาะได้ เพราะหากนำไปเคาะจะเกิดการหักงอและเสียรูปได้ ส่วนพลอยที่ใช้สำหรับการติดกาวจะเป็นของเทียมหรือทำเลียนแบบ อาจจะเป็นแก้วที่นำมาเจียระไนให้มองดูคล้ายพลอยหรืออัญมณีชนิดต่าง ๆ

2.4.8.5 **การขัดเงา** (POLISHING) ชิ้นงานเครื่องประดับทุกชนิดเมื่อผ่านกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ มาแล้ว จะต้องนำมาขัดเงาให้ผิวของชิ้นงานเกิดความเงางาม แลดูสดใสน่าสวมใส่

ภาพที่ 2.25 การขัดเงา

วิธีการในการขัดเงาจะใช้แปรงขัดที่ทำจากขนสัตว์ หรือเส้นใยสังเคราะห์ยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าแล้วเปิดเครื่องให้มอเตอร์ทำงาน จากนั้นจึงใช้ขี้ผึ้งสำหรับขัดเงาถูไปบนขนแปรง แล้วนำชิ้นงานที่ต้องการมาขัดกับแปรงโดยต้องพลิกขัดชิ้นงานจนทั่วทุกซอกทุกมุม แปรงที่ใช้ในการขัดเงาจะมีอยู่หลายขนาด ซึ่งเหมาะกับชิ้นงานแต่ละประเภทที่ต่างขนาดและรูปร่างกันไป ชนิดของขนแปรงก็ต้องเลือกใช้แปรงชนิดขนหยาบเป็นตัวเริ่มแรกในการขัดเงา แล้วจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเป็นแปรงชนิดขนละเอียดลดหลั่นลงตามลำดับ ซึ่งต้องทำการขัดเงาชิ้นงานจนได้ความเงางามดี และที่สำคัญน้ำหนักในการกดชิ้นงานลงบนขนแปรงต้องมีความพอเหมาะ มิฉะนั้นรายละเอียด และลวดลายต่าง ๆ บนชิ้นงานจะเลือนหายไปได้ เมื่อขัดเงาแล้วต้องนำชิ้นงานไปทำความสะอาดล้างเอาคราบขี้ผึ้งขัดเงาออกให้หมดอีกครั้งหนึ่ง

2.4.9 **การตรวจคุณภาพ (QUALITY CONTROL)**

การตรวจคุณภาพ (QC) ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานเครื่องประดับจะเป็นการตรวจสอบคุณภาพในขั้นสุดท้ายก่อนที่จะส่งสู่ลูกค้าโดยเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพจะเป็นการตรวจสอบด้วยสายตา มองหาจุดบกพร่องและตำหนิต่าง ๆ อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ในขั้นตอนก่อนหน้าที่จะมาถึงการตรวจสอบคุณภาพในขั้นสุดท้ายนั้น แต่ละขั้นตอนก็จะมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานแต่ละชิ้นว่าสามารถทำได้ตามมาตรฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ เพราะถ้าเกิดมีการตรวจพบในแต่ละขั้นตอนก็ต้องมีการส่งไปซ่อมและแก้ไขให้ดีเสียก่อน

ภาพที่ 2.26 การตรวจสอบคุณภาพในขั้นสุดท้าย

เกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพของชิ้นงานเครื่องประดับในการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสามารถแบ่งออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ผิวของชิ้นงานมีความเรียบสม่ำเสมอดีหรือไม่ มีรอยขีดข่วนที่เกิดจาดการขัดเงาไม่ดี หรือไม่ทั่วถึงหรือเปล่า

2) ชิ้นงานต้องไม่มีรูโหว่ที่เกิดจากการหล่อชิ้นงานแล้วเทโลหะไม่ดีซึ่งเรียกว่ารูตามดหากรูโหว่ไม่ใหญ่มากก็จะส่งชิ้นงานนั้นไปทำการเชื่อมอุดและขัดเงาให้เป็นชิ้นงานสมบูรณ์ แต่ถ้ามีมากและมีรูดโหว่ขนาดใหญ่ก็ต้องคัดทิ้งแล้วทำใหม่

3) ชิ้นงานต้องไม่มีรอยแหว่งที่เกิดจากการขัดหยาบแล้วหัวขัดเกิดการกินลึกเข้าไปในตัวชิ้นงาน ซึ่งทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปทรง ชิ้นงานประเภทนี้ต้องคัดทิ้งแล้วทำใหม่

4) รอยเชื่อมต่อของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องประดับมีความเรียบร้อย มองดูแนบเนียนดีหรือไม่

5) การติดตั้งพลอยและอัญมณีชนิดต่าง ๆ ต้องมีความเรียบร้อย สำหรับการติดพลอยแบบฝังจะต้องพิจารณาว่าตำแหน่งการติดตั้งพลอยต้องได้ศูนย์ไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง ตัวเดือยที่ยึดพลอยให้เกาะติดกับตัวเรือนของเครื่องประดับต้องมีการเคาะให้สนิทดีและไม่ยื่นออกมาบังพลอยมากจนเกินไป

2.4.10 การบรรจุ (PACKING)

เมื่อเสร็จกระบวนการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ชิ้นงานที่ได้ก็จะต้องได้รับการรับรองคุณภาพและมีการตีตราประทับลงบนตัวเรือนที่เป็นโลหะเพื่อสร้างความมั่นใจและความน่าเชื่อถือเมื่อต้องวางตลาดเพื่อจำหน่าย ในขั้นตอนนี้ต้องใช้ความระมัดระวังอย่าให้ชิ้นงานเกิดมีตำหนิก่อนที่จะส่งไปถึงมือลูกค้า ดังนั้นการบรรจุชิ้นงานแต่ละชิ้นต้องห่อด้วยแผ่นฟิล์มป้องกันการที่ผิวโลหะจะทำปฏิกริยากับอากาศ โดยผู้ที่ทำการบรรจุชิ้นงานต้องสวมถุงมือทุกครั้งก่อนที่จะหยิบจับชิ้นงาน เพราะชิ้นงานจะต้องไม่มีรอยตำหนิใด ๆ แม้แต่รอยนิ้วมือ เมื่อหิ่ชิ้นงานด้วยแผ่นฟิล์มแล้วก็จะนำไปจัดวางเรียงในกล่องกันกระแทกอย่างเป็นระเบียบ โดยต้องทำการตรวจสอบจำนวนชิ้นงานให้ครบตามที่ลูกค้าได้สั่งซื้อมา

2.5 เครื่องมอเตอร์

2.5.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้า (สัมชัย นรเศรษโสภณ : 2533)

เมื่อกระแสไฟฟ้าใช้ การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะให้ประโยชน์เหนือกว่าการใช้เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดภายใน โดยเฉพาะในกรณีต่อไปนี้

1) เมื่อปฏิบัติงานต่อเนื่องกันหลาย ๆ ชั่วโมง

2) เมื่อปฏิบัติงานตลอดคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อต้องการติดและดับเครื่องยนต์บ่อยครั้ง

4) เมื่อต้องการติดและดับเครื่องโดยอัตโนมัติ

ในกรณีของการวิดน้ำ ระบายน้ำ เครื่องอบแห้ง เครื่องเป่า สายพาน เลื่อยไสใหญ่ งานโลหะและงานไม้ การแปรสภาพเมล็ดพืช ฯลฯ มักจะต้องปฏิบัติงานในสภาพที่กล่าวข้างต้น 1-2 กรณี การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะน่าวางในกว่ามาก

มอเตอร์ไฟฟ้าอาจจะไม่สามารถโยกย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ง่าย ๆ อย่างเครื่องยนต์จุดระเบิดภายใน แต่เราก็สามารถจะต่อไฟมาใช้กับเครื่องได้ในระยะถึง 20 เมตร โดยการใช้สายต่อ แต่ควรระมัดระวังสายไฟฟ้าที่ใช้ต่อควรจะมีขนาดใหญ่พอ มิฉะนั้นจะเกิดความต่างศักย์ตก และประสิทธิภาพลดลง

2.5.1.1 **มอเตอร์เฟสเดียว**

ในบ้านเรือนทั่วไปจะมีกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวขนาด 200 โวลท์ 50 Hz ใช้แต่มอเตอร์ไฟฟ้าจะมีข้อจำกัดที่ใช้ได้เฉพาะกระแส contracted เท่านั้น บนป้ายทะเบียนของมอเตอร์จะบอกชนิดและขนาดของกระแส เมื่ออ่านป้ายนี้เราก็จะสามารถใช้มอเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

จากตารางจะเห็นว่ามอเตอร์ไฟฟ้าในตัวอย่างเป็นมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้า 200 โวลท์ 50 Hz กำลัง 0.4 กิโลวัตต์ (โดยมี 0.735 กิโลวัตต์ เท่ากับประมาณ 1 กำลังม้า ฉะนั้นมอเตอร์นี้มีกำลังประมาณ 0.5 แรงม้า) และกระแสที่ใช้คือ ต่ำกว่า 9.5 แอมแปร์ แม้รอบหมุนจะไม่ได้พูดถึงกันบ่อยครั้ง แต่มอเตอร์ขนาด 4 ขั้ว มีรอบหมุน 1,500 รอบต่อนาที (1,50 rpm) ที่ 50 Hz ส่วนมอเตอร์ 2 ขั้ว และ 8 ขั้วจะมีรอบหมุน 3,000 rpm และ 750 rpm ตามลำดับ (รอบหมุนจะเป็นสัดส่วนกลับกับจำนวนขั้ว)

มอเตอร์เฟสเดียวแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) ประเภทสตาร์ตแยก

2) ประเภทสตาร์ตด้วยคอนเดนเซอร์

3) ประเภทสตาร์ตด้วยแรงผลัก

สองประเภทหลังมีแรงติดเครื่องที่ดีกว่า ประเภท 2 กำลังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทิศทางของการหมุนจะกลับทางได้โดยการเปลี่ยนการต่อลวดสำหรับประเภทที่ 1 และ 2 ส่วนประเภทที่ 3 ใช้วิธีเปลี่ยนแผ่นโลหะ

ในประเภทของมอเตอร์แบบเฟสเดียว นอกจากมอเตอร์แบบแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วยังมีเครื่องยนต์แบบต่าง ๆ อีก ซึ่งเครื่องยนต์เหล่านี้จะใช้กระแสสลับหรือกระแสตรงก็ได้ แรงของการติดเครื่องจะแรงมาก และส่วนมากใช้กับสว่านไฟฟ้า เลื่อยวงเดือน และอุปกรณ์งานบ้านอื่น ๆ

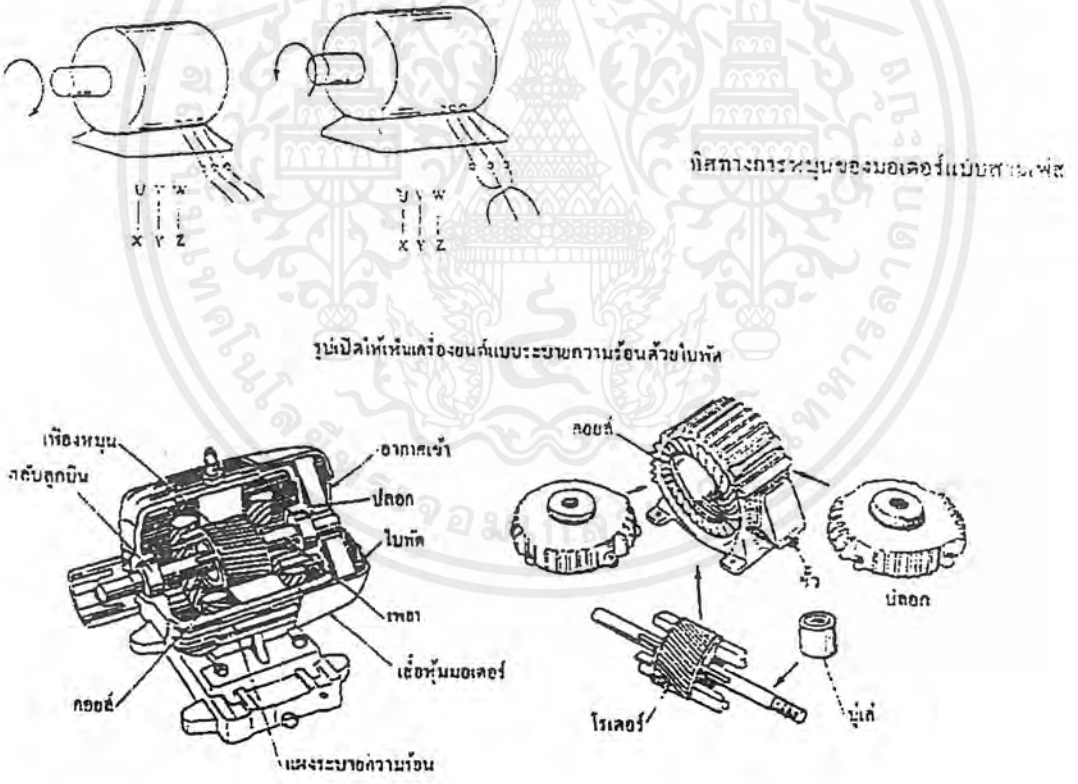
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับมอเตอร์แบบสตาร์ตด้วยแรงผลักและแบบที่ใช้แผ่นโลหะ จะต้องคอยเปลี่ยนแผ่นโลหะเมื่อชำรุดเสมอ มอเตอร์แบบเฟสเดียวส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกว่า 1 กิโลวัตต์

2.5.1.2 **มอเตอร์แบบสามเฟส**

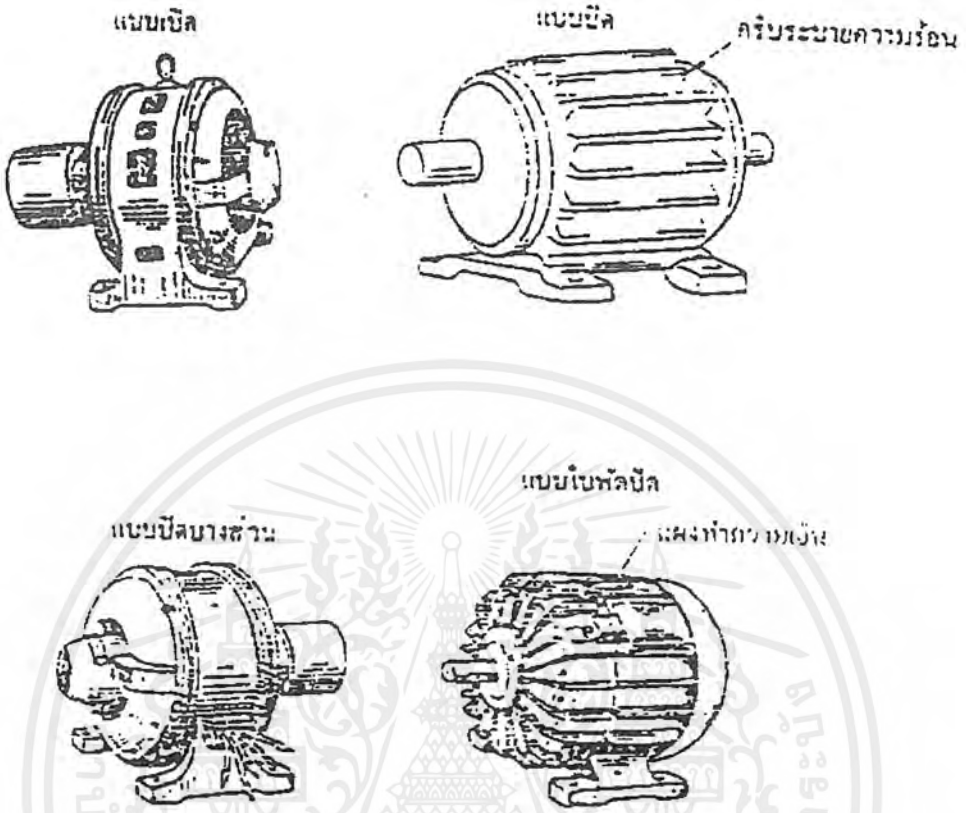
มอเตอร์แบบนี้เหมาะกับที่ ๆ มีกระแสไฟฟ้าแบบสามเฟส โรงซ่อมของกลุ่มสหกรณ์โรงงาน ฯลฯ ใช้แบบนี้ดี เพราะมีประสิทธิภาพสูง และโสหุ้ยค่อนข้างต่ำ สำหรับงานในไร่นาควรจะใช้ขนาดเล็กกว่า 10 กิโลวัตต์ ก็พอ

ทิศทางของรอบหมุนของเครื่องยนต์แบบสามเฟสนี้สามารถจะกลับทิศทางได้โดยการสลับลวดสองเส้น ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขั้วกับรอบหมุนต่อนาทีจะคล้ายกับแบบเฟสเดียว



ภาพที่ 2.27 แสดงทิศทางการหมุนของมอเตอร์แบบสามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 แสดงมอเตอร์แบบต่าง ๆ

2.5.2 **ตัวเครื่อง** แบ่งออกได้เป็น 4 แบบ

2.5.2.1 **แบบเปิด** ตัวเครื่องเล็ก เบา และราคาถูก แต่ใช้ในที่เปียกชื้นแฉะ และมีฝุ่นมากได้

2.5.2.2 **แบบกึ่งปิด** เป็นแบบปิดแต่มีรูเล็ก ๆ ข้างล่าง ป้องกันฝุ่นละอองและน้ำได้เป็นส่วนใหญ่ มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในไร่นาส่วนใหญ่เป็นแบบนี้

2.5.2.3 **แบบปิด** เป็นแบบปิดทั้งหมด ฝุ่นและน้ำเกือบจะไม่สามารถเล็ดลอดเข้าไปได้เลย

2.5.2.4 **แบบปิดมีใบพัดทำความเย็น** มีเหงือก (หลีบ) ทำความเย็นอยู่นอกเครื่อง อากาศเย็นจะถูกขับให้ไหลเวียนผ่านเครื่องด้วยใบพัดที่พัดด้วยแรงไฟฟ้า

แบบหลัง ๆ จะมีราคาแพงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 **วิธีใช้มอเตอร์**

ที่ ๆ จะติดตั้งมอเตอร์ควรจะเป็นที่ ๆ มีความชื้นต่ำ มีฝุ่นละอองน้อย และอุณหภูมิของอากาศต่ำ ในกรณีที่มีแดดแรงควรมีหลังคากันแดดไว้

ควรติดตั้งเครื่องกับกระดานแผ่นหนา ๆ ด้วยน็อตตัวใหญ่ เพื่อความปลอดภัยควรติดสายดินที่น็อตเหล่านี้ แล้วฝังปลายอีกข้างหนึ่งลงดิน หรือหากมีฐานเลื่อนสำหรับติดตั้งมอเตอร์ซึ่งจะสะดวกในการปรับความตึงของสายพาน (ฐานเลื่อนทำได้โดยเจาะรูยาวบนท่อสี่เหลี่ยม หรือหันด้านข้างของเหล็กเหลี่ยมเข้าหากัน)

โดยที่มอเตอร์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้ใช้งานในลักษณะนอน จึงไม่ควรตั้งเครื่องขึ้นทางด้านตั้ง หากต้องการจะให้มอเตอร์ทำงานเหมือนกับตั้งทางด้านตั้งก็มีวิธีปิดสายพาน ในกรณีของสายพานรูปตัววี จะปิดไม่ได้จึงต้องหามอเตอร์ชนิดตั้งด้านตั้งมาใช้ มอเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดที่ใช้ตลับลูกปืนกันมาก ซึ่งช่วยให้เครื่องตั้งเอียงได้เล็กน้อย

เพื่อป้องกันมอเตอร์ อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย 1 หรือ 2 หรือ 3 ชนิด ต่อไปนี้อาจจะนำไปใช้ได้

1) อุปกรณ์ตัดไฟป้องกันการใช้งาน (thermal relay) ใช้สำหรับตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อเครื่องร้อนเกินไป เนื่องจากการใช้มอเตอร์ทำงานหนัก

2) ตัวติดที่ใช้ฟิวส์และไม่ใช้ฟิวส์ (NFB) ใช้สำหรับตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อกระแสวงจรสั้นไหลผ่านมากเกินไป

3) ตัวติดที่ป้องกันไฟรั่วลงดิน ใช้ตัดกระแสไฟเมื่อมีการรั่ว

ในกรณีที่จะต้องติดมอเตอร์ไว้เป็นเวลานาน โดยไม่มีผู้ควบคุมตลอดเวลาควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสามชนิดไว้

ควรติดตั้งเครื่องวัดกระแสไฟฟ้ากับมอเตอร์เพื่อใช้อ่าน และปรับปริมาณกระแส หากใช้กระแสไฟเกินนาน ๆ มอเตอร์จะไหม้ (ถ้ามีอุปกรณ์ชนิดที่ 1 มอเตอร์จะดับ) แต่ถ้ามีปริมาณกระแสต่ำไปงานก็จะช้าด้วยประสิทธิภาพของเครื่องจะต่ำและการใช้กระแสก็จะมีราคาแพงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานที่ได้รับ

หากความต่างศักย์ (voltage) ตก ปริมาณกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์ที่ใช้งานอยู่ (ตามปริมาณที่เหมาะกับความต่างศักย์) จะมากกว่าที่ควร ดังนั้นในกรณีที่ความต่างศักย์เปลี่ยนจนเห็นได้ชัด ควรใช้มอเตอร์ทำงานน้อยลง การตรวจสอบความต่างศักย์ดูได้จากความสว่างของหลอดไฟที่ติดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นไปได้ ควรติดเครื่องโดยยังไม่มีการใช้งาน (load) และจนกว่ารอบหมุนสูงขึ้นจึงจะเพิ่มปริมาณงานที่ใช้ให้สูงได้

2.5.4 **ข้อขัดข้องและการซ่อมแซม**

2.5.4.1 **เมื่อมอเตอร์ไม่หมุน**

(ก) เมื่อไม่มีเสียง

1) เปิดไฟดูว่ามีกระแสไฟฟ้าหรือไม่

2) ตรวจดูให้แน่ใจว่ากระแสไฟผ่านเข้าทุกส่วน โดยการใช้เครื่องตรวจสอบความต่างศักย์ (voltage tester)

3) ตรวจดูว่าสวิทช์ติดอยู่หรือไม่ ลองตรวจดูว่ามีกระแสไฟฟ้าอยู่หลังจากการเปิดสวิทช์ โดยการใช้เครื่องตรวจสอบความต่างศักย์เช่นกัน

4) ตรวจดูว่าสายไฟในเครื่องขาดหรือไม่ เมื่อแน่ใจว่ากระแสไฟผ่านเข้าจนถึงสายไฟที่ต่อเข้าเครื่องแต่เครื่องก็ยังไม่ติดควรตรวจสอบว่าสายไฟในเครื่องยังต่อกันดีหรือไม่ โดยการใช้เครื่องตรวจสายไฟ ขณะปิดกระแสไฟฟ้า หากหลอดไฟของเครื่องไม่ติดสว่าง เมื่อต่อเครื่องตรวจกับสายไฟที่ต่อเข้าเครื่อง แสดงว่าสายไฟในเครื่องขาด

5) ในกรณีของมอเตอร์กระแสตรง แม้หลอดไฟจะไม่ติด สายไฟของเครื่องก็อาจจะไม่ขาด แต่อาจจะเป็นแผ่นโลหะที่ไม่ติด (แตะ) ลองดันแผ่นโลหะให้เข้าไปติดกัน ในกรณีที่มีเครื่องสลับ กระแสไฟติดกับมอเตอร์โดยใช้แผ่นคาร์บอน ควรขัดผิวหน้าด้วยกระดาษทรายละเอียด

(ข) เมื่อมีเสียงผิดปกติจากมอเตอร์

1) การที่ต้องติดมอเตอร์ด้วยการหมุนด้วยมือ เมื่อเครื่องแบบเฟสเดียวที่อุปกรณ์สตาร์ทเสีย หรือสายไฟสายหนึ่งของแบบสามเฟสขาด ในกรณีหลังเครื่องยนต์จะหมุนไปทางใดก็ได้

2) การหมุนด้วยมือลำบาก เป็นเพราะแกนหมุนของเครื่องกินกับส่วนอื่นหรือลูกปืนชำรุด (ถ้ามีฝุ่นละอองอยู่อาจทำความสะอาดได้ด้วย ปั๊มอากาศ ปากคีบ หรือถอดออกล้าง ส่วนลูกปืนที่ชำรุดต้องเปลี่ยนใหม่)

2.5.4.2 **เมื่อรอบหมุนต่ำ**

ด้วยสาเหตุเดียวกับข้อ 2.5.4.1 (ข) 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.3 **เมื่อกำลังจากมอเตอร์ต่ำ**

1) ความต่างศักย์ต่ำ

2) มีปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์การสตาร์ท

3) การแตะของแผ่นโลหะไม่เพียงพอ (กรณีของเครื่องยนต์กระแสตรง)

4) สายไฟของเฟสใดเฟสหนึ่งในเครื่องยนต์แบบสามเฟสขาด

5) สาเหตุเช่นเดียวกับข้อ (2) ข้างต้น

2.5.4.4 **เมื่อความร้อนสูงมาก**

สาเหตุเช่นเดียวกับข้อ 2.5.4.3 ข้างต้น

2.5.4.5 **เมื่อมีเสียงขณะเดินเครื่อง**

1) ลูกปืนชำรุด

2) สาเหตุเช่นเดียวกับ ข้อ (1) ข) (2)

3) สาเหตุเช่นเดียวกับ ข้อ (3) 4)

2.5.5 **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงความเร็วสูงสุด สามารถแบ่งตามลักษณะการต่อขดลวดแม่เหล็กได้ 3 แบบ ได้แก่

1) มอเตอร์แบบขนาน

2) มอเตอร์แบบอนุกรม

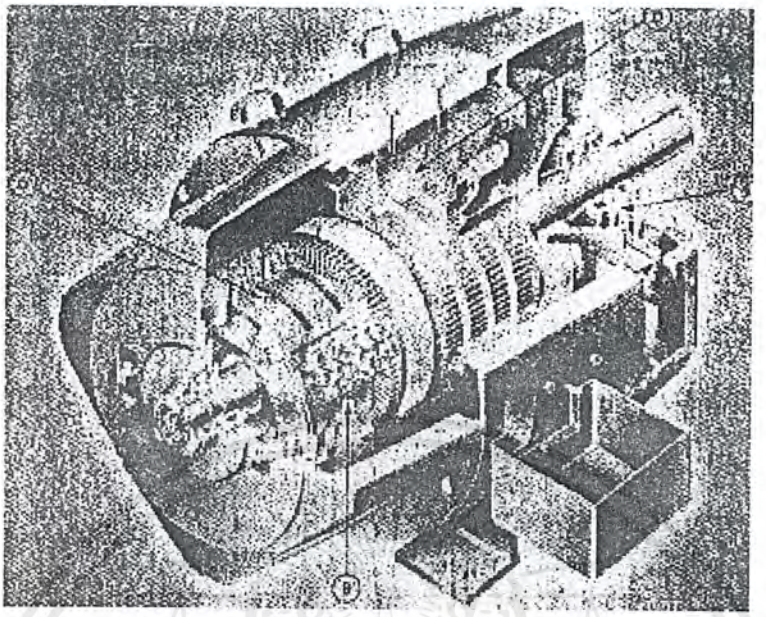
3) มอเตอร์แบบผสม

2.5.5.1 **โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**

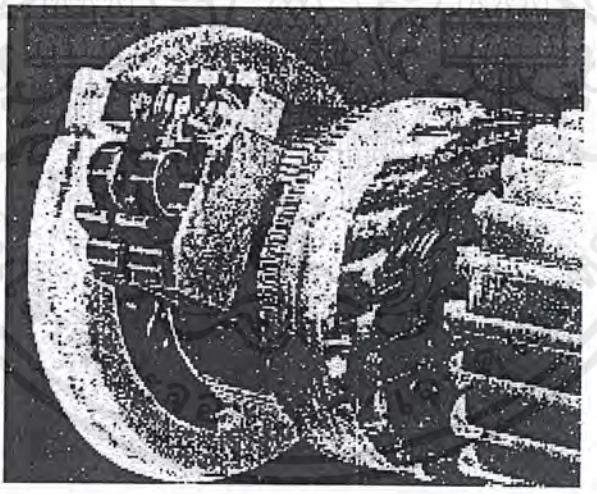
ตัวหมุนของมอเตอร์เรียกว่า อาร์เมเจอร์ ทำด้วยเหล็กที่มีแกนกลางเป็นแกนหมุนรอบ ๆ อาร์เมเจอร์พันด้วยขดลวดสนามแม่เหล็กและมีคั่วแม่เหล็กยึดติดกับเปลือกของมอเตอร์ มีแปรงถ่านเป็นตัวนำไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกไปจ่ายให้มอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หมุน

คอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน คือซี่ทองแดงที่ติดของบนอาร์เมเจอร์ และปลายด้านหนึ่งของคอมมิเตเตอร์ต่อกับขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันอยู่บนตัวอาร์เมเจอร์ ส่วนแปรงถ่านคือแท่นคาร์บอนที่กดแน่นกับคอมมิเตเตอร์ เพื่อต่อให้วงจรไฟฟ้าจากวงจรนอกเข้าสู่คอมมิเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.29 ภาพตัดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 2.30 แสดงคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน

2.5.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีคือ มีความเร็วรอบคงที่และตัวหมุน ส่วนมากจะเป็นชนิดกรงกระรอก

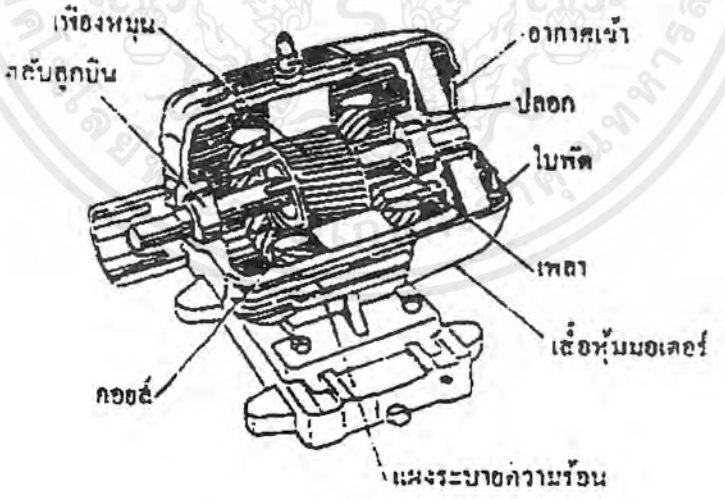
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6.1 **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟส** 1

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟส 1 คือมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือขนาดแรงดันที่ต่ำกว่านี้ พิกัดของมอเตอร์ที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 แบบ คือ

1) สปลิทเฟสเตอร์
2) คาพาซิเตอร์มอเตอร์
3) รีพัลชั่นมอเตอร์
4) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์
5) เชดเดดโพลมอเตอร์

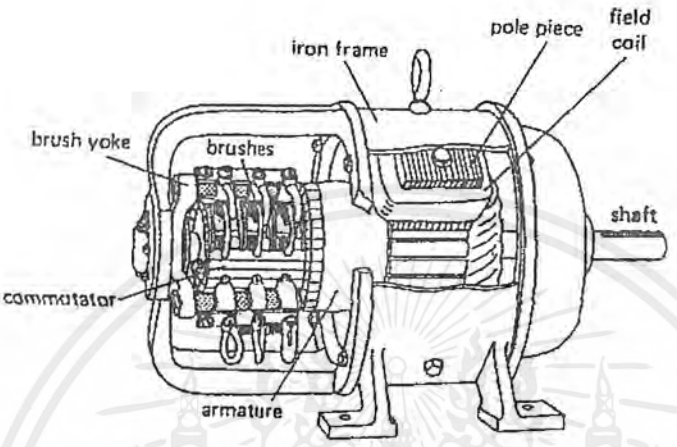
1) **สปลิทเฟสมอเตอร์** เป็นมอเตอร์ไฟสลับขนาดเล็ก มีกำลังไม่เกินกว่าขนาด 1 แรงม้า นำไปใช้ในงานกว้างขว้างทั้งในบ้านพักอาศัย และยังใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ปั๊มน้ำ พัดลม ฯลฯ



ภาพที่ 2.31 แสดงภาพตัดของสปลิทเฟสมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) **คาพาซิเตอร์มอเตอร์** มีโครงสร้างเหมือนกับสปลิทเฟสมอเตอร์ ต่างกันที่คาพาซิเตอร์ตัวหนึ่งต่อกับขดสตาร์ตเพิ่มขึ้นอีกตัวหนึ่ง



ภาพที่ 2.32 **แสดงคาพาซิเตอร์มอเตอร์**

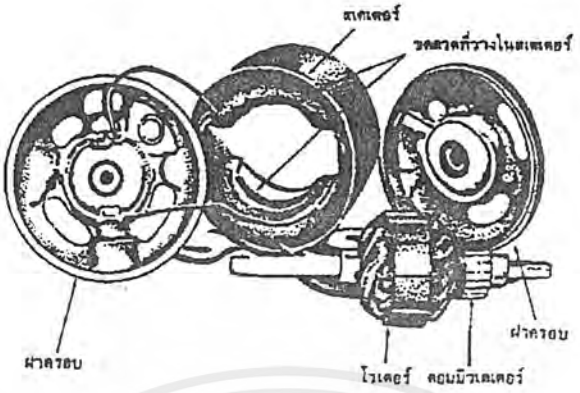
3) **รีพัลชั่นมอเตอร์** เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส ที่มีแรงบิดในขณะที่เริ่มหมุนสูงมาก เพราะใช้ลักษณะของมอเตอร์อนุกรมในการทำการสตาร์ต และเมื่อตัวมอเตอร์รีพัลชั่นรันไปแล้วจะทำงานเหมือนอินดักชั่นมอเตอร์แบบสปลิทเฟส

โครงสร้างที่สำคัญของรีพัลชั่น ประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่

- สเตเตอร์
- โรเตอร์
- แปรงถ่านและซองแปรงถ่าน
- ฝาปิดหัวท้าย
- อุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

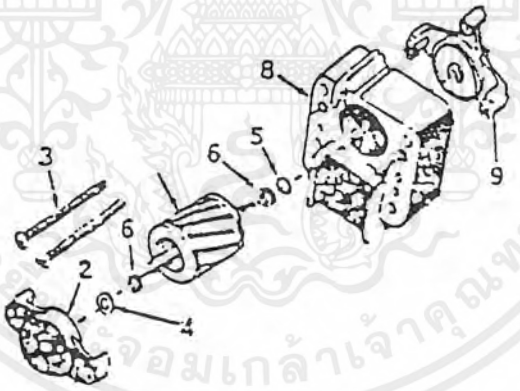
4) **ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์** เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงมากถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติเด่นคือ ให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงนำไปปรับความเร็วได้ทั้ง ปรับความเร็วได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.33 มอเตอร์ชนิดยูนิเวอร์แซล

5) **เชดเดดโพลมอเตอร์** เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมาก นำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น ไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก



ภาพที่ 2.34 เชดเดดโพลมอเตอร์

2.6 ปลั๊กไฟฟ้า (Plugs)

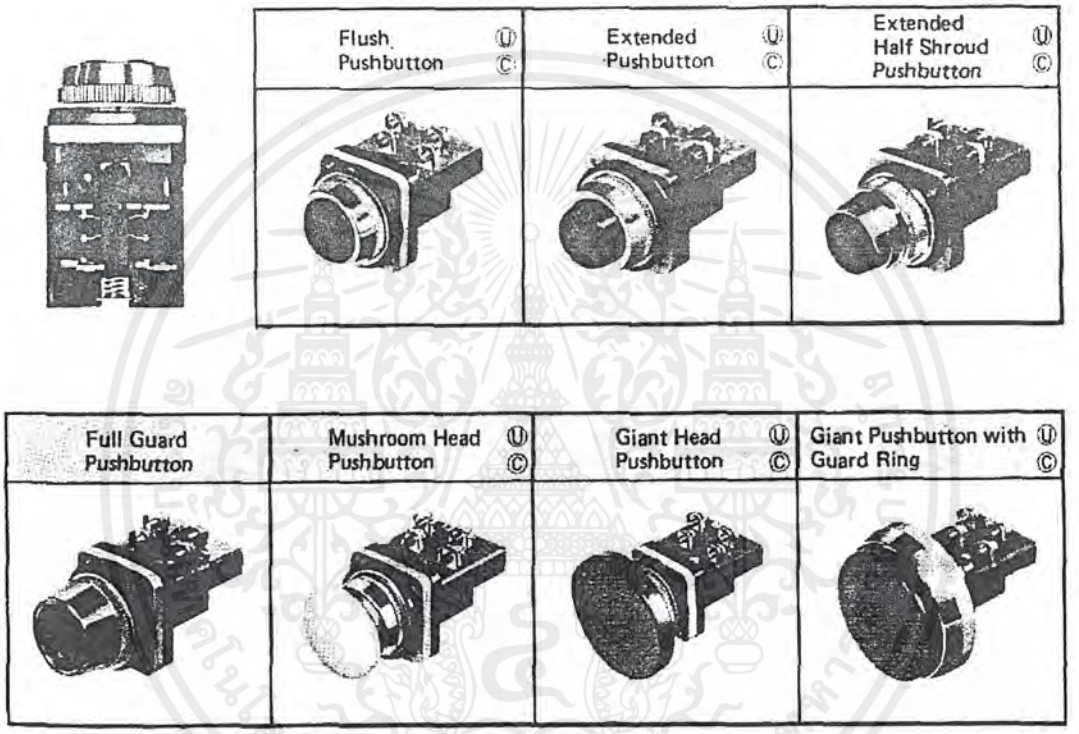
ปลั๊กไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง มีหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในการต่อกระแสไฟฟ้าจากเต้าเสียบสายไฟกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อใช้งาน

ชนิดของปลั๊กไฟฟ้า มีอยู่ด้วยกันหลายแบบทั้งแบบ 2 ขาและแบบ 3 ขา ซึ่งในประเทศไทยนั้นจะใช้ปลั๊กไฟฟ้าแบบ 2 ขา และขาของปลั๊กไฟฟ้าจะมีด้วยกันอยู่ 3 ลักษณะคือ แบบแบน และแบบกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สวิตซ์ไฟฟ้า (ธนบูรณ์ ศติภานุเดช : 2533)

สวิตซ์ (Switch) จะเป็นตัวกำหนดการปิด เปิดวงจร สวิตซ์อาจประกอบด้วยขั้วขั้วเดียว หรือหลายขั้วก็ได้ เช่น อาจจะมีขั้วเพียงขั้วเดียว สองขั้วหรือมากกว่านั้น โดยทั่วไปสวิตซ์มักจะใช้เป็นตัวเปิด ปิดให้วงจรทำงานหรือไม่ให้วงจรทำงาน การสัมผัสของการนำไฟฟ้าให้ครบวงจร การทำงานของสวิตซ์ควบคุมโดยระบบแมคแคนิก



ภาพที่ 2.35 สวิทช์ปุ่มกดแบบต่าง ๆ

ลักษณะของสวิตซ์ มีมากมายหลายชนิด แล้วแต่หน้าที่การงาน หรือลักษณะการเปิดปิดวงจร แบ่งออกเป็น

2.7.1 **สวิทช์แบบกด** เป็นสวิทช์ที่ทำงานโดยการใช้มือกด แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ด้วยกัน ได้แก่

2.7.1.1 **สวิตซ์กดติดปล่อยดับ** (Momentary Switch) เมื่อกดจะทำวงจรปิด เมื่อปล่อยจะทำให้วงจรเปิด เช่น สวิตซ์กดออด เป็นต้น สวิตซ์แบบนี้เหมาะกับงานจำพวกปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 **สวิตซ์กดติดกดดับ** (Lock Switch) เมื่อกดจะทำให้วงจรปิด การใช้ใช้วงจรเปิดก็กดอีกครั้งวงจรก็จะเปิด บางสวิตซ์มีไฟอยู่ในตัว เมื่อกดปิดให้ว่าเครื่องแล้วทำงานและกดอีกครั้งวงจรจะเปิดไฟดับ เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป

2.7.2 **สวิตซ์โยก** (Toggle Switch) ลักษณะการใช้งานเป็นการโยกก้านสวิตซ์ให้ทำงาน จำนวนของขาสวิตซ์แล้วแต่การใช้งาน โดยมากจะมีตั้งแต่ 2 ขาขึ้นไป

2.7.3 **สวิตซ์เลื่อน** (Slide Switch) คล้ายกับสวิตซ์โยก แต่ใช้งานโดยการเปลี่ยนปุ่มสวิตซ์ ซึ่งอาจจะมีจังหวะการเลื่อนหลายๆ ช่วง

2.7.4 **สวิตซ์หมุน** (Rotary or Selector) มีหลายขาส่วนมากจะเป็นการใช้ในหล้าเลือกทางเดินไฟฟ้าหลายตำแหน่ง เช่น การเลือกแบนด์ในวิทยุ เป็นต้น

2.7.5 **สวิตซ์จิ๋ว** (Micro Switch) สวิทซ์ที่มีความเชื่อถือได้สูงสามารถทนแรงเคลื่อนที่และกระแสไฟฟ้าได้หลาย เช่น ส่วนสัมผัสที่เป็นตัวนำเคลือบด้วยทอง ทำให้เป็นทางเดินไฟฟ้าที่ดี ลักษณะของสวิตซ์จะทำงานโดยการกดเบา ๆ ที่ด้านหรือปุ่มเล็ก ๆ โดยปกติแล้วจะต้องมีกลไกเข้ามาประกอบ เพื่อทำหน้าที่กดสวิทซ์ เพราะปุ่มเล็ก ๆ เกินไปกว่าที่จะใช้นิ้วกดได้โดยสะดวก

ไมโครสวิทซ์นี้มีหลายขนาด จำนวนที่ใช้งานจะมี 2 หรือ 3 ขาขึ้น สวิทซ์ได้รับการออกแบบให้ใช้ได้กับงานเฉพาะอย่าง รูปร่างของไมโครสวิทซ์แตกต่างกันไปตามสถานะการใช้ การติดตั้งจะต้องระมัดระวังเพราะส่วนของแรงกดอาจทำให้สวิทซ์แตกได้

2.7.6 **สวิทซ์แม่เหล็ก** (Reed Switch) หน้าสัมผัสของสวิทซ์จะบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้วเล็ก ๆ ที่ข้างในเป็นสูญญากาศ โดยจะวางอยู่ใกล้ชิดกันมาก เมื่อได้รับอำนาจแม่เหล็กจากภายนอกหน้าสัมผัสจะแตะเข้ากัน เป็นการต่อวงจร การที่หน้าสัมผัสในหลอดแก้วที่ปิดสนิทจึงช่วยลดการสปาร์คของหน้าสัมผัสไปอีกมาก

2.7.6.1 **สวิทซ์แม่เหล็กแบบ** (Magnetic Switch) สวิทซ์นี้เป็นสวิทซ์ที่ติดตั้งง่ายมีความแน่นอนสูงจะต้องใช้เป็นคู่ การติดตั้งส่วนที่จะซ่อมแซมแม่เหล็กไว้ในส่วนที่เคลื่อนไหวได้ ส่วนตัวสวิทซ์จะติดอยู่กับที่และต่อสายเป็นวงจรออกมา หากใช้ในระบบกันขโมยอาจต้องซ่อนสวิทซ์เหล่านี้ ขณะเมื่อทั้งสองนี้ประกอบอยู่ใกล้ชิดกัน สวิทซ์จะถูกอำนาจแม่เหล็กกระทำอยู่ แต่ถ้าเมื่อไหร่ชิ้นส่วนแม่เหล็กเคลื่อนที่ออกสวิทซ์ก็จะเปลี่ยนตำแหน่งสั่งงานไปที่แผงควบคุมทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ระบบสายไฟ (ธนบูรณ์ ศติภานุเดช : 2533)

สายไฟนั้นมีอยู่หลายขนาดด้วยกัน ดังนั้นในการนำสายไฟมาใช้จำเป็นต้องเลือกสายไฟฟ้าที่ใหญ่พอสำหรับกระแสไฟฟ้า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนที่สาย ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (ไฟฟ้าช็อต) โดยทั่วไปสายไฟมีอยู่ 2 แบบ ใหญ่ ๆ คือ

1) **สายแข็ง** (Solid wire) สายชนิดนี้ 1 แกน มีสายเดียวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดตั้งแต่ 0.5 ตารางมิลลิเมตรจนถึง 10 ตารางมิลลิเมตร แต่ปกติแล้วนิยมใช้สายแข็งตั้งแต่ 0.5-4 ตารางมิลลิเมตรเท่านั้น เพราะสายขนาด 6 และ 10 ตารางมิลลิเมตรนั้นแข็ง ต่อเข้าสวิตซ์และอุปกรณ์ไฟฟ้ายาก จึงไม่นิยมใช้

2) **สายเกลียว** (Stand wire) สายชนิดนี้ใน 1 แกน จะมีหลายเส้นตีเกลียวกัน มีขนาดตั้งแต่ 6 มิลลิเมตรขึ้นไป อาจจะมี 7, 19, 37, และ 61 เส้น ซึ่งขึ้นอยู่กับความโตของสายไฟ

2.8.1 ชนิดของสายหุ้มฉนวน

สายไฟชนิดหุ้มฉนวนที่ใช้กับไฟแรงต่ำไม่เกิน 600 โวลท์ มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ซึ่งฉนวนแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน บางชนิดติดตั้งภายในอาคาร บางชนิดติดตั้งได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร บางชนิดใช้ฝังดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฉนวนหุ้มสายไฟอาจจะมี 1 ชั้น หรือ หลายชั้น

2.8.1.1 **สายไฟชนิด** PVC ซึ่งเป็นคำเรียกรวม ๆ หมายถึง ไฟหุ้มฉนวน PVC ที่ทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 250 โวลท์ และอุณหภูมิ 60 องศาเซนติเกรด มีทั้งชนิด 1, 2 และ 3 แกน สายไฟ PVC ชนิด 1 แกน มีเปลือกหุ้มชั้นเดียว ใช้สำหรับเดินสายเมนของไฟ 220 โวลท์ จากมิเตอร์ถึงตัวอาคารหรือใช้เป็นสายไฟประดับที่ใช้ชั่วคราว ห้ามใช้เดินสายด้วยเข็มรัดสายที่เกาะไปตามผนังและเดินในท่อ เพราะอาจจะทำให้เกิดลัดวงจรได้ง่าย ส่วนสาย PVC คู่ เป็นสายไฟชนิดหุ้ม 2 ชั้น ใช้เดินด้วยเข็มรัดสายเกาะไปตามผนัง ห้ามเดินในท่อ มีขนาดตั้งแต่ 0.5-3.5 ตร.มม. อายุการใช้งานประมาณ 10-15 ปี

2.8.1.2 **สายไฟชนิด** TW เป็นสายไฟฟ้า PVC ชั้นเดียวทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 750 โวลท์ทนอุณหภูมิได้ 60 องศาเซนติเกรด เป็นสายไฟชนิดแกนเดียว ใช้สำหรับเดินในท่อหรือเดินด้วยลูกถ้วย ห้ามใช้เดินด้วยเข็มขัดรัดสายเกาะไปตามผนังมีขนาดตั้งแต่ 0.5-150 ตร.มม. อายุการใช้งาน ถ้าเดินในท่อจะมีอายุประมาณ 20-30 ปี ถ้าเดินด้วยลูกถ้วยจะมีอายุประมาณ 20 ปี

2.8.1.3 **สายไฟชนิด** THW เป็นสายไฟหุ้ม PVC ทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 750 โวลท์ และทนอุณหภูมิได้ 75 องศาเซนติเกรด เป็นสายชนิดแกนเดียว ใช้สำหรับเดินในท่อหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดินด้วยลูกถ้วย ห้ามเดินด้วยเข็มขัดรัดสายที่เกาะไปตามผนัง มีขนาดตั้งแต่ 0.5-500 ตร.มม. อายุการใช้งาน ถ้าเดินในท่อจะมีอายุประมาณ 20-30 ปี ถ้าเดินด้วยลูกถ้วยจะมีอายุประมาณ 20 ปี

2.8.1.4 **สายไฟชนิด** NYY เป็นสายไฟหุ้มฉนวน PVC 3 ชั้น ทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 750 โวลท์ และทนอุณหภูมิ 60 องศาเซนติเกรด มีชนิด 1-4 แกน ใช้ฝังดินโดยไม่ต้องใส่ท่อ มีขนาดตั้งแต่ 1-500 ตร.มม.

2.8.1.5 **สายไฟชนิด** VCT เป็นสายหุ้มฉนวน PVC 2 ชั้น ทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 750 โวลท์ ทนอุณหภูมิ 60 องศาเซนติเกรด มีตั้งแต่ 2 แกนขึ้นไป ใช้กับสายไฟของมอเตอร์เครื่องจักรทั่วๆ ไป มีขนาดตั้งแต่ 0.5-35 ตร.มม

นอกจากนี้ยังมีสายไฟชนิดอื่น ๆ อีกมาก ตามการผลิตของแต่ละบริษัท โดยหาดูได้จากคู่มือการใช้สายไฟของแต่ละบริษัท ซึ่งจากสายไฟ 5 ชนิดข้างบนนี้ เพียงแต่เป็นสายไฟที่ใช้กันมากเท่านั้นและโค๊ตชนิดของสายไฟของแต่ละบริษัทจะไม่เหมือนกัน

สายไฟชนิด VCT

ภาพที่ 2.36 แสดงสายไฟชนิด VCT

2.8.2 การออกแบบเลือกใช้ชนิดของสายไฟฟ้า

1) ทางไฟฟ้า ต้องคำนึงถึงขนาดสาย ความหนาแน่นของฉนวนความแข็งแรงของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้าและการนำไปใช้งาน

2) ความร้อน ความร้อนจากบริเวณรอบ ๆ เพิ่มขึ้นทำให้ความร้อนของสายไฟเพิ่มขึ้นย่อมเป็นผลให้สายไฟมีอุณหภูมิสูงขึ้น

3) ทางกล ต้องเหนียวและยืดหยุ่นได้

4) ทางเคมี ต้องเลือกที่สามารถทนต่อน้ำมัน เปลวไฟ โอโซน แสงอาทิตย์อย่างใดอย่างหนึ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ระบบการเดินสายไฟฟ้า

หน้าที่สำคัญของสายไฟฟ้าคือพลังงานจากแหล่งกำเนิดไปสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าพลังงานที่ส่งไปในสายจะสูญเสียไปในรูปของความร้อน วิธีการเดินสายแบบต่าง ๆ สามารถกระจายความร้อนจากสายในอัตราต่าง ๆ กัน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานและข้อกำหนดอนุญาตดังนี้

การพิจารณาเดินสายในท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit) มีการพิจารณาลักษณะการใช้งานต่อไปนี้

1) การเดินสายในท่อโลหะอ่อน สำหรับเดินเข้ามอเตอร์ เดินไปยังโคมไฟฟ้า หรือบริภัณฑ์อื่น ๆ และห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนตามกรณีดังนี้

ก. สถานที่เปียก เว้นแต่ใช้สายหุ้มตะกั่วหรือออกแบบไว้โดยเฉพาะ

ข. ในช่องขึ้นลง

ค. ไนห้องเก็บแบตเตอรี่

ง. ในสถานที่อันตราย นอกจากที่อนุญาตไว้ใน ว.ส.ท. ข้อ 501

จ. ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต

ภาพที่ 2.37 แสดงท่อโลหะอ่อนสำหรับเดินเข้ามอเตอร์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า

2) การเดินสายในท่อโลหะอ่อนกันน้ำ (Raintight) มีลักษณะใช้งานดังนี้

ก. ท่อโลหะอ่อนกับน้ำใช้ได้ทั้งการติดตั้งแบบเปิดโล่งและแบบซ่อน ดังนี้

- ในสภาวะการติดตั้งการทำงาน และการบำรุงรักษา ต้องการความอ่อนตัวหรือป้องกันของแข็ง ของเหลว หรือไอ
- ตามที่อนุญาตไว้ใน ว.ส.ท. ข้อ 501, 502 และ 503

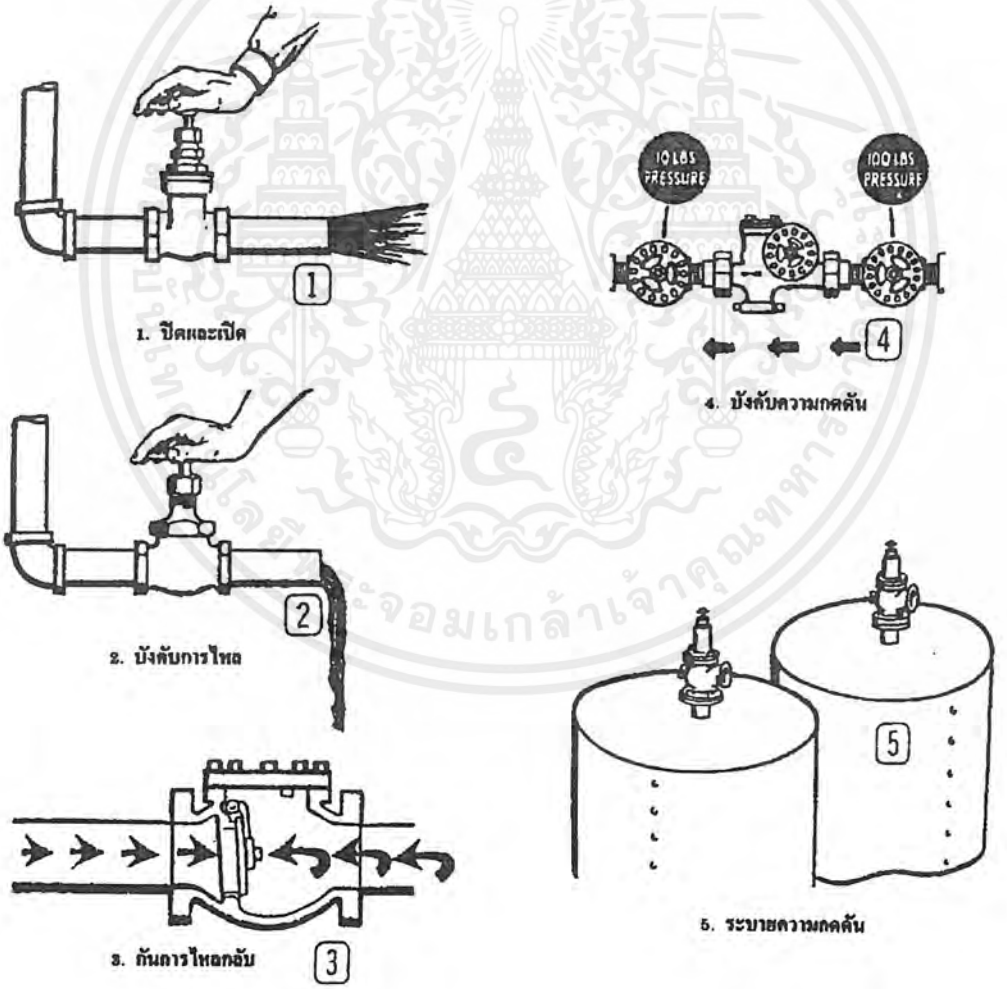
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนกับน้ำดังนี้

- ในที่ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายทางภายภาพ
- ในที่ซึ่งเป็นผลรวมของอุณหภูมิ อันเกิดจากอุณหภูมิโดยรอบ และอุณหภูมิของตัวนำสูงจนให้ท่อโลหะอ่อนนั้นเสียหาย

2.9 ชนิดของวาล์ว

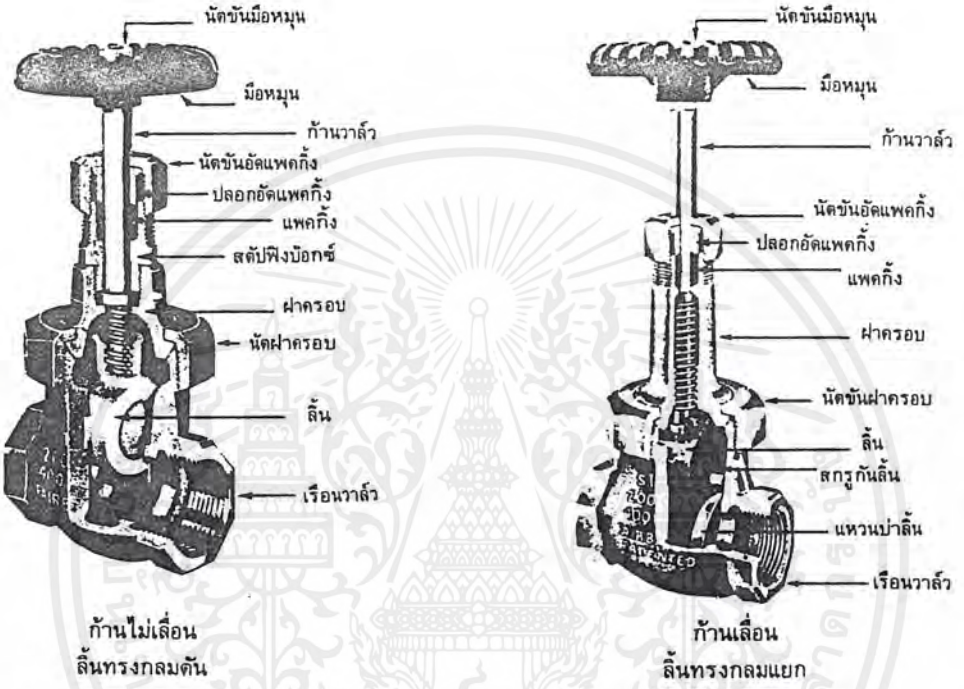
มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร (2521) ได้อธิบายการใช้งานวาล์วชนิดต่าง ๆ ไว้ว่าวาล์วเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบังคับทิศทางการไหล ควบคุมการปิดเปิดของการไหล มีหลายชนิดให้เลือกใช้อย่างเหมาะสมกับการใช้งาน ชนิดของวาล์วสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.38 หน้าที่การใช้งานวาล์วชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 **เกทวาล์ว** (Gate Valves) เกทวาล์วถูกนำมาใช้งานมากที่สุดเพราะสามารถให้การไหลได้อย่างอิสระและปิดกั้นการไหลได้อย่างแน่นสนิท เกทวาล์วเหมาะกับงานที่เปิดช่องทางการไหลกว้าง และเคลื่อนผ่านเป็นเส้นตรง และไม่เกิดความต้านทานขณะเปิดกลไกยกลิ้นหรือลิ่มขึ้นเต็มที่

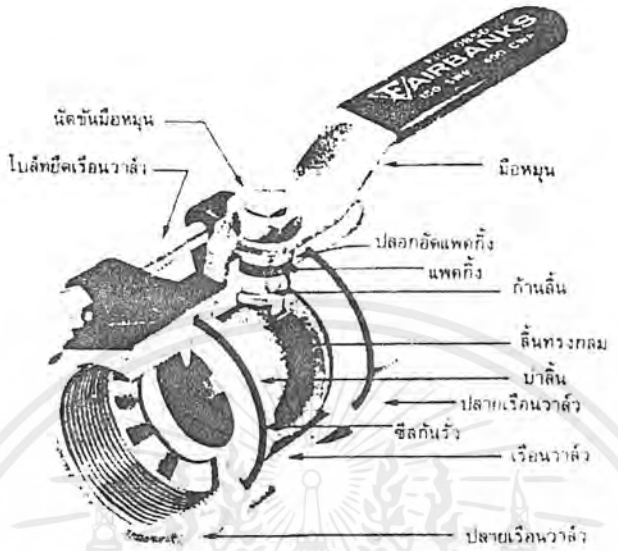


ภาพที่ 2.39 ส่วนประกอบของเกทวาล์ว

2.9.2 **โกล์บวาล์ว** (Globe Valves) เป็นวาล์วชนิดกดอัดปิด ใช้ปิดเปิดบังคับการไหลเพื่อควบคุมปริมาณน้ำ บ่าลิ้นของโกล์บวาล์วจะตั้งฉากกับการไหลทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการไหล และมีความกดดันลดมากเนื่องจากการปั่นป่วนของน้ำดังนั้นการเลือกใช้งานจึงควรพิจารณาเรื่องความกดดันลดเป็นสำคัญ

2.9.3 **บอลวาล์ว** (Ball Valves) ใช้ปิดเปิดบังคับการไหลโดยไม่ทำให้เกิดการธรอทลิ่งภายในวาล์ว นำมาใช้เมื่อต้อองการความรวดเร็วในการปิดเปิด มีส่วนประกอบไม่มากจึงต้องฟิตแน่นไม่ให้มีช่องว่าง แต่ต้องไม่ติดขัด ต้องการแรงหมุนเปิดน้อย การปิดหรือเปิดให้หมุนก้านบิดไป 90 องศา เมื่อเปิดเต็มที่จะมีความต้านทานการไหลต่ำ นิยมใช้กับการติดตั้งระบบท่อน้ำ หรือระบบท่อก๊าซแรงดันต่ำเพราะสะดวกต่อการใช้หลายประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.40 ส่วนประกอบภายในของบอลวาล์ว

2.9.4 **แองเกิลวาล์ว** (Angle Valves) มีชิ้นส่วนภายในคล้ายกับโกล์บวาล์ว แตกต่างกันที่แองเกิลวาล์วจะทำให้ทิศทางของการไหลเปลี่ยนทิศไปเป็นมุม 90 องศา เหมาะกับสภาพใช้งานไม่วิกฤต สามารถใช้แทนโกล์บวาล์วและข้องอรวมกันได้โดยมีความกดดันลดและความต้านทานการไหลน้อยกว่าโกล์บวาล์ว ลดจำนวนการใช้ข้อต่อและประหยัดเวลาในการติดตั้ง

2.9.5 **คอร์ก็อก** (Core Cocks) หรือบางครั้งเรียกว่าปลั๊กวาล์ว ลักษณะการปิดเปิดคล้ายบอลวาล์ว คือ หมุนมือหมุนไป 90 องศา และควบคุมการไหลได้รวดเร็ว มีความกดดันลดมากเมื่อของไหลผ่านวาล์ว แต่จะมีช่องทางบังคับการไหลมากกว่า 1 ช่อง ข้อดีคือต้องการช่องว่างในการติดตั้งน้อย สามารถหรี่วาล์วบังคับการไหลได้ ช่วยลดการติดตั้งข้อต่อลงได้มาก

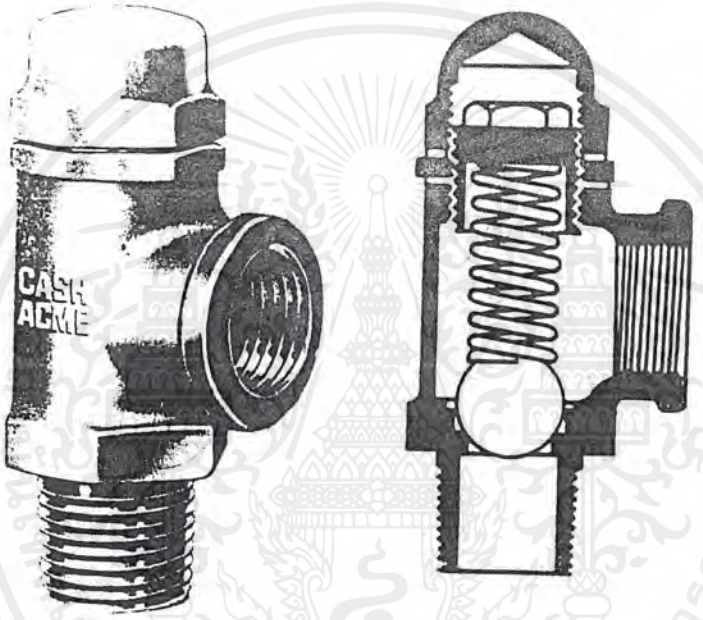
2.9.6 **เช็ควาล์ว** (Check Valves) มีหน้าที่ป้องกันการไหลกลับของของเหลวหรือก๊าซในระบบท่อ สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติไม่ต้องใช้มือหมุน คือลิ้นจะปิดได้เองเมื่อมีแรงดึงดูดของโลกหรือมีการไหลย้อนกลับการติดตั้งจะอยู่ในตำแหน่งแนวนอน

2.9.7 **วาล์วบังคับความกดดัน** (Pressure Reducing Valves) ออกแบบมาเพื่อใช้ลดความกดดันสูงในทางเข้าให้มีความกดดันทางออกต่ำโดยอัตโนมัติ วาล์วนี้จะติดตั้งอยู่กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายน้ำที่มีความกดดันสูงเกินปกติที่เกินกำลังของเครื่องมือที่รองรับการใช้งานทางเอาท์พุท เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์นั้น

2.9.8 **วาล์วระบายความกดดัน** (Relief Valves) เป็นอุปกรณ์นิรภัยอัตโนมัติที่นำมาติดตั้งเพื่อป้องกันอุณหภูมิ ความกดดัน หรือทั้งสองอย่างสูงเกินไป เช่นติดตั้งบนเครื่องทำน้ำร้อนเพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนเกินและการระเบิด



ภาพที่ 2.41 วาล์วระบายความกดดัน

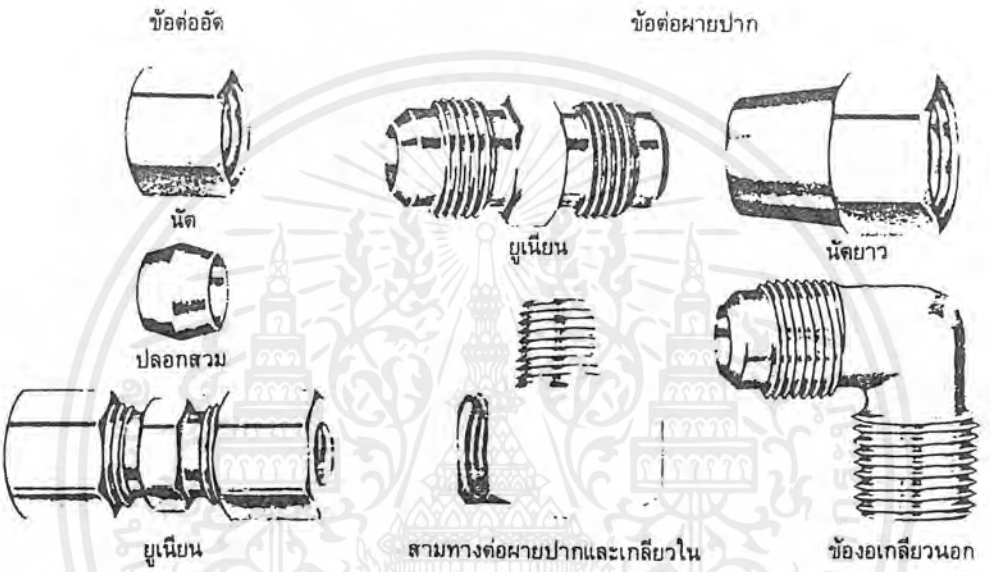
2.10 ข้อต่อสำหรับท่อระบายน้ำและอากาศ

มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร (2521) กล่าวว่า ท่อบางชนิด เช่น ท่อทองแดงจะมีความบางและอ่อน ไม่สามารถที่จะทำการตัดเกลียวด้วยเครื่องมือทำเกลียวได้ จึงต้องอาศัยข้อต่อสำเร็จรูป ทั้งที่เป็นชนิดต่อสวมและใช้เกลียว โดยแบ่งประเภทการใช้งานของข้อต่อตามชนิดของการต่อกับท่อต่าง ๆ ได้ดังนี้ คือ

2.10.1 **ข้อต่อชนิดบัดกรี** (Solder Fittings) จะมีบ่าเพื่อสวมรับท่อสำหรับบัดกรีรอยต่อใช้งานกับท่อที่อยู่ภายใต้ความกดดันของเหลว รอยต่อของการบัดกรีจะแน่นสนิทถ้ามีการทำความสะอาดดี ไม่มีคราบไขมัน และท่อที่สวมจะต้องไม่หลวมจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 **ข้อต่อชนิดผายปากท่อ** (Flared Fitting) ทำจากทองเหลืองหรือบรอนซ์หล่อ การต่อท่อวิธีนี้จะให้ท่อส่วนที่ถูกผายปากออกสัมผัสกับบ่าเอียงของข้อต่อแล้วขันปลอกเกลียวยึดให้แน่น คล้ายกับยูเนี่ยนเหล็กชนิดบ่าสัมผัส และข้อต่อจะมีเกลียวนอกเพื่อให้ต่อเข้ากับท่ออื่น ๆ ได้อีก ซึ่งมีทั้งแบบเกลียวใน เกลียวนอก หรือทั้งสองอย่างในตัวเดียวกัน



ภาพที่ 2.42 ข้อต่อลักษณะต่าง ๆ

2.11 ชนิดและคุณสมบัติของพลาสติก

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ (2526) ได้อธิบายว่า พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์ชนิดใหม่ที่มีการคิดค้นเมื่อไม่นานมานี้เอง และปัจจุบันนี้มีการนำเอาพลาสติกเข้ามาใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ พลาสติกเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจำนวนมาก และมีคุณสมบัติทางการออกแบบที่ดีหลายประการ

พลาสติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ Organic Material Compound ประกอบขึ้นจากโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่เชื่อมต่อกันในลักษณะโซ่ พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์ Synthetic Materials ที่มนุษย์ทำขึ้นมีธาตุประกอบหลักคือ ออกซิเจนแตกต่างกันไป เนื่องจากการเกาะเรียงตัวของธาตุทั้ง 5 ในโครงสร้างในโมเลกุลของพลาสติกนั้น ๆ สารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่สูงจึงเรียกสารประกอบนี้เป็น "โพลิเมอร์" (โพลิเมอร์ หมายความว่า หลากหลาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 **ประเภทของพลาสติก** พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) เทอร์โมเซทส์

2) เทอร์โมพลาสติก

1. **เทอร์โมเซทส์** (Theramasets Ts.) คือสารโพลิเมอร์ที่ยังใช้ประโยชน์อะไรยังไม่ได้ หากอยู่สภาพของวัตถุโพลิเมอร์ เทอร์โมเซทส์มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิจุดหนึ่ง จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในสารโพลิเมอร์นั้น ในโมเลกุลจะเกาะจับตัวกันตามขบวนการทางฟิสิกส์เรียกว่า "Cross Link Exond" ปฏิกิริยาที่จับกันเป็นสายนี้เรียกว่า "Polymerization" เป็นพลาสติกที่มีรูปร่างทรงถาวร จะนำไปหลอมละลายอีกไม่ได้แล้ว

2. **เทอร์โมพลาสติก** (Thermoplastic Tp.) เป็นสารพลาสติกที่มีความไวต่อความร้อนที่อุณหภูมิในห้อง (Roomtemperature) จะอยู่ในสถานะเป็นของแข็ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิถึงจุดหนึ่ง สารพลาสติกจะเริ่มอ่อนตัวและในที่สุดจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าจุดหลอมของพลาสติกที่จะสามารถนำกลับใช้ใหม่ได้อีก ภายหลังจากนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วเช่นเดียวกับโลหะทั่วไป

2.11.2 **ลักษณะของพลาสติกในรูปวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต**

วัตถุดิบพลาสติกที่ใช้สำหรับการผลิตมี 3 ชนิด คือ

1. ผง (Ponder)

2. เม็ด (Peller & Granule)

3. เหลว (Liquid)

แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรอุปกรณ์ และกรรมวิธีการผลิตชนิดผง และเม็ดเหมาะสำหรับประกอบเป็นอุตสาหกรรมที่มีปริมาณการผลิตเป็นจำนวนมาก ต้องลงทุนในเรื่องเครื่องจักร และอุปกรณ์สูง ชนิดเหลวเหมาะสำหรับการประกอบอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือในครอบครัว

จากที่กล่าวมาแล้วนี้เป็นคุณสมบัติโดยทั่วไปของพลาสติก จากความต้องการจะให้ผลิตภัณฑ์นี้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมภายในประเทศ ทั้งทางด้านวัตถุและกรรมวิธีการผลิตจึงต้องหันมาดูถึงอุตสาหกรรมภายในประเทศ อุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศของเรานิยมใช้พลาสติกเนื่องมาจากราคาแพง แต่ด้วยเหตุผลด้านการศึกษาจึงควรนำมาเปรียบเทียบให้เห็นถึงความเหมาะสมต่าง ๆ และเลือกสิ่งที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 **ชนิดของพลาสติกและคุณสมบัติ**

1) **ฟีโนลิค** (Phenolic) ฟีโนนิคเป็นพลาสติกรู้จักกันดีในชื่อการค้า "เบกเกลไลท์" (Balelite) ถูกค้นพบโดย DR.LEOHEDINK BAEKELAND และถูกจดทะเบียนในปี ค.ศ.1909 มีชื่อทางเคมีว่า Phenol Formaldehyde มีปริมาณการใช้สูงสุด Work House ในพลาสติกประเภท เทอร์โมเซทติ้ง

ฟีโนนิคเป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักปานกลางมี ถ.พ. 1.25-1.55 มีความแข็งที่สุดชนิดหนึ่งรับแรงได้พอสมควร แต่รับแรงอัดได้ดีมาก

ในระยะแรกฟิโนนิคมีสีเฉพาะสีเข้มฟ้าเท่านั้น เช่น สีน้ำตาลแก่และสีดำเท่านั้น แต่ในปัจจุบันสามารถทำเป็นสีต่าง ๆ ได้มีทั้งทึบแสง ฟ้าและใส มีทั้งชนิดขึ้นรูปด้วยการใช้แรงอัดและความร้อนและชนิดหล่อเย็น

คุณสมบัติทางไฟฟ้าอยู่ในขั้นดีทั้งไฟฟ้าความถี่สูงและต่ำ ฟีโนนิคหลายชนิดทนไฟอาร์คไม่ดี ฟีโนนิคทนความร้อนในสภาวะปกติประมาณ 160--180 ฟาเรนไฮต์ หากผสมวัตถุแทนความร้อนบางชนิดจะทนได้ถึง 400 ฟาเรนไฮต์ ฟีโนนิค เป็นตัวนำความร้อนที่เลว ติดไฟได้ช้าและดับเอง คุณสมบัติทางเคมีพอ ๆ กันกับพลาสติกชนิดอื่น คือทนต่อกรดและด่างชนิดอ่อนได้ ไม่ทนออกซิไดซิ่ง และด่างแก่ทนการเคมีอื่น ๆ คือทนแอลกอฮอล์ ไขมัน น้ำมัน ฯลฯ

ฟีโนนิคใช้ทำด้ามมือจับหูหม้อ หูกระทะ ฝาครอบจานจ่ายรถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า ถาดบรรจุสารเคมี ตู้โทรทัศน์ วิทยุ ฯลฯ ในรูปของเหลวใช้เป็นวัตถุประสานกับสารเคมี และการอัดไม้กันน้ำ ฟีโนนิคสามารถทำเป็นได้ ซึ่งขยายตัวได้ 300 เท่า โฟมโพริโนลิคนิยมทำเป็นทุ่นลอยน้ำใช้ในงานต่าง ๆ และเสริมความแข็งแรงในปีกเครื่องบิน

ลักษณะทางกายภาพของ Phenolic

ชนิดของพลาสติก	Thermosetting
กรรมวิธีการผลิต	Compresion Transfer Injection
อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต	300 - 400°F
การหดตัวหลังการผลิต	0.0040 - 0.009
ความถ่วงจำเพาะ	1.72 - 1.45
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/นิ้ว	20.9 - 17.8
ทนแรงดึง	1,000 - 11,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงอัด	24,000 - 38,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงกระทบ	0.24 - 0.69
ความแข็ง	100 - 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนความร้อนปกติ	350 - 360°F
ทนกรด	ดีมาก ยกเว้นกรด Oxidizing Acid
ทนด่าง	พอใช้ (ถูกทำลายโดยด่างแก่)
ทนสารละลาย	ดีมาก
ทนแสงแดด	จะมีสีคล่ำแต่คุณสมบัติทางกายภาพคงที่

2) **โพลิสไตรีน** (Polystyrene) เป็นพลาสติกที่ใช้กันมากแต่เดิมโพลิสไตรีนไม่ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเลย ซึ่งความจริงโพรีสไตรีนถูกค้นพบในปี พ.ศ. 1830 จนกระทั่งปี พ.ศ. 1938 และในปัจจุบันเป็นพลาสติกที่มีปริมาณการผลิตสูงที่สุดชนิดหนึ่ง

โพลิสไตรีน เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาที่สุดในพลาสติกแข็ง (Rigldplasstic) ถ.พ. 0.89-1.1 มีความหดตัวน้อยมาก มีความคงรูปแข็งแต่เปาะมีการดูดความชื้นต่ำ ทนต่อความร้อนได้พอสมควรทนต่อกรดด่างอ่อน ๆ ทนต่อสารเคมีที่ใช้ภายในบ้าน ไม่ทนต่อสารไฮโดรคาร์บอน เช่น น้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ น้ำมันสน เหมาะสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์ใช้ภายในบ้าน ไม่เหมาะสำหรับการใช้ภายนอก

โพลิสไตรีน นิยมใช้ทำกล่องบรรจุอาหารชนิดใส กล่องบรรจุของใช้อื่น ๆ ทำของเด็กเล่น ทำไม้บรรทัดราคาถูก แผงและตู้โทรทัศน์ วิทยุ ฯลฯ ในรูปโฟม เราจะรู้จักกันดีในชื่อ (Steyrenefoam) ใช้ทำสิ่งประดับในงานต่าง ๆ วัสดุกันแดด ในกล่องบรรจุของแผ่นฉนวนกันความร้อนและเสียง ฯลฯ

โพลิสไตรีน สามารถทำให้คุณสมบัติพิเศษเกิดขึ้นได้โดยผสมสารเคมีบางอย่างเข้าไปจะทำให้กลายเป็นพลาสติกใหม่ขึ้นมา และมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป เช่น ABS (Agryloniteile Butadiene Styrene) โดยเติมสารเคมียางโพลิเมอร์บางชนิดเข้าไปเช่นเติม Polybutadiene และ Styrene Butadiene ลงไปตั้งแต่ 10-40% ความต้องการทางคุณสมบัติที่จะทำให้เกิดความทนทานต่อแรงกระแทกได้ดีขึ้น

ลักษณะทางกายภาพของ Polystyrene

ชนิดของพลาสติก	Thermoplastic
ความถ่วงจำเพาะ	1.04 - 1.10
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/นิ้ว	25.9 - 28
ทนแรงดึง	1,900 - 12,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงอัด	4,000 - 16,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนแรงกระทบ	0.25 - 11.0
ความแข็ง	100 - 120
ทนความร้อน	150 - 160°F
ความใส	ใสทึบ
ทนแสงแดด	เหลือง
ทนกรด	ทนชนิดอ่อนได้ ถูกทำลายโดย Oxidizing Acid
ทนด่าง	ได้
ทนสารละลาย	ละลายได้ใน Chlorinated Hydrocarbon

3) **เอบีเอส** (ABS-Acrylonitrile-Styrene) พลาสติกเอบีเอส (Acryloniteile Butadiene Styrene) โดยทั่วไปเรียกว่า ไตรรีนเอบีเอส (Styrene-ABS) เป็นพลาสติกที่ได้รับการปรับปรุงจากพลาสติกโพลิสไตรีน ได้ถูกคิดในปี ค.ศ.1984 เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงมากชนิดหนึ่ง ทนความร้อน ได้ถึง 12°F ทนกรด่างได้ดีพอสมควรเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี มีคุณสมบัติที่ชุดโคเมี่ยมได้ จึงนิยมใช้ทำปุ่มหมุนวิทยุโทรทัศน์และใช้ทำผลิตภัณฑ์คุณภาพดี มากมาย เช่น อุปกรณ์ในรถยนต์ เครื่องรับโทรทัศน์ ถาดบรรจุอาหารบนเครื่องบิน ผนังชั้นในตู้เย็น มือจับหมวกกันน็อค แบตเตอร์รี่ กระเป๋าเดินทาง ฯลฯ

ลักษณะทางกายภาพของ Acryloniteile Butadiene Styrene

ชนิดของพลาสติก	Thermoplastic
กรรมวิธีการผลิต	Injection Extrusion Electrostatic
อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต	360 - 550°F
การหดตัวหลังการผลิต	0.030 - 0.009 นิ้ว/นิ้ว
ความถ่วงจำเพาะ	1.02 - 1.09
ทนแรงดึง	4,000 - 9,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงอัด	7,000 - 12,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงกระทบ	2 - 8 ที่ 70 & 0.8-3.5 ที่ 40°F
ความแข็ง	75 - 115
ทนความร้อนปกติ	140 - 260°F
ทนกรด	ดีแต่ไม่ทนกรดชนิด Oxidizing Acid
ทนด่าง	ดีมาก
ทนสารละลาย	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) **โพลีคาร์บอเนท** (Polycabonete) เป็นสารพลาสติกที่เรียกว่าเป็นพลาสติกทางวิศวกรรม มีคุณสมบัติสูงมากทางด้านความแข็งแรงทนทานคือ ถือว่าเป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรง ทนความร้อน ขณะใช้งานได้ถึง 240°F โดยไม่เสียคุณสมบัติทางกายภาพ ทนต่อแรงกระแทก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนกรดด่างได้ดีเมื่อนำไปใช้กับใยแก้วเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์คลาสจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ทนทานมาก ใช้ทำอุปกรณ์ทดแทนทางด้านแมคกานิค เช่น เฟืองเกียร์ ใช้ทำตู้เครื่องปรับอากาศ ด้ามจับเครื่องมือ ฝาครอบเครื่องไฟฟ้า โคมไฟสาธารณะ แต่โพลิคาร์บอเนทไม่ทนต่อการกัดของสารเคมีพวกไฮโดรคาร์บอน

ลักษณะทางกายภาพของ PC (Poly Carbonate)

ชนิดของพลาสติก	Thermoplastic
ความถ่วงจำเพาะ	1.2
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/นิ้ว	2.3
ทนแรงดึง	9,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงอัด	18,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงกระทบ	15
ความแข็ง	100 - 120
ทนความร้อน	250°F
ความใส	ใสที่สุด
ทนแสงแดด	เหลืองเล็กน้อย
ทนกรด	ทนชนิดอ่อนได้ ไม่ทนกรดแก่
ทนด่าง	ด่างอ่อนเกิดปฏิกิริยาช้า ๆ ด่างแก่เกิดปฏิกิริยาแรง
ทนสารละลาย	ละลายได้ใน Chlorinated Gydocapbc และ Aromatics

2.12 **พลาสติกชนิดยืดหยุ่น** (Elastomer)

สาคร คันธโชติ (2529) ได้อธิบายว่า โมเลกุลลูกโซ่ในพลาสติกชนิดนี้จะมีการเคลื่อนตัว (Slip) ระหว่างจุดที่ยึดเหนี่ยวที่อยู่ด้วยกันในขณะรับแสง หลังจากลดแรงกระทำออกจนหมด โมเลกุลจะเคลื่อนตัวกลับที่เดิมวัสดุชนิดนี้จึงเป็นประเภทไฮโพลีเมอร์ (High Polymer) ที่อุณหภูมิสูงมันจะถูกทำลายโดยวิธีทางเคมี แต่ที่อุณหภูมิต่ำมันจะเปราะ การยึดเหนี่ยวเกาะกันของโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปตาข่าย จะเกิดขึ้นจากการผสมกำมะถันเข้าไปในยางเทียม และยางธรรมชาติด้วยกรรมวิธีวัลเคไนเซชั่น (Vulcanization)

2.12.1 **ยางธรรมชาติ**

เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงของวัสดุธรรมชาติ วัสดุนี้เป็นน้ำยาง (สีเหมือนน้ำนม) ได้จากต้นยางพารา นำมารมควันหรือเติมกรดอะซิติก (Acetic Acid) กลายเป็นยางดิบที่เป็นชั้นหนายางดิบเมื่อถูกความร้อนจะเหนียวเหมือนกาวจึงต้องทำการวัลเคไนเซชั่นให้ปฏิกิริยานี้หายไป ก่อนการวัดเคไนเซชั่น จะมีการย่อยยางดิบให้เล็กลงแล้วนำไปผสมกับกำมะถัน เติมสารสีลงไป แล้วจึงนำไปอัดขึ้นรูป สารที่เติมให้เป็นสีดำ คือ คาร์บอนในรูปก๊าซ ทำให้มีความเค้น ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความฝืด สูงขึ้น

สำหรับยางผสมสีขาวจะกระทำโดยใช้กรดซิลิลิก (SiO) หรืออะลูมิเนียมซิลิเกตเข้าทำปฏิกิริยาแล้วใส่สีขาวผสมเข้าไป

การวัลคาไนเซชั่น (Vulcanization) คือ การทำให้ยางแข็งด้วยการใช้กำมะถันให้ยางดิบยึดติดกันแน่นโดยกระทำที่อุณหภูมิ 142°C ด้วยความดัน 5 บรรยากาศ ให้เป็นรูปชิ้นส่วน ซึ่งสามารถใช้โลหะผสมเพื่อให้ยึดเหนี่ยวกับแข็งแรงขึ้น เช่น ยางรถยนต์ สายยางน้ำ

ยางธรรมชาติเมื่อถูกน้ำมันแร่ เช่น เบนซิน เบนโซล น้ำมัน จะเกิดการบวมและทำให้คุณสมบัติทางกลสูญหายในที่สุด ยางธรรมชาติทำปฏิกิริยาออกซิเจนในอากาศทำให้ยางแข็งชิ้นส่วนยางที่สำคัญควรเก็บรักษาด้วยการทาแป้งพอกผิวกันเอาไว้ ความร้อน แสงแดด หรือความเย็นจัดเป็นตัวเร่งให้ยางแข็ง เปราะหรืออ่อนเหลว ทำให้ความยืดหยุ่นหายไปในที่สุด

1) **ยางอ่อน** ได้จากการผสมกำมะถัน 3 ถึง 20% ยางอ่อนนี้จะยิ่งยืดตัวและมีความยืดหยุ่นตัวได้มาก หากมีกำมะถันผสมอยู่น้อย ในยางรถยนต์จะมีการใส่ไข่ (Wax) เข้าไปผสมเพื่อให้เกิดชั้นผิวบาง ๆ กันรังสีจากแสงอาทิตย์ได้ดีพอสมควร

ประโยชน์ใช้งาน คือ ใช้ทำยางรถยนต์ สายยางน้ำ ปะเก็น สายพาน ส่วนที่รับแรงกระแทก ลูกรีดกดในงานพิมพ์ เมมเบรน ฉนวนเคเบิล สายพานลำเลียง พื้นรองเท้า เป็นต้น

2) **ยางแข็ง** เกิดจากการวัดเคไนเซชั่น โดยมีกำมะถัน 30% ถึง 50% ยางแข็งนี้ใช้ปาดผิวได้ง่าย แต่เครื่องมือปาดผิวจะสึกหรือเร็วจึงต้องใช้เครื่องมือปาดผิวที่ทำด้วยเหล็กความเร็วสูงหรือทำโดยโลหะแข็ง

ประโยชน์ใช้งาน คือ ใช้ทำเรือนแบตเตอรี่ ล้อรถลาก สารประสานสำหรับแผ่นขัดชิ้นงาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) **ยางฟองน้ำ** ผลิตจากการน้ำน้ำยางดิน (สีน้ำมัน) ผสมกับกำมะถันและสารผสมอื่น กวนตีให้เป็นฟองในเครื่องกวน นำไปเทในแบบแล้วทำการวัคเคไนเซชั่น

ประโยชน์ใช้งาน คือ ใช้ทำฐานรองเครื่องพิมพ์ดีด แผ่นรองเช็ดเท้าในห้องน้ำ ใช้บุเก้าอี้รองนั่ง รองเท้าฟองน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดและการใช้งานพลาสติก

ชื่อ	ชนิด	คุณสมบัติที่สำคัญ	การใช้
โพลีเอทีลีน	P	โปร่งใส ทนการใช้ และน้ำมัน	ฟิล์ม แผ่นพลาสติกที่ใช้ในการเกษตร เครื่องครัว ท่อน้ำ อะไหล่เครื่องยนต์
โพลีโพรไพลีน	P	แข็งแรง ทนความร้อน	ฟิล์ม ท่อน้ำ ภาชนะขนาดใหญ่ แผ่นใย
โพลีสไตรีน	P	โปร่งใส ใช้งานได้ดี	ท่อน้ำ แผ่นเส้นใย อุปกรณ์งานบ้าน
เอบีเอสเรซิน	P	ทนแรงกระแทก	เซลล์แบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า
โพลีไวนิลคลอไรด์	P	กันสึก ไม่ทนความร้อน	แผ่นพลาสติกที่ใช้ในการเกษตร ฟิล์มราว ท่อ และถ้วยชาม
อะไครลิกเรซิน	P	โปร่งใส	อะไหล่เครื่องยนต์ อะไหล่เครื่องไฟฟ้า เลนส์ เครื่องตกแต่ง แผ่นใย
โพลียูรีเทน	P	ทนการใช้ กันสึก กันเก่า	ฉนวนกันความร้อน ตัวกลาง ฉนวนกันเสียง ที่นอน
เซลลูลอยด์	P	ทนกรดและด่าง ละลายใน แอลกอฮอล์ไม่ติดไฟ	ของเล่นเด็ก อุปกรณ์งานบ้าน หวี
ฟีนอลเรซิน	S	แข็งแรง ทนต่อการเปลี่ยน แปลงของอากาศ ทนกรด	อะไหล่เครื่องจักรกลการเกษตร หมวกกันภัย อะไหล่เครื่องยนต์ อะไหล่เครื่องไฟฟ้า
ยูเรียเรซิน	S	ติดสีง่าย ไม่ทนน้ำและ ความร้อน	กาวไม้อัด จุกขวด เครื่องเขียน
อีพอกซีเรซิน	S	ติดดี แข็งแรง	กาววัสดุทุกชนิด เอมอาร์พี เรือ สกี

P : เทอร์โมพลาสติก S : เทอร์โมเซตติ้งพลาสติก

2.12.2 ยางเทียม

ประเภทของยางเทียมที่สำคัญ (ตามชื่อการค้า) คือ บูนา (Buna) และเปอร์บูนาน (Perbunan) บูนา เป็นโคโพลีเมอร์ (Copolymer) ของบูตาเดียน (Butadiene) กลั่นจากน้ำมันดิบหรือก๊าซที่ได้จากธรรมชาติกับสไตรีน (Styrene) ส่วนเปอร์บูนานเป็นโคโพลีเมอร์จากบูตาเดียนและ อะครีโล ไนไตรล์ (Acrylonitrile) มีลักษณะโครงสร้างโมเลกุล เหมือนกับยางธรรมชาติ ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติคล้ายยางธรรมชาติ จึงถูกนำมาวัคเคไนเซชั่นกับกำมะถัน บูนาและเปอร์บู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานสามารถผสมกับยางรถยนต์ที่ทำด้วยยางธรรมชาติถึงเกือบเท่าตัว เปอร์บูนานนี้ทนต่อน้ำมันและเบนซิน จึงใช้ทำเป็นปะเก็นในคาร์บูเรเตอร์ได้ ยางเทียมนี้มีความยืดหยุ่นสู้ยางธรรมชาติไม่ได้

ประโยชน์ใช้งาน คือ ใช้ทำชิ้นส่วนเหมือนยางธรรมชาติ คือ ทำเป็นชิ้นส่วนที่อ่อนและแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปะเก็นรัศมี เมมเบรน สายยางน้ำ ยางรถยนต์ เป็นต้น

สำหรับยางผสมสีขาวจะกระทำโดยใช้กรดซิลิลิก (SiO) หรืออะลูมิเนียมซิลิเกตเข้าทำปฏิกิริยาแล้วใส่สีขาวผสมเข้าไป

การวัคเคไนเซชั่น (Vulcanization) คือ การทำให้ยางแข็งด้วยการใช้กำมะถันให้ยางดิบยึดติดกันแน่นโดยกระทำที่อุณหภูมิ 142° C ด้วยความดัน 5 บรรยากาศ ให้เป็นรูปชิ้นส่วน ซึ่งสามารถใช้โลหะผสมเพื่อให้ยึดเหนี่ยวกับแข็งแรงขึ้น เช่น ยางรถยนต์ สายยางน้ำ

ยางธรรมชาติเมื่อถูกน้ำมันแร่ เช่น เบนซิน เบนโซล น้ำมัน จะเกิดการบวมและทำให้คุณสมบัติทางกลสูญหายในที่สุด ยางธรรมชาติทำปฏิกิริยาออกซิเจนในอากาศทำให้ยางแข็งชิ้นส่วนยางที่สำคัญควรเก็บรักษาด้วยการทาแป้งพอกผิวกันเอาไว้ ความร้อน แสงแดด หรือความเย็นจัดเป็นตัวเร่งให้ยางแข็ง เปราะหรืออ่อนเหลว ทำให้ความยืดหยุ่นหายไปในที่สุด

2.13 ไฟเบอร์กลาส

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ (2521) กล่าวว่า ไฟเบอร์กลาสหรือพลาสติกเสริมกำลังด้วยใยแก้ว (Glass Fiber Reinforce Plastic) เป็นวัสดุใหม่ที่เกิดจากการปรับปรุงทางด้านการเสริมความแข็งแรงของพลาสติก ให้ใช้งานได้ทัดเทียมกับโลหะมีความแข็งแรงและเหนียวเสริมอยู่ในเนื้อเดียวกัน โดยนำใยแก้ว ซึ่งมีลักษณะอ่อนนุ่ม แต่เหนียวทั้งทนการผุกร่อนได้ดี ทนความร้อนสูง เป็นฉนวนไฟฟ้า และทนสารเคมี มาเป็นตัวเสริมกำลัง ส่วนพลาสติกที่นำมาใช้เป็นเนื้อต้องเป็นชนิดที่มีความแข็งแรงมาก ซึ่งถ้าไม่มีการเสริมกำลังจะเปราะดังนั้น จึงเลือกพลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ทติ้งมาใช้งาน ได้แก่พวกโพลีเอสเตอร์ อีพอกซี่ โพลียูเรเทน เป็นต้น

ไฟเบอร์กลาส สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น เรือ ถังบรรจุของเหลว ท่อไซโลเก็บเมล็ดพืช วัตถุดิบในอุตสาหกรรมและอาหารสัตว์ แผ่นหลังคา แผงกันแดด และแผงประดับในอาคารทันสมัย ทั้งนี้เพราะมีความแข็งแรงสูงราคาต้นทุนต่ำ เมื่อเทียบกับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างที่เป็นหลัก และที่สำคัญ คือ เทคนิคในการทำไม่ยุ่งยากมากลงทุนในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่ำ เหมาะสำหรับจัดทำเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวแล้วจึงว่าขยายเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือขนาดกลางต่อไปวัสดุที่ประกอบกันเป็นไฟเบอร์กลาส ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) **โพลีเอสเตอร์เรซิน** (Polyester Resin) เป็นพลาสติกเหลวใช้ทำเป็นเนื้อผลิตภัณฑ์มีหลายชนิดแล้วแต่การใช้งาน

2) **โมโนสไตรีน** (Monostryrene) เป็นตัว Monomer ใช้ผสมลงในโพลีเอสเตอร์เรซิน และเจลโค๊ต เพื่อให้เหมาะสมเหลวมากขึ้นสะดวกต่อการทำงาน เช่น พ่น หรือทา อัตราส่วนผสมประมาณ 10-20%

3) **ตัวทำปฏิกิริยา** (Catalyst **หรือ** Hardness) สำหรับทำให้เกิดปฏิกิริยากับพลาสติกแข็งเหลวให้แข็งตัว ที่นิยมใช้ คือ Methyl Ethyl Ketone Peroxide Cydonox หรือ Cydonexanone เป็นตัวทำปฏิกิริยาเป็นของเหลวใสสีม่วงปริมาณที่ใช้ 4-6%

4) **ใยแก้ว** (Glass Fiber) เป็นตัวเพิ่มความแข็งแรงให้กับโพลีเอสเตอร์เรซินในทางรับแรงหลายชนิด เช่น เส้นยาว (Roving) เส้นสั้น

5) **เจลโค๊ต** (Gel Coat) เป็นโพลีเอสเตอร์เรซินที่ผสมพิเศษมีความข้นและเหนียวกว่าเรซินธรรมดา สำหรับเคลือบเป็นผิวหน้าชิ้นงานให้เกิดความเรียบ

6) **แม่สี** (Pigment) เป็นสีที่ผสมลงในเจลโค๊ตหรือเรซิ่นให้ชิ้นงานสวยงาม

2.14 วัสดุโครงสร้าง

2.14.1 **เหล็ก** (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

เหล็กประเภท Ferrous Metal ซึ่งนำเอามาใช้งานต่าง ๆ มากโดยปกติเหล็กบริสุทธิ์จะมีความเหนียวและอ่อนตัวสูง เหล็กก็สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ดี จึงเป็นสนิมได้ง่าย ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเหล็ก จึงต้องเคลือบผิวเพื่อป้องกันการผุ

ประเภทของเหล็ก

2.14.1.1 **เหล็กหล่อ** คือ เหล็กดิบเคลือบโดยตรง มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เหล็กหล่อสีขาวเทา มีความแข็งแรงสูงมาก แต่เปราะง่าย เหล็กหล่อเหนียวและเหล็กพิเศษมีความเหนียว สามารถรับแรงได้สูง เหล็กหล่อถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักเบา แต่ข้อดีก็คือราคาถูก รับแรงได้มากตรงส่วนที่มีความหนามาก

2.14.1.2 **เหล็กกล้า** เป็นเหล็กกล้าที่มีคุณสมบัติตามส่วนผสมโดยทั่วไป เหล็กกล้ามีความแข็งแรงทนทานและทนต่อการกัดกร่อนของสนิมซึ่งในการออกแบบไม่ควรออกแบบชิ้นที่ทำด้วยสแตนเลส โดยการขึ้นรูปจะทำได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กกล้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1) **เหล็กกล้าธรรมดา** (Plain Carbon Steels) เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนอย่างเดียวเป็นส่วนผสมที่สำคัญ แต่โดยทั่วไปแล้วมีแมงกานีส ซิลิคอน ซัลเฟอร์ และฟอสฟอรัสผสมอยู่เล็กน้อย เหล็กกล้าสามารถแบ่งอย่างกว้าง ๆ คือ

เหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steels) หมายถึง เหล็กมีส่วนผสมของคาร์บอนต่ำกว่า 0.2% เหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์ชนิดคาร์บอนต่ำจะถูกนำไปใช้สำหรับทำเส้นลวด เหล็กหน้าต่าง เช่น เหล็กฉาก เหล็กตัวซี เหล็กตัวไอ เป็นต้น และใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักร เช่น สกรู น็อต และสลักเกลียวต่าง ๆ เหล็กกล้าชนิดที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนปานกลางจะถูกนำไปใช้สำหรับทำราวเหล็กทำขวาน ทำเฟือง และชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงสูง เหล็กกล้าชนิดที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูง จะนำไปใช้ทำมีดต่าง ๆ เช่น มีด ครก สว่าน ดอกทำเกลียว และงานต้องทนต่อการเสียดสี

2) **เหล็กกล้าแบบผสม** ซึ่งมีประมาณ 15% ของเหล็กกล้าที่มีผลิตได้ทั้งหมดจะถูกนำไปใช้งานเฉพาะอย่างเพราะมีคุณสมบัติพิเศษ แตกต่างจากเหล็กกล้าแบบอื่น ๆ เหล็กกล้าผสมสามารถแบ่งย่อยไปได้อีก 2 ประเภท ดังนี้

Low alloys ส่วนผสมต่าง ๆ รวมกันน้อยกว่า 8.0%

High alloys ส่วนผสมต่าง ๆ รวมกันมากกว่า 8.0%

โดยเหล็กกล้าจะนำไปใช้ทำเส้นลวด เหล็กเส้น เหล็กแผ่น ท่อเหล็ก หรือเหล็กรูปต่าง ๆ ทำได้โดยการนำเอาแท่งเหล็กกล้าไปเผาให้ร้อนแล้วนำไปรีด นำไปอัด หรือนำไปดึงให้ได้รูปต่าง ๆ ตามที่ต้องการ

2.14.2 **โลหะแผ่น** (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.14.2.1 **โลหะเปลือย** (Uncoated metal) โดยมากจะเป็นพวกที่ไม่ใช้เหล็ก (Ferrous metal) เช่นแผ่นทองแดง แผ่น อะลูมิเนียม แต่ก็มีประเภทเหล็ก เช่น สแตนเลส เป็นต้น แต่ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะสแตนเลสและอะลูมิเนียมเท่านั้น

2.14.2.2 **โลหะแผ่นเคลือบผิว** (Coate metal) โลหะที่ทำด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่ (Ferrous metal) ซึ่งจะเป็นเหล็กแผ่นแล้วนำไปเคลือบผิวด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ แล้วแต่การใช้งาน เช่น การเคลือบดีบุก เคลือบสังกะสี เป็นต้น การเคลือบผิวทำให้เนื้อเหล็กไม่ถูกกัดกร่อนจากสภาพแวดล้อมซึ่งจะทำให้มีอายุการใช้งานได้นานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขึ้นรูปโดยใช้เหล็กแผ่นสามารถทำได้โดยการขึ้นรูปแล้วทำการเชื่อมต่อชิ้นส่วนหรืออาจจะทำการปั้นขึ้นรูปในชิ้นงานที่ต้องผลิตเป็นจำนวนมากจะเห็นได้ว่าเหล็กแผ่นมีการใช้งานที่ง่ายมาก เหมาะสมกับอุตสาหกรรมไทย

ขนาดของเหล็กแผ่น มีขนาดมาตรฐานของโลหะแผ่นทั่วไป เป็นขนาดมาตรฐานอเมริกา ดังนี้คือ

โลหะแผ่นทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

30 x 96 นิ้ว	30 x 96 นิ้ว
30 x 120 นิ้ว	30 x 120 นิ้ว

ขนาดที่นิยมนำมาใช้งานมากคือ 30 x 96 นิ้ว ท้องตลาดเมืองไทยจะใช้กันมากเพียง 2 ขนาด คือ 36 x 96 นิ้ว ซึ่งเรียกกันจนเคยชินว่า โลหะแผ่นขนาด 3 x 8 ฟุต และ 4 x 8 ฟุต

ในกรณีที่ต้องการขนาดพิเศษสามารถจะสั่งทำจากโรงงานที่ผลิตได้แต่ต้องมีปริมาณมากพอ ขนาดความหนามาตรฐานของโลหะแผ่นกำหนดเป็นเลข (Number) ทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการวัด อ่านค่าความหมายของโลหะแผ่นได้อย่างละเอียดถูกต้อง โดยใช้ gage ซึ่งจะบอกตัวเลขความหนาเป็น ทศนิยม หรือเศษส่วนของนิ้ว

gage ที่ใช้เป็นมาตรฐานสำหรับวัดความหนาของโลหะแผ่น มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1) United states standard gage or manufadurer os gage ใช้สำหรับวัดความหนาของโลหะแผ่นที่เป็นเหล็ก (ferruosmetal) เช่นเหล็กดัด เหล็กอาบสังกะสี เป็นต้น

2) American standardized wire gage and brown and aharp gage ใช้สำหรับวัดความหนาของโลหะแผ่นที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-ferrous metal) เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง ดีบุก สแตนเลส ฯลฯ เป็นต้น

ความหนาของโลหะแผ่นที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 0.0070 นิ้ว (36 gago) ถึง 0.1876 นิ้ว (7 gago) ถ้า number ที่แสดงความหนาของโลหะเพิ่มขึ้น ความหนาของแผ่นโลหะก็จะลดน้อยลง เช่น โลหะเบอร์ 16 ก็จะมีความหนามากกว่าโลหะแผ่นเบอร์ 22 เป็นต้น

2.14.3 **สแตนเลส** (Stainless Steel)

เหล็กสแตนเลส เป็นโลหะประเภท Ferrous Metal ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วยเหล็ก โครเมียม และธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เหล็กสแตนเลส มีหลายชนิด สามารถที่จะเลือกใช้ได้ให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยปกติของเหล็กสแตนเลสจะมีคล้ายเงินและมีลักษณะเป็นมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กสแตนเลสนิยมใช้กับงาน ที่ต้องการความสวยงาม โดยไม่ต้องมีการทาสีหรือเคลือบผิว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนด้วยวัสดุอื่นใดทั้งสิ้น

คุณสมบัติทางกายภาพของเหล็กสแตนเลสเหมือนโลหะผสมชนิดอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของธาตุต่าง ๆ ที่ผสมลงไปขณะที่ยังหลอมละลายอยู่ ธาตุต่าง ๆ ที่ผสมเป็นเหล็กสแตนเลสได้แก่

นิกเกิล	จะเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียว ป้องกันการกัดกร่อนได้ดี และเพิ่มความยืดตัวในขณะกัดกร่อนได้ดี และเพิ่มความยืดตัวในขณะดัดโค้งไม่ให้กัดกร่อนหรือแตกร้าวได้ง่าย
แมงกานีส	ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียวทนต่อแรงดึงได้สูง
โครเมียม	ช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับเหล็กสแตนเลส ให้สามารถทนต่อแรงดึงได้สูง
วานาเดียม	จะเพิ่มความเหนียวให้กับเหล็กสแตนเลส
โมลิบดินั่ม และ โคลัมเบียน	จะต้านทานการกัดกร่อน
ทิตาเนียม และ แมกนีเซียม	จะทำให้เหล็กสแตนเลสมีน้ำหนักเบา

เหล็กสแตนเลสแบ่งประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท ตามชนิดของโครงสร้างซึ่งได้แก่

1) Austenitic Stainless Steel จะประกอบไปด้วยส่วนผสมของธาตุโครเมียม 18% นิกเกิล 8% และธาตุอื่น ๆ ผสมอีกประมาณ 2-4%

จัดอยู่ในหมู่ 300 และมีชื่อเรียกว่า Chrome-Nickel ซึ่งมีความแข็งสูงมาก จะมีความเหนียวต่ำ และไม่มีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กอยู่เลย

2) Martensitic Stainless Steel จะประกอบไปด้วยส่วนผสมของธาตุโครเมี่ยมอยู่ระหว่าง 17-27% และมีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนอีกไม่เกิน

เหล็กสแตนเลสประเภทนี้จะมีคุณสมบัติอ่อนและเหนียวมาก

3) Martensitic Stainless Steel จะจัดอยู่ในหมู่ 400 และมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กสูงมาก

เหล็กสแตนเลสเป็นโลหะที่มีราคาแพง แต่อายุการใช้งานเวลายาวนานมากทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และเสียค่าบำรุงรักษาถูกอีกด้วย เมื่อเทียบกับโลหะอื่น ๆ ดังนั้นในการทำงานควรเลือกเหล็กสแตนเลสให้เหมาะสมกับการทำงานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กสแตนเลสสามารถทำการเชื่อมได้ และมีคุณสมบัติไม่เหมือนกับวัสดุอื่น ๆ เหล็กสแตนเลสสามารถทำการผสมได้ให้เกิดความกลมกลืนในรูปร่างให้เข้ากันได้ เมื่อทำการขัดหรือตบแต่งให้ดี การใช้วิธีเชื่อม แบบเชื่อมแก๊สจะทำให้เกิดตำหนิขึ้นเพียงเล็กน้อย และถ้าหากทำการตกแต่งจะช่วยลบ ร่องรอยสิ่งตำหนิให้ลดลงหรือหมดไปได้

เมื่อใช้ตัวยึด (Fasteners) ควรใช้ตัวยึดที่ทำด้วยเหล็กสแตนเลสการใช้ตัวยึดที่ทำด้วยวัสดุอื่นจะทำให้เกิดการผุกร่อน ทำให้เกิดผลเสียหายแก่ของที่นำการผลิตติดตั้งนั้นได้ยึดที่ทำการเจาะทะลุแผ่นวัสดุในการยึดกัน จะต้องระวังในการวางตำแหน่งให้ดีเพื่อไม่ให้มีการบิดเบี้ยวเกิดขึ้นในชิ้นงาน เพื่อทำการขันตัวยึดให้แน่น มิฉะนั้นอาจจะต้องใช้แผ่นวัสดุที่มีขนาดหนามากขึ้น

2.14.4 **อะลูมิเนียม**

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่สำคัญได้รับการใช้งานมากที่สุดในกลุ่มโลหะที่มีน้ำหนักเบา (Light Metals) ทั้งนี้เพราะอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ดีเด่นหลายประการ คือ

1) มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีกำลังวัสดุต่อหน่วยน้ำหนักสูง

2) มีความเหนียวมาก สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่ายและ รุนแรงโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก

3) จุดหลอมเหลวต่ำ หล่อหลอมง่าย

4) ค่าการนำไฟฟ้าคิดเป็น 64.94% IACS ซึ่งไม่สูงนัก แต่เนื่องจากมีน้ำหนักเบาดังนั้นจึงใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในกรณีที่คำนึงถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นส่วนสำคัญ

5) เป็นโลหะไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ (nontoxic) และมีค่าการนำความร้อนสูงไว้ต่อมาภาชนะหุงต้มอาหารและห่อรองรับอาหาร

6) ผิวหน้าของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ดัชนีมีการสะท้อนกลับของแสงสูงมาก

7) มีความทนต่อการเกิดสนิมและการผุกร่อนในบรรยากาศที่ใช้งานโดยทั่วไปได้ดีมาก แต่ไม่ทนงานกัดกร่อนของกรดแก่และด่างทั่วไป

8. หาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด และราคาไม่แพงนัก

คุณสมบัติของอะลูมิเนียม

ลักษณะทางกายภาพของอะลูมิเนียม คือมีสีเงิน มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบามีความเหนียวจุดหลอมเหลวต่ำหล่อหลอมได้ง่าย อะลูมิเนียมบริสุทธิ์ เมื่อทิ้งไว้ในอากาศจะเกิดออกไซด์ของอะลูมิเนียมขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะลูมิเนียมออกไซด์เคลือบติดอยู่เป็นผิวบาง ๆ ทำให้อะลูมิเนียมนั้นทนต่อบรรยากาศ ไม่ถูกกัดกร่อน เหมาะสมอย่างงานขึ้นรูป และงานปาดผิวโลหะ เช่น อัด รีด ดึง ดัด เจาะ กลึง ไส กัด

- อะลูมิเนียม ถ้าใช้ชนิดบริสุทธิ์เกิดการอ่อนตัวมาก ควรใช้ชนิดผสมกับธาตุอื่น ๆ เพราะมีกำลังดีมากน้ำหนัก 1/3 ของเหล็ก กำลังของอะลูมิเนียมที่ผลิตใช้ทั่วไปมีแรงประลัยถึง 2,900 กก. ต่อซั่วโมง แรงปลอดภัยใช้ 1,050/กก.ซม. คุณสมบัติทางความยืดหยุ่นประมาณ 1/3 ของเหล็ก ถ้ามีขนาดเท่ากับอะลูมิเนียมจะแอ่นตัวมากกว่าเหล็กถึง 3 เท่า ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้หนาลึกมากขึ้น

- อะลูมิเนียมมีการยืดตัวเพียงเล็กน้อย มีการแปรรูปพลาสติกน้อย ทนสนิมได้ดี การยืดตัวมากเป็น 2 เท่าของเหล็กต้องเตรียมป้องกันการยืดตัวเนื่องจากอุณหภูมิสร้างกว้างมากๆ มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักตายตัวน้ำหนักบรรทุกมากก็ใช้ได้ โครงพวกที่มีความมั่นคงตัวดีอยู่แล้ว พวกต้องรับแรงบิด (Tursiou) มากพวกโครงท่อนสั้น ๆ บรรทุกน้ำหนักน้อยพวกโครงสร้างเป็นตารางรับน้ำหนัก (Grid Structure)

2.15 ข้อมูลกรรมวิธีการประกอบชิ้นงาน

กรรมวิธีการผลิตชิ้นงาน การต่อหรือการประสานวัสดุชิ้นงานเข้าด้วยกันผลิตภัณฑ์ ที่ต้องการประกอบเข้าด้วยกันตั้งแต่สองชิ้นหรือมากกว่าโดยปกติการยึดติดกันนั้นสามารถใช้กรรมวิธีการการต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.15.1 **การเชื่อม** (Welding)

วิทยา ทองขาว (2533) ได้อธิบายไว้ว่า การต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยการให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานจนหลอมละลายติดกันหรือเติมลวดเชื่อม นอกจากนี้อาจจะใช้แรงอัดเข้าแบบของการเชื่อม ถ้าเรียกตามลักษณะที่เชื่อม จะมีแบบราบแนวระดับ (Horizontal) และแนวตั้งเป็นอันดับที่สองและสามตามลำดับ แต่ถ้าเรียกตามชนิดของเชื่อม ที่สำคัญจะมีเพียง 2 ชนิด คือ

2.15.1.1 **การเชื่อมแบบต่อชน** (Butt weld) เป็นการเชื่อมแบบปลายต่อปลาย ชนกัน ซึ่งการเชื่อมติดนี้จะใช้สำหรับแรงดึงหรือแรงอัด โดยตรง

2.15.1.2 **การเชื่อมแบบต่อทาบ** (Fillet weld) เป็นการเชื่อมแผ่นเหล็กที่ตั้งฉากกัน หรือซ้อนกัน การเชื่อมชนิดนี้เหล็กที่เชื่อมจะรับแรงดึงและแรงเฉือนได้ดีด้วย

2.15.2 **การบัดกรีอ่อน** (Soldering)

เป็นการเชื่อมแบบปลายต่อปลายชนกัน ซึ่งการเชื่อมชนิดนี้จะใช้สำหรับรับแรงหรือแรงอัดโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.3 **การบัดกรีแข็ง** (Brazing)

เป็นกรรมวิธีต่อชิ้นงานให้ติดกันโดยให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานสูงกว่า 800°C แต่ไม่ถึงกับวัสดุชิ้นงานนั้นหลอมละลายแล้วเติมลวดเชื่อมลงไป วัสดุที่เติมลงไปนั้นจะเข้าไปในช่องวงรอยต่อเพื่อยึดชิ้นงานให้ติดกัน บางครั้งเราเรียกว่าวิธีการ เป่าเล่น

2.15.4 **การใช้แรงอัดผงติดกัน** (Sintering)

เป็นกรรมวิธีการยึดติดต่อกันโดยทำให้วัสดุเป็นผลก่อนแล้ว นำมายึดติดกัน อาจใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ก็ได้ หากใช้ความร้อนอุณหภูมิจะต้องต่ำกว่าจุดหลอมของวัสดุชิ้นนั้น ๆ

2.15.5 **การอัดยึด** (Pressing)

เป็นกรรมวิธีการอัดชิ้นงานให้ยึดติดกัน เช่น งานอัดสามเพลาแกน เป็นต้น การอัดนี้สามารถอัดให้ติดกันอย่างถาวรหรืออัดแล้วถอดออกจากกันได้

2.15.6 **การใช้หมุดย้ำ** (Riveting)

เป็นกรรมวิธีการทำให้ชิ้นงานยึดติดกันโดยวิธีการย้ำหมุด

2.15.7 **การใช้สลักเกลียวยึด** (Screw Fastening)

เป็นกรรมวิธีการยึดวัสดุชิ้นงานให้ติดกัน โดยใช้สลักเกลียว

2.16 อุปกรณ์สำหรับการยึดติด (ชวิน เป้าอารีย์ : 2521)

2.16.1 **สลัก** (Stud)

สำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันจะมีสลักอยู่หลายชนิดตามมาตรฐาน สลักที่มีใช้งานกันบ่อยจะได้แก่สลักทรงกระบอก สลักเรียว สลักร่องบาก สลักเบ่ง

2.16.1.1 **สลักทรงกระบอก** สามารถนำมาใช้เป็นสลักสวมอัด สลักยึด สลักรับแรงเฉือนได้ สลักนี้จะมีแบบปลายมนโค้ง สลักทรงกระบอกเหมาะสำหรับชิ้นงานยึดส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้ได้ศูนย์เที่ยงตรงและมั่นคง จะนิยมใช้กับงานที่มีการถอดรื้อไม่บ่อยนัก ชิ้นส่วนที่จะยึดเข้าด้วยกันจะนำมาเจาะรูร่วมกันและรีมเมอร์ร่วมกัน

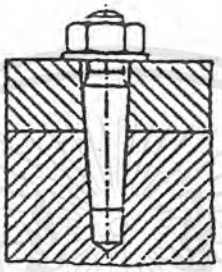
2.16.1.2 **สลักเรียว** จะใช้ในการยึดชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ใช้รับภาระกระแทกได้ตามมาตรฐาน สลักนี้มีราคาค่อนข้างแพง สลักเรียวนี้สามารถถอดประกอบบ่อย ๆ ได้ โดยสลักเรียวจะสามารถประกอบตำแหน่งเดิมได้อย่างแม่นยำเหมือนเดิมเสมอ ยึดแน่นไม่มีการหลุดหลวมแต่อย่างใด

2.16.1.3 **สลักเบ่ง** ทำจากเหล็กกล้าสปริงได้จากการรีดตามแนวยาวจะมีปลายเปิดแล้วทำการอบชุบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 5 มม. ขึ้นไป สลักเบ่งยังทำหน้าที่เป็นสลักยึด ถ้ามีการยึดชิ้นงานด้วยสกรูจะสามารถใช้รับแรงตามแนวขวาง

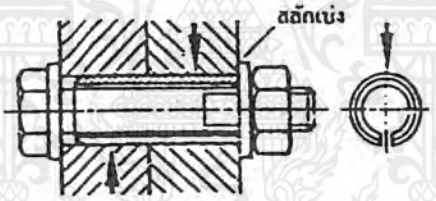
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แทนที่จะต้องใช้สกรูแบบสวมอัดที่มีราคาแพง สลักแบ่งมีคุณสมบัติเป็นสปริง เมื่อทำการถอดสลักออกมาแล้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก็จะเบ่งโตเท่าเดิม ด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำสลักเบ่งมาใช้งานได้หลายครั้ง

2.16.1.4 **สลักร่องบาก** จะมีร่องบากตามแนว 3 ร่อง มีความสามารถในการยึดชิ้นงานจากแรงสั่นสะเทือนมาก ๆ ได้



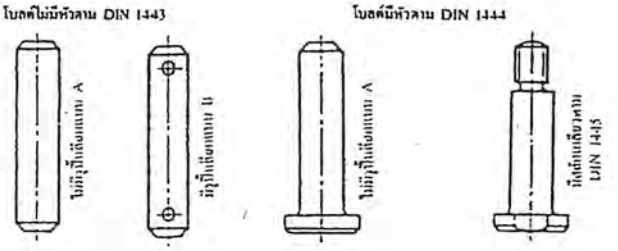
ภาพที่ 2.43 การใช้สลักเรียวสำหรับรูตัน



ภาพที่ 2.44 สลักเบ่ง

2.16.2 **โบลต์** (Bolt)

โบลต์ คือ แกนแอกเซิล (Axle) สั้น แต่ไม่ใช่สลัก มีทั้งชนิดที่มีหัวและไม่มีหัวและสามารถใส่แหวนรอง ปั๊มล็อค หรือใส่แหวนล็อคลำตัวโบลต์ก็ได้



ภาพที่ 2.45 แสดงโบลต์ชนิดต่าง ๆ ตามมาตรฐานเยอรมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

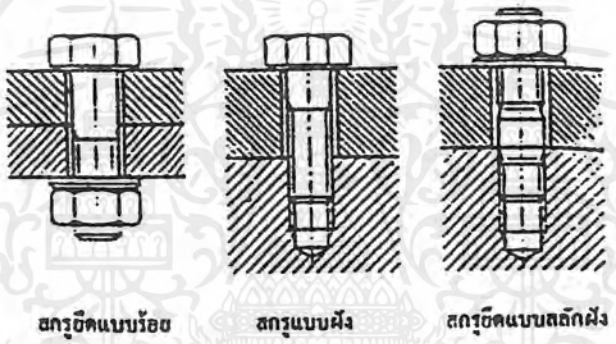
2.16.3 **สกรู** (Screw)

ในการยึดชิ้นส่วนในเครื่องจักรส่วนใหญ่จะนิยมใช้สกรูที่สามารถใช้ง่าย สกรูที่ใช้จะแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ สกรูแบบร้อย สกรูยึดแบบฝังในชิ้นงาน สกรูยึดแบบสลักฝัง (Stud)

2.16.3.1 **สกรูยึดแบบร้อย** จะมีการยึดชิ้นงานให้แนบแน่นเข้าด้วยกัน จากการขันหัวสกรูและนัต

2.16.3.2 **สกรูยึดแบบฝังในชิ้นงาน** จะมีการขันสกรูเข้าไปฝังในชิ้นงานชิ้นหนึ่งให้เกิดการยึดชิ้นงานอื่น ๆ ได้

2.16.3.3 **สกรูยึดแบบสลักฝัง** จะมีนัตอยู่กับที่ปลายสลักเกลียว



ภาพที่ 2.46 แสดงการยึดด้วยสกรู

2.16.4 **รองเพลาลูกกลิ้ง** (Rolling Bearing)

2.16.4.1 **โครงสร้างของรองเพลาลูกกลิ้ง**

รองเพลาลูกกลิ้งจะประกอบไปด้วยแหวนนอก, แหวนใน, ลูกกลิ้ง และโครงยึดลูกกลิ้งแหวนนอกจะเป็นส่วนที่แนบกับเรือนรองเพลาและขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นรางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้ง ส่วนแหวนในจะสวมอัดแน่นติดกับแกนเพลาและทำหน้าที่เป็นรางกลิ้งภายในสำหรับลูกกลิ้งจะมีรูปร่าง ทรงกลม, ทรงกระบอก, ทรงผิวโค้ง หรือทรงเรียวปลายตัด โดยจะมีโครงยึดลูกกลิ้งให้มีระยะเท่ากัน

โดยปกติรองเพลาลูกกลิ้งขนาดเล็กจะมีโครงสร้างยึดลูกกลิ้ง ส่วนมากจะทำมาจากแผ่นเหล็กกล้าและมีส่วนน้อยที่ทำจากทองเหลืองหรือพลาสติก สำหรับรองเพลาลูกกลิ้งขนาดใด ๆ จะมีโครงยึดลูกกลิ้งที่แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของรองเพลาลูกกลิ้ง

- เกิดความร้อนน้อย (ความเสียดทานต่ำ)
- ไม่ต้องใช้เวลาในขณะเริ่มหมุน
- รับภาระได้สูงที่ความเร็วรอบต่ำ
- มีการขยายตัวของระยะฟรีของรองเพลาพลังจากหมุนไปนาน ๆ ต่ำ
- มีความต้องการสารหล่อลื่นต่ำและการบำรุงรักษาน้อย
- ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานสากลจึงสามารถสับเปลี่ยนได้

ข้อเสียของรองเพลาลูกกลิ้ง

- ไวต่อการกระแทกหรือการทุบ
- มีพิกัดความเผื่อสำหรับตัวเรือนรองเพลาและเพลาน้อย ด้วยเหตุนี้จึงมีต้นทุนการผลิตสูง
- ไวต่อสิ่งสกปรก
- มีเสียงดังมาก
- มีอายุการใช้งานและจำกัดความเร็วรอบ
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้ประกอบโตกว่า

2.16.4.2 **ประเภทรองเพลาลูกกลิ้ง**

เมื่อจำแนกตามรูปร่างพื้นฐานของตัวลูกกลิ้งจะแบ่งออกเป็นรองเพลาลูกกลิ้งทรงกลมและรองเพลาลูกกลิ้ง

1) **รองเพลาลูกกลิ้งกลม** (Grooved Ball Bearing) มีแบบแถวเดียวและสองแถว เหมาะสำหรับรับภาระปานกลางตามแนวรัศมีและภาระต่ำตามแนวแกนและสำหรับความเร็วรอบสูง

2) **รองเพลาลูกกลิ้งกลมมีบ่ากับฐาน** (Shoulder Ball Bearing) และ **รองเพลาลูกกลิ้งกลมแบบเอียง** (Angular Contact Ball Bearing) สามารถใช้รับแรงตามแนวรัศมีและตามแนวแกนในหนึ่งทิศทางได้ รองเพลาแบบนี้ส่วนใหญ่จะนิยมนำมาประกอบเป็นคู่ให้เกิดการต้านกันเอาไว้

3) **รองเพลาลูกกลิ้งรับแรงตามแนวแกน** (Axial Ball Bearing) จะนำมาใช้งานให้รับแรงตามแนวแกนเพียงอย่างเดียว ส่วนมากจะนิยมนำมาประกอบร่วมกับรองเพลาที่รับแรงตามแนวรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) **รองเพลาลูกกลิ้งทรงกระบอก** (Cylindrical Ball Bearing) จะนำมาใช้ภาระสูงตามแนวรัศมีและใช้กับเพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใด ๆ

5) **รองเพลาลูกกลิ้งเรียว** (Tapered Roller Bearing) รองเพลาแบบนี้สามารถแยกชิ้นได้ สามารถรับแรงตามแนวรัศมีและแนวแกนได้ รองเพลาแบบนี้นิยมนำมาประกอบเป็นคู่ให้ย้อนทิศทางกัน

6) **รองเพลาลูกกลิ้งกลมแบบแกว่งปรับศูนย์** (Self-Aligning Ball Bearing) และ **รองเพลาลูกกลิ้งป้อม** (Barrel Type Roller Bearing) จะนำมาใช้งานสำหรับแรงตามแนวรัศมีและแนวแกน รวมทั้งสามารถใช้กับเพลาที่เบี่ยงเบนไปจากศูนย์และเพลาที่รับการดัดงอได้

7) **รองเพลาลูกกลิ้งเข็ม** (Needle Roller Bearing) ใช้สำหรับบริเวณที่มีพื้นที่การประกอบน้อย แต่ก็ยังมากกว่ารองเพลาธรรมดา

ภาพที่ 2.47 รองเพลาลูกกลิ้ง

2.17 กรรมวิธีการตกแต่งผิว

สาคร คันธโชติ (2529) ได้กล่าวถึงการตกแต่งผิวถือว่าเป็นขบวนการผลิตที่มีความสำคัญอยู่ไม่น้อยในขั้นตอนกระบวนการผลิต การตกแต่งผิวนั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน โดยมีกรรมวิธีการตกแต่งผิว ดังต่อไปนี้

2.17.1 กรรมวิธีการตกแต่งผิวเหล็กด้วยการพ่นสี

การทาสีปกติผิวโลหะ จัดว่าเป็นวิธีป้องกันการกัดกร่อนที่ดีวิธีหนึ่ง สีที่ทาควรทา 3 ชั้น ชั้นแรกเป็นสีพื้น ชั้นที่สองทาให้หนา ชั้นที่สามเป็นสีผิวสำเร็จ สีพื้นควรจะต้องเป็นกลาง ไม่เป็นกรดหรือด่างเกาะติดแน่นกับผิวโลหะดีมาก สีที่ทาครบสามชั้นจะป้องกันน้ำซึมเข้าถึงผิวโลหะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอย่างดี แข็ง ทนต่อแสงแดดและความร้อน ข้อที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ จะต้องขยายตัวพร้อมกับผิวโลหะที่ถูกทาทับนั้นได้ มิฉะนั้นสีจะกะเทาะออกป้องกันการกัดกร่อนอีกต่อไปไม่ได้

2.17.2 **วิธีเตรียมผิวโลหะ**

ผิวโลหะก่อนที่จะลงสีจะต้องทำให้สะอาดปราศจากสนิม และร่องรอยการกัดกร่อนทำชนิด ก่อนที่จะลงสีบนผิวที่ขัดสะอาดนี้ควรล้างไขออกด้วยสารละลายเสียก่อน ด้วยน้ำมันละลายหรือ ไตรคลอไรด์เอทีลีน ซึ่งปลอดภัยกว่า เพราะจุดไฟไม่ติด หรือสารละลายอื่นๆ เสร็จแล้วอบแห้งและแตะผิวที่มืออีกไม่ได้ ผิวขณะนั้นพร้อมที่จะลงสี

2.17.3 **วิธีลงสีน้ำมัน**

สีน้ำมันสีแรกที่ต้องลงก่อนคือ สีพื้น สีพื้นติดผิวโลหะได้แน่นเหนียวป้องกันผิวเหล็กไม่ให้เกิดสนิมได้ดี องประกอบของสีพื้นได้แก่ ตะกั่ว สังกะสีโครเมต เหล็กออกไซด์ และน้ำมันซักแห้ง เช่น น้ำมันลินสีด เมื่อสีพื้นแห้งแล้วจึงทาสีสองลงไปทับเป็นสำเร็จ สีน้ำมันนี้เป็นสีน้ำมันลินสีดด้วยเช่นกัน

2.17.4 **วิธีลงสีแลคเคอร์**

ผิวโลหะที่จะลงสีแลคเคอร์จะต้องขัดให้ราบเรียบที่สุด การขัดครั้งสุดท้ายต้องขัดด้วยกระดาษทรายน้ำ เพราะหากผิวไม่ราบเรียบจริง เมื่อลงสีแลคเคอร์เสร็จเรียบร้อยจะแลเห็นความไม่ราบเรียบได้อย่างชัดเจน และไม่น่าดู ไม่ได้คุณภาพงาน การลงสีทำได้หลายวิธี เช่น พ่น ทา จุ่ม หรืออาบ วิธีพ่นกระทำได้รวดเร็ว ความหนาของสีสม่ำเสมอ พ่นได้โดยใช้ลมอัดหรือเป่า พ่นได้ทั้งเย็นและร้อน วิธีพ่นเย็นก็คือ พ่นสี ณ อุณหภูมิห้อง แลคเคอร์ที่ต้องการพ่นผสมทินเนอร์จนได้ความใสที่เหมาะกับงานพ่น ทินเนอร์เป็นวัสดุราคาแพงและไวไฟมาก วิธีใช้ต้องประหยัดและป้องกันไฟอย่างดีที่สุด วิธีพ่นร้อนคือ ต้องให้ความร้อนแก่แลคเคอร์ก่อนที่จะพ่น โดยใช้ความร้อนจากความต้านทานไฟฟ้าที่พ่นไว้รอบๆ ท่อ พ่นสีให้ร้อนประมาณ 50-120 องศาเซลเซียส เพื่อให้แลคเคอร์นั้นใส พ่นได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้ทินเนอร์ผสม วิธีพ่นก็เหมือนกับการพ่นเย็น วิธีนี้ประหยัดเวลางาน ประหยัดสี สามารถพ่นได้หนา และแห้งเร็ว สีแลคเคอร์ทั่วๆ ไปจะพ่นร้อนไม่ได้ จะต้องเป็นแลคเคอร์พ่นร้อนโดยเฉพาะ

2.18 จิตวิทยาสี

สาคร คันธโชติ (2528) ได้กล่าวไว้ว่า การที่จะตกแต่งสีสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น นอกจากความงามแล้วสียังเป็นสัญญาลักษณ์บอกถึงเป้าหมายการทำงานหรือเตือนเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานโดยกำหนดความหมายของสีจากความรู้สึกตามมาตรฐานสากล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.1 **ให้ความรู้สึกเรื่องขนาด** สีอ่อนทำให้มองเห็นวัตถุมีขนาดใหญ่กว่าสีเข้มก้อนสีเหลี่ยมลูกบาศก์ที่ทาสีขาวจะดูใหญ่กว่าอีกก้อนที่มีขนาดเดียวกันแต่ทาสีดำในกรณี เดียวกันนี้สีอ่อนจะดูวัตถุอยู่ใกล้และสีที่เข้มจะดูว่าวัตถุอยู่ไกล

2.18.2 **ให้ความรู้สึกเรื่องน้ำหนัก** สีอ่อนจะมองดูเบาสีที่แก่จะมองดูหนัก สีเย็น เช่นสีน้ำเงินอ่อน เหลืองอ่อน ฟ้าอมม่วง เป็นต้น

2.18.3 **ให้ความรู้สึกเรื่องความแข็งแรง** น้ำหนัก และความแข็งแรงส่วนเกี่ยวข้องกันและใช้ในหลักเดียวกันสีอุ่นที่มี STRONG CHROMA เช่น แดง แสด เหลือง เข้มมักจะดูแข็งแรงกว่าสีที่เข้มกว่าหรือเท่ากว่า แต่สีบรอนซ์ และสีน้ำเงินเข้มอมเทา จะให้ความรู้สึกที่เหมือนเหล็ก จึงเป็นสีที่เหมาะกับการที่จะแสดงถึงความแข็งแกร่ง

2.18.4 **ให้ความรู้สึกเรื่องอุณหภูมิ** สีแดง สีแสด สีเหลืองที่เป็น STRONG CHROMA จะให้ความรู้สึกที่ร้อน เช่น เก้าอี้สนามที่เป็นเหล็กทาสีขาวจะเย็นกว่าเก้าอี้สีแดงเมื่อตั้งกลางแดดเหมือนกัน ในกรณีนี้ทำกันมานานแล้ว คือ ตัดผ้า 3 ชิ้น เนื้อเดียวกันขนาดเดียวกัน วางบนหิมะกลางแดดเพียง 2-3 นาที สีดำจะจมลงในหิมะ ส่วนสีอื่นก็ยังคงอยู่เหมือนเดิม

2.18.5 **ให้ความรู้สึกเรื่องความสะอาด** สีขาวเป็นสีที่เหมาะที่สุด แต่สีขาวมีหลายชนิดด้วยกัน สีขาวเมื่อถึงผสมไปในทางที่เป็นสีฟ้าสำหรับวงการอุตสาหกรรมส่วนมากจะแปลงสีขาวไปเป็น WARM SIDE โดยใช้สีเหลืองใส่ จัดว่าเป็นสีที่แสดงความสะอาดและสุขลักษณะได้ เพราะเป็นสีที่ใกล้เคียงกันกับสีของอาหาร เช่น ครีม เนย เป็นต้น

2.18.6 **ให้ความรู้สึกเรื่องความภูมิฐาน** ถ้าต้องการให้รู้สึกถึงความภูมิฐาน สง่างามไม่ควรใช้สี STRONG CHROMA นอกจากจะใช้ประกอบเป็นส่วนน้อย สีเทาเป็นสีที่ใช้แสดงถึงความภูมิฐานได้ดีที่สุด ส่วนสีที่จะเลือกใช้ได้ก็คือ เทาอมน้ำเงิน เทาอมเขียว สีแดงคล้ำ

2.19 ข้อมูลเกี่ยวกับสรีระศาสตร์

วิจิตร ตันทสุทธิ์ (2535) ได้อธิบายหลักการจัดการกับเศรษฐศาสตร์ของการเคลื่อนไหวไว้ว่า ได้พัฒนามาจากประสบการณ์ที่คิดจะมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน และการจัดการสถานที่ ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในโรงงาน และในห้อง หรือสำนักงาน การทำงานดีขึ้น และลดความเหนื่อยล้าของงานที่ทำด้วยมือ โดยหลักดังกล่าว สามารถจัดแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1) การใช้โครงร่างของมนุษย์
2) การจัดตำแหน่งของสถานที่ปฏิบัติงาน
3) การออกแบบเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

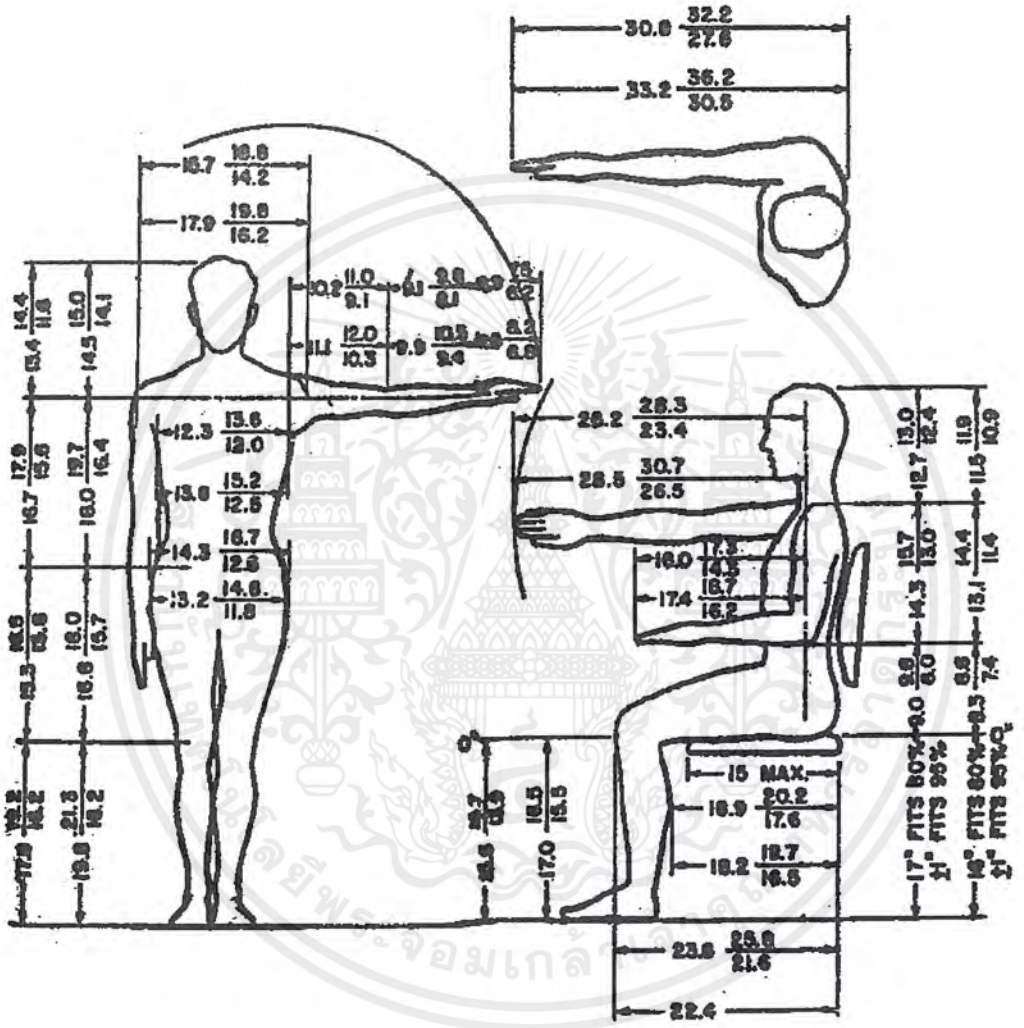
ตารางที่ 2.2 แสดงความสูงในการปฏิบัติงาน

อายุ	ความสูง (เซนติเมตร)		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
25-34	148.30	170.27	160.60

ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนระหว่างมิติของร่างการส่วนต่าง ๆ ต่อความสูงยืน

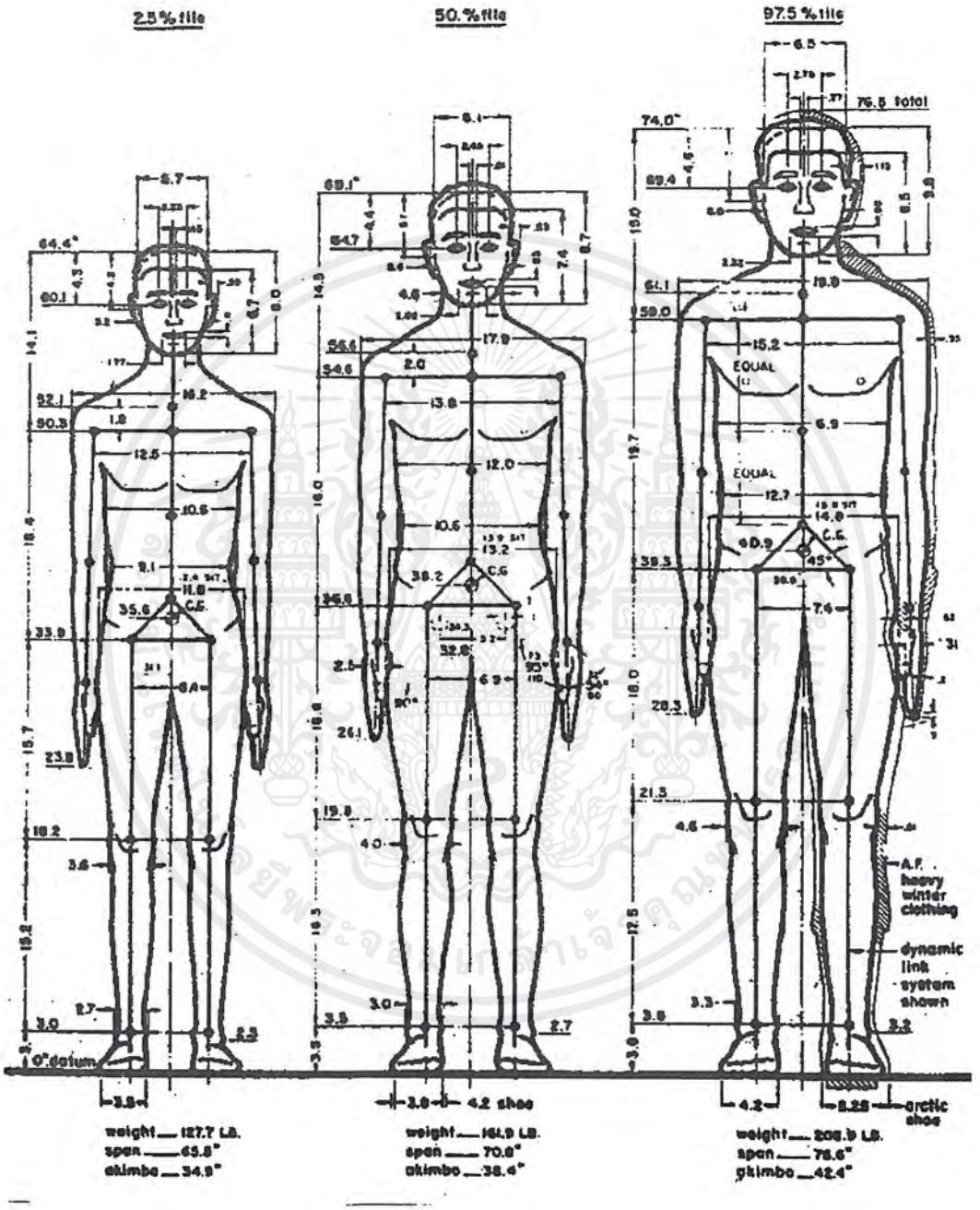
หมายเลข	มิติส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	ความสูงยืน		
		ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูงยืน	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับตา	138.36	149.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับมือ	64.80	70.18	75.71
5	ความสูงเอื้อมมือขึ้นบน	186.11	201.55	217.45
6	ความสูงนั่ง	77.56	83.99	90.62
7	ความสูงระดับตา	68.21	73.87	79.70
8	ความสูงระดับนั่งถึงระดับไหล่	52.49	58.85	61.33
9	ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก	21.20	22.96	24.77
10	ความสูงจากที่นั่งถึงกอนบนของขาอ่อน	12.16	13.16	14.20
11	ความสูงจากพื้นถึงกอนบนของเข่า	44.93	48.66	52.50
12	ระยะจากพื้นถึงขาอ่อนกอนล่าง	32.32	35.01	37.77
13	ระยะจากหน้าท้องถึงเข่า	33.07	35.81	38.63
14	ระยะจากก้นถึงระดับน่องกอนบน	37.66	40.79	44.01
15	ระยะจากก้นถึงเข่า	48.79	52.83	57.00
16	ความยาวของขาเหยียดตรง	92.83	100.53	108.46
17	ความกว้างของที่นั่ง	33.51	36.29	39.15
18	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	72.81	78.85	85.07
19	ความกว้างกางแขน	151.56	164.13	177.08
20	ความกว้างระหว่างศอก	38.85	42.13	45.37
21	ความกว้างของไหล่	37.51	40.63	43.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



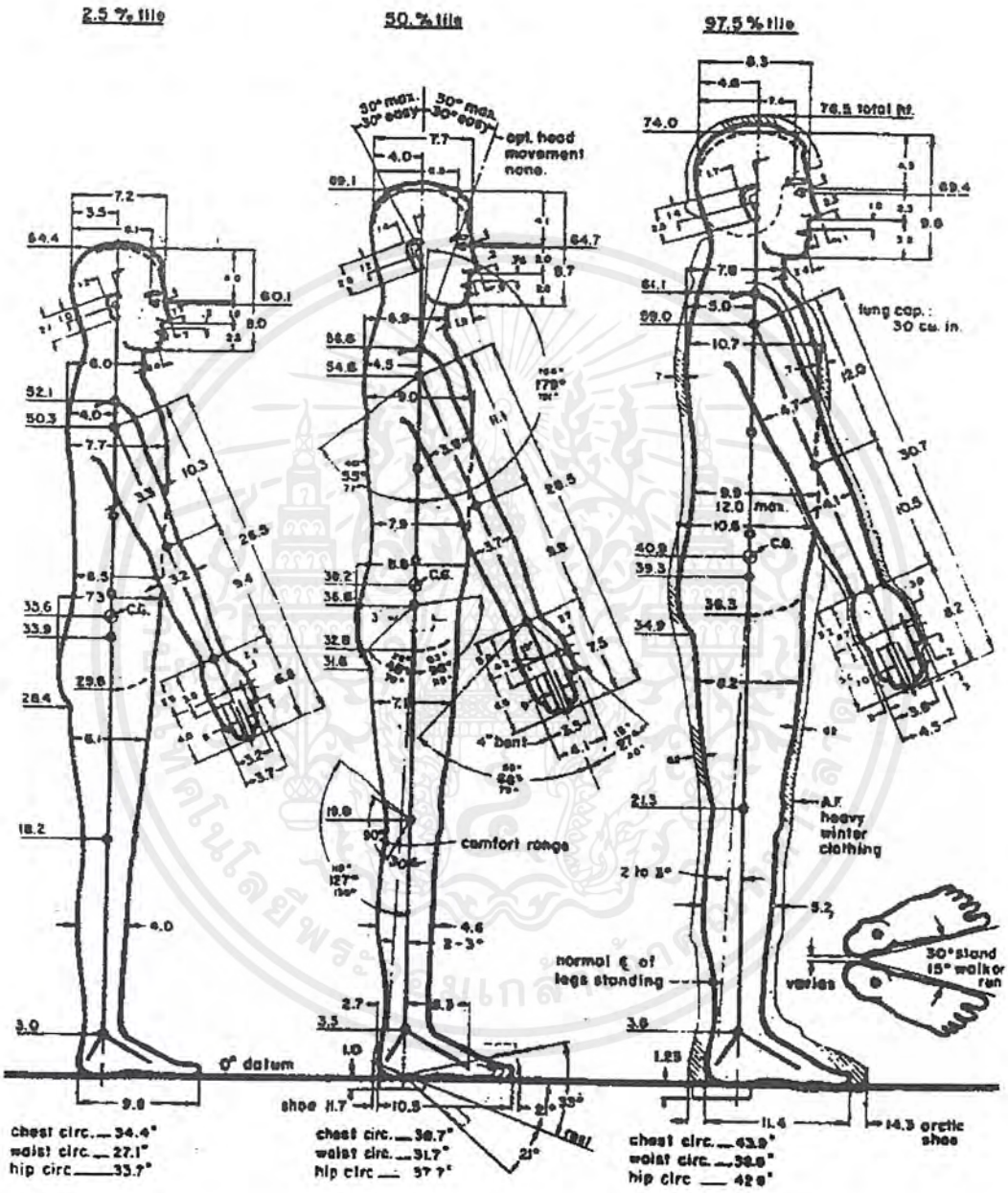
ภาพที่ 2.48 แสดงการวัดขนาดสำหรับผู้ชายและผู้หญิงขณะยืนและนั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



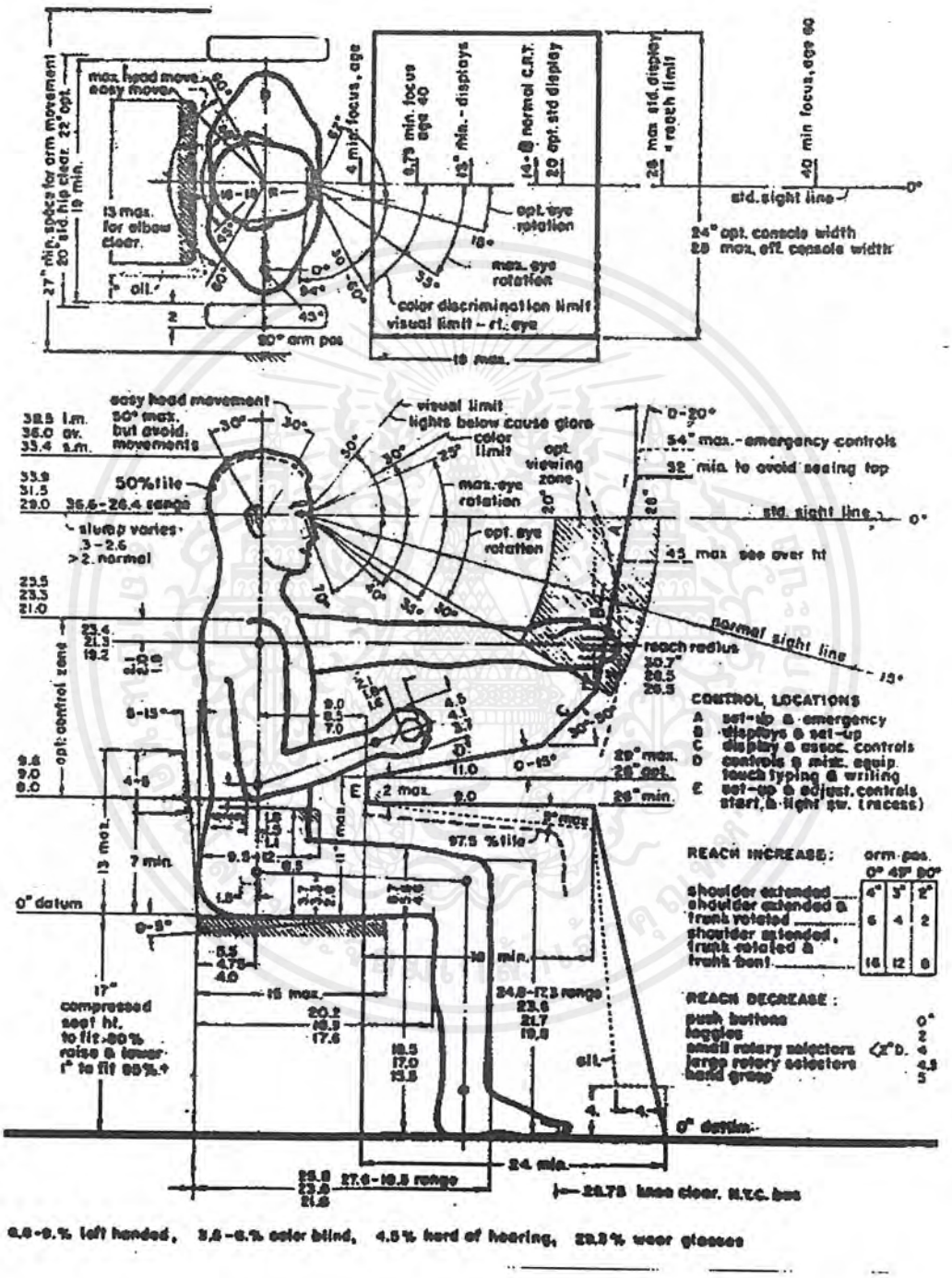
ภาพที่ 2.49 แสดงขนาดสัดส่วนท่ายืนด้านหน้าของผู้ใหญ่เพศชายทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



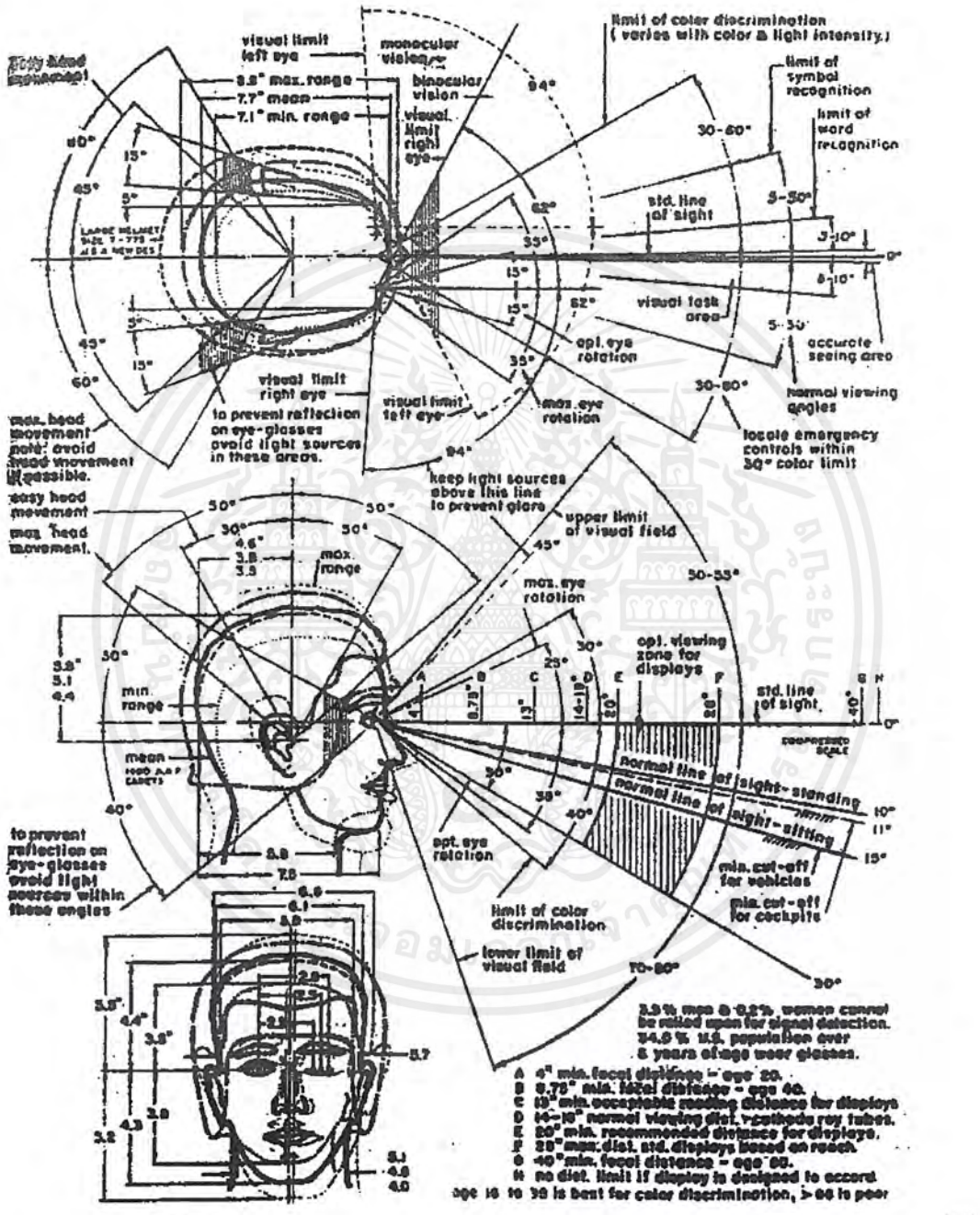
ภาพที่ 2.50 แสดงขนาดสัดส่วนท่ายืนด้านข้างของผู้ใหญ่เพศชายทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



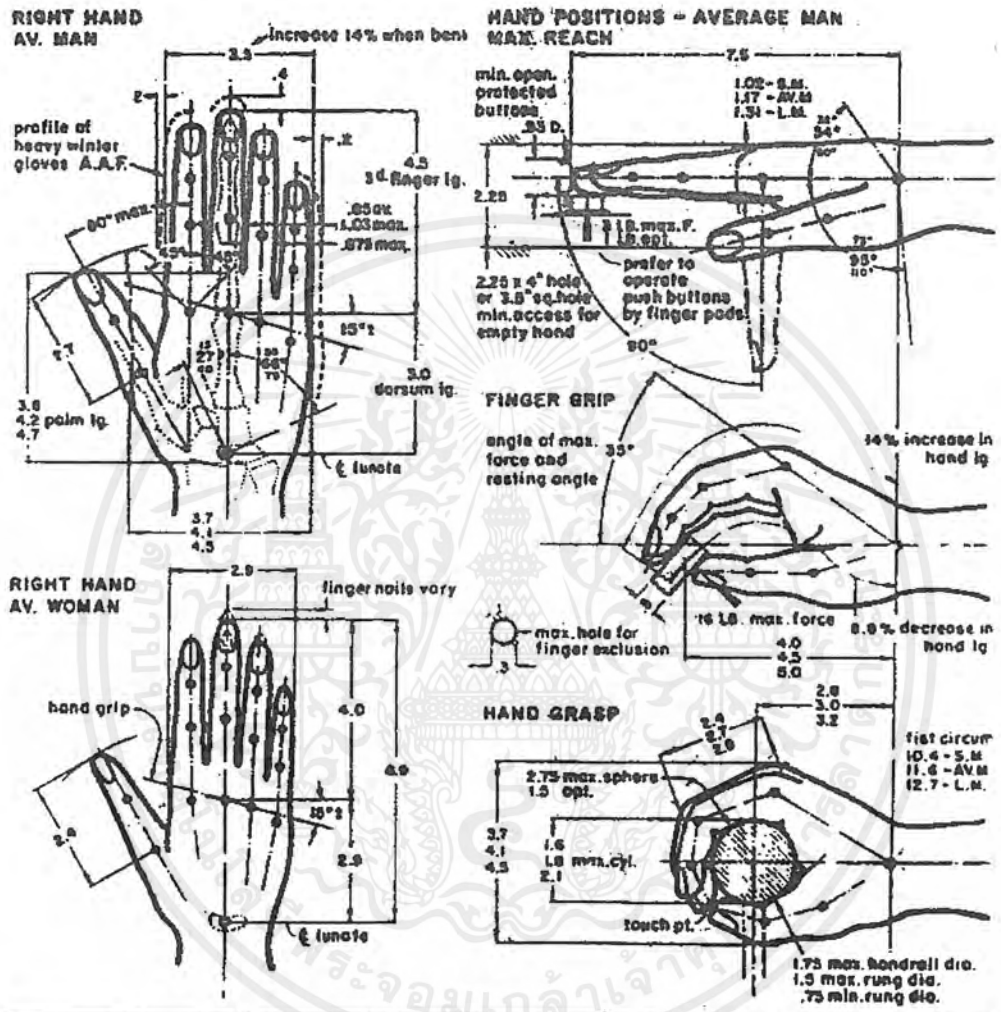
ภาพที่ 2.51 แสดงภาพและข้อมูลตัวเลขของผู้ใหญ่เพศชาย ขณะนั่งควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.52 แสดงภาพและข้อมูลตัวเลขพื้นฐานเกี่ยวกับสายตามนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HAND DATA	MEN			WOMEN			CHILDREN			
	2.5% tile	50% tile	97.5% tile	2.5% tile	50% tile	97.5% tile	6 yr.	8 yr.	11 yr.	14 yr.
hand length	6.8	7.5	8.2	6.2	6.9	7.5	5.1	5.6	6.3	7.0
hand breadth	3.2	3.5	3.8	2.6	2.9	3.1	2.3	2.5	2.8	—
3d. finger lg.	4.0	4.3	5.0	3.8	4.0	4.4	2.9	3.2	3.8	4.0
dorsum lg.	2.8	3.0	3.2	2.6	2.9	3.1	2.2	2.4	2.8	3.0
thumb length	2.4	2.7	3.0	2.2	2.4	2.6	1.6	2.0	2.2	2.4

ภาพที่ 2.53 แสดงภาพและข้อมูลการวัดขนาดสัดส่วนมือของผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการสำรวจและการรวบรวมข้อมูล

วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวิจัยจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งเชื่อถึงว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานนำมาประกอบวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป การสำรวจและรวบรวมข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมจากพฤติกรรมการใช้งานต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน โดยการสัมผัสการทำงานจริง การสำรวจ และการรวบรวมข้อมูลทำได้ 3 วิธี คือ

3.1.1 การศึกษาข้อมูลเชิงเอกสาร

ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารและหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ขนาด ส่วน วัสดุโครงสร้าง กรรมวิธีในการหล่อเครื่องประดับ การเตรียมส่วนผสมของปูนหล่อ ฯลฯ

3.1.2 การศึกษาจากการสัมภาษณ์

เป็นการเก็บข้อมูลสัมภาษณ์จากบุคคลที่มีความรู้และเกี่ยวข้องกับการทำโครงการ ซึ่งได้แก่

- เจ้าหน้าที่กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม แผนกอัญมณีและเครื่องประดับ กรุงเทพมหานคร
- คุณอานุภาพ ลอยฟ้า ผู้จัดการ ฝ่ายผลิตบริษัท เอฟ แอนด์ อาร์ จีเวลรี่ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน
- คุณอดุลย์ ขันธะนา ตำแหน่ง SUPERVISOR บริษัท เอฟ แอนด์ อาร์ จีเวลรี่ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน

3.1.3 การศึกษาจากของจริง

การดำเนินการเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูลจากการภาคสนาม ศึกษาจากของจริง เป็นการศึกษาจากปัญหาของการทำงานในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการหล่อแม่พิมพ์ ทั้งนี้รวมไปถึงส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กัน เช่น การทำแบบหุ่น ขั้นตอนการฉีดขี้ผึ้ง การหล่อแบบโลหะ เป็นต้น เมื่อผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหา ได้นำมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาปรับปรุงแก้ไข ในการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทราบถึงแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ตามความต้องการแล้วจึงนำไปทำการแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อที่จะสะดวกในการวิเคราะห์และสรุปผลโดยการเลือกเฉพาะข้อมูลที่มีความสำคัญและจำเป็นเท่านั้น

3.2 เนื้อหาและแนวทางการศึกษาข้อมูล

พอที่จะแบ่งได้เป็นแนวทางใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ

- ปูนปลาสเตอร์ ประเภท ชนิด วิธีการใช้งาน อัตราส่วนผสม
- แม่พิมพ์ กรรมวิธีการผลิต ประเภท
- กรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับ ประเภท ข้อดีข้อเสียของแต่ละประเภท
- เครื่องประดับ ชนิดเครื่องประดับที่นิยมผลิตด้วยกรรมวิธีการหล่อ วิธีการผลิต
- เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ โครงสร้าง วัสดุ ระบบ เครื่องจักรที่ใช้ร่วม

3.3 แหล่งที่มาของข้อมูล

- กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม แผนกอัญมณีและเครื่องประดับ กรุงเทพมหานคร
- บริษัท เอฟ แอนด์ อาร์ จีเวลรี่ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน
- สำนักหอสมุดกลาง ประจำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- ห้องสมุดคณะครุศาสตร์ ประจำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการแยกแยะข้อมูลจัดความสำคัญของข้อมูลเพื่อนำไปประเมินค่าข้อมูลและวิเคราะห์ต่อไปและในกรณีต้องการรวมถึงการวิเคราะห์เลือกสรรลักษณะการออกแบบแต่ในบางกรณีก็ไม่อาจจะตัดสินใจวิธีนั้นได้ ดังนั้นจึงวิเคราะห์รูปแบบและนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อสรุปและนำไปใช้ในการออกแบบ

เมื่อได้ข้อมูลมาเรียงลำดับความสำคัญแล้ว เพื่อเป็นการประเมินค่าของข้อมูลและการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป และจัดข้อมูลออกเป็นหมวด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์และแนวทางการออกแบบ

จากศึกษาและค้นคว้าข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นทำให้ทำการสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เพื่อดำเนินการออกแบบปรับปรุง โดยมีวิธีการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากข้อมูลต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำตัวถัง

4.1.1.1 ประเด็นที่ต้องพิจารณา

ตัวถังของเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์เป็นส่วนที่ต้องถูกสัมผัสกับน้ำ และความชื้นโดยตรง ทั้งยังต้องทนต่อสารเคมีในส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ด้วย วัสดุที่ใช้จึงควรมีความทนทานต่อสารเคมีและการกัดกร่อนจากสนิม เพราะหากตัวถังเป็นสนิมจะทำให้ส่วนผสมของน้ำปูนปลาสเตอร์ที่ได้มีเศษสนิมปลอมปนอันจะทำให้เกิดความเสียหายต่อการหล่อแม่พิมพ์ได้ อีกประการที่สำคัญ คือ ตัวถังต้องมีความคงรูปที่ดี เพราะต้องถูกแรงดูดของเครื่องดูดอากาศที่มีกำลังสูงด้วย

4.1.1.2 วัสดุที่เลือกใช้ – สเตนเลส (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

ตัวถังเลือกใช้สเตนเลสเพราะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ มีความแข็ง เหนียว คงรูปได้ดี สามารถทำการขึ้นรูปได้หลายวิธี ทั้งม้วน อัด รีด พับ ฯลฯ ทนการกัดกร่อนได้ดี และไม่เป็นสนิม สามารถทำการเชื่อมได้ และยังสามารถที่จะทำการตกแต่งรอยเชื่อมเพื่อลดรอยตำหนิได้

4.1.2 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำช่องวางกระบอกแม่แบบ

4.1.2.1 ประเด็นที่ต้องพิจารณา

ช่องวางกระบอกแม่แบบเป็นส่วนที่ใช้วางเรียงกระบอกเพื่อเทน้ำปูนปลาสเตอร์ ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้ถูกสัมผัสความชื้นจากน้ำและปูนปลาสเตอร์โดยตรงเหมือนตัวถังปั่น แต่ก็มีโอกาสที่จะถูกความชื้นได้เช่นกัน และยังต้องมีความคงรูปทนต่อแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศเหมือนเช่นเดียวกันกับตัวถัง ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความสามารถในการคงรูปได้ดี ทนทานต่อความชื้น การเป็นสนิม และการกัดกร่อนจากสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – สเตนเลส** (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

ช่องวางกระบอกแม่แบบเลือกใช้สเตนเลสเพราะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ มีความแข็ง เหนียว คงรูปได้ดี สามารถทำการขึ้นรูปได้หลายวิธี ทั้งม้วน อัด รีด พับ ฯลฯ ทนการกัดกร่อนได้ดี และไม่เป็นสนิม สามารถทำการเชื่อมได้ และยังสามารถที่จะทำการตกแต่งรอยเชื่อมเพื่อลดรอยตำหนิได้

4.1.3 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำแท่นวางกระบอกแม่แบบ**

4.1.3.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

แท่นวางกระบอแม่แบบเป็นส่วนประกอบของช่องวางกระบอกแม่แบบ ซึ่งมีหน้าที่ใช้สำหรับหมุนเลื่อนกระบอกเพื่อทำการเทน้ำปูนปลาสเตอร์ ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้ถูกสัมผัสความชื้นจากน้ำและปูนปลาสเตอร์โดยตรงเหมือนตัวถังปั่น แต่ก็มีโอกาสที่จะถูกความชื้นได้เช่นกัน และยังต้องมีความคงรูปทนต่อแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศเหมือนเช่นเดียวกันกับตัวถัง ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความสามารถในการคงรูปได้ดี ทนทานต่อความชื้น การเป็นสนิม และการกัดกร่อนจากสารเคมี

4.1.3.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – สเตนเลส** (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

เหตุที่เลือกใช้สเตนเลสเพราะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ มีความแข็ง เหนียว คงรูปได้ดี สามารถทำการขึ้นรูปได้หลายวิธี ทั้งม้วน อัด รีด พับ ฯลฯ ทนการกัดกร่อนได้ดี และไม่เป็นสนิม สามารถทำการเชื่อมได้ และยังสามารถที่จะทำการตกแต่งรอยเชื่อมเพื่อลดรอยตำหนิได้

4.1.4 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำฐานตั้งเครื่อง**

4.1.4.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

ฐานตั้งเครื่องเป็นส่วนที่ต้องมีความแข็งแรงทนทานเป็นอย่างมาก เพราะต้องเป็นตัวรองรับน้ำหนักของเครื่องทั้งหมด ในกรณีที่ต้องเปิดเครื่องเพื่อใช้งาน ฐานตั้งเครื่องต้องสามารถป้องกันการล้มของเครื่องได้ เพราะแรงเหวี่ยงของมอเตอร์ในถังปั่นจะทำให้เครื่องเกิดการสั่นสะเทือน และในบริเวณที่วางเครื่องเพื่อการปฏิบัติงานอาจมีน้ำและความชื้นอยู่ ดังนั้นฐานตั้งเครื่องจึงเลือกใช้วัสดุที่ปลอดจากการเป็นสนิม เพื่อป้องกันความเสียหายจากการที่สนิมลามไปยังส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เป็นโลหะ

4.1.4.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – สเตนเลส** (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

เหตุที่เลือกใช้สเตนเลสเพราะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ มีความแข็ง เหนียว คงรูปได้ดี สามารถทำการขึ้นรูปได้หลายวิธี ทั้งม้วน อัด รีด พับ ฯลฯ ทนการกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กร่อนได้ดี และไม่เป็นสนิม สามารถทำการเชื่อมได้ และยังสามารถที่จะทำการตกแต่งรอยเชื่อมเพื่อลดรอยตำหนิได้

4.1.5 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำใบพาย**

4.1.5.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

ใบพายเป็นส่วนประกอบที่ติดตั้งไว้ในถังปั่น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวปั่นส่วนผสมของน้ำและปูนปลาสเตอร์ให้เข้ากัน ดังนั้นใบพายจึงเป็นอีกชิ้นส่วนที่ต้องสัมผัสกับน้ำและความชื้นโดยตรง ทั้งยังต้องทนต่อสารเคมีในส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ด้วย วัสดุที่ใช้จึงควรมีความทนทานต่อสารเคมีและการกัดกร่อนจากสนิม เพราะหากเป็นสนิมจะทำให้ส่วนผสมของน้ำปูนปลาสเตอร์ที่ได้มีเศษสนิมปลอมปนอันจะทำให้เกิดความเสียหายต่อการหล่อแม่พิมพ์ได้ อีกประการที่สำคัญ คือ ตัวถังต้องมีความคงรูปที่ดี เพราะใบพายจะถูกสวมเข้ากับแกนมอเตอร์จึงต้องทนต่อแรงบิดที่สูงได้ดีด้วย

4.1.5.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – สเตนเลส** (เกษมชัย บุญเพ็ง : 2533)

ใบพายเลือกใช้สเตนเลสเพราะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ มีความแข็ง เหนียว คงรูปได้ดี สามารถทำการขึ้นรูปได้หลายวิธี ทั้งม้วน อัด รีด พับ ฯลฯ ทนการกัดกร่อนได้ดี และไม่เป็นสนิม สามารถทำการเชื่อมได้ และยังสามารถที่จะทำการตกแต่งรอยเชื่อมเพื่อลดรอยตำหนิได้

4.1.6 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำฝาปิดตัวถัง**

4.1.6.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

ฝาปิดตัวถังเป็นส่วนที่ใช้ปิดปากตัวถังเพื่อป้องกันอากาศรั่วซึมในขณะทำการดูดอากาศออกจากถังปั่น จึงต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความทนต่อการถูกแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศ และที่สำคัญต้องเป็นวัสดุที่โปร่งแสง เพราะในขณะเปิดให้เครื่องทำงานจะสามารถมองผ่านฝาปิดลงไปดูภายในถังปั่นได้

4.1.6.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – อะคริลิคใส** (สาคร คันธโชติ : 2529)

อะคริลิคเป็นพลาสติกชนิดที่มีความแข็งแรงสูง มีความเหนียว สามารถนำมาขัดแต่งให้สวยงามได้ตามที่ต้องการ มีหลายสีให้เลือก และยังมีชนิดที่มีความโปร่งใส สามารถนำไปใช้วานได้หลายลักษณะ ทั้งใช้ทำอุปกรณ์ เครื่องมือ ชิ้นส่วนรถยนต์ ฯลฯ

4.1.7 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำฝาปิดช่องวางกระบอกแม่แบบ**

4.1.7.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

ฝาปิดช่องวางกระบอกแม่แบบมีหน้าที่หลักเพื่อป้องกันอากาศรั่วซึมจากช่องวางกระบอกแม่แบบในระหว่างการดูดอากาศ จึงต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความทนต่อการถูกแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดจากเครื่องดูดอากาศ มีความแข็งแรงไม่โค้งงอ เพราะเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักจากถังปั่น รวมถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ติดตั้งภายในถังปั่นด้วย และที่สำคัญต้องเป็นวัสดุที่โปร่งแสง เพราะผู้ปฏิบัติงานจะได้สามารถมองผ่านลงไปเห็นกระบอกแม่แบบที่วางเรียงอยู่ในขณะการเทน้ำปูนปลาสเตอร์

4.1.7.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – อะคริลิคใส** (สาคร คันธโชติ : 2529)

อะคริลิคเป็นพลาสติกชนิดที่มีความแข็งแรงสูง มีความเหนียว สามารถนำมาขัดแต่งให้สวยงามได้ตามที่ต้องการ มีหลายสีให้เลือก และยังมีชนิดที่มีความโปร่งใส สามารถนำไปใช้วานได้หลายลักษณะ ทั้งใช้ทำอุปกรณ์ เครื่องมือ ชิ้นส่วนรถยนต์ ฯลฯ

4.1.8 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำมือจับฝาปิดตัวถัง**

4.1.8.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

มือจับฝาปิดตัวถังทำขึ้นเพื่อให้สะดวกต่อการยกฝาเปิดปิด วัสดุที่ใช้ต้องมีความกลมกลืนเข้ากับฝาปิด สามารถจับได้ถนัดกระชับมือ ไม่ลื่นหลุด ต้องยึดติดกับฝาปิดอย่างแน่นหนา มีความแข็งแรงไม่แตกหักเสียหาย

4.1.8.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – เอบีเอส** (สาคร คันธโชติ : 2529)

พลาสติกเอบีเอสเป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกระแทกได้ดี สามารถนำไปขึ้นรูปได้หลายลักษณะ ทั้งอัด รีด ดัด ฯลฯ นิยมใช้ทำอุปกรณ์ประเภทมือจับ ถาดอาหาร ชิ้นส่วนรถยนต์ หมวกกันน็อค

4.1.9 **การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำโครงครอบตัวถัง**

4.1.9.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

โครงครอบตัวถังใช้สำหรับครอบปิดบริเวณด้านหลังของตัวถังเพื่อปิดบังการเดินท่อดูดอากาศ และสายไฟฟ้าที่เดินต่อระหว่างมอเตอร์กับแผงสวิทช์ปิดเปิดเครื่อง ช่วยให้แลดูสวยงาม ง่ายต่อการทำความสะอาด ป้องกันน้ำและความชื้นที่จะไปถูกสายไฟได้อีกด้วย

4.1.9.2 **วัสดุที่เลือกใช้ – ไฟเบอร์กลาส** (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ : 2521)

ไฟเบอร์กลาสเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงได้ดีมาก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนต่อน้ำ ความชื้น และความเป็นกรดได้ดี สามารถขึ้นรูปได้ง่าย แม้แบบจะมีความซับซ้อนมากก็ตาม เมื่อขึ้นรูปแล้วสามารถนำมาขัดแต่ง หรือเจาะได้โดยทันที

4.1.10 **การวิเคราะห์ประเภทของมอเตอร์ต้นกำลัง**

4.1.10.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังสำหรับปั่นส่วนผสมของน้ำและปูนปลาสเตอร์ให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว ต้องมีความเร็วรอบในการหมุนระหว่าง 1400 – 2800 รอบต่อนาที และต้องเป็นมอเตอร์ชนิดใช้งานด้านตั้ง เพราะต้องติดตั้งมอเตอร์ในตำแหน่งข้างใต้ถังปั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.10.2 **ประเภทมอเตอร์ที่ใช้ – ยูนิเวอร์แซล** (จักร จักกะพาก : 2528)

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปได้เป็นอย่างดี มีแรงบิดสูง ปรับตั้งความเร็วรอบตามความต้องการได้ง่าย ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

4.1.11 **การวิเคราะห์ประเภทของวาล์ว**

4.1.11.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

วาล์วสำหรับเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์จะแบ่งการใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ ใช้เป็นวาล์วสำหรับเทน้ำปูนปลาสเตอร์จากถังปั่นลงสู่กระบอก และอีกหน้าที่คือ เป็นตัวปรับแรงดันอากาศในถังปั่น และช่องวางกระบอก ดังนั้นการเลือกใช้วาล์วจึงต้องเลือกชนิดที่สามารถใช้ได้ทั้งระบบส่งผ่านน้ำและอากาศได้ และต้องควบคุมการเปิดปิดได้โดยง่าย ที่สำคัญต้องสามารถทำความสะอาดได้ง่ายเพราะหลังใช้งานแต่ละครั้งต้องรีบทำความสะอาดก่อนที่เศษปูนปลาสเตอร์จะแห้งติดในช่องวาล์ว

4.1.11.2 **ประเภทวาล์วที่ใช้ – บอลวาล์ว** (มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร : 2521)

บอลวาล์วนิยมใช้ปิดเปิดบังคับการไหลโดยไม่ทำให้เกิดการธรอทลิ่งภายในวาล์ว นำมาใช้เมื่อต้องการความรวดเร็วในการปิดเปิด มีส่วนประกอบไม่มากจึงต้องฟิตแน่นไม่ให้มีช่องว่าง แต่ต้องไม่ติดขัด ต้องการแรงหมุนเปิดน้อย การปิดหรือเปิดให้หมุนก้านบิดไป 90 องศา เมื่อเปิดเต็มที่จะมีความต้านทานการไหลต่ำ นิยมใช้กับการติดตั้งระบบท่อน้ำ หรือระบบท่อก๊าซแรงดันต่ำเพราะสะดวกต่อการใช้หลายประการ

4.1.12 **การวิเคราะห์ประเภทของท่อดูดอากาศ**

4.1.12.1 **ประเด็นที่ต้องพิจารณา**

ท่อดูดอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมระหว่างตัวถังและช่องวางกระบอกสำหรับต่อระบบไปยังเครื่องดูดอากาศ เพื่อทำการดูดอากาศในถังปั่นและช่องวางกระบอกออกพร้อมกันในคราวเดียว ดังนั้นท่อดูดอากาศต้องมีความทนทานไม่เกิดการรั่วซึม สามารถติดตั้งได้ง่าย สะดวกต่อการถอดเปลี่ยนเพื่อการบำรุงรักษา

4.1.12.2 **ประเภทท่อที่ใช้ – ท่อโลหะอ่อน** (ธนบูรณ์ ศติภานุเดช : 2533)

ท่อโลหะอ่อนเป็นท่อที่มีลักษณะที่สามารถยืดหยุ่น โค้งงอได้ จึงสะดวกต่อการติดตั้ง สามารถใช้งานได้ทั้งระบบการส่งผ่านน้ำ และอากาศ มีความแข็งแรงทนต่ออุณหภูมิได้ดี และมีน้ำหนักเบากว่าท่อเหล็กทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.13 **การวิเคราะห์ขนาดความจุของถังปั่น**

การหาขนาดความจุของถังปั่นที่เหมาะสมต้องพิจารณาว่าเราจะใช้งานเครื่องเพื่อเทน้ำปูนปลาสเตอร์ใส่กระบอกแม่แบบขนาดเท่าไร จำนวนกี่กระบอก ซึ่งควรพิจารณาจากขนาดกระบอกที่ใหญ่สุดที่จะสามารถใช้ได้ จากนั้นจึงทำการคำนวณหาปริมาตรของกระบอกแม่แบบทั้งหมดที่จะต้องเทปูน เราก็จะทราบความจุของถังปั่นที่เหมาะสมได้ อย่างไรก็ถังปั่นดีจะต้องมีระยะเผื่อให้สูงกว่าระดับน้ำปูนปลาสเตอร์ขึ้นมาอีก เพื่อเป็นตำแหน่งของการติดตั้งท่อดูดอากาศ

4.1.14 **การวิเคราะห์ขนาดความจุของช่องวางกระบอกแม่แบบ**

ขนาดความจุของช่องวางกระบอกจะพิจารณาที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของกระบอกแม่แบบเป็นสำคัญ โดยต้องกำหนดขนาดของกระบอกแม่แบบที่จะใช้ว่าต้องการให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าไร ซึ่งเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ในแบบการวิจัยนี้ถูกกำหนดให้สามารถใช้งานสำหรับเทปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบขนาดใหญ่ที่สุดที่ ∅13" ความสูง 4" ดังนั้นการหาขนาดของช่องวางกระบอกจึงสามารถทำได้โดยการสร้างแพทเทิร์นตามขนาดของกระบอกแม่แบบ แล้วจึงนำไปเทียบหาขนาดที่เหมาะสมของช่องวางกระบอกได้

4.1.15 **การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์**

การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์พิจารณาจากประเภทของมอเตอร์ที่เลือกใช้ ซึ่งเป็นยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ ชนิดใช้งานด้านตั้ง ซึ่งการเลือกใช้มอเตอร์ชนิดใช้งานด้านตั้งมาใช้เนื่องจากเป็นการประหยัดอุปกรณ์ทดกำลัง เช่น เฟือง สายพาน เพลา มู่เล่ ทำให้การติดตั้งหรือถอดประกอบเพื่อการบำรุงรักษาสามารถทำได้โดยสะดวกกว่า สามารถลดขนาดของเครื่องไม่ให้ใหญ่เทอะทะจนเกินไป และการวางมอเตอร์ไว้ใต้ถังปั่นยังช่วยลดเสียงดังจากการทำงานของมอเตอร์ได้อีกทางด้วย

4.1.16 **การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งวาล์ว**

ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วพิจารณาว่าต้องใช้วาล์วทั้งหมดกี่ตัว ซึ่งเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ในการวิจัยนี้จะใช้วาล์วทั้ง 3 ตัว โดยแบ่งหน้าที่การทำงานดังนี้

1) วาล์วเทน้ำปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบ
2) วาล์วปรับแรงดันอากาศในถังปั่น
3) วาล์วปรับแรงดันอากาศในช่องวางกระบอกแม่แบบ

4.1.16.1 **ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วเทน้ำปูนปลาสเตอร์**

วาล์วเทน้ำปูนปลาสเตอร์ต้องวางตำแหน่งไว้ด้านล่างของถังปั่น และต้องวางปากวาล์วในแนวดิ่งเพื่อให้น้ำปูนปลาสเตอร์สามารถไหลลงสู่กระบอกแม่แบบได้โดยสะดวก และเพื่อที่ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมการเปิดปิดวาล์วโดยสะดวก จึงต้องวางตำแหน่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณส่วนหน้าของถังปั่น เพราะผู้ปฏิบัติงานต้องสังเกตผ่านฝาปิดช่องวางกระบอกว่าน้ำปูนปลาสเตอร์ถูกเทเต็มกระบอกหรือยัง

4.1.16.2 ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วปรับแรงดันอากาศในถังปั่น

วาล์วปรับแรงดันอากาศในถังปั่นใช้สำหรับปล่อยอากาศออกจากถังปั่นหลังจากการดูดอากาศออกจากน้ำปูนปลาสเตอร์ เพราะหากไม่มีการปล่อยอากาศออกแล้วจะทำให้ฝาปิดถังปั่นถูกดูดติดแน่นกับปากถัง ทำให้เปิดออกลำบาก ดังนั้นตำแหน่งการติดตั้งวาล์วปรับแรงดันอากาศจึงต้องวางในบริเวณที่ไม่เกิดสิ่งแปลกปลอม เช่น น้ำปูนปลาสเตอร์ หรือเศษผงเข้าไปอุดตันปากวาล์ว ตำแหน่งที่เหมาะสมจึงควรเป็นบริเวณด้านบนของถังปั่น หรือติดตั้งบนฝาปิดเลยก็ได้ ซึ่งในที่นี้ได้เลือกติดตั้งบนฝาปิดเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่สูงและสามารถควบคุมได้ง่าย

4.1.16.3 ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วปรับแรงดันอากาศในช่องวางกระบอก

วาล์วปรับแรงดันอากาศในช่องวางกระบอกใช้สำหรับการปล่อยอากาศออกจากช่องวางกระบอก หลังจากการดูดอากาศออกจากน้ำปูนปลาสเตอร์ เพราะหากไม่ปล่อยอากาศออกแล้วจะทำให้ฝาปิดช่องวางกระบอกถูกดูดติดแน่นกับปากช่องวางกระบอก ทำให้ยกตัวถังออกไปทำความสะอาดหลังการใช้งานได้ลำบาก ตำแหน่งการติดตั้งวาล์วถูกกำหนดให้ติดตั้งในบริเวณผนังข้างด้านบนของช่องวางกระบอก ซึ่งการที่ไม่ติดตั้งวาล์วบนฝาปิดช่องวางกระบอกโดยตรงเนื่องจากฝาปิดช่องวางกระบอกมีวาล์วเทปูนติดตั้งอยู่ก่อน 1 ตัวแล้ว จึงย้ายตำแหน่งมาติดตั้งบนผนังข้างของช่องวางกระบอกแทน เพื่อป้องกันการสับสนในการควบคุม หรือไปเปิดวาล์วผิดตัว และเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมการเปิดปิดวาล์วได้สะดวกจึงต้องให้วาล์วอยู่ในส่วนหน้าของช่องวางกระบอกแม่แบบ

4.1.17 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดันอากาศ

ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดันอากาศต้องทราบว่าต้องใช้เกจจำนวนกี่ตัว ซึ่งจำนวนเกจวัดก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยว่ามีบริเวณส่วนใดของเครื่องบ้างที่ต้องติดตั้งระบบการดูดอากาศ ซึ่งเครื่องที่ออกแบบในการวิจัยนี้มีการดูดอากาศใน 2 ส่วน คือ ในถังปั่น และช่องวางกระบอกแม่แบบ ดังนั้นจำนวนเกจที่ใช้ก็จะใช้ 2 ตัว ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งได้ดังนี้

4.1.17.1 ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดันอากาศในถังปั่น

เกจวัดแรงดันอากาศในถังปั่นต้องติดตั้งในบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของอากาศภายในถังปั่น ซึ่งลิ้นของเกจสามารถตรวจจับและแสดงผลให้ทราบได้ แต่ต้องอยู่ในบริเวณที่ไม่ถูกสัมผัสจากน้ำปูนปลาสเตอร์ ดังนั้นจึงกำหนดตำแหน่งการติดตั้งเกจไว้ที่ฝาปิดถังปั่น ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่ถูกสัมผัสกับน้ำปูนปลาสเตอร์ในถังปั่น และเป็นตำแหน่งที่อยู่ในระนาบเดียวกับสายตา จึงสามารถที่จะสังเกตและควบคุมการปฏิบัติงานได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.17.2 **ตำแหน่งการติดตั้งเกจวัดแรงดันอากาศในช่องวางกระบอก**

ตำแหน่งการวางเกจวัดแรงดันอากาศในช่องวางกระบอกก็มีวิธีการในการพิจารณาเช่นเดียวกับเกจวัดของถังปั่น คือต้องติดตั้งในบริเวณที่มีการไหลเวียนของอากาศในช่องวางกระบอก ซึ่งในที่นี้ได้ติดตั้งลงบนฝาปิดช่องวางกระบอกในบริเวณด้านหน้าส่วนข้าง เพื่อให้สามารถสังเกตและควบคุมได้ง่าย

4.1.18 **การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งท่อดูดอากาศ**

การติดตั้งท่อดูดอากาศจะถูกติดตั้งใน 2 จุดที่ต้องมีระบบการดูดอากาศ คือ ในถังปั่น และในช่องวางกระบอกแม่แบบ ซึ่งทั้ง 2 จุดจะถูกติดตั้งในบริเวณด้านหลังของเครื่อง มีท่อและข้อต่อต่อเชื่อมทั้ง 2 จุด เพื่อต่อระบบไปยังเครื่องดูดอากาศสำหรับการดูดอากาศทั้ง 2 จุดพร้อมกันในคราวเดียว แล้วมีโครงไฟเบอร์กลาสครอบเพื่อให้แลดูสวยงาม เป็นระเบียบ และง่ายต่อการบำรุงรักษา

4.1.18.1 **ตำแหน่งการติดตั้งท่อดูดอากาศในถังปั่น**

ต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่เกิดการสัมผัสกับน้ำปูนปลาสเตอร์ หรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ที่จะเข้าไปทำให้เกิดการอุดตันของท่อ อันจะทำให้การดูดอากาศด้อยประสิทธิภาพลง ดังนั้นจึงได้ติดตั้งในส่วนบนของถังปั่นใกล้ปากถัง ซึ่งเป็นบริเวณที่สูงกว่าระดับน้ำปูนปลาสเตอร์

4.1.18.2 **ตำแหน่งการติดตั้งท่อดูดอากาศในช่องวางกระบอกแม่แบบ**

ต้องติดตั้งในส่วนที่ไม่ติดขัดต่อการยกเอาถังปั่นออกไปทำความสะอาดหลังจากการใช้งานเสร็จสิ้นในแต่ละครั้ง และต้องเป็นบริเวณที่ระบบการดูดอากาศสามารถทำได้โดยสะดวกไม่มีการติดขัด หรือเป็นจุดที่ถูกสิ่งอื่นใดขวางช่องทางของท่อดูดอากาศอยู่ ดังนั้นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดก็คือติดตั้งลงบนฝาปิดช่องวางกระบอกในบริเวณด้านหลังของถังปั่น ซึ่งการติดตั้งระบบท่อตรงนี้จะทำให้ถังปั่นและช่องวางกระบอกสามารถแยกออกจากกันได้อย่างอิสระ เพื่อที่จะสามารถยกถอดเฉพาะถังปั่นออกไปทำความสะอาดได้โดยท่อไม่ยึดติดเอาส่วนช่องวางกระบอกติดไปด้วย

4.1.19 **การวิเคราะห์ระบบการเทปูนปลาสเตอร์**

ระบบการเทปูนของเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ในการวิจัยนี้เลือกใช้การเทน้ำปูนปลาสเตอร์ลงกระบอกแม่แบบโดยการใช้วาล์วเทปูนเพียงตัวเดียว หากแต่สามารถที่จะผสมปูนปลาสเตอร์ในอัตราส่วนที่ต้องการแล้วเทปูนลงกระบอกได้คราวละหลาย ๆ กระบอก โดยการอาศัยการหมุนเลื่อนแท่นวางกระบอกซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ติดตั้งใต้ช่องวางกระบอกแม่แบบ เพื่อให้สามารถปรับเลื่อนกระบอกที่ต้องการเทน้ำปูนให้ตรงกับช่องทางการไหลของน้ำปูนปลาสเตอร์ที่ออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วเทปูนได้ เนื่องจากช่องวางกระบอกสามารถใช้วางกระบอกที่มีความสูงไม่เกิน 4" ดังนั้นหากกระบอกมีความสูงต่ำกว่า 4" ก็สามารถนำมาใช้กับเครื่องนี้ได้เช่นกัน

4.2 สรุปผลการวิเคราะห์

4.2.1 **ตัวถังของเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์** เป็นถังสเตนเลสความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาด ∅ 250 มิลลิเมตร ความสูง 300 มิลลิเมตร

4.2.2 **ช่องวางกระบอกแม่แบบ** ใช้วัสดุสเตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร โดยช่องวางกระบอกมีขนาด ∅ 370 มิลลิเมตร ความสูง 130 มิลลิเมตร

4.2.3 **แท่นวางกระบอกแม่แบบ** เป็นถังสเตนเลสความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาด ∅ 360 มิลลิเมตร วางเป็นส่วนก้นของช่องวางกระบอก

4.2.4 **ฐานตั้งเครื่อง** เป็นสเตนเลสความหนา 2 มิลลิเมตรพับขึ้นรูปเป็นเหลี่ยมเพื่อเป็นตัวประคองเครื่องไม่ให้ล้ม

4.2.5 **ใบพาย** ใช้สเตนเลสเส้นกลมขนาด ∅ 5 มิลลิเมตร นำมาดัดและเชื่อมติดกับปลอกสเตนเลสเพื่อนำไปสวมกับแกนของมอเตอร์

4.2.6 **ฝาปิดตัวถัง** เป็นอะคริลิคชนิดใส ความหนา 15 มิลลิเมตร ∅ 270 มิลลิเมตร

4.2.7 **ฝาปิดช่องวางกระบอกแม่แบบ** เป็นอะคริลิคชนิดใส ความหนา 15 มิลลิเมตร ขนาด ∅ 380 มิลลิเมตร

4.2.8 **มือจับฝาปิดตัวถัง** ใช้พลาสติกเอบีเอสฉีดขึ้นรูปเป็นมือจับ และยึดติดกับฝาปิดตัวถังด้วยสกรู

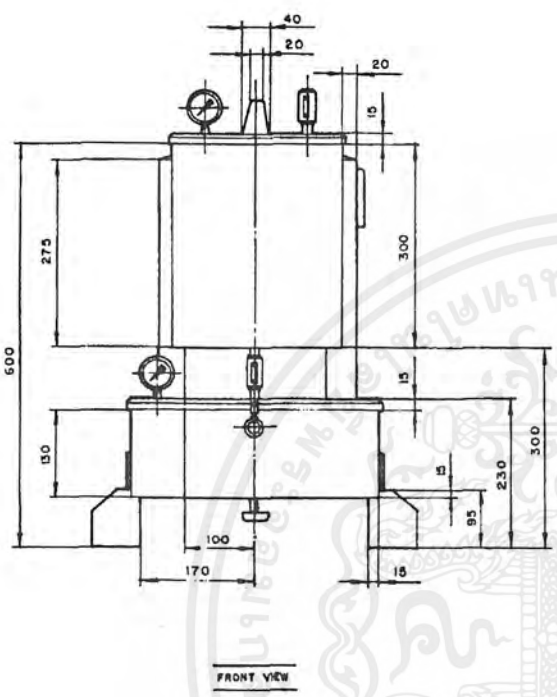
4.2.9 **โครงครอบตัวถัง** ใช้ขึ้นรูปโดยการหล่อไฟเบอร์กลาส ยึดกับตัวถัง และฝาปิดช่องวางกระบอกด้วยสกรู

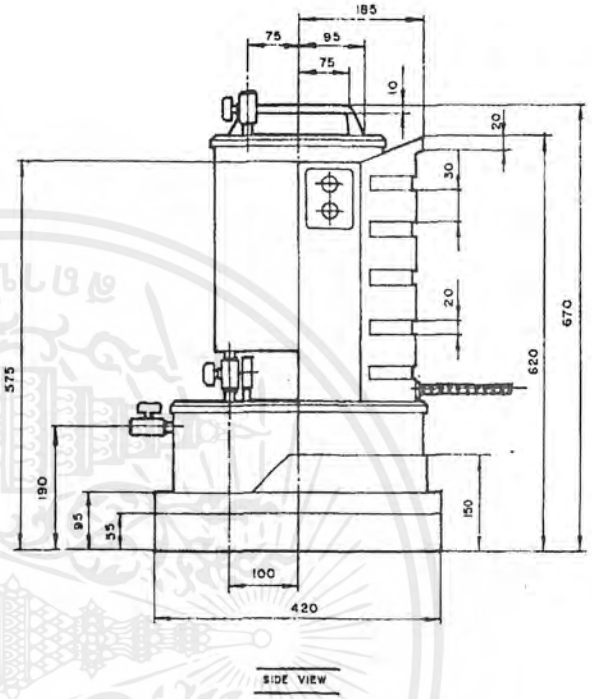
4.2.10 **มอเตอร์** ใช้ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ชนิดใช้งานด้านตั้ง ขนาด 1/2 แรงม้า ความเร็ว 1400 รอบต่อนาที โดยติดตั้งไว้ส่วนล่างของถังปั่นโดยมีแท่นยึดติดกับก้นถัง และยื่นแกนมอเตอร์เข้าไปในถังปั่นเพื่อสวมกับใบพาย

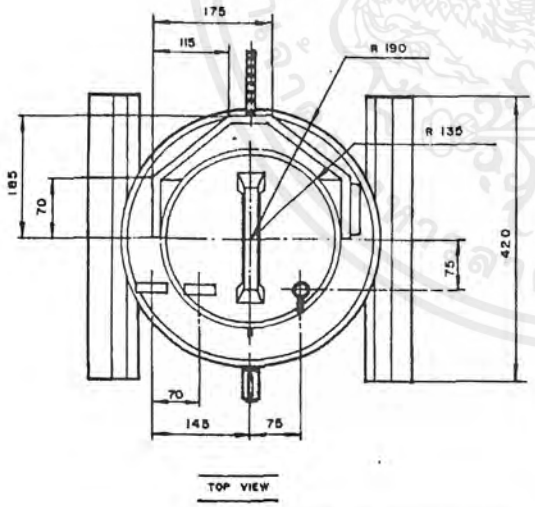
4.2.11 **วาล์ว** ทั้งวาล์วเทน้ำปูนปลาสเตอร์ และวาล์วปรับแรงดันอากาศ เลือกใช้บอลวาล์วชนิดก้านเปิดปิดแบบสั้น ขนาดปากวาล์ว 1/2"

4.2.12 **ท่อดูดอากาศ** ใช้ท่อโลหะอ่อนขนาด 5 หุน เดินระบบดูดอากาศทั้งจากถังปั่นและช่องวางกระบอกแม่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

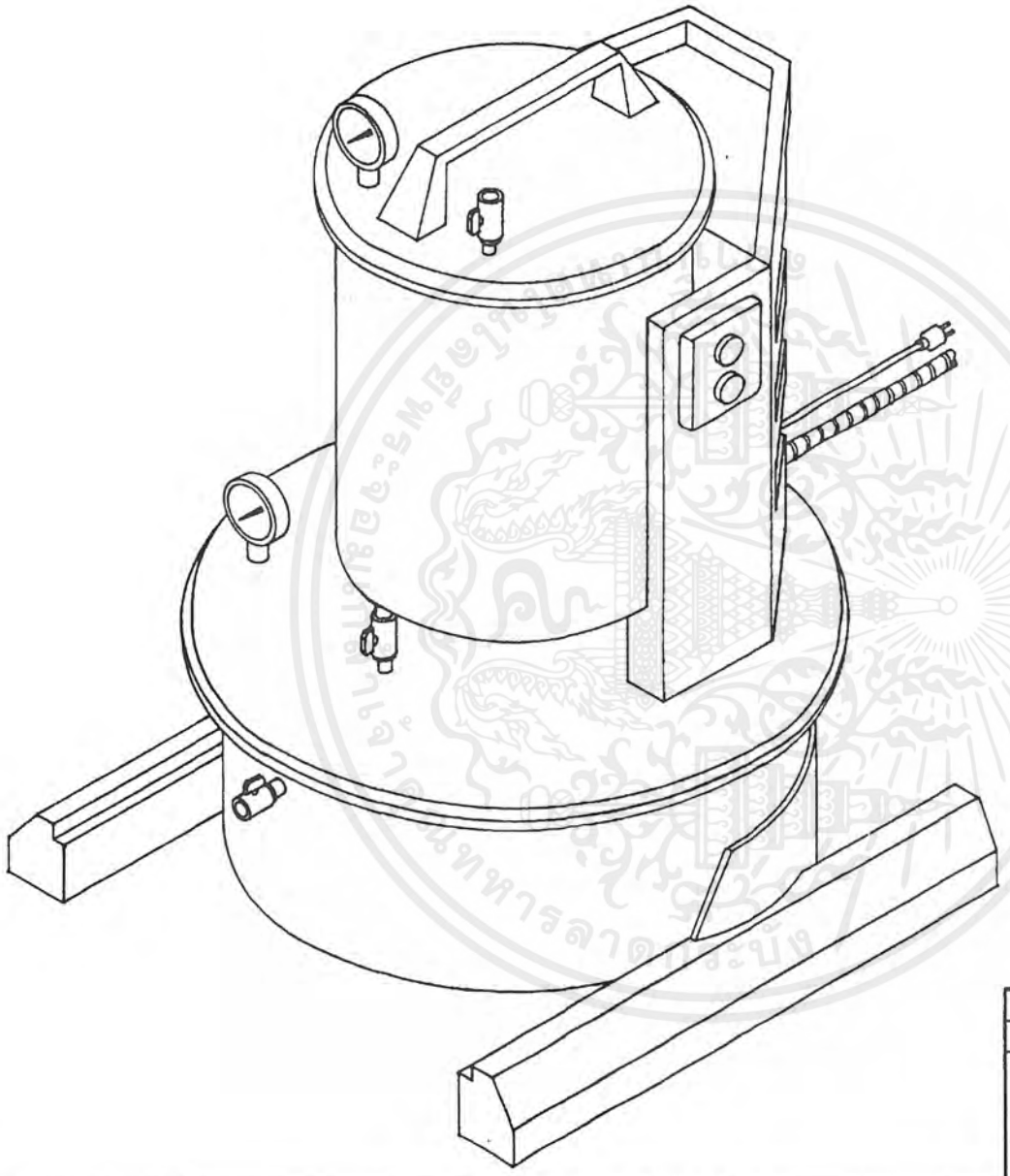






ELEVATION
scale 1:5
unit of mm.

ว.ส.ป.	20/1/43	ชื่อ - สกุล	เลขที่	แผ่นที่
น.ศ.		นายเชาวน์วิศณ์ ลจิระบา	41030608	1
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง		เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ		
		ผู้ดูแลมัลติ ลาชีบุตร		

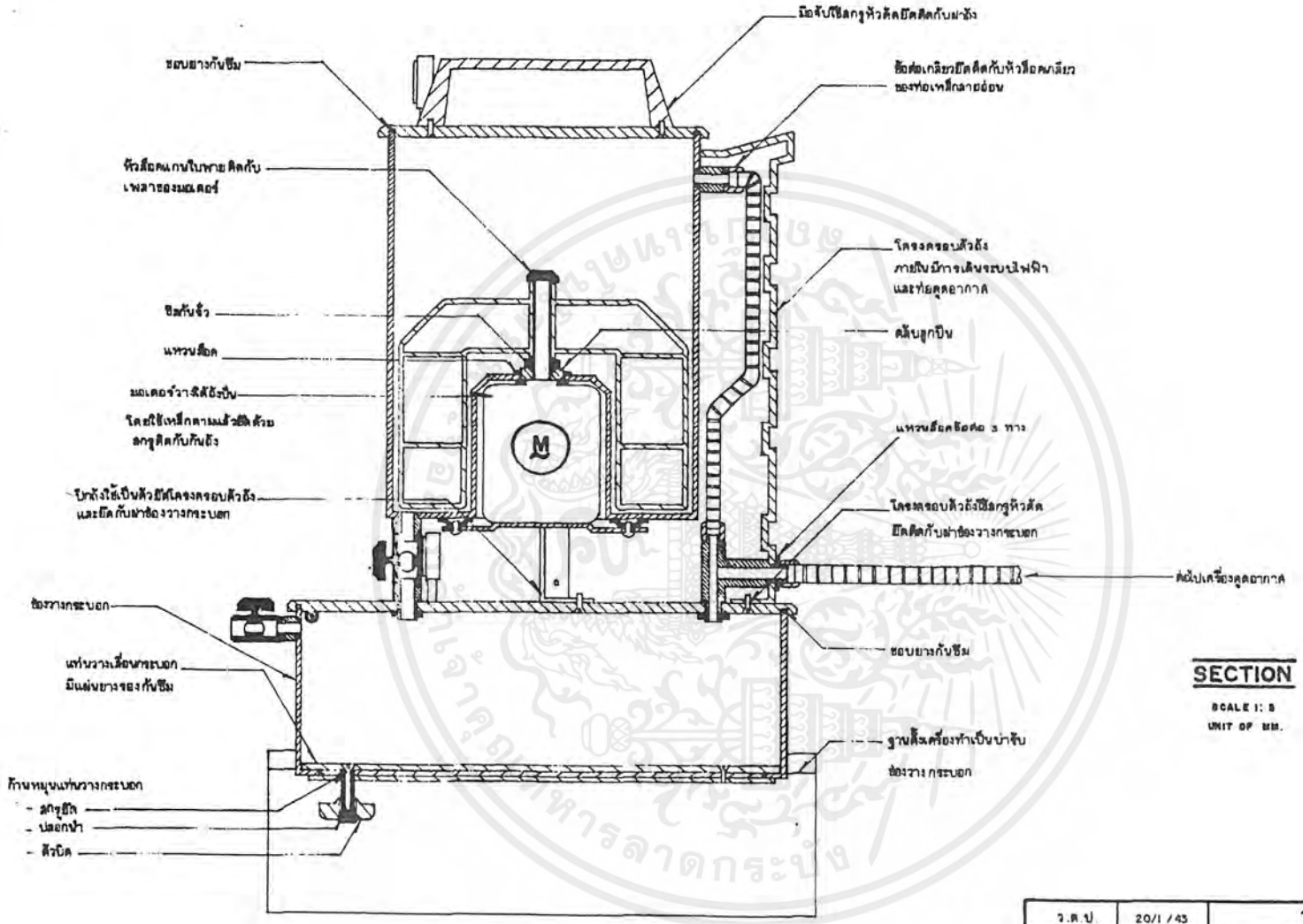


ISOMETRIC

SCALE 1 : 5
UNIT OF MM.

ว ต ป	20/1/43	ชื่อ - สกุล	เลขที่	แผ่นที่
น ศ	นายเชาวน์วัฒน์ ศรีสะบา		41030608	2
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์ชุดเครื่องประดับ			
	ผ. อุดมลักษ์ ลาชิบุตร			

GATEWAY NATURAL TRANSLUCE

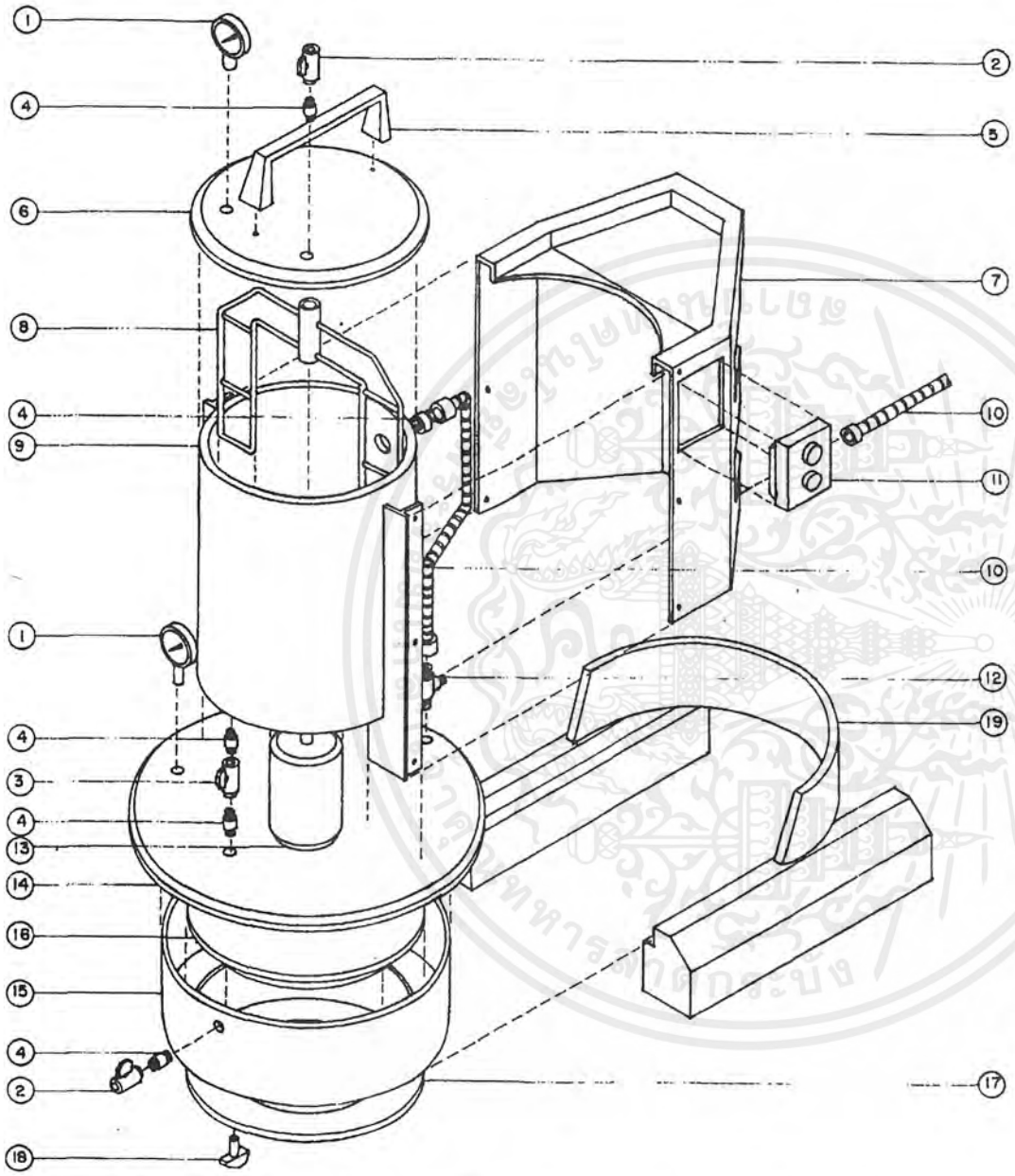


SECTION

SCALE 1: 5
UNIT OF MM.

ว.ศ.ป.	20/1 / 45	ชื่อ-สกุล	เลขที่	แผ่นที่
ป.ศ.		นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา	41030608	3
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง		เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ		
		อ. อุดมศักดิ์ ลาชีบุตร		

GATEWAY NATURAL TRANSLUCENT



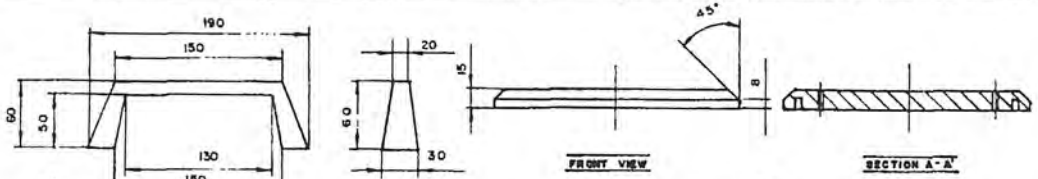
ASSEMBLY

SCALE 1:8
UNIT OF MM.

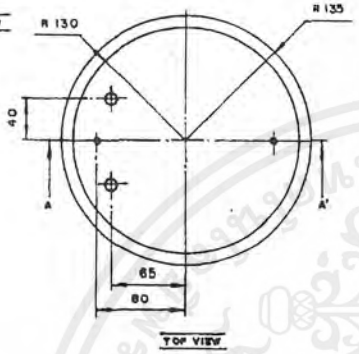
ลำดับ	รายการประกอบแบบ	วัสดุ	จำนวน	หมายเหตุ
19	ฐานตั้งเครื่อง	สเตนเลส	1	
18	ก้านหมุนเลื่อนแท่นวางกระบอก	สเตนเลส	1	
17	แม่แท่นวิ่ง	ยาง	1	
16	แท่นวางกระบอก	สเตนเลส	1	
15	ข้อรีดกระบอก	สเตนเลส	1	
14	ฝาปิดข้อต่อรีดกระบอก	อะคริลิคใส	1	
13	มอเตอร์ไฟฟ้า		1	ขนาด 1/2 แรง
12	ข้อต่อเกลียว 3 ทาง		1	
11	วาล์ว เปิด - ปิด		1	
10	ท่อเหล็กลายย่อยแบบมีหัวน็อตเกลียว		2	
9	อ่างผสมปูนปลาสเตอร์	สเตนเลส	1	
8	ใบพาย	สเตนเลส	1	
7	โครงครอบอ่างผสมปูนปลาสเตอร์	ไฟเบอร์กลาส	1	
6	ฝาปิดอ่างผสมปูนปลาสเตอร์	อะคริลิคใส	1	
5	มือจับฝาปิด	เอบิเอส	1	
4	ข้อต่อเกลียว		5	
3	วาล์วเทน้ำปูนปลาสเตอร์	บอลวาล์ว	1	Ø 1/2"
2	วาล์วปรับความดันอากาศ	บอลวาล์ว	2	Ø 1/2"
1	เกจวัดความดันอากาศ		2	

ว.ด.ป.	20/1/43	ชื่อ - สกุล	เลขที่	แผ่นที่
น.ศ	นายเชาวน์วัลย์ ศรีชะบา		41030608	4
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ			
	อ อุดมศักดิ์ สาธิบูดร			

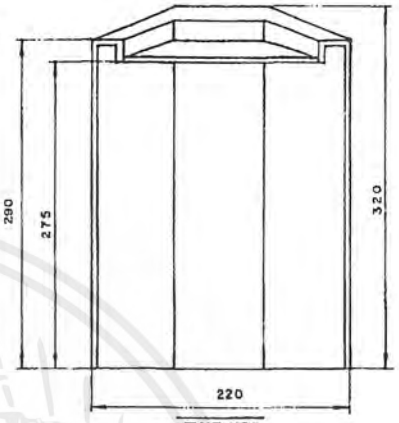
GATEWAY NATURAL INAM...

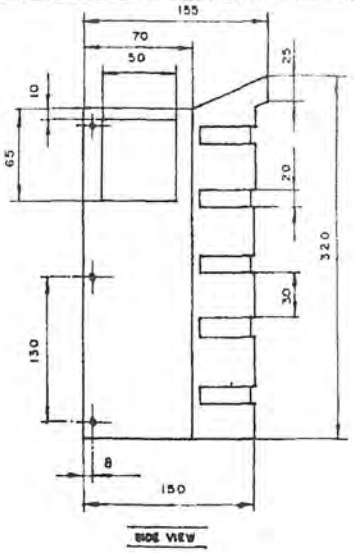


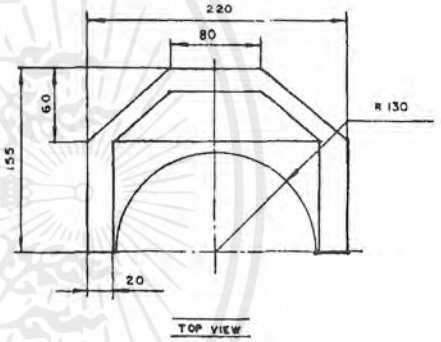
PART NO. 6
SCALE 1:3
UNIT OF MM.



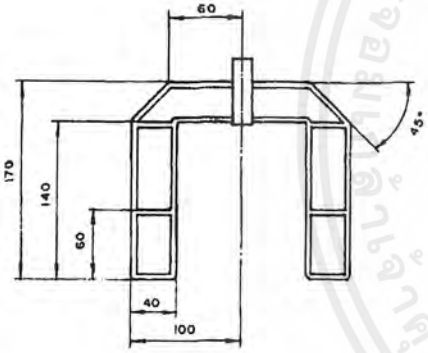
PART NO. 8
SCALE 1:3
UNIT OF MM.

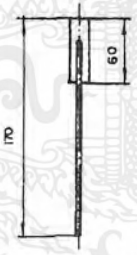


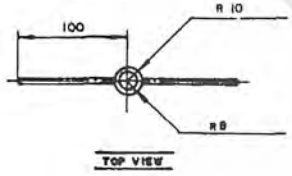




PART NO. 7
SCALE 1:3
UNIT OF MM.







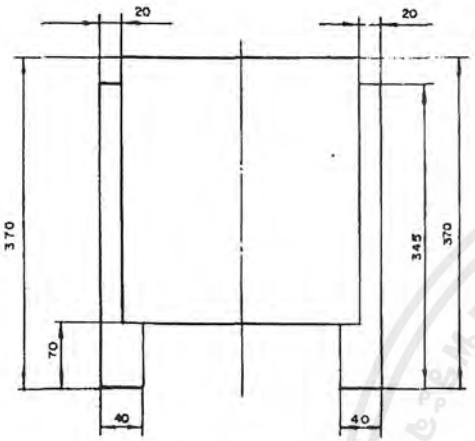
PART NO. 5
SCALE 1:3
UNIT OF MM.

DETAIL OF PART

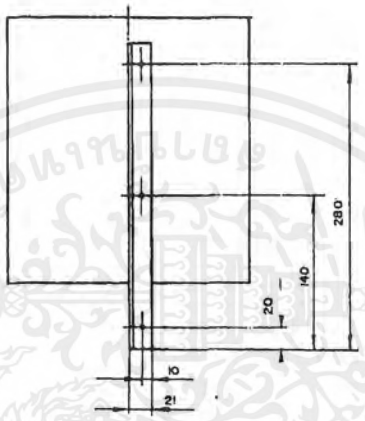
SCALE 1:3
UNIT OF MM.

ว. ศ ป.	20/1/43	ชื่อ - สกุล	เลขที่	แผ่นที่
ป ศ.		นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา	41030608	5
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง		เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ		
		อ อุดมลักษ์ สาธิบุลฯ		

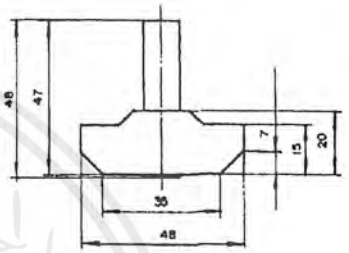
GATEWAY NATURAL TRADITIONAL PARTS



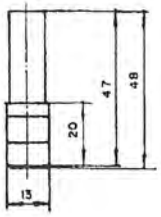
FRONT VIEW



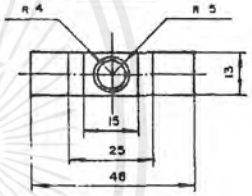
SIDE VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW

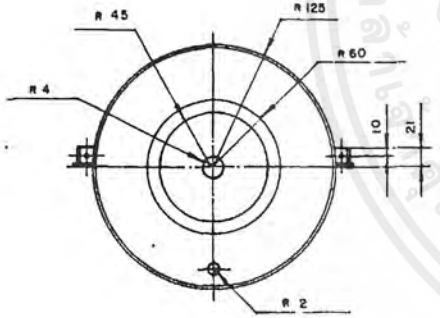


TOP VIEW

PART NO. 18

SCALE 1 : 1

UNIT OF MM



TOP VIEW

PART NO 8

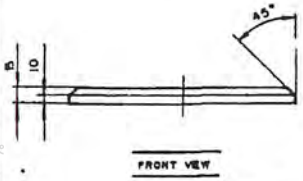
SCALE 1 : 3

UNIT OF MM.

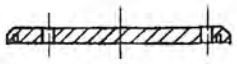
DETAIL OF PART

ว. ส. ป.	20/1/43	ชื่อ - สกุล	เลขที่	แผ่นที่
ป. ศ.	นายเชาวฤทธิ์ ศรีระบา		4103608	6
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง		เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ		
		อ. อุดมศักดิ์ ภาธิบุตร		

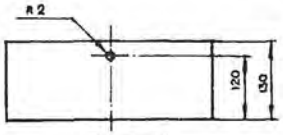
GATEWAY NATURAL TRANSLATED



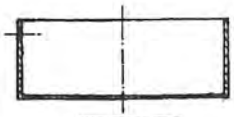
FRONT VIEW



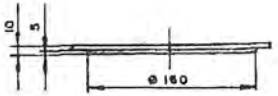
SECTION A-A'



FRONT VIEW

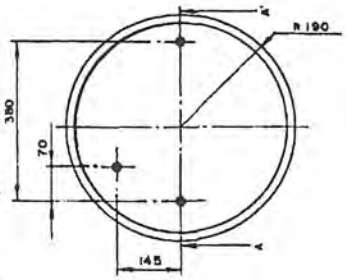


SECTION A-A'



FRONT VIEW

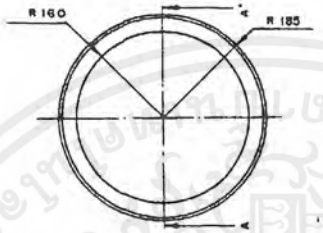
SIDE VIEW



PART NO 14

SCALE 1:7.5

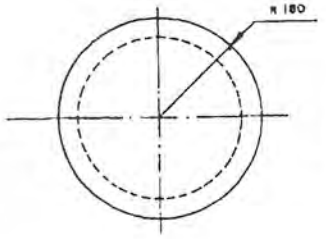
UNIT OF MM.



PART NO. 15

SCALE 1:7.5

UNIT OF MM.



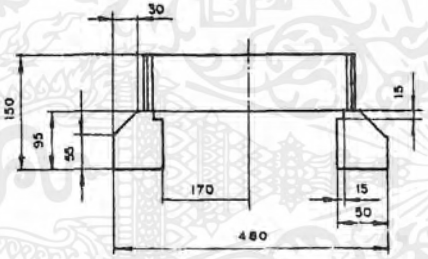
PART NO. 16

SCALE 1:7.5

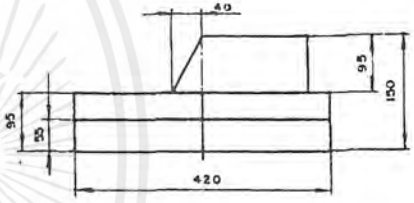
UNIT OF MM.

FRONT VIEW

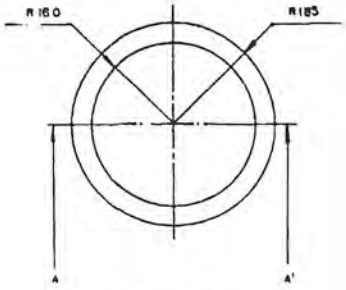
SECTION A-A'



FRONT VIEW



SIDE VIEW

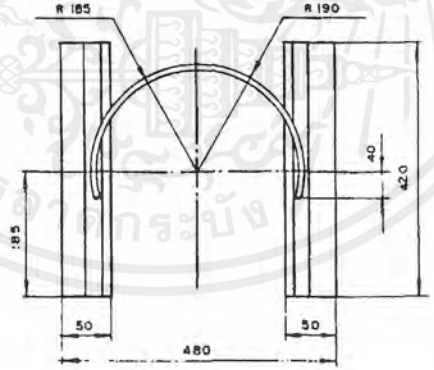


TOP VIEW

PART NO. 17

SCALE 1:7.5

UNIT OF MM.



TOP VIEW

PART NO. 19

SCALE 1:7.5

UNIT OF MM.

DETAIL OF PART

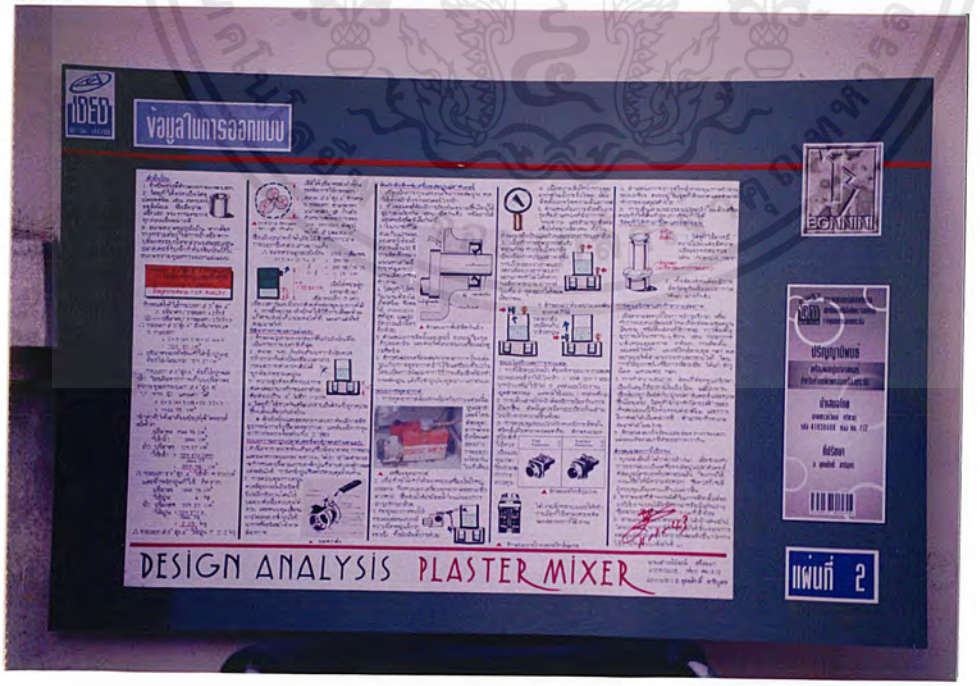
SCALE 1:7.5

UNIT OF MM.

ว.ส.ป.	20/1/43	ชื่อ - สกุล	เลขที่	แผ่นที่
น.ส.	นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชระบา		41030608	7
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	เครื่องสมบูรณ์ปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ			
	ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ			

GATEWAY NATURAL

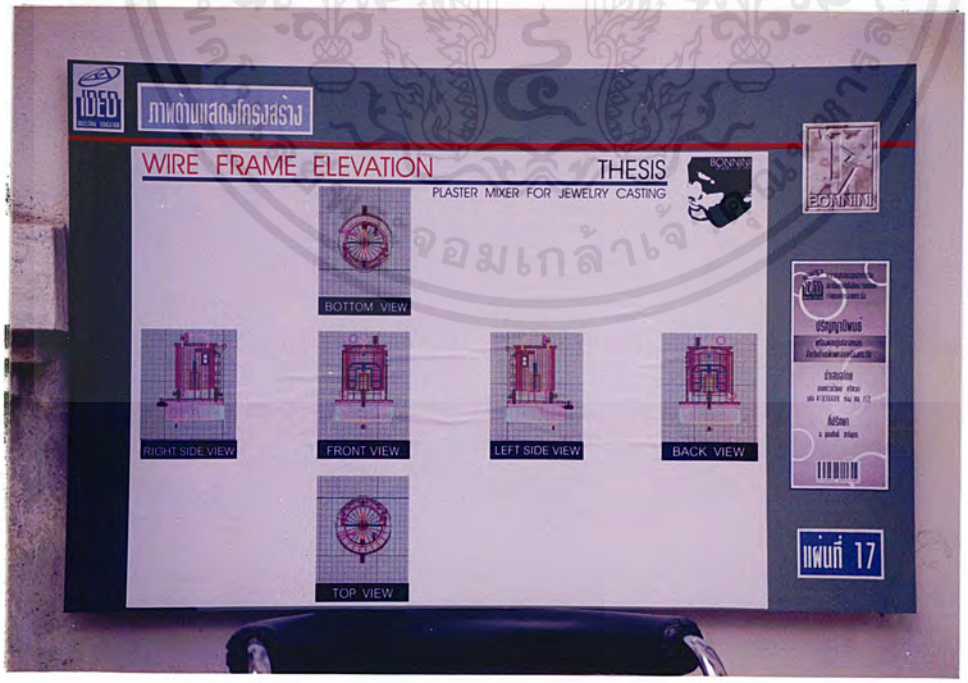
ภาพที่ 4.1 แสดงข้อมูลในการออกแบบ



ภาพที่ 4.2 แสดงข้อมูลในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

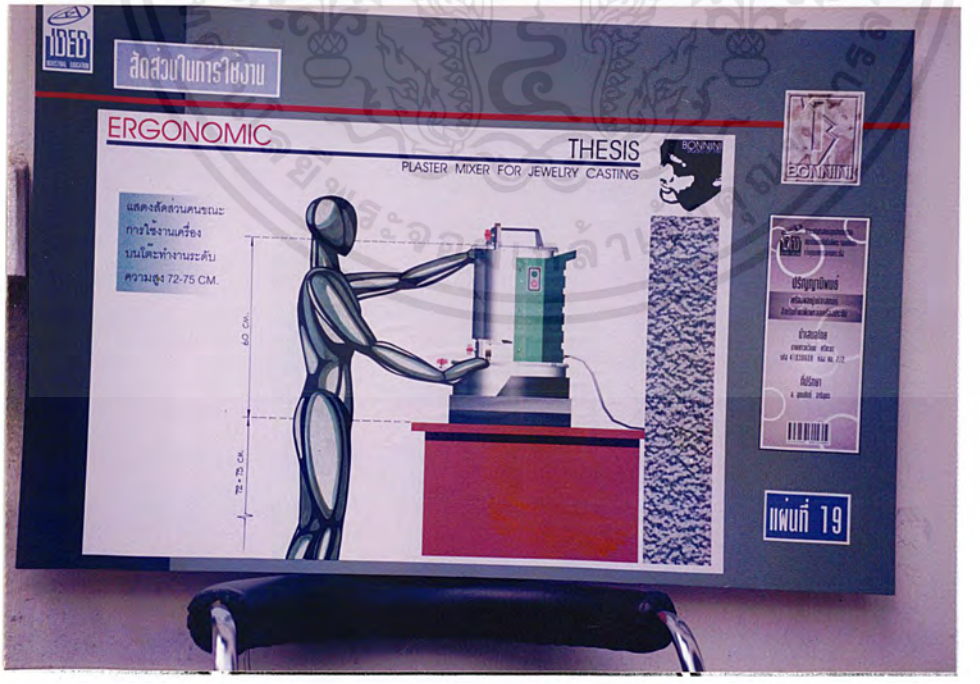
ภาพที่ 4.3 แสดงแบบร่าง



ภาพที่ 4.4 แสดงภาพด้านแสดงโครงสร้าง

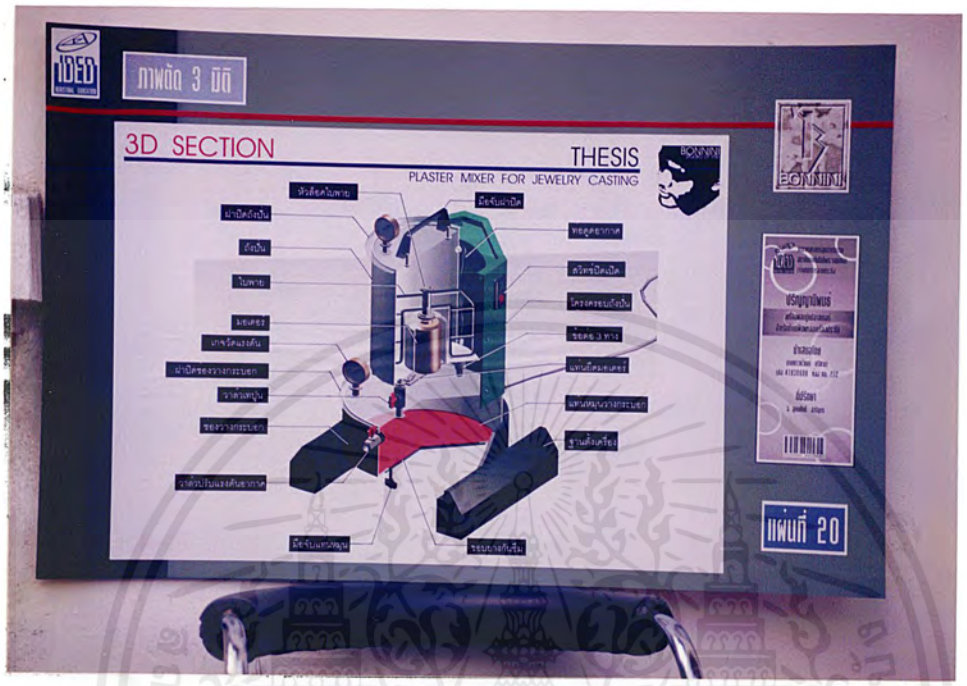
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 แสดงภาพทัศนียภาพ

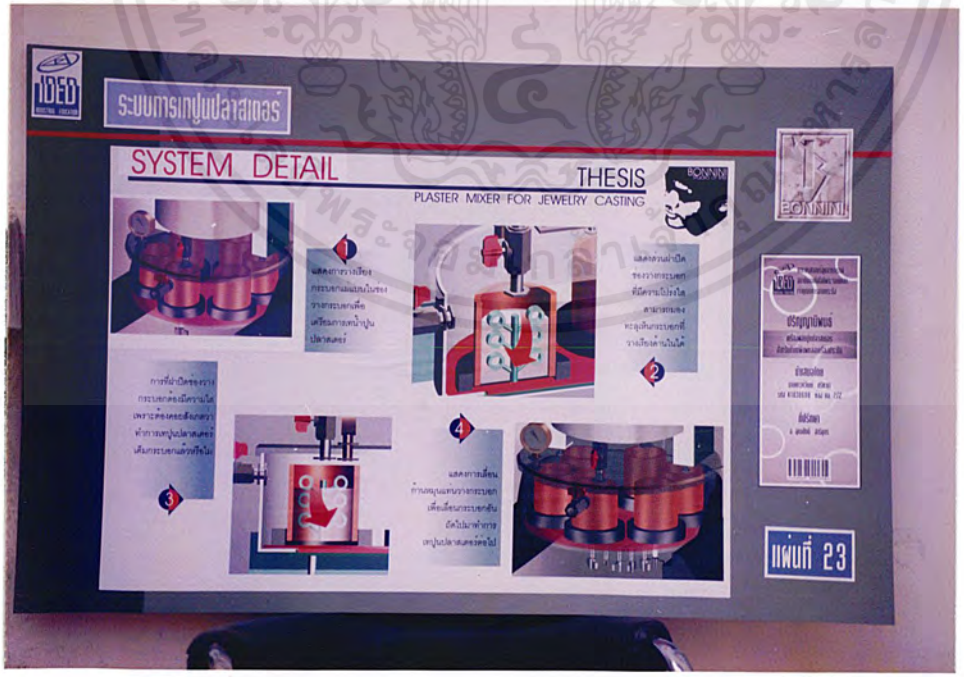


ภาพที่ 4.6 แสดงสัดส่วนการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



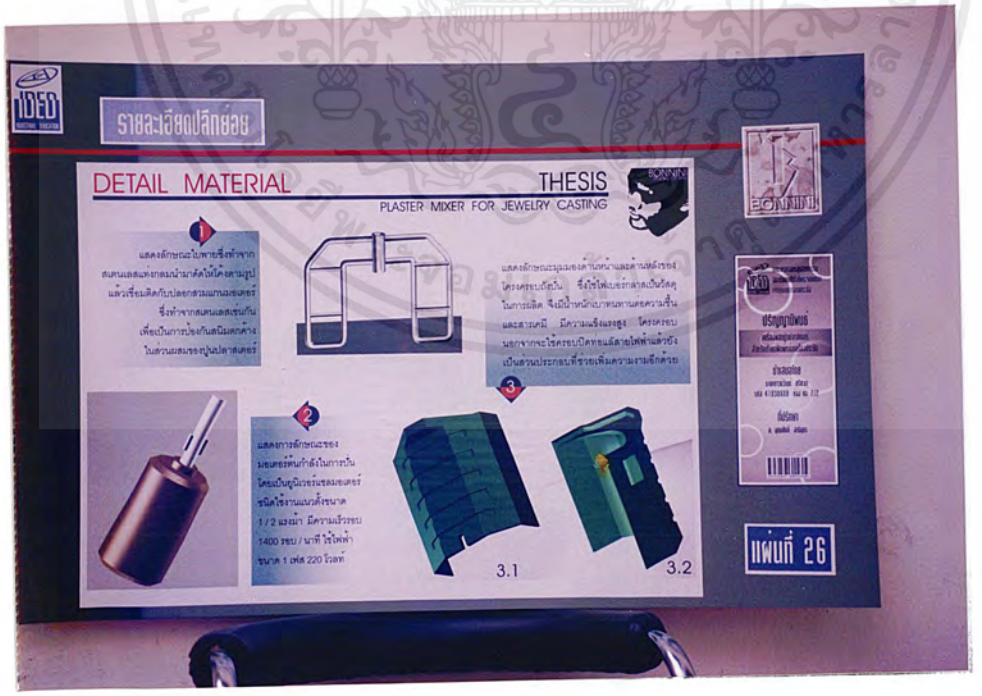
ภาพที่ 4.7 แสดงภาพตัด 3 มิติ



ภาพที่ 4.8 แสดงระบบการเทปูนปลาสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.9 แสดงการใช้งานวาล์ว



ภาพที่ 4.10 แสดงรายละเอียดปลีกย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.11 แสดงการดูแลรักษา

ภาพที่ 4.12 แสดงภาพมุมมองด้านหน้าของหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.13 แสดงภาพมุมมองด้านหลังของหุ่นจำลอง

ภาพที่ 4.14 แสดงขนาดสัดส่วนคนกับหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายในการออกแบบเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ โดยมีรูปแบบที่สอดคล้องกับกรรมวิธีในการผลิตแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์และพฤติกรรมการใช้งาน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากแหล่งข้อมูลทั้งภาคเอกสารและภาคสนาม ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตเครื่องประดับส่งออก เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทั้งจากการสัมภาษณ์และการสังเกตพฤติกรรมการใช้งาน นำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในด้านการออกแบบ นอกจากนี้ยังต้องศึกษาส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์หาข้อบกพร่อง กรรมวิธีการผลิต ศึกษาขนาดสัดส่วนความสัมพันธ์กับการใช้งาน เพื่อหามาตรฐานในการออกแบบนำมารวบรวมวิเคราะห์สรุปหาแนวทางในการออกแบบที่เหมาะสม เพื่อนำมาออกแบบปรับปรุงให้ได้เครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ ที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัยนั้นผู้วิจัยได้ตีปัญหาของผลิตภัณฑ์เดิมในเรื่องของพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้และวางแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยตั้งเป็นสมมุติฐาน จากนั้นเป็นการรวบรวมข้อมูลโดยการออกภาคสนามจากการสังเกต การสอบถามพฤติกรรมการใช้งานรวมไปถึงการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ และการรวมรวบข้อมูลทางทฤษฎีเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความสมบูรณ์ตรงตามวัตถุประสงค์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับนี้จริง ๆ แล้วเป็นการออกแบบที่มีความซับซ้อนมาก เพราะต้องคำนึงถึงระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานร่วมกับเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องระบบการดูดอากาศว่าต้องใช้เครื่องกำลังเท่าไร ขนาดของมอเตอร์สำหรับปั่น ระบบการติดตั้งการระบายน้ำ และการทำความสะอาดเครื่อง ซึ่งจากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าทั้งเอกสาร และภาคสนามนั้นบางเรื่องก็มีความคลาดเคลื่อนเคลื่อนกัน ทั้งนี้เพราะในทางปฏิบัติแล้วมีรายละเอียดและข้อปลีกย่อยอีกมากที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ ไม่สามารถที่จะกำหนดตายตัวได้ จึงควรที่จะต้องมีการศึกษาข้อมูลเปรียบเทียบจากหลาย ๆ แหล่ง เพื่อศึกษาถึงข้อดีข้อเสีย และผลกระทบอันเกิดจากแต่ละวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

จากการนำเสนอผลงานต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างมากจากคณาจารย์ผู้ซึ่งมีประสบการณ์และคุณวุฒิ ซึ่งคำแนะนำเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาให้ผลงานการวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ทั้งยังเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่มีความสนใจได้นำไปพัฒนาและแก้ไขข้อบกพร่องจากผลงานวิจัยนี้อีกด้วย

โดยสามารถสรุปข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. การใส่กราฟิกเพื่อการบ่งบอกและป้องกันความผิดพลาดในการเปิดปิดวาล์ว

2. การเพิ่มช่องบอกปริมาตรให้แก่ถังปั่นเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตวงปริมาตรของน้ำและปูนปลาสเตอร์

3. การบำรุงรักษาในกรณีที่เกิดความชำรุดหรือเสียหาย มีอะไหล่สำหรับเปลี่ยนหรือใช้ทดแทนกันได้หรือไม่ มีอะไหล่ที่เป็นมาตรฐานหรือไม่

4. การป้องกันข้อผิดพลาดของระบบในกรณีที่เป็นเหตุสุดวิสัย เช่น ไฟดับ หรือปูนปลาสเตอร์แห้งติดในถังปั่น ควรมีการแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างไร

5. การทำความสะอาดในถังปั่นรวมถึงใบพายควรออกแบบให้ชิ้นส่วนเหล่านี้มีจุดอับซึ่งทำความสะอาดยากให้น้อยที่สุด

6. การออกแบบถังปั่นควรออกแบบให้ส่วนภายในของก้นถังมีลักษณะลาดเอียงเพื่อให้น้ำปูนปลาสเตอร์สามารถไหลลงสู่วาล์วได้ง่าย ไม่เหลือตกค้างในถังปั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, **รายงานสรุปและประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การหล่อเครื่องประดับ**, กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. ,2534.

กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, **รายงานสรุปและประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การหล่อเครื่องประดับ**, กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. ,2535.

เกษมชัย บุญเพ็ง, **พื้นฐานโลหะแผ่น**, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ประกอบโมโตร, 2533.

ชวิน เป้าอารีย์, **งานโลหะ**, กรุงเทพฯ : อักษรสาส์น, 2521.

ธนบูรณ์ ศติภานุเดช, **การออกแบบระบบไฟฟ้า**, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2533.

ประทุม ชุ่มเพ็งพันธุ์, **เครื่องทองกรุงศรีอยุธยา**, กรุงเทพฯ : ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ กรมศิลปากร, 2531.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, **เซรามิกส์**, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, **ไฟเบอร์กลาส**, กรุงเทพฯ : อักษรสาส์น, 2521.

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, **พลาสติก**, กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์, 2526.

มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร, **เทคโนโลยีระบบท่อสุขภัณฑ์**, กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2521.

วิจิตร ตันทสุทธิ์, **การศึกษาการทำงาน**, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

วิทยา ทองขาว, ทฤษฎีเชื่อมแก๊สและเชื่อมไฟฟ้าเบื้องต้น, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2533.

สาคร คันธโชติ, **การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์**, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2528.

สาคร คันธโชติ, วิศิษฐ์ ศิริสัมพันธ์, **การออกแบบผลิตภัณฑ์โลหะ**, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2529.

สาคร คันธโชติ, **วัสดุผลิตภัณฑ์**, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2529.

สัมชัย นรเศรษโสภณ, **กลศาสตร์เครื่องจักรกล**, กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533.

ศูนย์สถิติการพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, **สถิติการส่งออกสินค้าสำคัญ 10 รายการแรกของไทย**, กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. ,2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบขออนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ด้วยข้าพเจ้า (นาย / ~~นาง/นางสาว~~) .....เชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา.....
นักศึกษาภาควิชา ....ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม.....สาขาวิชา...ศิลปอุตสาหกรรม.....
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่....301/188....หมู่บ้านรุ่งอรุณ 2.....
ถนน .....ฉลองกรุง.....ตำบล.....ลำปลาทิว.....
~~อำเภอ~~/เขต.....ลาดกระบัง.....จังหวัด....กรุงเทพมหานคร.....
หมายเลขโทรศัพท์.....-.....ที่ทำงาน.....-.....
มีความประสงค์ขออนุมัติเขียนวิทยานิพนธ์เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี
สาขา.....ศิลปอุตสาหกรรม.....จำนวน.....8.....หน่วยกิต
ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ
(ภาษาอังกฤษ) THE REDESIGN PROJECT OF PLASTER MIXER FOR JEWELRY CASTING
ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์.....อ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร.....
ที่อยู่ปัจจุบันของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ บ้านเลขที่...199 / 51.....~~ตรอก~~/ซอย...4.....
ถนน...เจ้าคุณทหาร.....ตำบล.....ลำปาทิว.....~~อำเภอ~~/เขต.....ลาดกระบัง.....
จังหวัด.....กรุงเทพ.....โทรศัพท์.....7374092.....
ที่ทำงาน.....คณะครุศาสตร์ฯ..เลขที่.....-.....~~ตรอก~~/ซอย.....-.....
ถนน.....ตำบล.....อำเภอ/เขต...ลาดกระบัง.....
จังหวัด.....กรุงเทพ.....โทรศัพท์.....7374092.....
ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์.....อ. เอกชัย เลิศชำชอง.....
ที่อยู่ปัจจุบันของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ บ้านเลขที่...19 / 35....~~ตรอก~~/ซอย...อินทามระ 3..
ถนน.....สุทธิสาร.....ตำบล...สามเสนใน.....~~อำเภอ~~/เขต.....พญาไท.....
จังหวัด.....กรุงเทพ.....โทรศัพท์.....2711386.....
ที่ทำงาน...คณะครุศาสตร์ฯ.....เลขที่.....-.....ตรอก/ซอย.....-.....
ถนน.....ตำบล.....~~อำเภอ~~/เขต...ลาดกระบัง.....
จังหวัด.....กรุงเทพ.....โทรศัพท์.....7374092.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าพเจ้าได้นำโครงการเสนอวิทยานิพนธ์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาแล้ว ท่านยินดีเป็นที่ปรึกษาและได้แนบโครงการเสนอวิทยานิพนธ์ดังกล่าวมาพร้อมนี้

จึงเสนอมาเพื่อพิจารณา

ลงชื่อ.....นักศึกษา

(เชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา)

ลงวันที่ ..4..เดือน..กรกฎาคม..พ.ศ.2542...

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ลงนาม

(1).....

(.....อ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร.....)

ตำแหน่ง....อาจารย์.....

ลงวันที่..4..เดือน...กรกฎาคม...พ.ศ. ..2542.....

(2).....

(.....อ. เอกชัย เลิศชำชอง.....)

ตำแหน่ง.....

ลงวันที่...4..เดือน...กรกฎาคม..พ.ศ...2542.....

(3).....

(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเสนอขออนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โครงการเสนอวิทยานิพนธ์

เรื่อง (ภาษาไทย) โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

(ภาษาอังกฤษ) THE REDESIGN PROJECT OF PLASTER MIXER FOR JEWELRY CASTING

เสนอโดย(นาย/นาง/นางสาว).....เชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา.....

นักศึกษาภาควิชา.....ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม.....สาขาวิชา ...ศิลปอุตสาหกรรม.....

จำนวนหน่วยกิตวิทยานิพนธ์.....8.....หน่วย

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

1. .....อ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร.....
2. .....อ. เอกชัย เลิศช่ำชอง.....

ประเภทวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอ

1. การศึกษาค้นคว้าข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบ
   - ก. โครงการจริง
   - ข. โครงการเสนอแนะ
   - (ค.) โครงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง
2. การศึกษาค้นคว้าข้อมูลอย่างกว้างขวางโดยละเอียดและวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การออกแบบ
   - ก. โครงการจริง
   - ข. โครงการเสนอแนะ
   - ค. โครงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง
3. การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๗ สิงหาคม 2542

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน คุณอนุภาพ ลอยฟ้า

ด้วย นายเชาวน์รัฒน์ ศรีชะบา นักศึกษาหลักสูตรต่อเนื่องชั้นปีที่ 2 ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สาขาศิลปอุตสาหกรรม มีความประสงค์จะทำการศึกษาค้นคว้าประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาศิลปอุตสาหกรรม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลกรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับและถ่ายภาพบริเวณปฏิบัติงานในโรงงาน เพื่อนำมาประกอบการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์และความร่วมมือด้วยดี ขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร ดิบุญมี ณ ชุมแพ)
ประธานดำเนินงานวิทยานิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
โทร.3266052-6101 ต่อ 2636
โทรสาร 3268506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสัมภาษณ์ประกอบการวิจัย

โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

THE REDESIGN PROJECT OF PLASTER MIXER FOR JEWELRY CASTING

ผู้วิจัย

นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สาขาศิลปอุตสาหกรรม โครงการภาควิชาครุศาสตร์ศิลปอุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสัมภาษณ์ประกอบการวิจัย
เรื่อง
โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบปรับปรุงเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์หล่อเครื่องประดับ

วัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์

1. เพื่อทราบข้อมูลของกรรมวิธี และขั้นตอนในการหล่อชิ้นงานเครื่องประดับด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
2. เพื่อรวบรวมข้อมูลด้านปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
3. เพื่อรวบรวมข้อมูลด้านเครื่องมือเครื่องจักรที่ต้องใช้ในการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

ผู้สัมภาษณ์

นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา

ผู้ถูกสัมภาษณ์

คุณอดุลย์ ขันธะนา ตำแหน่ง Supervisor บริษัท เอฟ แอนด์ อาร์ จีเวลรี่ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน

วันเวลาและสถานที่ที่ทำการสัมภาษณ์

วันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2542 เวลา 10.00 – 11.00 น. ณ บริษัท เอฟ แอนด์ อาร์ จีเวลรี่ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาการสัมภาษณ์โดยสรุป

ผู้วิจัย : อยากทราบว่ากรรมวิธีการหล่อเครื่องประดับที่ใช้กันมีกี่วิธีครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : การหล่อเครื่องประดับมี 2 วิธีด้วยกัน คือการหล่อเหวี่ยง และการหล่อดูด ซึ่งทั้งสองวิธีก็มีความแตกต่างกันที่การใช้เครื่องมือ การหล่อเหวี่ยงจะใช้กระบอกทรงทึบสำหรับเทปูนหล่อ ส่วนกระบอกแม่แบบในการหล่อดูดจะเป็นกระบอกเจาะรูเพื่อการดูดอากาศ อย่างที่โรงานนี้ก็ใช้การหล่อดูดอยู่

ผู้วิจัย : แล้วทั้งสองวิธีแตกต่างกันอย่างไรครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : มันจะต่างกันตรงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ รวมถึงเทคนิคในการหล่อ ถ้าจะให้บอกว่าข้อดีข้อเสียต่างกันอย่างไรต้องดูว่าเรามีความพร้อมทางเครื่องมือแค่ไหน เพราะจริง ๆ แล้วผลที่ได้จากทั้งสองวิธีก็ไม่ต่าง แต่การหล่อเหวี่ยงเหมาะกับผู้ประกอบการรายย่อยที่มีทุนไม่สูงนักเพราะใช้เครื่องมือเพียงไม่กี่อย่าง แค่มีมอเตอร์กับแท่นเหวี่ยง กับเครื่องดูดอากาศก็สามารถทำงานได้แล้ว

ผู้วิจัย : แล้วการหล่อดูดต้องใช้เครื่องมือมากกว่าหรือครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ถูกต้อง เพราะต้องใช้แท่นวางกระบอก แล้วยังมีปั๊มดูดอากาศ แล้วยังต้องเดินท่อดูดอากาศซึ่งทำให้การติดตั้งระบบค่อนข้างยุ่งยาก แต่วิธีนี้ให้ความสะดวกตรงที่มีความรวดเร็วกว่า ได้เปรียบในกรณีที่ต้องหล่อชิ้นงานจำนวนมาก ๆ

ผู้วิจัย : แล้ววัตถุดิบที่ใช้ในการหล่อแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะต้องต่างกันหรือเปล่าครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ไม่ต่างกันหรอก แต่จะอยู่ที่การเลือกใช้ปูนที่มีคุณภาพที่ต่างกันมากกว่า

ผู้วิจัย : คุณภาพของปูนหล่อพิจารณาได้จากอะไรบ้างครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ปูนที่ใช้หล่อต้องพิจารณาจากผู้ผลิตที่มีความไว้วางใจได้ ซึ่งโรงงานเราก็จะมีแหล่งสั่งซื้อที่ติดต่อกันประจำโดยดูจากเสป็คที่กำหนดมาว่าเหมาะสำหรับงานหล่อโลหะประเภทใดบ้าง เพราะการหล่อโลหะเครื่องประดับแต่ละอย่างต้องเผาปูนหล่อที่อุณหภูมิต่างกัน แต่เนื้อปูนเมื่อหล่อลงกระบอกแล้วต้องไม่มีฟองอากาศ และจะต้องควบคุมส่วนผสมให้ได้ตามเสป็คที่ระบุมาข้างถังด้วย

ผู้วิจัย : หากไม่ทำอย่างที่เสป็คบอกมาจะส่งผลอย่างไรต่อการหล่อบ้างครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : มันจะส่งผลโดยตรงกับตอนที่เอากระบอกออกจากเตาเผามาเทน้ำโลหะ เพราะอย่างถ้าเกิดผสมปูนแล้วน้ำมากเกินไปจะทำให้ปูนอบไม่แห้ง พอเอาไปเข้าเบ้าดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วเทน้ำโลหะปูนจะทะลุ ทำให้น้ำโลหะถูกดูดไหลออกจากกระบอกชิ้นงานก็จะเสียไปเลย

ผู้วิจัย : แล้วที่โรงงานเจอปัญหาในเรื่องนี้บ่อยหรือเปล่าครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : การหล่อเป็นขั้นตอนที่ต้องใส่ใจมากเพราะจะมีปัญหาทำนองนี้บ่อย แต่จะเกิดเพราะคนงานละเลยต่อสิ่งที่ต้องปฏิบัติ จริง ๆ แล้วปัญหาในการหล่อมันมีอีกเยอะ

ผู้วิจัย : เกิดจากการผสมปูนไม่ดีหรือเปล่าครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : นั่นก็เป็นส่วนหนึ่ง แต่ปัญหายังเกิดจากการหลอมโลหะด้วย รวมถึงการเผากระบอกเพื่อไล่เทียนด้วย ซึ่งมันมีเยอะมาก ไม่ใช่เกิดจากการผสมปูนไม่ดีอย่างเดียว ดังนั้นจะเห็นว่าการหล่อเครื่องประดับเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญเป็นอย่างมาก บางครั้งต้องอาศัยประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าด้วย

ผู้วิจัย : กระบอกแม่แบบที่ใช้เทปูนต้องมีคุณสมบัติอย่างไรบ้างครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : อย่างที่สำคัญคือต้องมีความแข็งแรงและต้องทนความร้อนได้โดยไม่หลอมละลาย เพราะต้องเอากระบอกเข้าเตาอบไล่เทียนที่อุณหภูมิสูง กระบอกที่ใช้จะทำจากสเตนเลส ที่โรงงานเราใช้กระบอกขนาด 4" x 8" สามารถหล่อชิ้นงานได้ทีลีมาก ๆ กระบอกหนึ่งหากการติดต้นแบบเทียนมีความถี่สูงก็หล่อชิ้นงานได้ราว 100 ชิ้นหากเป็นชิ้นงานเล็กๆ อย่างพวกหัวสร้อย

ผู้วิจัย : เป็นขนาดมาตรฐานเลยหรือครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ยังมีขนาดกระบอกอีกหลายขนาดแล้วแต่ปริมาณการหล่อ อย่างโรงงานใหญ่ ๆ ก็มักจะใช้กระบอกใหญ่เพราะสามารถหล่อชิ้นงานได้คราวละมาก ๆ

ผู้วิจัย : ถ้าใช้กระบอกใหญ่ขนาดนี้การเตรียมส่วนเพื่อหล่อปูนปลาสเตอร์ต้องมีการกำหนดอย่างไรครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ก็เตรียมตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตปูนปลาสเตอร์เขาระบุมา ปริมาณอาจจะมากขึ้นแต่อัตราส่วนผสมจะยังคงเท่าเดิม ที่สำคัญคือต้องมีการไล่ฟองอากาศออกตอนผสมปูนด้วยมิฉะนั้นชิ้นงานที่หล่อโลหะออกมาจะใช้ไม่ได้เลย

ผู้วิจัย : โดยการใช้เครื่องดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ใช่แล้วโดยต้องดูดอากาศออกพร้อมกันเลยกับการผสมปูน แล้วตอนเทปูนลงกระบอกก็ยังต้องดูดอากาศออกด้วยเหมือนกัน จนกว่าปูนจะเทเต็มกระบอกแล้วเดินเครื่องดูดอากาศไปจนครบเวลาที่กำหนด

ผู้วิจัย : เครื่องที่ใช้ผสมปูนก็ต้องมีขนาดความจุที่มากเลยถูกไหมครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : นั่นก็แล้วแต่ปริมาณกระบอกที่ต้องเทปูนว่าต้องใช้กี่กระบอก แล้วเป็นกระบอกขนาดใหญ่หรือเล็ก

ผู้วิจัย : เครื่องผสมปูนที่ใช้มีปัญหาในการใช้งานบ้างไหมครับ

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องการควบคุมและการบำรุงรักษามากกว่า เพราะต้องทำความสะอาดหลังใช้งานเสร็จทุกครั้ง เพราะปล่อยให้ปูนแห้งติดจะยิ่งสะสมและทำความสะอาดยาก การใช้งานต่อ ๆ ไปก็จะเริ่มส่งผลเสียต่อการเทกระบอกได้

ผู้วิจัย : ขอขอบคุณคุณอดุลย์มากครับที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัย

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ไม่เป็นไรครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้ทำการวิจัย

ชื่อ	นายเชาวน์วัฒน์ ศรีชะบา
วันเดือนปีเกิด	9 เมษายน พ.ศ. 2517
ภูมิลำเนา	56 ถ. สนามบินเก่า ต. สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200
การศึกษา	ปวช. สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
	อนุปริญญา สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
	สถาบันราชภัฏ เชียงใหม่
	ศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์
	สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2541
สถานที่ติดต่อ	301/188 หมู่บ้านรุ่งอรุณ 2 ถ. ฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว
	เขตลาดกระบัง 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้