4

การเคลือบพลาสติกบนผิวโลหะร้อนในฟลูอิไดซ์เบด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวศิริพร วัฒนากิตติกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2532

ISBN 974-576-259-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015741

i 10304241

PLASTIC COATING ON HOT METAL SURFACE IN FLUIDIZED BED

Miss Siriporn Wattanakittikul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
1989
ISBN 974-576-259-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเคลือบพลาสติกบนผิวโลหะร้อนในฟลูอิไดซ์เบด
โดย	นางสาวศิริพร วัฒนากิตติกูล
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..................................คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..................................ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

..................................อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

..................................กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..................................กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริพร วัฒนากิตติกูล : การเคลือบพลาสติกบนผิวโลหะร้อนในฟลูอิไดซ์เบด (PLASTIC COATING ON HOT METAL SURFACE IN FLUIDIZED BED) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, 132 หน้า. ISBN 974-576-259-8

การเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติกนั้น แต่เดิมสารที่จะนำมาใช้เคลือบจะถูกทำให้อยู่ในรูปของเหลวมีส่วนผสมของเนื้อวัสดุและตัวทำละลาย สำหรับตัวทำละลายจะก่อปัญหาต่อสภาวะแวดล้อม มีขั้นตอนการทำที่ยุ่งยากทั้งยังเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงได้ลองพยายามนำเทคนิคฟลูอิไดเซชันมาประยุกต์กับการเคลือบผิวโลหะ โดยสารที่ใช้เคลือบเป็นของแข็ง 100% กรรมวิธีของการเคลือบจะต้องทำวัตถุให้ร้อนถึงอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดหลอมละลายของพลาสติกก่อน แล้วจึงนำไปจุ่มในเบดที่เป็นอนุภาคของพลาสติกที่อยู่ในสภาวะฟลูอิไดเซชัน อนุภาคจะกระทบกับผิวของโลหะและหลอมละลายเกาะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ที่ผิวของโลหะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเคลือบผิวโลหะโดยวิธีฟลูอิไดเซชันโดยใช้เหล็กปลอดสนิมมีรูปทรง 3 แบบ ได้แก่ ทรงกลม ทรงกระบอก และทรงสี่เหลี่ยม สารเคลือบที่ใช้เคลือบเป็นโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) หอทดลองสร้างด้วยพลาสติกใสรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 40 ซม.

จากการทดลองพบว่าสามารถทำการเคลือบผิววัตถุได้ดีทั้ง 3 แบบ สภาวะที่ทำให้ได้ฟิล์มที่เคลือบได้มีผิวเรียบสม่ำเสมอและเป็นมันวาว คือ ที่อุณหภูมิเริ่มต้นวัตถุ 180 ํซ ความเร็วอากาศ 5.0 ซม./วินาที เวลาที่ใช้เคลือบ 6-30 วินาที จากการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาของการเคลือบ ได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้นวัตถุ 180-200 ํซ อุณหภูมิเบด 30-50 ํซ ความเร็วอากาศ 5.0-7.5 ซม./วินาที เวลาที่ใช้เคลือบ 6-30 วินาที จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงซ้อน ทำให้สามารถสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้สมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$D_c = 0.0126\,t + 0.0244\,v + 0.3555\,C_v \left[\frac{T_v - T_m}{T_m - T_b} \right]$$

ภาควิชา เคมีเทคนิค

สาขาวิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต ....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIRIPORN WATTANAKITTIKUL : PLASTIC COATING ON HOT METAL SURFACE IN FLUIDIZED BED . THESIS ADVISOR : PROF.SOMSAK DAMRONGLERD, Ph.D. 132 pp. ISBN 974-576-259-8

Previously, the coating material on metal surface was in liquid form, a solution of coating material in solvents. The solvents poses many problems: air pollution, complicate process and high cost. Therefore fluidization technique is applied in our process in which the coating material is 100% solid. In the fluidized bed coating, the object is heated first to a temperature above the melting one of plastic; a fusible polymer in powder form adheres to the surface of the object immersed in a fluidized bed and melts onto it.

The experiment is an investigation on the coating of objects using fluidization technique. The coated objects are made of stainless steel in 3 shapes: sphere, circular cylinder and rectangular bar. The coating material is a low density polyethylene (LDPE). The cylindrical column is made of plexiglass with 15 cm in diameter, and 40 cm in height.

It is found that the process is suitable for coating metal surface of all 3 shapes. The appropriate operating condition yielding a smooth and glossy coating film is that the initial temperature 180 °C, air velocity 5.0 cm/sec, immersion time 6-30 sec. These variables affecting the film thickness have been studied in the following range: initial temperature 180-200 °C; bed temperature 30-50 °C; air velocity 5.0-7.5 cm/sec; and immersion time 6-30 sec.

An analysis with multiple regression method, results in the following mathematical equation showing the relationship between the film thickness and the concerned variables:

$$D_c = 0.0126\ t + 0.0244\ v + 0.3555\ C_v \left[\frac{T_v - T_m}{T_m - T_b} \right]$$

ภาควิชา เคมีเทคนิค

สาขาวิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต ....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือการวิจัยและอบรมสั่งสอนมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะแนวเป็นอย่างดี รวมทั้งคณาจารย์และบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด ที่กรุณาให้ตัวอย่างพลาสติกเพื่อทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณสังข์ ชมชื่น คุณกฤษณะ มีผูก ที่ช่วยเหลือในการสร้างและซ่อมเครื่องมือจนการทดลองวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี และขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิคและผู้อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่เป็นกำลังใจสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือ และสนับสนุนเป็นกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.. ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ
กิตติกรรมประกาศ.. ฉ
รายการตารางประกอบ.. ฌ
รายการรูปประกอบ.. ญ
สัญญลักษณ์.. ฒ
บทที่
1. บทนำ.. 1
2. วารสารปริทัศน์.. 3
2.1 พลาสติก.. 3
2.1.1 แหล่งกำเนิดพลาสติก.. 3
2.1.2 คุณสมบัติของพลาสติก.. 4
2.1.3 ประเภทของพลาสติก.. 4
2.1.4 โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ.. 5
2.2 การเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก.. 10
2.2.1 ประโยชน์ของการเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก.. 10
2.2.2 วิธีการเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก.. 10
2.3 ฟลูอิไดเซชัน.. 14
2.3.1 ลักษณะของฟลูอิไดเซชัน.. 15
2.3.2 การประยุกต์ใช้กับเทคนิคการเคลือบพลาสติก.. 17
2.4 งานวิจัยที่ได้ทำมาแล้ว.. 22
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีทดลอง.. 25
3.1 วัสดุอุปกรณ์.. 25
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง.. 31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4. ผลการทดลอง.. 35

4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลหะขณะทำการเคลือบผิว............... 37

4.2 การศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนาของฟิล์มที่เคลือบได้........ 37

4.2.1 ความเร็วอากาศ... 38

4.2.2 อุณหภูมิเริ่มต้น.. 41

4.2.3 อุณหภูมิเบด... 47

4.2.4 ขนาดวัตถุ... 53

4.2.5 รูปทรงวัตถุ.. 56

4.3 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของโลหะ.............................. 58

4.3.1 ความเร็วอากาศ... 59

4.3.2 อุณหภูมิเริ่มต้น.. 62

4.3.3 อุณหภูมิเบด... 68

5. วิจารณ์ผลการทดลอง.. 76

5.1 เวลาที่ใช้ในการเคลือบ... 76

5.2 ความเร็วอากาศ.. 79

5.3 อุณหภูมิเริ่มต้นวัตถุที่จะใช้เคลือบ.................................. 80

5.4 อากาศร้อนในเบด.. 81

5.5 ขนาดวัตถุ... 82

5.6 รูปทรงวัตถุ.. 83

5.7 สมการที่ใช้คำนวณความหนาของฟิล์มระหว่างการเคลือบ............. 84

6. บทสรุป.. 89

เอกสารอ้างอิง.. 94

ภาคผนวก... 96

ประวัติผู้เขียน... 132

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 แสดงรูปทรงและขนาดของตัวอย่างโลหะที่ใช้ทดลอง..................... 36

4.2 แสดงค่าคงที่วัตถุ 6 ตัวอย่าง................................ 83

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดเซชันของอนุภาคของแข็ง............	16
2.2	การเคลือบผิววัตถุในฟลูอิไดซ์เบด	18
2.3	ลักษณะของฟิล์มที่เคลือบได้โดยวิธีฟลูอิไดเซชันและวิธีที่ใช้สารเคลือบเป็นของเหลว	20
2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับเวลาที่ใช้เคลือบของโลหะทองแดงเมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวัตถุที่ใช้เคลือบ................................	22
2.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้เคลือบของแท่งเหล็กเมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวัตถุที่ใช้เคลือบ................................	23
3.1	ตัวอย่างโลหะที่นำมาเคลือบด้วยพลาสติก................................	26
3.2	ชุดเครื่องมือการเคลือบในฟลูอิไดซ์เบด................................	29
3.3	ส่วนบนของหอทดลองสำหรับแขวนวัตถุ................................	30
3.4	การวัดความหนาของฟิล์มที่เคลือบได้ (ก) โลหะทรงกลม (ข) โลหะทรงกระบอก (ค) โลหะทรงสี่เหลี่ยม................................	34
4.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโลหะและผิวภายนอกโลหะ ตั้งแต่เวลาเริ่มเคลือบจนสิ้นสุดการเคลือบ................................	37
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 ที่ความเร็วอากาศ 5.0 5.8 6.7 และ 7.5 ซม./วินาที................................	38
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 ที่ความเร็วอากาศ 5.0 5.8 6.7 และ 7.5 ซม./วินาที................................	39
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 ที่ความเร็วอากาศ 5.0 5.8 6.7 และ 7.5 ซม./วินาที................................	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ..........	41
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ..........	42
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ.......	43
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ.......	44
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 5 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ.......	45
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ.......	46
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 ที่อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ...............	47
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 ที่อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ...............	48
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3 ที่อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ............	49
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 ที่อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ............	50
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 5 ที่อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ...........	51
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 ที่อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ............	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2	53
4.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3 และตัวอย่างที่ 4	54
4.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 5 และตัวอย่างที่ 6	55
4.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 กับโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3	56
4.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้ในการเคลือบของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 กับโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6	57
4.22	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 ที่ความเร็วอากาศ 5.0 5.8 และ 7.5./วินาที	59
4.23	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 ที่ความเร็วอากาศ 5.0 5.8 และ 7.5 ซม./วินาที	60
4.24	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 ที่ความเร็วอากาศ 5.0 5.8 และ 7.5 ซม./วินาที	61
4.25	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ	62
4.26	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ	63
4.27	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ	64
4.28	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ	65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.29 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ.................................... 66

4.30 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 190 และ 200 °ซ.................................... 67

4.31 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ.................................... 68

4.32 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ.................................... 69

4.33 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3 อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ.................................... 70

4.34 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ.................................... 71

4.35 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 5 อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ.................................... 72

4.36 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 อุณหภูมิเบด 30 40 และ 50 °ซ.................................... 73

4.37 ลักษณะของฟิล์มที่เคลือบได้มีผิวเรียบเป็นมันวาว.................................... 74

4.38 ลักษณะของฟิล์มที่ผิวหน้าขรุขระไม่เรียบ.................................... 74

4.39 โลหะตัวอย่างก่อนการเคลือบและหลังเคลือบด้วยพลาสติก.................................... 75

4.40 ความหนาของฟิล์มที่เคลือบได้บนผิวโลหะ.................................... 75

5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับเวลาที่ใช้เคลือบ ของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 200 °ซ อุณหภูมิเบด 30 °ซ ความเร็วอากาศ 5.0 ซม./วินาที.................................... 77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับเวลาที่ใช้เคลือบ ของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 200 °ซ อุณหภูมิเบด 30 °ซ ความเร็วอากาศ 5.0 ซม./วินาที....................................	78
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับเวลาที่ใช้เคลือบ ของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 6 อุณหภูมิเริ่มต้น 180 200 °ซ อุณหภูมิเบด 30 °ซ ความเร็วอากาศ 5.0 ซม./วินาที....................................	78
5.4	แสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณของโลหะทรงกลมตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2....................................	86
5.5	แสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณของโลหะทรงกระบอกตัวอย่างที่ 3 และตัวอย่างที่ 4....................................	87
5.6	แสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณของโลหะทรงสี่เหลี่ยมตัวอย่างที่ 5 และตัวอย่างที่ 6....................................	88

สัญลักษณ์

A	=	พื้นที่ผิวโลหะ (ซม.^{2})
c_p	=	ความจุความร้อนของโลหะ (แคลอรี/กรัม °ซ)
C_p	=	ความจุความร้อนของของไหล (แคลอรี/กรัม °ซ)
C_v	=	ค่าคงที่วัตถุ (แคลอรี/ซม.^{2} °ซ)
d	=	ระยะทาง (ซม.)
D	=	ความหนาของฟิล์มที่ได้จากการทดลอง (มิลลิเมตร)
D_c	=	ความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณ (มิลลิเมตร)
h	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (แคลอรี/วินาที ซม.^{2} °ซ)
k	=	ค่าการนำความร้อนของของไหล (แคลอรี/วินาที ซม.°ซ)
m	=	มวลของโลหะ (กรัม)
t	=	เวลาที่ใช้เคลือบ (วินาที)
T_b	=	อุณหภูมิเบด (°ซ)
T_m	=	จุดหลอมตัวของพลาสติก (°ซ)
T_s	=	อุณหภูมิที่ผิววัตถุ (°ซ)
T_v	=	อุณหภูมิเริ่มต้นของวัตถุ (°ซ)
v	=	ความเร็วอากาศ (ซม./วินาที)
ρ	=	ความหนาแน่นของของไหล (กรัม/ซม^3)
μ	=	ความหนืดของของไหล (กรัม/ซม. วินาที)