รายงานการวิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง การสร้างเครื่องเคลือบผ้าด้วยสารหลอมเหลวร้อน

Creation of Hot Melt Fabric Coating Machine

คณะผู้วิจัย

นายวันนิวัติ วันทนา

นายมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ

นางสาวปิยะพร คามภีรภาพพันธ์

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบผลประโยชน์ปี พ.ศ. 2554

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเงินงบผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2554 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนบนผ้า ดำเนินการทดลองโดยเริ่มจากออกแบบเครื่อง จัดเตรียมอุปกรณ์ วัดและตัดโครงสร้าง ประกอบชิ้นส่วนและทดสอบการทำงานของเครื่อง จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่อง พบว่า เครื่องสามารถเคลือบสารหลอมเหลวร้อนบนผ้าตาข่ายได้อย่างสม่ำเสมอและสารสามารถยึดเกาะติดกับเส้นด้ายได้ดี นอกจากนี้ลักษณะการเคลือบสารลงบนผ้าสามารถปรับตั้งได้ โดยปรับปริมาณสารหลอมเหลวร้อน ความเร็ว ระยะห่างระหว่างตัวปาดสารกับลูกกลิ้ง และตำแหน่งการปาดสาร เป็นต้น

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)

The objective of this experiment was to create hot melt fabric coating machine. An experimental process started with machine design, material preparation, structure measurement, assembly machine, and test. The machine test results was obtained that hot melt coating machine can coat hot melt material on mesh fabric. This coat was smooth and even. The hot melt material showed good adhesion with yarn. Moreover, types of coated fabric can be controlled by adjusting amount of hot melt material, speed, distance between coater and roller, and coating position.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญที่มาของปัญหาที่จัดทำโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การเคลือบสาร	3
2.1.1 หน่วยของเครื่องเคลือบ	3
2.1.2 เทคนิคการเคลือบสารลงบนผ้า	4
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการเคลือบ	7
2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม	8
2.2.1 ลักษณะของเหล็กกล้าไร้สนิม	8
2.2.2 ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม	8
2.2.3 ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม	9
2.2.4 ประโยชน์ของการใช้งานสแตนเลส	10
2.3 มอเตอร์	11
2.3.1 ประเภทของมอเตอร์	11
2.3.2 การควบคุมมอเตอร์	12
2.4 อุปกรณ์ให้ความร้อน	12
2.4.1 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยไฟฟ้า	13
2.4.2 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้เชื้อเพลิง	15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 เทอร์โมสตัท 15

บทที่ 3 วิธีการทดลอง 16

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ 16

3.1.1 สารเคมี 16

3.1.2 อุปกรณ์ 16

3.2 การเตรียมสารเคลือบ 17

3.3 วิธีการทดลอง 17

3.3.1 ออกแบบเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน 17

3.3.2 จัดเตรียมอุปกรณ์ 17

3.3.3 วัดและตัดโครงสร้าง 17

3.3.4 ประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ 17

3.3.5 ทดสอบการทำงานของเครื่อง 17

3.3.6 การวัดผล 17

บทที่ 4 ผลการทดลอง 19

4.1 การออกแบบเครื่อง 19

4.2 การสร้างเครื่อง 22

4.2.1 ฐานเครื่อง 22

4.2.2 ระบบการนำผ้าเข้า 22

4.2.3 ระบบการเคลือบสาร 23

4.2.4 ระบบการม้วนเก็บ 28

4.2.5 ระบบควบคุม 31

4.3 การทดสอบการทำงานของเครื่องและการวัดผล 33

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 38

บรรณานุกรม 39

ภาคผนวก 41

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม	9
2.2	อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า	13
3.1	การเตรียมสารเคลือบ	17
4.1	ความหนาของผ้าตาข่ายก่อนและหลังการเคลือบสาร	34
4.2	การเคลือบติดของผ้าตาข่าย	34
4.3	เปอร์เซ็นต์การลอกออกของสารเคลือบ	35
ก-1	ความหนาของผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยมก่อนและหลังการเคลือบสาร	43
ก-2	ความหนาของผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยมก่อนและหลังการเคลือบสาร	44

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หน่วยของเครื่องเคลือบ	3
2.2 การเคลือบสารด้วยใบมีด	4
2.3 การเคลือบสารด้วย Gravure	5
2.4 การเคลือบสารด้วยการจุ่ม	5
2.5 การเคลือบสารด้วยการสเปรย์	6
2.6 การเคลือบโดยใช้การอัดรีด	6
2.7 Powder scatter coating	7
2.8 Calendering	7
2.9 มอเตอร์	11
4.1 ภาพเพอร์สเปคทีฟแบบ 2 มิติของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน	19
4.2 ภาพเพอร์สเปคทีฟแบบ 3 มิติ ด้านหน้าของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน อ้างอิงจากภาพที่ 4.1	20
4.3 ภาพเพอร์สเปคทีฟแบบ 3 มิติ ด้านหลังของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน อ้างอิงจากภาพที่ 4.1	20
4.4 ฐานเครื่อง	22
4.5 ลูกกลิ้งนำผ้าเข้า	23
4.6 อุปกรณ์ใส่สาร	24
4.7 แผ่นให้ความร้อน	24
4.8 ตำแหน่งของอุปกรณ์ใส่สาร	25
4.9 ใบมีดปาดสาร	25
4.10 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด	26
4.11 ขนาดและลักษณะของลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด	26
4.12 ลักษณะของลูกกลิ้งรีดความร้อนลูกกลิ้งกด และที่ยึด	27
4.13 ลักษณะและขนาดของถาดรองสาร	27
4.14 ถาดรองสารและลักษณะการวางถาดบนฐานเครื่อง	28
4.15 ลักษณะและขนาดของแกนใส่พลาสติก	28
4.16 ลักษณะของแกนที่ใส่ม้วนฟิล์มพลาสติกแล้ว	29
4.17 ลักษณะและตำแหน่งของลูกกลิ้งดึงผ้าออกและลูกกลิ้งม้วนเก็บ	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.18 มอเตอร์ 30
4.19 ลักษณะของตู้ควบคุม 31
4.20 สวิตซ์ปิดเปิด 31
4.21 อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว 32
4.22 อุปกรณ์ควบคุมความร้อน 32
4.23 ลักษณะของเครื่องเคลือบสารขณะเคลือบ 33
4.24 ผ้าตาข่ายขณะแปะเทปกาวและเทปกาวที่ลอกออกจากผ้าแล้ว 35
4.25 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยม ก่อนและหลังการเคลือบด้วยสารหลอมเหลวร้อน 36
4.26 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยม ก่อนและหลังการเคลือบด้วยสารหลอมเหลวร้อน 37

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

โดยทั่วไป เครื่องเคลือบสารลงบนผ้า เหมาะสำหรับการย้อมสี หรือการตกแต่งสำเร็จบนผ้า มีกระบวนการ คือ ใช้ผ้าที่ต้องการย้อมหรือเคลือบสารวิ่งผ่านอ่างสารเคมี จากนั้นผ้าวิ่งเข้าไประหว่างลูกกลิ้งสองลูกที่ปรับระดับการบีบอัดได้ เพื่อกำจัดสารส่วนเกินออก เช่น น้ำสีย้อม สารเคมีต่าง ๆ ซึ่งเครื่องเคลือบสารเหล่านี้จะเคลือบสารลงบนผ้าที่อุณหภูมิห้องเท่านั้น ไม่มีการประดิษฐ์อุปกรณ์ใดที่ทำให้เครื่องสามารถเคลือบสารที่อุณหภูมิสูงได้ ดังนั้นเมื่อต้องการเคลือบพอลิเมอร์ที่เป็นเทอร์โมพลาสติกจึงจำเป็นต้องทำให้พอลิเมอร์อยู่ในรูปสารละลายก่อนที่จะเคลือบสารลงบนผ้า แต่วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ ต้องใช้ตัวทำละลายจำนวนมาก และกระบวนการผลิตช้าเนื่องจากต้องรอให้ตัวทำละลายระเหยไป

ในส่วนของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน (Hot melt coating machine) ส่วนใหญ่เครื่องเหล่านี้มักใช้กับพอลิเมอร์ที่เป็นเทอร์โมพลาสติก โดยทั่วไปเป็นกาว ซึ่งอยู่ในรูปของผง เม็ด และ/หรือ แท่ง สถานะเริ่มต้นของสารเหล่านี้เป็นของแข็ง เมื่อสารเหล่านี้ได้รับความร้อนจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลวหนืด และถูกเคลือบลงบนวัสดุที่ต้องการ ตัวอย่างงานที่ใช้เครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน ได้แก่ การทำพรม และ งานด้านบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเครื่องนี้มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถปรับระยะระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองลูกให้แคบตามที่ต้องการได้ จึงไม่เหมาะกับการเคลือบสารลงบนวัสดุที่มีความบางมาก ๆ และเครื่องยังมีราคาแพง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะผลิตเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนสำหรับงานทางด้านสิ่งทอ เพื่อให้ได้เครื่องที่สามารถเคลือบสารลงบนวัสดุบาง ๆ ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบผ้าด้วยสารหลอมเหลวร้อน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบผ้าโดยใช้อุปกรณ์ที่ผลิตได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนลงบนผ้า
2. ทดลองการเคลือบสารหลอมเหลวร้อนลงบนผ้าตาข่าย
3. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนา ความสม่ำเสมอของผ้าหลังจากการเคลือบด้วยสารหลอมเหลวร้อน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้ทักษะการออกแบบและการสร้างเครื่อง
2. ได้เรียนรู้ทักษะการเคลือบสารลงบนผ้า
3. ได้เครื่องที่สามารถเคลือบสารหลอมเหลวร้อนลงบนผ้า หรือวัสดุบาง ๆ ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเคลือบสาร (Sen. 2008: 69)

การเคลือบสาร (Coating) คือ การเคลือบสารลงบนวัสดุที่ต้องการ (Substrate) เพื่อปรับปรุงสมบัติของพื้นผิววัสดุ เช่น ความสวยงาม การยึดเกาะ ความสามารถในการเปียก ความทนทานต่อการกัดกร่อน และทนทานต่อการขีดข่วน เป็นต้น

2.1.1 หน่วยของเครื่องเคลือบ

โดยทั่วไปในการเคลือบสารที่เป็นของเหลว มีหลักการของการเคลือบ คือ เป็นการนำสารที่ต้องการเคลือบลงสู่พื้นผิววัสดุ จากนั้นทำให้สารที่เคลือบแล้วแข็งตัว โดยหน่วยของเครื่องเคลือบประกอบด้วยหน่วยต่าง ๆ ดังนี้ (ภาพที่ 2.1)

ภาพที่ 2.1 หน่วยของเครื่องเคลือบ (1) fabric let-off arrangement (2) coating head (3) drying oven (4) winding section

ที่มา: Sen. 2008: 69

การจัดผ้าเข้าเครื่อง (Fabric let-off arrangement) ผ้าที่ต้องการใช้เคลือบสารถูกคลายออกจากม้วน และส่งต่อมาที่เครื่อง ภายใต้ความตึงที่เท่ากัน

หัวสำหรับเคลือบ (Coating head) อาจเป็นใบมีด (Knife) ลูกกลิ้ง (Roll) หรือ วิธีอื่นสำหรับการเคลือบของเหลว

การทำให้แห้ง (Drying oven) เพื่อให้สารที่เคลือบลงบนผ้าแข็งตัว อันเนื่องมาจากตัวทำละลายของสารละลายระเหยไป หรือ เนื่องจากการเย็นตัวลงของสารหลอมเหลวร้อน เตาให้ความร้อนอาจเป็นการให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ ใช้ไฟฟ้า หรือใช้อากาศร้อน การควบคุมอัตราการระเหยของตัวทำละลาย จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับความยาวของเตาอบและความร้อนเป็นอย่างมาก โดยต้องแบ่งอุณหภูมิที่ใช้ในเตาอบเป็นหลายช่วงเพื่อป้องกันการพองตัวของสารที่เคลือบ กล่าวคือใช้อุณหภูมิในช่วงแรกต่ำกว่าจุดเดือดของตัวทำละลาย และช่วงสุดท้ายที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลาย

การม้วนเก็บ (Winding section) ผ้าที่ออกจากเตาอบถูกทำให้เย็นลง จากนั้นผ้าถูกม้วนเก็บเข้าลูกกลิ้ง

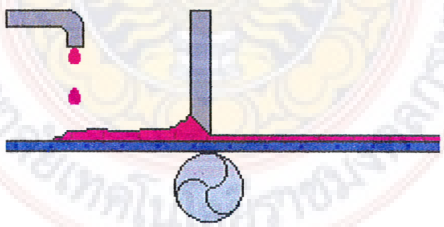
นอกจากนี้ มีหน่วยขับเคลื่อน (Drive unit) ทำหน้าที่ส่งผ้าเข้าสู่หัวสำหรับการเคลือบ ซึ่งต้องใช้ Stenter frame เพื่อป้องกันการหดตัวในระหว่างการทำให้แห้ง ความหนาของสารที่ถูกเคลือบบนผ้าสามารถวัดได้โดย β ray gauge

2.1.2 เทคนิคการเคลือบสารลงบนผ้า

จุดประสงค์ของการเคลือบสารลงบนสิ่งทอ คือ เพื่อทำให้สิ่งทอเกิดลักษณะหรือสมบัติใหม่ขึ้นบนผ้า เช่น การต้านทานการซึมของของเหลว หรือช่วยด้านความสวยงาม โดยหลักการที่สำคัญของการเคลือบสาร คือ การทำให้สารที่ต้องการเคลือบไปอยู่บนพื้นผิววัสดุโดยควบคุม % pick up ได้อย่างแน่นอน วิธีการเคลือบสารมีหลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามเครื่องมือที่ใช้ วิธีการmetering และรูปร่างของวัสดุที่นำมาเคลือบ ดังนี้

1. การเคลือบสารที่เป็นของเหลว (Fluid coating) แบ่งเป็น การเคลือบโดยใช้ใบมีด (Knife coaters) การเคลือบโดยใช้ลูกกลิ้ง (Roll coaters) การจุ่มวัสดุที่ต้องการเคลือบในสาร (Impregnators) และสารส่วนเกินจะถูกปาดออกโดยใช้ลูกกลิ้งหรือที่ปาดสาร (Squeeze roll or Doctor blades) และการเคลือบแบบพ่น (Spray coaters) สเปรย์สารที่ต้องการเคลือบไปโดยตรงหรือที่ลูกกลิ้งเพื่อเคลือบบนผ้าอีกที

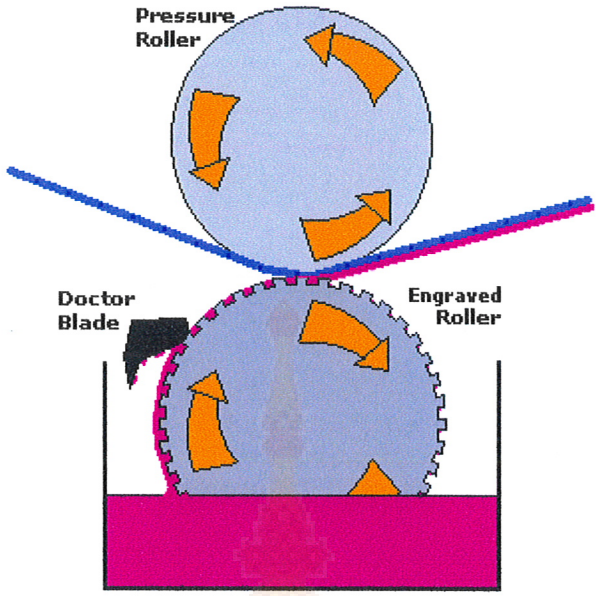
Knife coating สารที่นำมาเคลือบด้วยวิธีการนี้จะสัมผัสกับผ้าโดยตรง และใช้ใบมีดปาดสารส่วนเกินออก ใบมีดเป็นส่วนที่ควบคุมความหนาของสารบนผ้า วิธีการนี้เหมาะกับผ้าที่ค่อนข้างมีความหนา (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 การเคลือบสารด้วยใบมีด

ที่มา: Technical Coating International, Inc. 2007: online

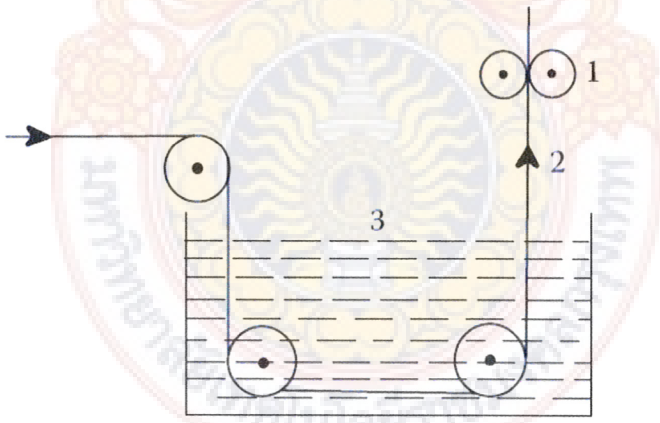
Gravure coating ใช้ Engraved roller วิ่งผ่านอ่างสารเคมี ทำให้สารเคมีเกาะติดบนช่องว่างของ roller สารเคมีส่วนเกินจะถูกปาดออกโดยมีดปาด เมื่อผ้าวิ่งผ่านระหว่าง Engraved roller และ Pressure roller สารเคมีจะถูกผ่านไปบนผ้า (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 การเคลือบสารด้วย Gravure

ที่มา: Technical Coating International, Inc. 2007: online

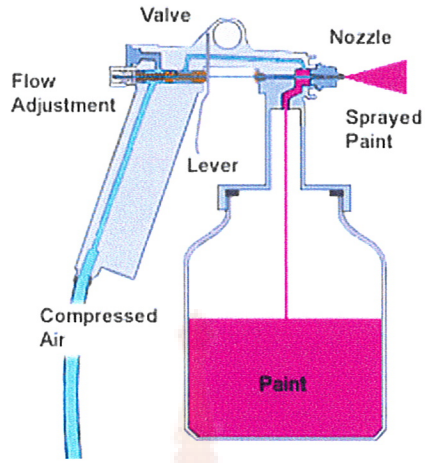
Dip coating การเคลือบสารลงบนผ้าด้วยวิธีนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Impregnation หรือ Saturation เป็นกระบวนการที่ผ่านผ้าลงไปในสารที่ต้องการเคลือบ จากนั้นผ้าจะผ่านลูกกลิ้งบีบอัดหรือใบมีดปาดเพื่อกำจัดสารส่วนเกินออก (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 การเคลือบสารด้วยการจุ่ม (1) squeeze rolls (2) web (3) dipping tank

ที่มา: Sen. 2008: 69

Spray coating การเคลือบสารลงบนผ้าด้วยวิธีนี้จะใช้แรงดันจากปั๊มลมเป็นตัวขับเคลื่อนสารที่ต้องการให้ไปตกลงบนวัสดุสิ่งทอ (ภาพที่ 2.5)

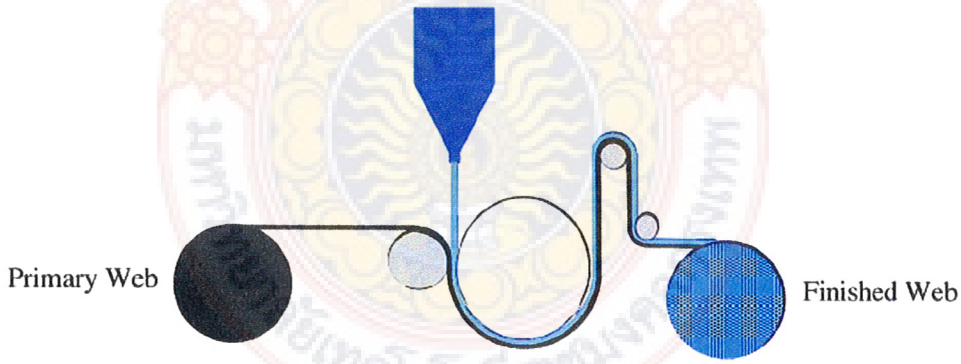


ภาพที่ 2.5 การเคลือบสารด้วยการสเปรย์

ที่มา: ABAC UK limited. n.d.: online

2. การเคลือบสารที่เป็นของแห้ง (Coating with dry compound) แบ่งเป็น การเคลือบสารหลอมเหลว (Melt coating) เช่น Extrusion coating Powder coating และ การบดรีด (Calendering)

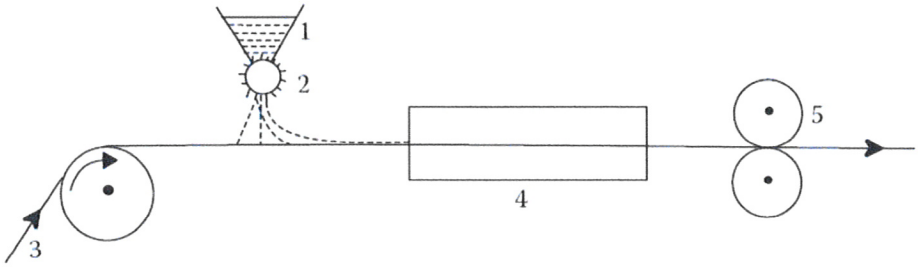
Extrusion coating กระบวนการนี้ใช้สารเคลือบที่ไม่มีตัวทำละลายใด ๆ ผสมอยู่ โดยสารเคลือบถูกบีบอัดโดยแรงโน้มถ่วงของโลก หรือใช้ความดันภายในเครื่อง เพื่อที่จะเคลือบลงบนวัสดุที่ต้องการเคลือบโดยตรง เช่น กระดาษ ฟิล์ม ผ้า เป็นต้น (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 การเคลือบโดยใช้การอัดรีด (Extrusion coating)

ที่มา: Dodrill. n.d.: online

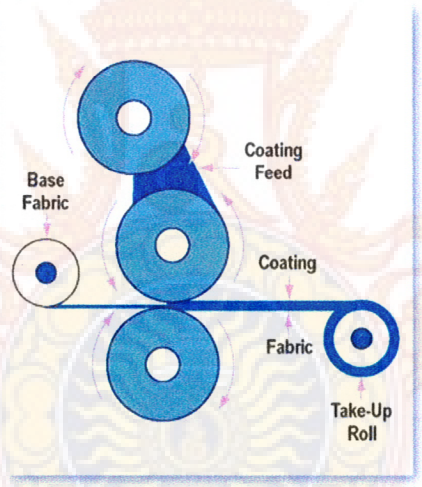
Powder coating เป็นการสเปรย์สารหลอมเหลวร้อนลงบนพื้นผิววัสดุที่ต้องการเคลือบ วัสดุในรูปผงถูกฉีดเข้าไปในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งทำให้สารได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วและมีความเร็วสูงมาก วัสดุที่ร้อนจะตกไปที่วัสดุที่ต้องการเคลือบและเย็นลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 Powder scatter coating (1) hopper (2) rotating brush (3) fabric let-off (4) infrared heater (5) two roll calender

ที่มา: Sen. 2008: 69

Calendering เครื่องรีดเป็นเครื่องที่ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้งจำนวน 2-4 ลูก ทำจากเหล็กหล่ออย่างดี ผิวหน้าขัดเรียบ หรือใช้เมื่อต้องการเคลือบสารบาง ๆ ลงบนวัสดุที่ต้องการเคลือบ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นเรียบ มีความหนาและความกว้างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 Calendering

ที่มา: Trelleborg Engineered Fabrics. 2011: online

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการเคลือบ

การใช้วิธีการเคลือบแบบใดขึ้นกับหลายปัจจัย ดังนี้

1) ธรรมชาติของวัสดุที่จะเคลือบ
2) ลักษณะของสารและความหนืดของของเหลวที่ใช้เคลือบ
3) การใช้งานและความสม่ำเสมอในการเคลือบ
4) เศรษฐศาสตร์ของกระบวนการ

2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิม หรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อ สแตนเลส เป็นเหล็กที่โครเมียม ร้อยละ 10.5 หรือมากกว่าทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (Chromium oxide film: CrO_2 หรือเรียกว่า Passive film) ที่มองไม่เห็นเกาะติด แน่นอยู่ที่ผิวหน้าทำให้เหล็กกล้า ฟิล์มนี้มีหน้าที่ป้องกันพื้นผิว โดยถ้าฟิล์ถูกทำลายไปเนื่องจากแรงกล สารเคมี หรือสิ่งใดก็ตาม พื้นผิวจะสามารถสร้างฟิล์มโครเมียมไดออกไซด์มาทดแทนได้

2.2.1 ลักษณะเด่นของเหล็กกล้าไร้สนิม (มนัส สถิรจินดา. 2539: 72-83)

1) ความต้านทานการกัดกร่อนสูง
2) ผิวเงางาม
3) ทนความร้อนได้ดี
4) ขึ้นรูปได้ดี
5) เชื่อมได้ง่าย

2.2.2 ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม (C-form Co., Ltd. 2010: online)

เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างจุลภาคได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1) เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic grade)
2) เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก (Austenitic grade)
3) เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก (Martensitic grade)
4) เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex grade)
5) เหล็กกล้าไร้สนิมอบชุบแข็งด้วยการตกผลึก (Precipitation-hardening grade)

<u>เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก</u> เป็นเหล็กที่ผสมโครเมียมประมาณ 12 หรือ 17% มีโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟอร์ไรต์และมีคุณสมบัติที่แม่เหล็กสามารถดูดติดได้ ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ปานกลาง มีค่าความยืด (Elongation) สูง เช่น เกรด 430 และ 409 มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มออสเตนนิติก เหมาะกับการใช้งานในด้านอุปกรณ์ตกแต่งอาคาร เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ทำชิ้นส่วนเครื่องซักผ้า ชิ้นส่วนระบบท่อไอเสีย และในบางเกรดจะผสมโครเมี่ยมสูงเพื่อใช้กับงานที่ต้องทนอุณหภูมิสูง เป็นต้น

<u>เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก</u> เป็นเหล็กที่ผสมโครเมียมประมาณ 17% และนิกเกิลประมาณ 9% การผสมนิกเกิลจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อนและทำให้โครงสร้างจุลภาคเป็นออสเตนไนต์ มีคุณสมบัติที่แม่เหล็กไม่ดูดติด (ในสภาพผ่านการอบอ่อน) สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนดีกว่าเหล็กกลุ่มเฟอร์ริติก มีค่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก (Yield strength) ใกล้เคียงกับของ

กลุ่มเฟอร์ริติก แต่จะมีค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และค่าความยืด (Elongation) สูงกว่า จึงสามารถขึ้นรูปได้ดีมาก เช่น เกรด 304 316L 321 และ301 ซึ่งสามารถนำไปใช้งานเป็นหม้อ ช้อน และถาด นอกจากนี้เหล็กกลุ่มนี้ในบางเกรดจะผสมโครเมี่ยมและนิเกิลเพิ่มเพื่อให้สามารถทนต่อการเกิดออกซิเดชั่นที่อุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้สามารถใช้เป็นส่วนประกอบของเตาหลอมได้

เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก เป็นเหล็กที่ผสมโครเมียมประมาณ 11.5-18% มีค่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก (Yield strength) และความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) สูงมาก แต่จะมีค่าความยืดตัว (Elongation) ต่ำ เช่น เกรด 420 ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำมีด เครื่องมือตัดชิ้นส่วน เครื่องมือผ่าตัด หัวฉีด สปริง และเพลา เป็นต้น

เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เป็นเหล็กที่มีโครงสร้างผสมระหว่างออสเตนไนต์และเฟอร์ไรต์ มีโครเมี่ยมผสมประมาณ 21-28% และนิกเกิลประมาณ 3-7.5% มีความต้านทานแรงดึงที่จุดครากสูงและค่าความยืดสูง เช่น เกรด 2304 2205 และ 2507 ใช้ทำแผงและท่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ และถังเก็บ เป็นต้น

เหล็กกล้าไร้สนิมอบชุบแข็งด้วยการตกผลึก เป็นเหล็กที่มีโครเมียมผสม 15-18% และนิกเกิลอยู่ประมาณ 3-8% เหล็กกลุ่มนี้สามารถทำการชุบแข็งได้ เช่น เกรด PH13-9Mo และ AM-350 เหมาะสำหรับทำแกน ปั๊ม และหัววาล์ว

2.2.3 ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม

โดยทั่วไปผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมมีหลากหลาย ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งแบ่งได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม (ร้านเอกสตีล. 2007: online)

ชื่อผิว	ลักษณะ
No.1	รีดร้อนหรือรีดเย็น / อบอ่อน หรือปรับปรุงด้วยความร้อน คราบออกไซด์ไม่ได้ขจัดออก ใช้งานในสภาพที่รีดออกมาโดยทั่วไปจะใช้งานที่ทนความร้อน
2D	สภาพผิว 2D หลังจากการรีดเย็น ความหนาลดลง ผ่านการอบอ่อนและการกัดผิวโดยกรด ลักษณะผิวสีเทาเงินเรียบ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม (ร้านเอกสตีล. 2007: online)

ชื่อผิว	ลักษณะ
2B	ผิว 2D ที่ผ่านลูกรีดขนาดใหญ่กดทับ ปรับความเรียบ เพิ่มความเงา ผิวเงาสะท้อนปานกลาง ผลิตโดยวิธีการรีดเย็น ตามด้วยการอบนำอ่อนขจัดคราบออกไซด์ และนำไปรีดเบา ๆ ผ่านไปยังลูกกลิ้งขัด ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปของการรีดเย็น ผิวที่ได้ส่วนมากจะอยู่ในระดับ 2B
BA	ผ่านกระบวนการรีดเย็นโดยความหนาลดลงทีละน้อย ๆ ผ่านการอบอ่อนด้วยก๊าซไฮโดรเจน เพื่อป้องกันกันการออกซิเดชั่นกับออกซิเจนในอากาศ ผิวมันเงาสะท้อนความเงาได้ดี ผิวผลิตภัณฑ์สเตนเลสจะกระทำด้วยวิธีนี้ ซึ่งจะมีเครื่องหมาย BA หรือ No.2BA A ซึ่งผิวอบอ่อนเงา จะมีลักษณะเงากระจก ซึ่งเริ่มต้นจากการรีดเย็น อบอ่อนในเตาควบคุมบรรยากาศ ผิวเงาที่เห็นจะเป็นการขัดผิวด้วยลูกกลิ้งขัดผิว หรือเจียรนัยผิวตามเกรดที่ต้องการ ผิวอบอ่อนเงาส่วนมากจะใช้กับงานสถาปัตยกรรม ที่ต้องการผิวสะท้อน ผิวอบอ่อนสีน้ำนมจะไม่สะท้อนแสงเหมือนกับ No.8 จะใช้กับงานที่เป็นขอบ ชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม ภาชนะในครัว อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตอาหาร
No. 4	สภาพผิว 2B ที่ผ่านการจัดถูด้วยกระดาษทรายเบอร์ 120-220 โดยค่าความหยาบขึ้นอยู่กับแรงกด, ขนาดของอนุภาคเม็ดทราย และระยะเวลาการใช้งานของกระดาษทราย ผิว No.4 เป็นสภาพผิวที่สนองต่อการนำไปใช้งานทั่วไป เช่น ร้านอาหาร อุปกรณ์เครื่องใช้ในครัว อุปกรณ์รีดนม
No. 8	สภาพผิว 2B BA ขัดด้วยผ้าขัดอย่างละเอียดมากขึ้นตามลำดับ เช่น #1000 ผ้าขนสัตว์โดยมีผงขัดอะลูมิเนียมและโครเมียมออกไซด์ ส่วนมากจะเป็นผิวเงาสะท้อนคล้ายกระจกเงาผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นสเตนเลสชนิดแผ่น โดยผิวจะถูกขัดด้วยเครื่องขัดละเอียด นำไปใช้กับงานตกแต่งทางด้านสถาปัตยกรรม และงานที่เน้นความสวยงาม

2.2.4 ประโยชน์ของการใช้งานสแตนเลส

1) ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)
2) งานอุณหภูมิเย็นจัด ป้องกันการแตกเปราะ
3) ใช้งานอุณหภูมิสูง (High temperature)ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง
4) มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High strength vs. mass)

5) งานที่ต้องการสุขอนามัย(Hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง

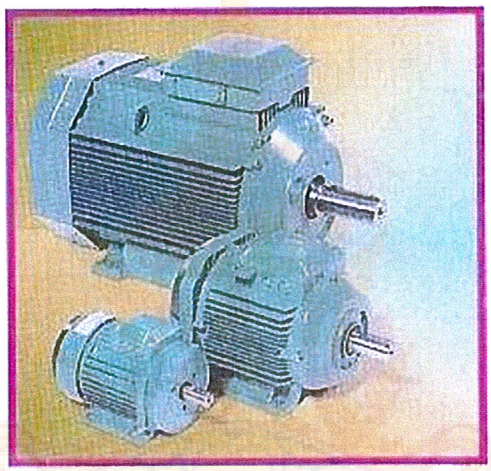
6) งานด้านสถาปัตยกรรม (Aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี

7) ไม่ปนเปื้อน (No contamiation) ป้องกันการทำ ปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา

8) ต้านทานการขัดถูแบบเปียก (Wet abrasion resistance)

2.3 มอเตอร์

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ (ภาพที่ 2.9) ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า ถึงประมาณ 80-90%



ภาพที่ 2.9 มอเตอร์

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ม.ป.ป.: ออนไลน์

มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแม่เหล็กถาวรและส่วนของขดลวดตัวนำ หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า คือ การอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลักกันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ จึงเกิดการหมุนเคลื่อนไปได้

2.3.1 ประเภทของมอเตอร์

มอเตอร์สามารถแบ่งได้หลากหลายตามแหล่งกำเนิดไฟฟ้า โครงสร้างการทำงานและการประยุกต์ใช้งาน

<u>มอเตอร์กระแสตรง</u> เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วย 2 ขั้ว วางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ ขดลวดตัวนำจะได้รับแรงดันไฟตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก 2 ชุด มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กัน เกิดแรงผลักดันทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้

มอเตอร์กระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) มอเตอร์เฟสเดียว ใช้กับแรงดัน 220 โวลต์ มีสายไฟเข้าไปยังตัวมอเตอร์ 2 เส้น มีแรงม้าไม่สูงมากนัก

2) มอเตอร์สามเฟส ใช้กับแรงดันอย่างต่ำ 380 โวลต์ สายไฟเข้า 3 เส้น สามารถสร้างกำลังแรงม้าสูงได้

2.3.2 การควบคุมมอเตอร์

การควบคุมมอเตอร์ หมายถึง การทำให้มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง และทำให้เกิดความปลอดภัยต่อตัวมอเตอร์และอุปกรณ์ที่ต่อกับมอเตอร์ รวมถึงทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย การควบคุมมอเตอร์สามารถแบ่งตามลักษณะการสั่งอุปกรณ์ควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน เป็น 3 ประเภท คือ

การควบคุมด้วยมือ (Manual control) เป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานควบคุมให้ระบบกลไกทางกลทำงาน ซึ่งมอเตอร์จะถูกควบคุมจากการสั่งงานด้วยมือโดยควบคุมผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซฟตี้สวิตซ์ (Safty switch) ดรัมสวิตซ์ (Drum switch) ตัวควบคุมแบบหน้าจาน (Face plate control) เป็นต้น

การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic control) เป็นการสั่งงานโดยใช้สวิตซ์ปุ่มกด (Push bottom) ที่สามารถควบคุมระยะไกลได้ การควบคุมนี้ต้องอาศัยคนคอยยกสวิตซ์จ่ายไฟให้กับสวิตซ์แม่เหล็ก แม่เหล็กจะดูดให้หน้ามาแตะกัน เมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ก็ต้องใช้คนกดสวิตซ์ปุ่มกดอีก

การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control) การควบคุมนี้ต้องอาศัยอุปกรณ์ชี้นำ เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลง เช่น สวิตซ์ลูกลอย ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับน้ำในถัง และสั่งให้มอเตอร์ปั๊มทำงานเมื่อน้ำหมดถัง และสั่งให้มอเตอร์หยุดเมื่อน้ำเต็มถัง หรือ เทอร์โมสตัท ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าตามอุณหภูมิสูงหรือต่ำ เป็นต้น วงจรการควบคุมแบบนี้อาศัยคนกดปุ่มเริ่มต้นในครั้งแรกเท่านั้น หลังจากนั้นวงจรจะทำงานโดยอัตโนมัติ

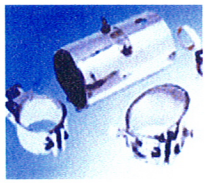
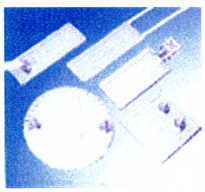
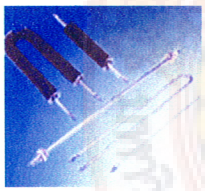
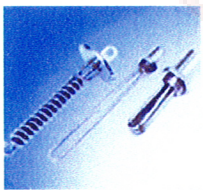
2.4 อุปกรณ์ให้ความร้อน

อุปกรณ์ให้ความร้อน สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าและโดยใช้เชื้อเพลิง ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

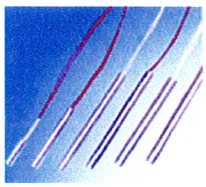
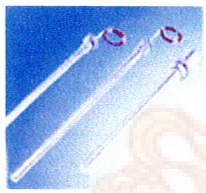
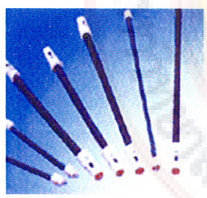
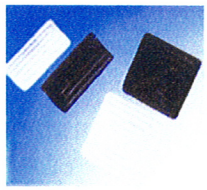
2.4.1 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยไฟฟ้า

หลักการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง ลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง ซึ่งถูกแบ่งเป็นลักษณะต่าง ๆ ตามการใช้งาน ดังตารางที่ 2.2

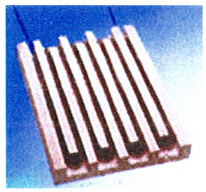
ตารางที่ 2.2 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า (ห้างหุ้นส่วนจำกัด สมบัติบุญ ฮีทเตอร์. ม.ป.ป: ออนไลน์)

ลักษณะของอุปกรณ์ให้ความร้อน	การใช้งาน
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบรัดท่อ (Band heater) 	ให้ความร้อนกับท่อหรือถังรูปทรงกระบอกโดยการรัดจากภายนอก เช่น งานฉีดพลาสติก
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบแผ่น (Strip heater) 	ให้ความร้อนแก่วัสดุผิวเรียบโดยขันน๊อตยึด
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบครีบหรือท่อกลม (Finned tubular heater) 	ให้ความร้อนในเตาอบ
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบจุ่ม (Immersion heater) 	ให้ความร้อนกับของเหลว เช่น งานต้มน้ำ อุ่นน้ำมัน

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า

ลักษณะของอุปกรณ์ให้ความร้อน	การใช้งาน
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบแท่ง (Cartridge heater) 	ให้ความร้อนกับโมลโลหะ เช่น ในงานบรรจุหีบห่อ งานฉีดพลาสติก
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบทิวบิวลาร์ (Tubular heater) 	ให้ความร้อนได้กับทั้งอากาศ และของเหลว
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบบอบบิ้น (Bobbin heater) 	ให้ความร้อนกับของเหลว เช่น งานชุบ งานแช่ในกรด หรือสารละลาย
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบแท่งและโคม (Infrared heater) 	ให้ความร้อนในเตาเอบหรือติดตั้งเหนือคอนเวย์เยอร์
อุปกรณ์ให้ความร้อนอินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิค (Infrared heater) 	มีขนาดเล็กเหมาะกับงานที่มีพื้นที่ติดตั้งจำกัด ให้ความร้อนรวดเร็ว ประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า

ลักษณะของอุปกรณ์ให้ความร้อน	การใช้งาน
อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบขดลวด (Coil Heater with Ceramic Plate) 	ให้ความร้อนกับงานที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ ได้ สามารถทนอุณหภูมิสูงสุดถึง 1,400 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนได้รวดเร็ว ประหยัดพลังงาน

2.4.2 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้เชื้อเพลิง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

หลักการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ อาศัยการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง แล้วถ่ายเทให้กับของเหลว (ตัวกลาง) ที่ไหลอยู่ภายในท่อ เช่น น้ำร้อน ไอน้ำ และน้ำมันร้อน การเลือกใช้ตัวกลางชนิดใดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ต้องการ เช่น ใช้น้ำร้อน กับกระบวนการผลิตที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงมากนัก (ไม่เกิน 120 องศาเซลเซียส) ใช้น้ำมันร้อนเป็นตัวกลางสำหรับกระบวนการผลิตที่ใช้อุณหภูมิสูง (สูงถึง 400 องศาเซลเซียส) ไม่สามารถใช้ไอน้ำได้ และเหมาะกับกระบวนการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง ในกรณีที่ต้องการอุณหภูมิคงที่จำเป็นต้องใช้ไอน้ำ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึงจุดคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ด้วย

2.5 เทอร์โมสตัท

เทอร์โมสตัท (Thermostat) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ควบคุมอุณหภูมิของระบบเพื่อที่ว่าอุณหภูมิของระบบจะถูกคงไว้มีค่าใกล้เคียงกับค่าของอุณหภูมิ ณ จุดที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 ชนิด ประกบติดกัน โดยที่โลหะทั้งสองชนิดมีความสามารถในการขยายตัวต่างกันเมื่อได้รับความร้อน เช่น แผ่นเหล็กกับทองแดง แผ่นเหล็กกับแผ่นทองเหลือง ซึ่งอาจ เรียกว่าแผ่นโลหะคู่ เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะคู่จะขยายตัว โดยที่โลหะที่มีการขยายตัวมากกว่าจะพยายามดันตัวออก แต่จะถูกโลหะที่ขยายตัวน้อยกว่าที่ดึงไว้ ทำให้เกิดการโค้งงอไปทางด้านโลหะที่มีการขยายตัวน้อยกว่า หน้าสัมผัสหรือคอนแทค ที่ต่อวงจรก็จะแยกออกจากกันแต่เมื่ออุณหภูมิของแผ่นโลหะคู่ลดลงแผ่นโลหะทั้งสองจะกลับสู่สภาพเดิม ทำให้วงจรต่อเชื่อมกันดังเดิม (ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการเคลือบผ้า สำหรับงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. Poly[styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b-styrene] เกรด Kraton 1651 (Toyota Tsusho (Thailand) Co.,Ltd)
2. Paraffin oil
3. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
4. สารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น

3.1.2 อุปกรณ์

1. ผ้าตาข่าย
2. ลูกกลิ้งสแตนเลส
3. มอเตอร์
4. แผ่นให้ความร้อน
5. โซ่
6. ล้อ
7. แผ่นสแตนเลส
8. ตลับเมตร
9. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
10. ประแจ
11. สายไฟ
12. คีมตัดสายไฟ
13. ฟิล์มพลาสติก
14. ไขควง
15. ที่เชื่อมเหล็ก
16. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
17. เครื่องปั่นเชิงกล (Mechanical stirrer)
18. บิกเกอร์
19. เทอร์โมมิเตอร์

3.2 การเตรียมสารเคลือบ

ชั่งสารเคมีสำหรับการเคลือบผ้าตามตารางที่ 3.1 ลงในบิกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นเชิงกล ความเร็ว 500 รอบต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที หรือ จนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทสารเคมีที่ได้ลงในอุปกรณ์ใส่สารเคมีของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส เพื่อทำการเคลือบสารลงบนผ้า

ตารางที่ 3.1 การเตรียมสารเคลือบ

สาร	ปริมาณ (กรัม)
Poly[styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b-styrene]	20.00
Paraffin oil	320.00
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	60.80
สารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น	0.50

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ออกแบบเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน

3.3.2 จัดเตรียมอุปกรณ์

3.3.3 วัดและตัดโครงสร้าง

3.3.4 ประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ

3.3.5 ทดสอบการทำงานของเครื่อง

3.3.6 การวัดผล

<u>ความหนา</u>

วัดความหนาของผ้าก่อนและหลังการเคลือบ (ทั้งการเคลือบแบบครึ่งช่องและเคลือบเต็มช่อง) ในตำแหน่งที่แตกต่างกันจำนวน 10 ตำแหน่งโดยใช้เครื่องไมโครมิเตอร์แล้วหาค่าเฉลี่ย

<u>การเคลือบติดและเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอในการเคลือบติด</u>

วัดการเคลือบติดและเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอในการเคลือบติดบนผ้าตาข่าย โดยการสร้างตารางสำหรับวัดผลการเคลือบติดบนแผ่นพลาสติกใส ให้แต่ละช่องของตารางมีขนาดเท่ากับขนาดของรูผ้าตาข่าย วัดการเคลือบติดจำนวน 100 ช่องโดยใช้วิธีการสังเกตด้วยตาเปล่า และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอในการเคลือบติดบนผ้าตาข่ายในแต่ละลักษณะตามสมการที่ 3-1

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเคลือบติด} = \frac{\text{จำนวนช่องของผ้าที่ถูกเคลือบติด}}{\text{จำนวนช่องทั้งหมด}} \times 100 \quad \text{---[3-1]}$$

<u>เปอร์เซ็นต์การลอกออก</u>

วิธีการทดสอบการลอกออกของสารเคลือบบนผ้าตาข่าย คือ ใช้เทปกาวใส ขนาดกว้าง 18 มิลลิเมตร (Intertape®) ของบริษัทหลุยส์ผลิตภัณฑ์กาวเทป จำกัด ติดบนผ้าตาข่ายที่ผ่านการเคลือบสารแล้ว ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ทำการลอกเทปกาวออกและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลอกออกของสาร ตามสมการที่ 3-2

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลอกออก} = \frac{\text{จำนวนช่องที่สารถูกลอกออก}}{\text{จำนวนช่องทั้งหมด}} \times 100 \quad \text{---[3-2]}$$

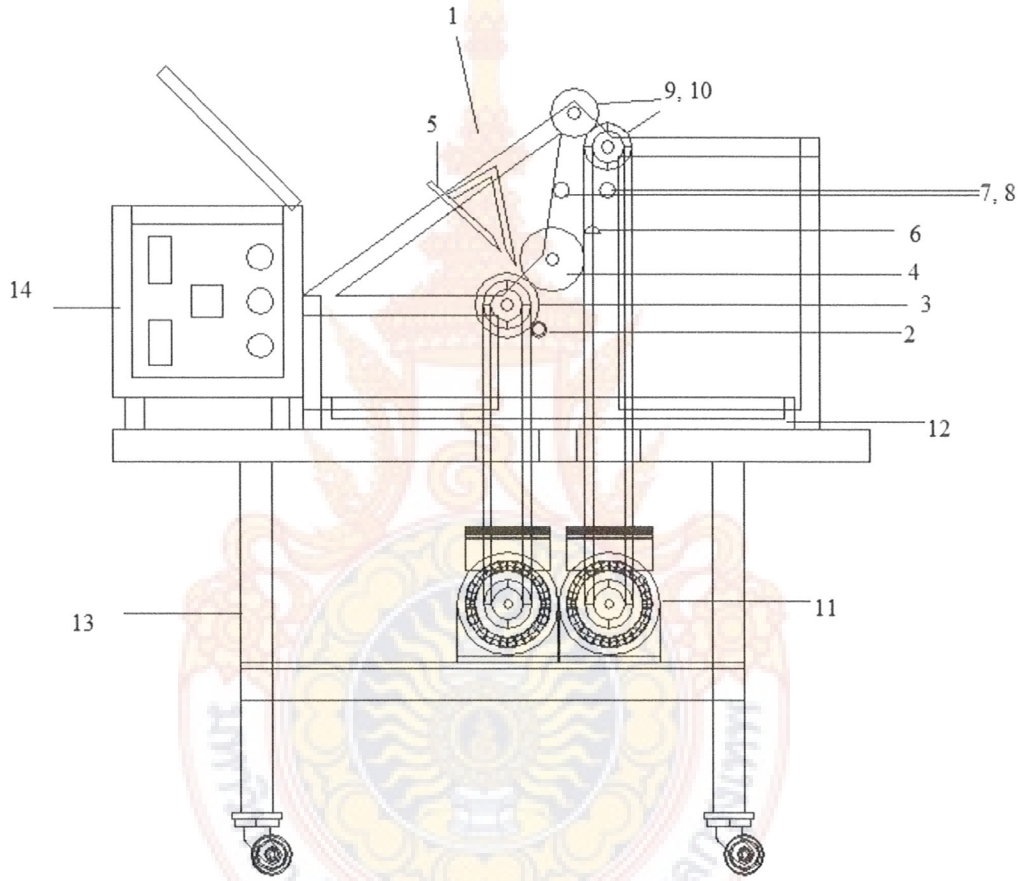
<u>การตรวจสอบพื้นผิวของผ้า</u>

ตรวจสอบพื้นผิวของผ้าก่อนและหลังการเคลือบสารด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รุ่น 4510-Jeol (Jeol Ltd., Japan) การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะของผ้า มีขั้นตอนดังนี้ ตัดตัวอย่างผ้าตาข่ายขนาด 1 เซนติเมตร × 1 เซนติเมตร ติดลงบนเทปกาวสองหน้าเพื่อยึดตัวอย่างกับแท่นรองรับซึ่งทำจากทองเหลือง (Brass stub) จากนั้นเคลือบทองลงบนผิวผ้าเพื่อให้มีสมบัติการนำไฟฟ้า แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 20 เท่า

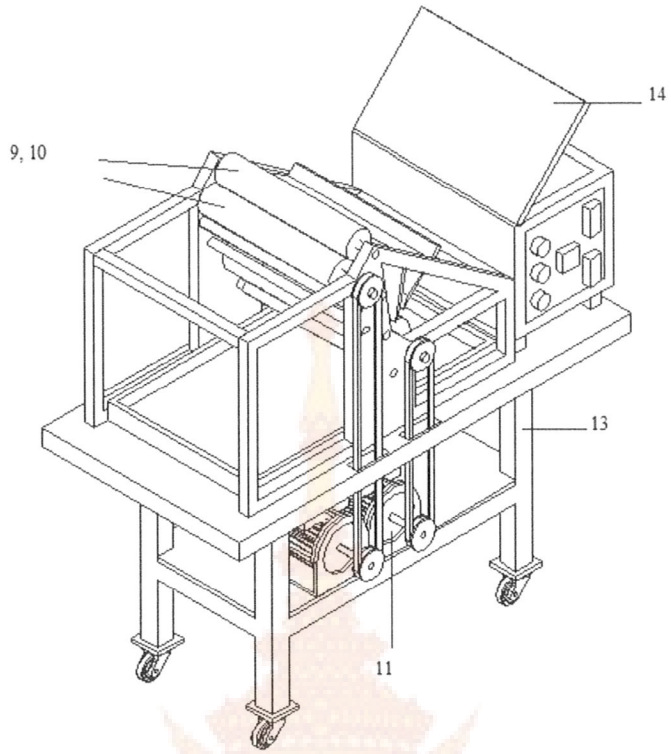
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การออกแบบเครื่อง

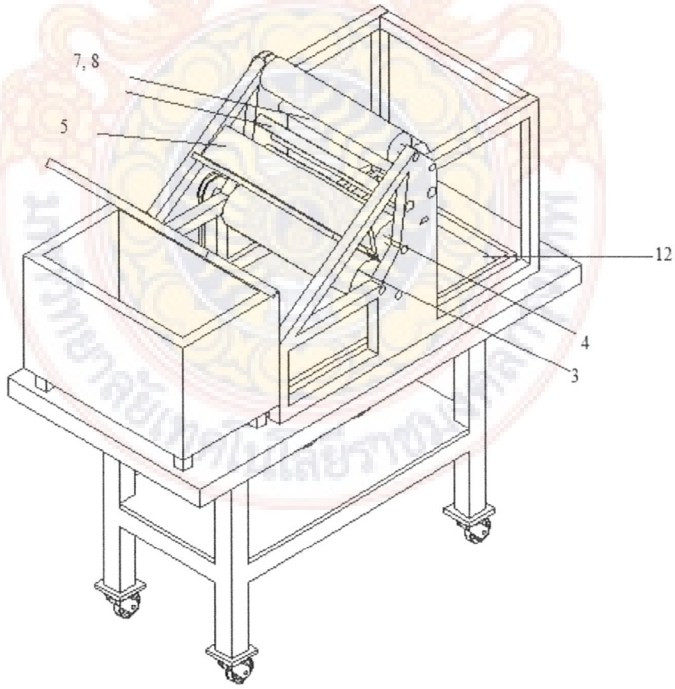
เนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการสร้างเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนบนผ้า ดังนั้นคณะนักวิจัยทำการออกแบบเครื่องเคลือบสาร ได้ดังภาพที่ 4.1-4.3



ภาพที่ 4.1 ภาพเพอร์สเปคทีฟแบบ 2 มิติของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน



ภาพที่ 4.2 ภาพเพอร์สเปคทีฟแบบ 3 มิติ ด้านหน้าของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน อ้างอิงจากภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.3 ภาพเพอร์สเปคทีฟแบบ 3 มิติ ด้านหลังของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน อ้างอิงจากภาพที่ 4.1

จากภาพที่ 4.1-4.3 แสดงหมายเลขกำกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน คือ

1	= ชุดอุปกรณ์เคลือบสาร	2	= ลูกกลิ้งดึงผ้าเข้า
3	= ลูกกลิ้งรีดความร้อน	4	= ลูกกลิ้งกด
5	= อุปกรณ์ใส่สารและปล่อยสาร	6	= ลูกกลิ้งปาดสาร
7	= แกนสำหรับใส่ฟิล์มพลาสติก	8	= แกนสำหรับใส่ฟิล์มพลาสติก
9	= ลูกกลิ้งดึงผ้าออก	10	= ลูกกลิ้งดึงผ้าออก
11	= พูเลย์ และ มอเตอร์	12	= ถาดรองสาร
13	= ฐานเครื่อง	14	= ตู้ควบคุม

ภาพที่ 4.1-4.3 แสดงถึง เครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนลงบนผ้าตาข่ายตามการประดิษฐ์นี้ ตัวเครื่องตั้งอยู่บนฐานเครื่อง 13 โดยตัวเครื่องประกอบด้วยชุดอุปกรณ์เคลือบสาร 1 ภายในอุปกรณ์เครื่องเคลือบสาร 1 ดังกล่าว ประกอบด้วย ลูกกลิ้งดึงผ้าเข้า 2 สำหรับดึงผ้าเข้าไปในเครื่องเคลือบ จากนั้นผ้าจะผ่านเข้าระหว่างลูกกลิ้งรีดความร้อน 3 ที่สามารถปรับความร้อนได้ กับลูกกลิ้งกด 4 ที่สามารถถอดออกได้ ลูกกลิ้งรีดความร้อนกับลูกกลิ้งกดสามารถปรับแรงกดอัดและระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งได้ โดยด้านบนของลูกกลิ้งที่มีความร้อน 3 มีภาชนะบรรจุสารหลอมเหลวร้อน 5 ที่สามารถปรับความร้อน ตำแหน่ง องศาการเทและปริมาณสารที่ออกมาได้ ทำหน้าที่เทสารเพื่อเคลือบลงบนผ้า จากนั้นผ่านผ้าไปยังอุปกรณ์ปาดสาร 6 เพื่อทำหน้าที่ปาดสารส่วนเกินออกไป สารส่วนเกินจะตกไปในถาดรอง 12 และผ้าที่ผ่านการเคลือบสารแล้วถูกประกบด้วยฟิล์มพลาสติกจากแกนใส่พลาสติก 7 และ 8 เพื่อป้องกันการติดกันของผ้าแล้วส่งไปยังลูกกลิ้งดึง 9 และ 10 เพื่อดึงผ้าออก โดยความเร็วของลูกกลิ้งต่างๆ ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน 11 ทั้งความเร็วและความร้อนของเครื่องสามารถควบคุมได้จากตู้ควบคุม 14

ในกรณีที่ถอดลูกกลิ้งกด 4 ออก ก็สามารถใช้เครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนบนผ้าได้ดังนี้ ผ้าผ่านเข้าที่ลูกกลิ้งดึงผ้าเข้า 2 ซึ่งทำหน้าที่ดึงผ้าเข้าไปในเครื่องเคลือบ จากนั้นผ้าจะผ่านไประหว่างลูกกลิ้งรีดความร้อน 3 และภาชนะบรรจุสาร 5 ที่มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม โดยภาชนะบรรจุสารที่ทำหน้าที่ปล่อยสารหลอมเหลวร้อนออกมาและในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นตัวปาดสารลงบนผ้าตาข่ายด้วย จากนั้นผ้าที่ผ่านการเคลือบสารแล้วถูกประกบด้วยฟิล์มพลาสติกจากแกนใส่พลาสติก 7 และ 8 เพื่อป้องกันการติดกันของผ้าแล้วส่งไปยังลูกกลิ้งดึง 9 และ 10 เพื่อดึงผ้าออก ความเร็วของลูกกลิ้งต่างๆ ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน 11 ทั้งความเร็วและความร้อนของเครื่องสามารถปรับได้โดยควบคุมได้จากตู้ควบคุม 14

4.2 การสร้างเครื่อง

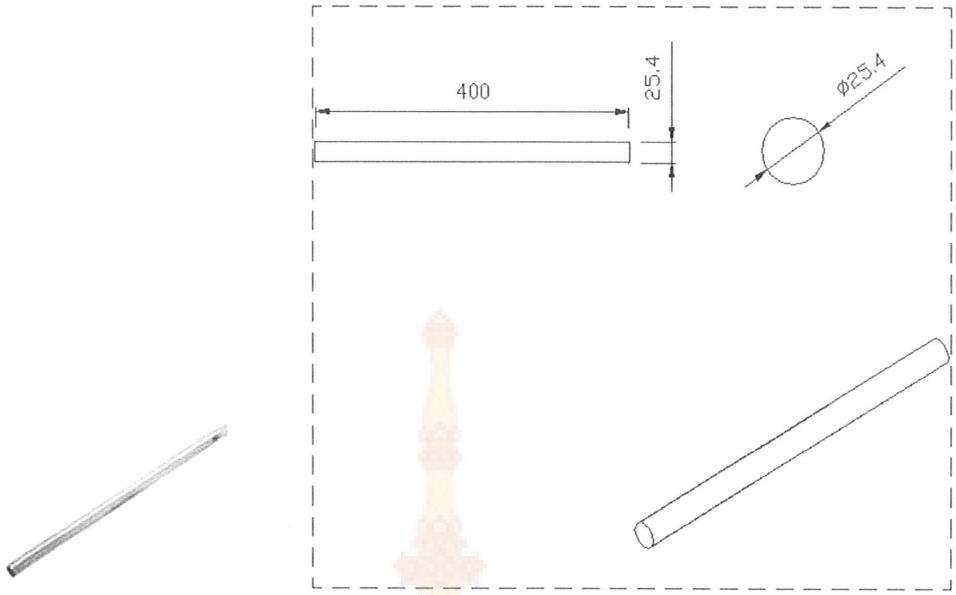
4.2.1 ฐานเครื่อง

ฐานเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน ทำจากเหล็กเชื่อมต่อกันให้มีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และสูง 91.5 เซนติเมตร โดยติดล้อบริเวณขาทั้งสี่ของฐานเครื่องเพื่อให้สะดวกในการเคลื่อนที่ ฐานเครื่องมีลักษณะดังภาพที่ 4.4 โดยฐานเครื่องจะเป็นส่วนที่ทำการติดตั้งระบบการนำผ้าเข้า การเคลือบ การม้วนเก็บและระบบควบคุม

ภาพที่ 4.4 ฐานเครื่อง

4.2.2 ระบบการนำผ้าเข้า

ระบบการนำผ้าเข้า ประกอบด้วย ลูกกลิ้งที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม มีขนาดและรูปร่างดังภาพที่ 4.5 ทำหน้าที่ดึงผ้าเข้าสู่ระบบเคลือบสาร จะติดตั้งอยู่บริเวณด้านล่างของลูกกลิ้งรีดความร้อน



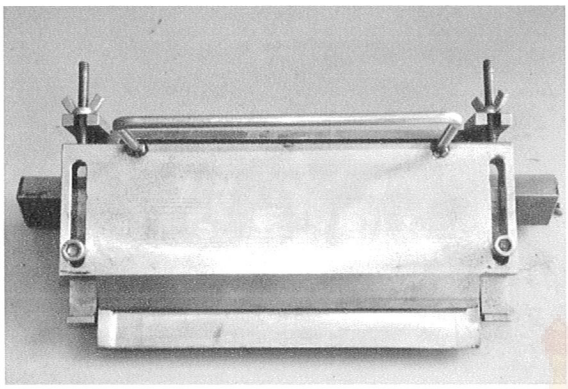
ภาพที่ 4.5 ลูกกลิ้งนำผ้าเข้า

4.2.3 ระบบการเคลือบสาร

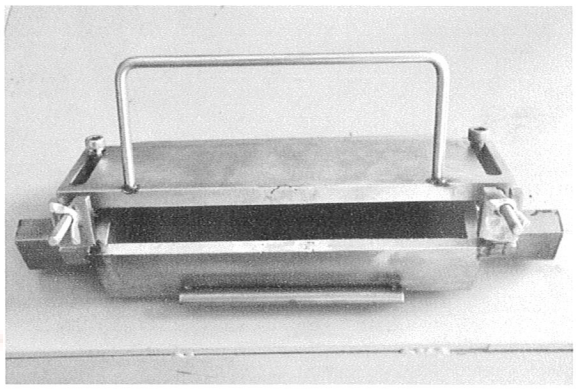
ระบบการเคลือบสารลงบนผ้า ประกอบด้วย อุปกรณ์ใส่สาร ใบมีดปาดสาร ลูกกลิ้งรีดความร้อน ลูกกลิ้งกด และอุปกรณ์ให้ความร้อน

อุปกรณ์ใส่สาร

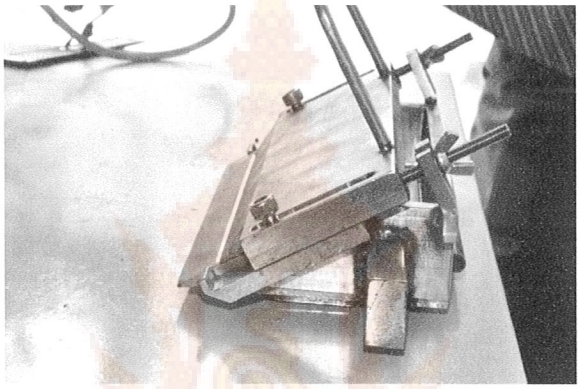
อุปกรณ์ใส่สารทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมต่อเชื่อมแต่ละแผ่นเหล็กและติดสกรูเพื่อให้ปรับปริมาณสารที่ออกมาจากอุปกรณ์ได้ ดังภาพที่ 4.6 อุปกรณ์นี้สามารถปรับอุณหภูมิของสารที่อยู่ภายในได้ ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 300 องศาเซลเซียส เนื่องจากแผ่นให้ความร้อนที่ติดอยู่ด้านล่างของอุปกรณ์ใส่สาร (ภาพที่ 4.7) นำอุปกรณ์นี้ไปต่อไว้ด้านบนของลูกกลิ้งรีดความร้อน ซึ่งสามารถปรับองศาการเทสารและตำแหน่งของอุปกรณ์ได้ ดังภาพที่ 4.8



(ก) อุปกรณ์ใส่สารด้านหน้า

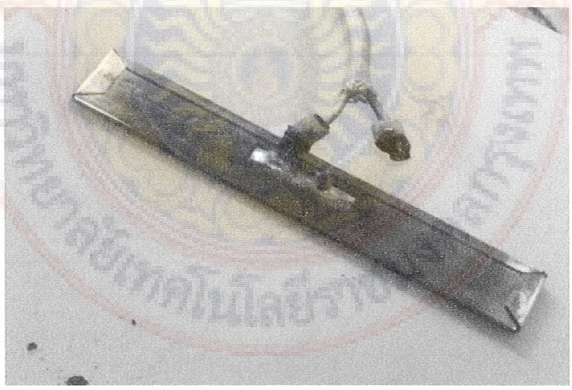


(ข) อุปกรณ์ใส่สารด้านหน้า

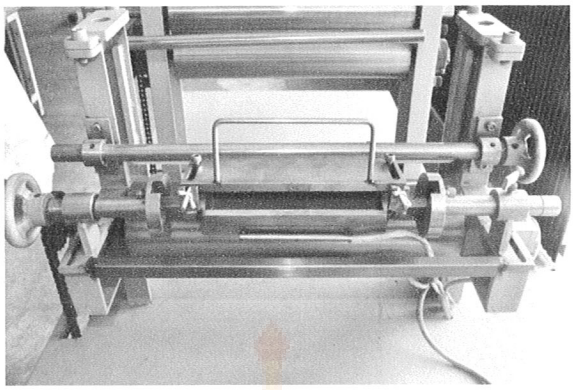


(ค) อุปกรณ์ใส่สารด้านข้าง

ภาพที่ 4.6 อุปกรณ์ใส่สาร



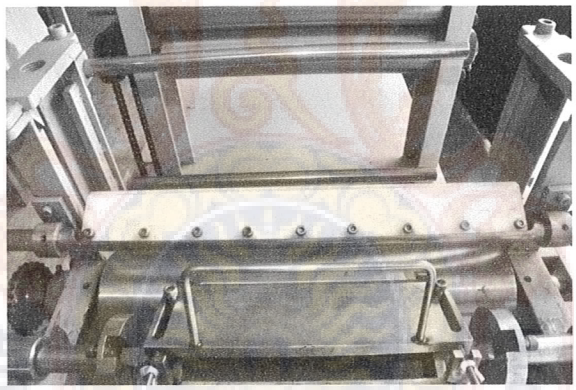
ภาพที่ 4.7 แผ่นให้ความร้อน



ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งของอุปกรณ์ใส่สาร

ใบมีดปาดสาร

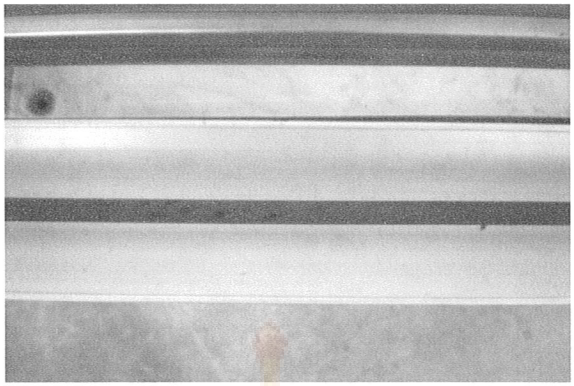
ใบมีดปาดสารทำจากวัสดุซูเปอร์ลีน ตัดให้มีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตรและยาว 48 เซนติเมตร ตามลำดับ ตัดปลายด้านหนึ่งเป็นแนวเฉียง 45° ปลายอีกด้านหนึ่งนำมาติดกับแกนเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้น๊อตเชื่อม ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9ใบมีดปาดสาร

อุปกรณ์ให้ความร้อน

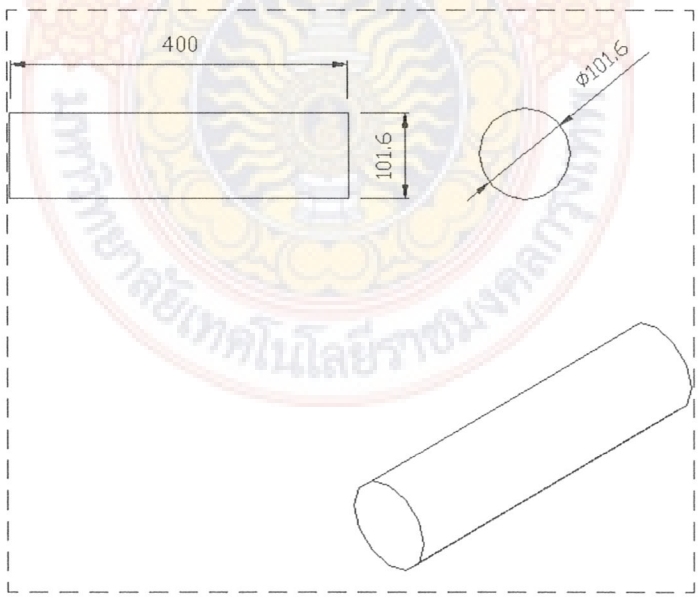
อุปกรณ์ให้ความร้อนที่ใช้สำหรับเครื่องนี้ มี 2 แบบ คือ เป็นแผ่นเหล็ก (ภาพที่ 4.7) และการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด (ภาพที่ 4.10) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ถูกใส่ไว้ 2 ตำแหน่ง คือ ใส่แผ่นเหล็กให้ความร้อนไว้ด้านล่างของอุปกรณ์ใส่สาร และใส่แท่งรังสีอินฟราเรดไว้ภายในลูกกลิ้งรีดความร้อน อุปกรณ์เหล่านี้ทำหน้าที่ ให้ความร้อนแก่สารหรือให้ความร้อนที่ผิวของลูกกลิ้ง โดยสามารถให้ความร้อนได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง ถึง 300 องศาเซลเซียส ซึ่งระบบควบคุมเป็นส่วนที่ควบคุมความร้อนที่ปลดปล่อยออกมา



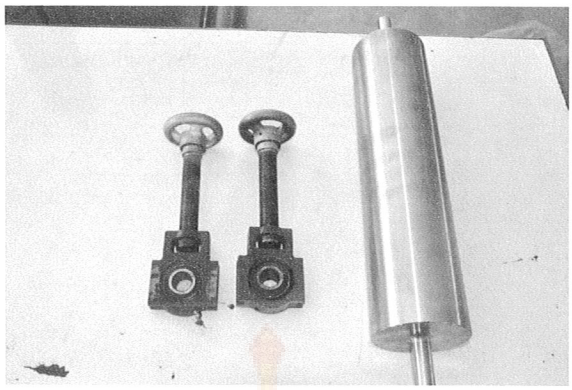
ภาพที่ 4.10 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด

ลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด

ทั้งลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกดทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม มีขนาดและลักษณะเหมือนกันดังภาพที่ 4.11ความแตกต่างของลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด คือ ลูกกลิ้งความร้อนติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนอยู่ภายในลูกกลิ้ง ในขณะที่ลูกกลิ้งกดไม่มีอุปกรณ์ให้ความร้อน ลูกกลิ้งทั้งสองถูกติดตั้งไว้โดยใช้ยึด (ภาพที่ 4.12) ลูกกลิ้งสามารถปรับแรงกดอัดได้ในช่วง 0-80 ปอนด์ และสามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองได้ในช่วง 0-50 มิลลิเมตร โดยใช้สกรูปรับระดับ ความเร็วของลูกกลิ้งสามารถปรับได้ในช่วง 0-100 รอบต่อนาที โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนและสามารถควบคุมความเร็วได้โดยเครื่องควบคุม



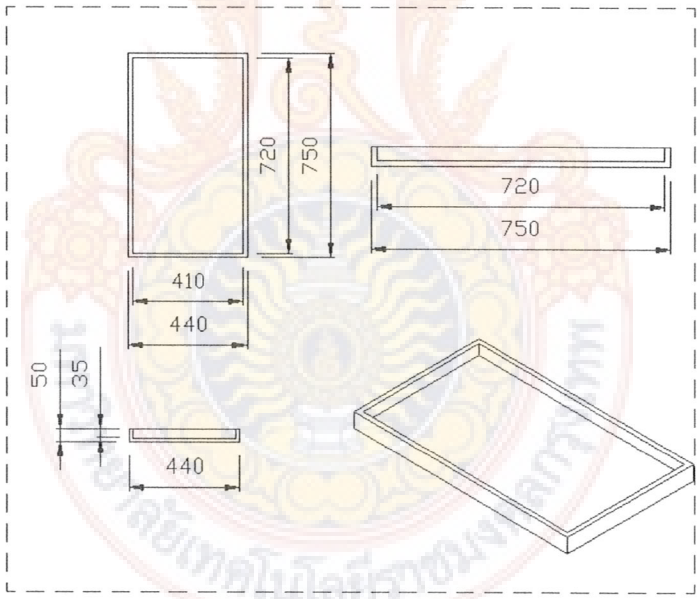
ภาพที่ 4.11 ขนาดและลักษณะของลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด



ภาพที่ 4.12 ลักษณะของลูกกลิ้งรีดความร้อนลูกกลิ้งกด และที่ยึด

ถาดรองสารเคมี

อุปกรณ์นี้ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมที่เชื่อมต่อให้มีรูปทรงและลักษณะดังภาพที่ 4.13 ถาดนี้ถูกวางไว้บริเวณด้านล่างของส่วนเคลือบสาร (ภาพที่ 4.14) เพื่อทำหน้าที่รองรับสารเคลือบส่วนเกินที่อาจไหลตกลงมาบริเวณถาดรองสารได้



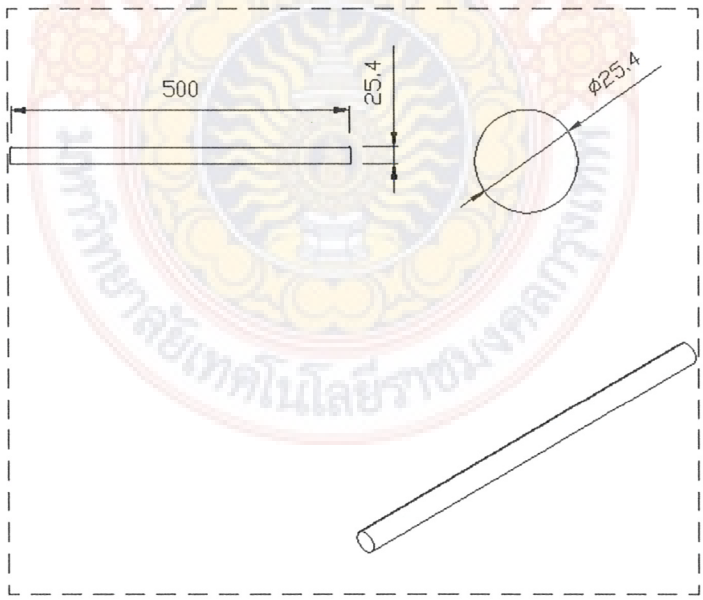
ภาพที่ 4.13 ลักษณะและขนาดของถาดรองสาร

ภาพที่ 4.14 ถาดรองสารและลักษณะการวางถาดบนฐานเครื่อง

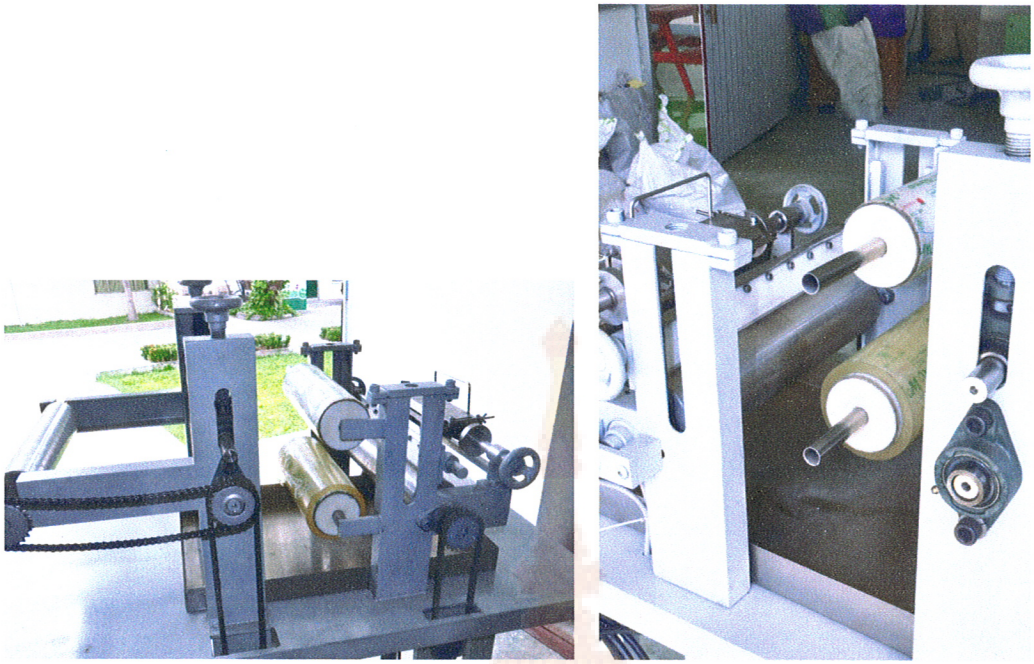
4.2.4 ระบบการม้วนเก็บ

แกนใส่พลาสติก

แกนใส่พลาสติกทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีขนาดและรูปร่าง ดังภาพที่ 4.15 นำมาเชื่อมติดกับโครงเครื่องดังภาพที่ 4.16โดยแกนใส่พลาสติกมีไว้เพื่อใส่ม้วนฟิล์มพลาสติก เพื่อให้ฟิล์มพลาสติกประกบติดกับผ้าตาข่ายที่เคลือบสารหลอมเหลวร้อนแล้วทั้งสองด้าน ทำให้สารหลอมเหลวร้อนติดอยู่กับผ้า และป้องกันไม่ให้สารที่เคลือบติดบนผ้าแล้วติดกัน เมื่อผ้าผ่านการม้วนเก็บ จากนั้นส่งผ้าที่เคลือบแล้วต่อไปที่ลูกกลิ้งดึงผ้าออก



ภาพที่ 4.15 ลักษณะและขนาดของแกนใส่พลาสติก



ภาพที่ 4.16 ลักษณะของแกนที่ใส่ม้วนฟิล์มพลาสติกแล้ว

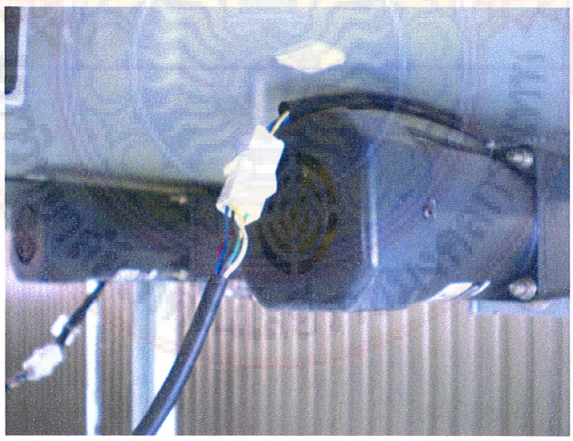
ลูกกลิ้งดึงผ้าออก

ลูกกลิ้งดึงผ้าออกทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม มีลักษณะคล้ายกับลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด ต่างกันตรงที่ลูกกลิ้งดึงผ้าออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งเล็กกว่าลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด กล่าวคือ ลูกกลิ้งรีดความร้อนและลูกกลิ้งกด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ส่วนลูกกลิ้งดึงผ้าออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร นำลูกกลิ้งดึงผ้าออกมาติดกับโครงเครื่อง ดังภาพที่ 4.17 ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งดึงผ้าออกทั้งสองลูกสามารถปรับได้โดยใช้สกรูปรับระดับ ความเร็วของลูกกลิ้งใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนและสามารถควบคุมได้โดยเครื่องควบคุม

ภาพที่ 4.17 ลักษณะและตำแหน่งของลูกกลิ้งดึงผ้าออกและลูกกลิ้งม้วนเก็บ

ลูกกลิ้งม้วนเก็บ

ลูกกลิ้งม้วนเก็บมีขนาดและรูปร่างเหมือนกับลูกกลิ้งดึงผ้าออก นำลูกกลิ้งนี้มาติดบริเวณโครงเครื่องในตำแหน่งด้านหลังของลูกกลิ้งดึงผ้าออก เพื่อทำหน้าที่ม้วนผ้าที่ผ่านการเคลือบสารที่ถูกประกบด้วยฟิล์มพลาสติกทั้งสองข้าง ความเร็วของลูกกลิ้งในการดึงผ้าออกสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0-15 เมตรต่อนาทีโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน (ภาพที่ 4.18) และสามารถควบคุมได้โดยใช้ตู้ควบคุม



ภาพที่ 4.18 มอเตอร์

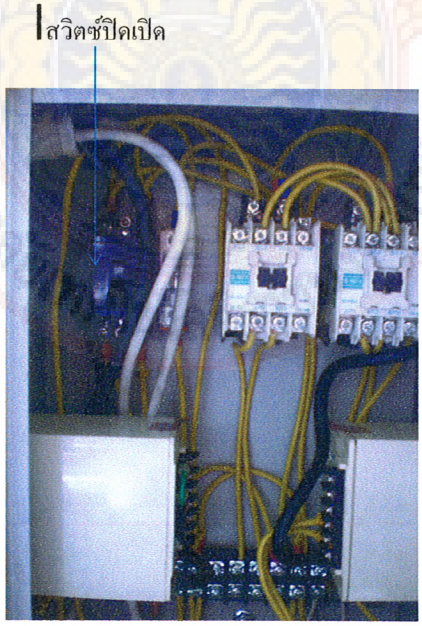
4.2.5 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมของเครื่องเคลือบสาร ติดตั้งไว้ที่ตู้ควบคุม ดังภาพที่ 4.19ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ สวิตซ์ปิดเปิด ส่วนควบคุมความเร็วและส่วนควบคุมความร้อน

ภาพที่ 4.19 ลักษณะของตู้ควบคุม

สวิตซ์ปิดเปิด

สวิตซ์ปิดเปิด ทำหน้าที่ เปิดปิดเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน (ภาพที่ 4.20)



ภาพที่ 4.20 สวิตซ์ปิดเปิด

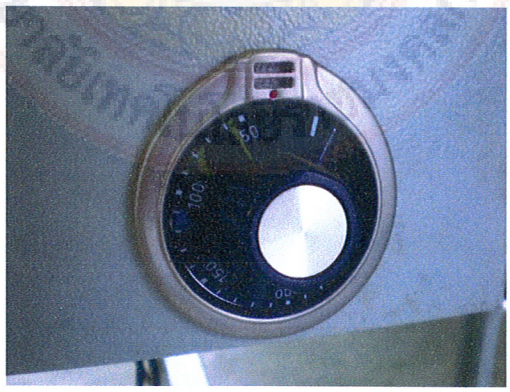
ความเร็ว

การควบคุมความเร็วของเครื่อง (ภาพที่ 4.21) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการเคลือบและส่วนม้วนเก็บ โดยสามารถควบคุมความเร็วของสองส่วนนี้ได้แตกต่างกัน เนื่องจากใช้มอเตอร์ควบคุมคนละตัว

ภาพที่ 4.21 อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว

ความร้อน

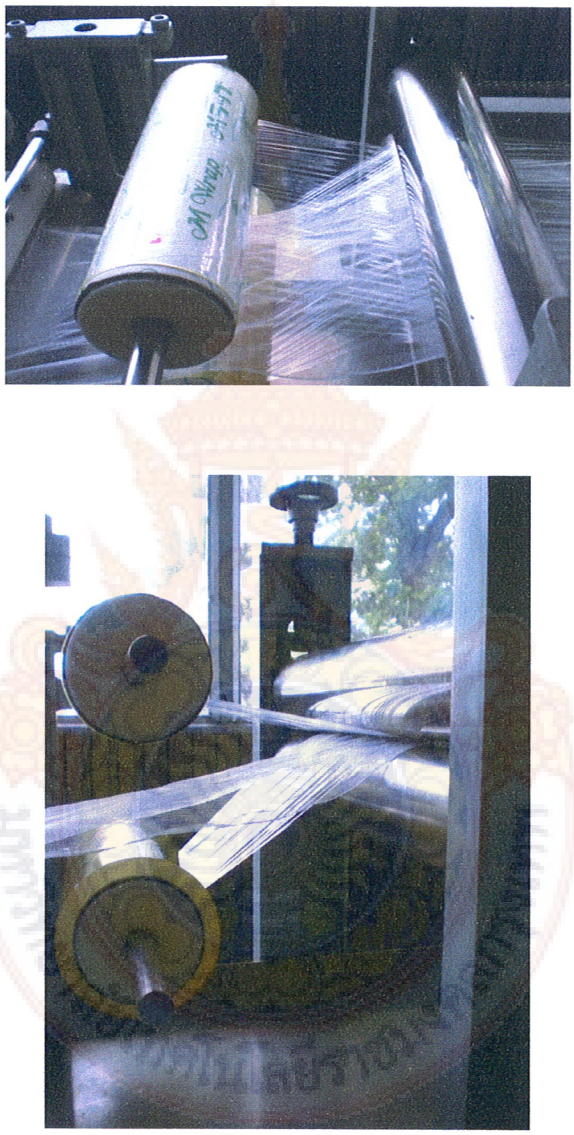
บริเวณที่ให้ความร้อนของเครื่องเคลือบสาร มี 2 ตำแหน่ง คือ ที่อุปกรณ์ใส่สารและลูกกลิ้งรีดความร้อน ซึ่งอุปกรณ์ในการควบคุมความร้อนมี 2 ตำแหน่งแยกกัน (ภาพที่ 4.22) ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของแต่ละอุปกรณ์ให้แตกต่างกันได้



ภาพที่ 4.22 อุปกรณ์ควบคุมความร้อน

4.3 การทดสอบการทำงานของเครื่องและการวัดผล

ทดสอบการทำงานของเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อนโดยใช้ความเร็วนำผ้าเข้า 5 เมตรต่อนาที ความเร็วนำผ้าออก 6 เมตรต่อนาที อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้องศาการเคลือบ 45 องศาสำหรับการเคลือบครึ่งช่องและ 60 องศาสำหรับการเคลือบเต็มช่อง ลักษณะของเครื่องเคลือบสารขณะเคลือบสารมีลักษณะดังภาพที่ 4.23



ภาพที่ 4.23 ลักษณะของเครื่องเคลือบสารขณะเคลือบ

ความหนา

วัดความหนาของผ้าตาข่ายก่อนและหลังการเคลือบสาร โดยใช้ไมโครมิเตอร์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.1 ความหนาของผ้าตาข่ายก่อนและหลังการเคลือบสาร

ชนิดของผ้าตาข่าย	ความหนาของผ้าตาข่ายก่อนการเคลือบ (มิลลิเมตร)	ความหนาของผ้าตาข่ายหลังการเคลือบ (มิลลิเมตร)	
		เคลือบครึ่งช่อง	เคลือบเต็มช่อง
ผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยม	0.20	0.39	0.41
ผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยม	0.20	0.41	0.41

จากการทดลองในตารางที่ 4.1 พบว่า ผ้าก่อนการเคลือบสารมีความหนา 0.2 มิลลิเมตร ในขณะที่ผ้าหลังการเคลือบมีความหนามากขึ้น (ทั้งการเคลือบแบบครึ่งช่องและเคลือบเต็มช่อง) เนื่องจากมีสารเคลือบติดลงบนผ้า และเมื่อเปรียบเทียบผ้าหลังการเคลือบสาร ในด้านชนิดของผ้า และลักษณะการเคลือบ พบว่าความหนาของผ้าไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก แสดงว่าเครื่องเคลือบสารสามารถเคลือบสารลงบนผ้าได้อย่างสม่ำเสมอ

เปอร์เซ็นต์การเคลือบติด

ผลการทดลองเปอร์เซ็นต์การเคลือบติดของสารบนผ้าตาข่ายทั้งแบบการเคลือบครึ่งช่องและเคลือบเต็มช่องแสดงในตารางที่ 4.2

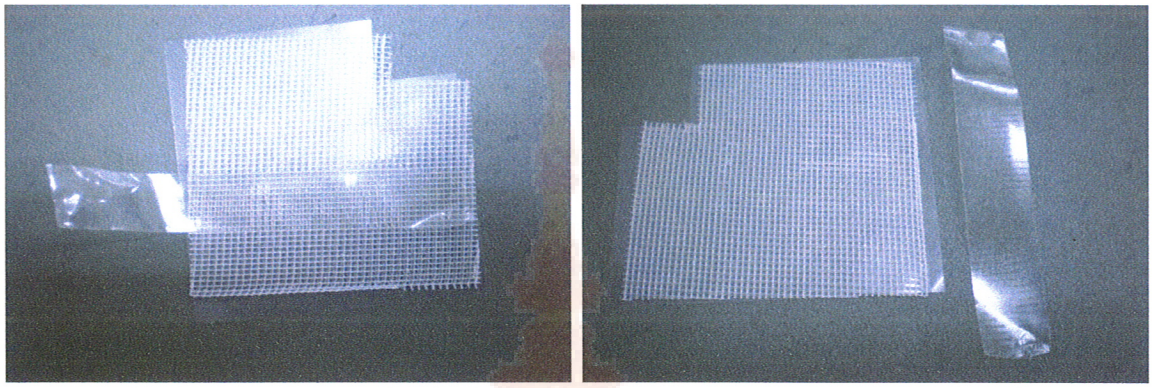
ตารางที่ 4.2 การเคลือบติดของผ้าตาข่าย

ชนิดของผ้าตาข่าย	การเคลือบติดของผ้าตาข่าย (%)	
	เคลือบครึ่งช่อง	เคลือบเต็มช่อง
ผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยม	95	98
ผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยม	90	95

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเคลือบติดของผ้าตาข่าย ทั้งการเคลือบติดครึ่งช่องและการเคลือบเต็มช่องมีค่าสูงมาก แสดงว่าเครื่องเคลือบสารสามารถเคลือบสารลงบนผ้าตาข่ายได้อย่างสม่ำเสมอ

เปอร์เซ็นต์การลอกออก

นำเทปกาวใสมาติดบนผ้าตาข่ายที่ผ่านการเคลือบสารแล้ว ทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง แล้วลอกเทปกาวออก (ภาพที่ 4.24) นับจำนวนช่องที่สารเคลือบลอกติดเทปกาวและคำนวณเปอร์เซ็นต์การลอกออก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3



(ก) ผ้าตาข่ายขณะแปะเทปกาว (ข) เทปกาวที่ลอกออกจากผ้าแล้ว

ภาพที่ 4.24 ผ้าตาข่ายขณะแปะเทปกาวและเทปกาวที่ลอกออกจากผ้าแล้ว

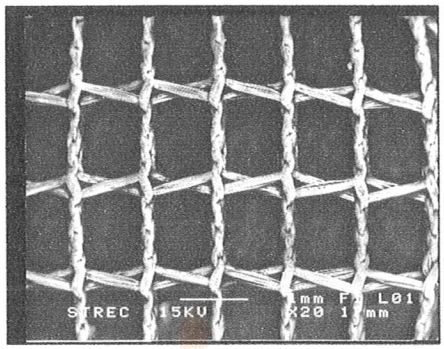
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การลอกออกของสารเคลือบ

ชนิดของผ้าตาข่าย	การเคลือบติดของผ้าตาข่าย (%)	
	เคลือบครึ่งช่อง	เคลือบเต็มช่อง
ผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยม	3	7
ผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยม	2	1

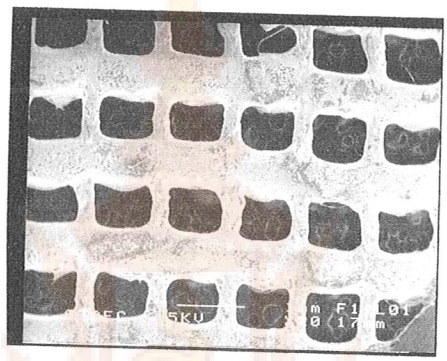
ผลการทดลองเปอร์เซ็นต์การลอกออกของสารเคลือบบนผ้าตาข่าย (ตารางที่ 4.3) พบว่า ทั้งการเคลือบติดครึ่งช่องและการเคลือบเต็มช่องมีค่าเปอร์เซ็นต์การลอกออกไม่สูง แสดงว่าสารสามารถเกาะติดบนผ้าได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของสารเองและประสิทธิภาพของเครื่องเคลือบสารด้วย

การตรวจสอบพื้นผิวของผ้า

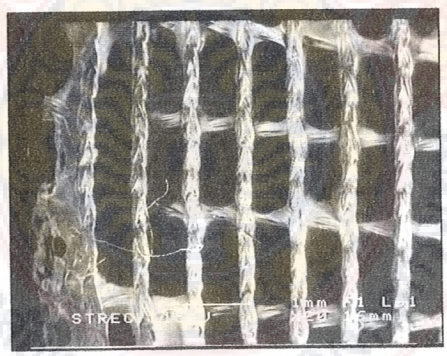
นำผ้าตาข่ายก่อนและหลังการเคลือบมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 20 เท่า ผลการทดลองเป็นดังภาพที่ 4.25-4.26



(ก) ผ้าตาข่ายก่อนการเคลือบสาร

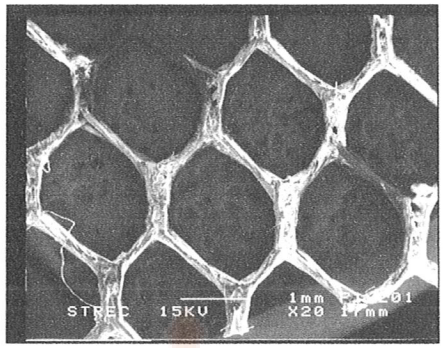


(ข) ผ้าตาข่ายหลังการเคลือบสารครึ่งช่อง

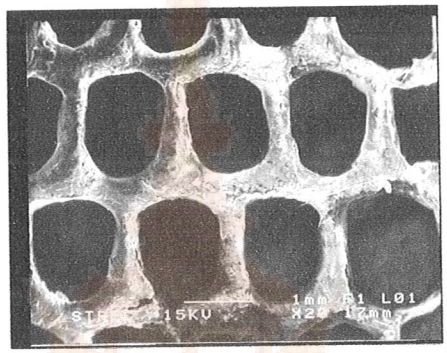


(ค) ผ้าตาข่ายหลังการเคลือบสารทั้งช่อง

ภาพที่ 4.25 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยมก่อนและหลังการเคลือบด้วยสารหลอมเหลวร้อน



(ก) ผ้าตาข่ายก่อนการเคลือบสาร



(ข) ผ้าตาข่ายหลังการเคลือบสารครึ่งช่อง

(ค) ผ้าตาข่ายหลังการเคลือบสารทั้งช่อง

ภาพที่ 4.26 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยมก่อนและหลังการเคลือบด้วยสารหลอมเหลวร้อน

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ภาพที่ 4.25-4.26) แสดงให้เห็นว่าสารหลอมเหลวร้อนถูกเคลือบลงบนผ้าตาข่ายทั้งสองชนิดได้อย่างสม่ำเสมอ ทั้งการเคลือบสารแบบครึ่งช่องหรือการเคลือบสารแบบเต็มช่อง

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการสร้างเครื่องเคลือบสารหลอมเหลวร้อน พบว่า เครื่องสามารถเคลือบสารหลอมเหลวร้อนบนผ้าตาข่ายได้อย่างสม่ำเสมอและลักษณะการเคลือบสารลงบนผ้า เช่น การเคลือบสารปิดเฉพาะบางส่วนหรือการเคลือบสารปิดทั้งช่องของผ้าตาข่ายสามารถปรับตั้งได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณสารหลอมเหลวร้อนที่ออกมาจากอุปกรณ์ใส่สาร ความเร็ว ระยะห่างระหว่างตัวปาดสารกับลูกกลิ้ง และตำแหน่งการปาดสาร เป็นต้น สารที่เคลือบลงบนผ้าตาข่ายสามารถยึดเกาะกับเส้นด้ายได้ดี

ข้อเสนอแนะ

ควรใช้วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนในบริเวณที่ต้องมีการปรับเลื่อนตำแหน่ง

บรรณานุกรม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ม.ป.ป. "เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20Technogy1.htm. (วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2554)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ป. "การให้ความร้อนโดยเตาเชื้อเพลิง" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay%2010%20Fuel-fired%20Liquid%20Heater.pdf. (วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2554)

มนัส สถิรจินดา. 2539. **เหล็กกล้าไร้สนิม.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

ร้านเอกสตีล. 2550. "ลักษณะพื้นผิวของสแตนเลสประเภทต่าง ๆ" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.akesteel.com/index.php?mo=3&art=52239. (วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2554)

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. ม.ป.ป. "สื่อการเรียนการสอนเรื่องพลังงาน" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.mmv.ac.th/supphapong/sci%20924.htm. (วันที่สืบค้น 18 กรกฎาคม 2554)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด สมบัติบุญ ฮีทเตอร์. ม.ป.ป. "หลักการฮีตเตอร์" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.sbheater.com/theory.asp. (วันที่สืบค้น 6 มิถุนายน 2554)

ABAC UK Limited. n.d. [online] Available:http://www.diy-compressors.com/index.htm. (Retrived July, 16 2011).

Ashish Kumar Sen. 2008. **Coated textiles**. 2nd. ed. New York: CRC Press.

C-form Co., Ltd. 2553. "ความหมายของเหล็กกล้าไร้สนิม" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.c-formth.com/index.asp?contentID=10000004&title=%A4%C7%D2%C1%CB%C1%D2%C2%A2%CD%A7%E0%CB%C5%E7%A1%A1%C5%E9%D2%E4%C3%E9%CA%B9%D4%C1&getarticle=12&keyword=&catid=1. (วันที่สืบค้น 18 กรกฎาคม 2554)

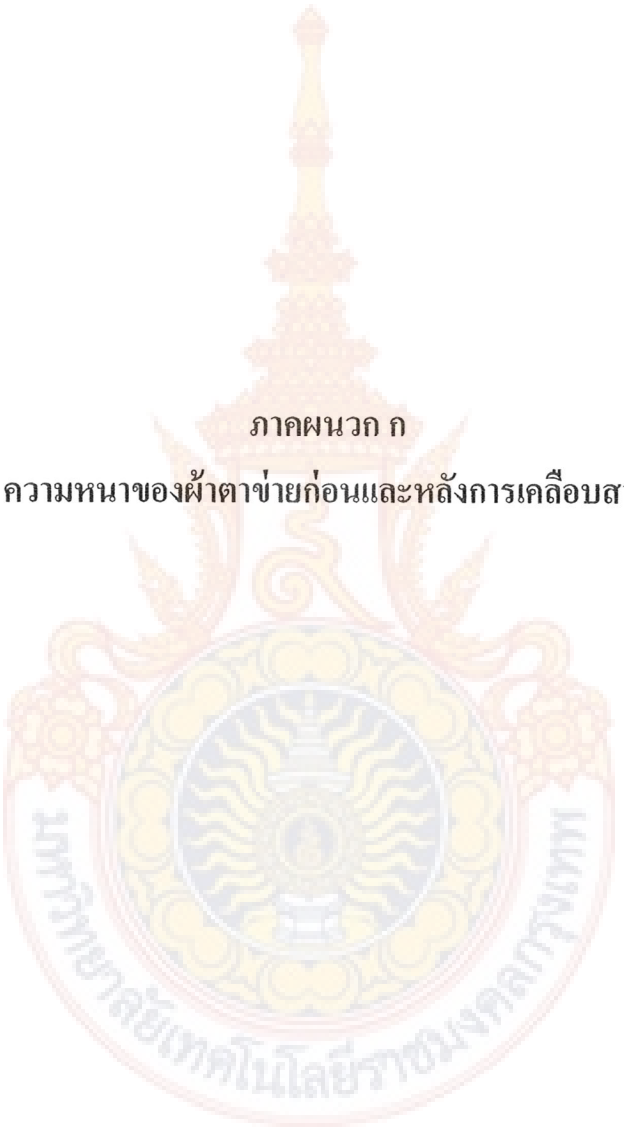
Dhuanne Dodrill. n.d. "Advanced in peelable sealant technology" [online] Available: http://www.idspackaging.com/Common/Paper/Paper_310/Advances%20in%20Peelable.pdf. (Retrived July, 16 2011).

Trelleborg Engineered Fabrics. 2011. "Process Methods" [online] Available: http://www.trelleborg.com/en/Engineered-Fabrics/Materials-and Solutions/Capabilities/Process-Methods/. (Retrived April, 5 2011).

Technical Coating International, Inc. 2007. "Coating" [online] Available: http://www.tciinc.com/ coating.html. (Retrived March, 26 2011).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ความหนาของผ้าตาข่ายก่อนและหลังการเคลือบสาร



ตารางที่ ก-1 ความหนาของผ้าตาข่ายรูปหกเหลี่ยมก่อนและหลังการเคลือบสาร

ครั้งที่	ความหนาของผ้าตาข่ายก่อนการเคลือบ (มิลลิเมตร)	ความหนาของผ้าตาข่ายหลังการเคลือบ (มิลลิเมตร)	
		เคลือบครึ่งช่อง	เคลือบเต็มช่อง
1	0.2	0.43	0.40
2	0.2	0.38	0.42
3	0.2	0.41	0.38
4	0.2	0.43	0.45
5	0.2	0.42	0.42
6	0.2	0.40	0.40
7	0.2	0.37	0.39
8	0.2	0.38	0.38
9	0.2	0.35	0.40
10	0.2	0.35	0.42
เฉลี่ย	0.2	0.39	0.41
SD	0	0.03	0.02

ตารางที่ ก-2 ความหนาของผ้าตาข่ายรูปสี่เหลี่ยมก่อนและหลังการเคลือบสาร

ครั้งที่	ความหนาของผ้าตาข่ายก่อนการเคลือบ (มิลลิเมตร)	ความหนาของผ้าตาข่ายหลังการเคลือบ (มิลลิเมตร)	
		เคลือบครึ่งช่อง	เคลือบเต็มช่อง
1	0.2	0.39	0.41
2	0.2	0.40	0.42
3	0.2	0.43	0.40
4	0.2	0.42	0.44
5	0.2	0.45	0.43
6	0.2	0.46	0.40
7	0.2	0.38	0.41
8	0.2	0.37	0.38
9	0.2	0.39	0.40
10	0.2	0.40	0.42
เฉลี่ย	0.2	0.41	0.41
SD	0	0.03	0.02