การควบคุมปัจจัยกระบวนการของการพ่นสีฝุ่น

นายสมเกียรติ มงคลสมัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-863-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 16871909

PROCESS FACTORS CONTROL OF POWDER PAINT SPRAYING

Mr. Somkiat Mongkonsamai

A Thesis Submited in Partial Fulfillment of the Requiments

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-633-863-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมปัจจัยกระบวนการของการพ่นสีฝุ่น
โดย	นายสมเกียรติ มงคลสมัย
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์แบบนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมเกียรติ มงคลสมัย : การควบคุมปัจจัยกระบวนการของการพ่นสีฝุ่น (Process Factors Control of Powder Paint Spraying) อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร 164 หน้า ISBN 974 - 633 - 863 - 3

วิทยานิพนธ์นี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยควบคุมกระบวนการพ่นสีฝุ่นที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของสีได้แก่ ความหนาของชั้นสี ความผิดเพี้ยนของสีที่ได้เทียบกับสีมาตรฐาน แรงยึดเกาะของสีบนชิ้นงาน การทนต่อสารเคมีและตัวทำละลาย

กระบวนการพ่นสีฝุ่นนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมผิวชิ้นงาน การพ่นสีฝุ่นลงบนผิวชิ้นงาน และการอบสี จากการศึกษาพบว่าปัจจัยควบคุมกระบวนการพ่นสีฝุ่นที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพสีภายหลังการอบสี คือ ความต่างศักย์ระหว่างปืนพ่นสีกับชิ้นงาน ปริมาณของลมผสมที่ใช้ในการพ่นสี อุณหภูมิที่ใช้ในการอบสี และระยะเวลาในการอบสี นอกจากนี้ยังพบว่าสภาวะควบคุมปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาครั้งนี้คือ ค่าความต่างศักย์ระหว่างปืนพ่นสีกับชิ้นงานเท่ากับ 70 KV. ปริมาณลมผสมสีที่ใช้ในการพ่นสีเท่ากับ 5 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบสีที่ 180 $^{\circ}$C และ 15 นาทีตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C516662 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEER
KEY WORD:
POWDER PAINT / SPRAYING

SOMKIAT MONGKONSAMAI : PROCESS FACTORS CONTROL OF POWDER PAINT SPRAYING. THESIS ADVISOR : Dr. SOMCHAI PUAJINDANETR , Ph. D.

164 pp. ISBN 974 - 633 - 863 - 3

The purpose of this thesis was to study effect of control factors of powder paint spraying process on the paint quality such as thickness of paint layer, quality of colour compared to standard, adhesion to the substrate, chemical and solvent resistance.

The powder paint spraying process consisted of 3 main stages being surface preparation, paint spraying on surface and curing. The study found that the effect of the control factors on the paint quality were voltage between spraying gun and specimen, powder to air ratio, curing temperature and time. The optimum conditions of this case study were that the voltage between spraying gun and sample was 70 KV., the powder to air ratio was 5 m^3 / hr., the curing temperature and time were 180 ^{o}C and 15 minutes respectively.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จาก อาจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาอุตสาหกรรม และคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ซึ่งทำหน้าที่เป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องจนได้วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลดังกล่าวไว้อย่างสูง

ในส่วนของผู้ให้ข้อมูลและปรึกษาทางด้านเทคนิคผู้ทำวิจัยต้องขอขอบคุณ คุณการันต์ ไหลสาธิต ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน และพนักงานในโรงงานซึ่งช่วยทำการทดลองและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ท้ายสุดนี้ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ มารดา ซึ่งคอยให้คำแนะนำที่ดีและเป็นประโยชน์จนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือ คอยสอบถาม คอยห่วงใย และให้กำลังใจต่อผู้ทำวิจัย

นายสมเกียรติ มงคลสมัย

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			จ
กิตติกรรมประกาศ			ฉ
สารบัญ			ช
สารบัญตาราง			ฌ
สารบัญรูป			ญ
บทที่ 1		บทนำ	1
	1.1	หลักการและเหตุผล	1
	1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.3	ขอบเขตของการวิจัย	4
	1.4	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	4
	1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2		ทฤษฎีและการสำรวจงานวิจัยเกี่ยวกับสี	5
	2.1	สี (Colour)	6
	2.2	สีทาวัตถุ (Paint)	10
	2.3	สีฝุ่น (Powder Paint)	20
	2.4	การสำรวจงานวิจัย (Literature Survey)	37
บทที่ 3		การศึกษากระบวนการทำงานของโรงพ่นสีฝุ่นตัวอย่าง	38
	3.1	การทำงานของโรงพ่นสีฝุ่น	38
	3.2	กระบวนการเคลือบฟอสเฟต	42
	3.3	การเตรียมน้ำยาในกระบวนการ	53
	3.4	กระบวนการพ่นสี	57
บทที่ 4		วิธีการทดลอง	66
	4.1	การทดลอง	66
	4.2	การทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง	79

บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 92
5.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองส่วนที่ 1 92
5.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองส่วนที่ 2 104
5.3 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองส่วนที่ 3 110
5.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองส่วนที่ 4 116
บทที่ 6 วิจารณ์และสรุป 130
6.1 วิจารณ์ผลการทดลอง 130
6.2 สรุป 132
6.3 ข้อเสนอแนะ 133
เอกสารอ้างอิง 134
ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานพ่นสีฝุ่น และ การวิเคราะห์ค่าความหนาของชั้นสีโดยหลังการทางสถิติ 135
ภาคผนวก ข. เหตุผลการกำหนดค่าตัวเลขของปัจจัยที่ใช้ทดลอง 147
ภาคผนวก ค. ข้อมูลจำเพาะของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงาน 151
ภาคผนวก ง. ข้อมูลจำเพาะของเครื่องพ่นสีฝุ่นและสีฝุ่น 155
ประวัติผู้เขียน 164

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
5.1	แสดงความต่างศักย์, ปริมาณลมและความหนาของชั้นสี	104
5.2	แสดงรายละเอียดการทดลองของความต่างศักย์และปริมาณลม	106
5.3	แสดงผลการทดลองของค่าความต่างศักย์และปริมาณลมผสมสี	107
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\triangle E$ กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้	117
5.5	แบบการทดลองเพิ่มเติมของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบ	119
5.6	แสดงค่า $\triangle E$ ที่ได้จากการทดลอง	120
5.7	แสดงความหนาของชั้นสีกับแรงยึดเกาะ	124
5.8	แสดงค่าแรงยึดเกาะที่ได้จากการทดลอง	126

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กราฟแสดงความยาวคลื่นและการรับรู้สีของมนุษย์	6
2.2	แสดงการพลอตระหว่าง % การสะท้อนกับความยาวคลื่น	9
2.3	แสดงหลักการของ Spectophotometers	9
2.4	แสดงการยึดเกาะของโพลิเมอร์กับผิวหน้าวัสดุ	17
2.5	ลักษณะของปืนพ่นสีฝุ่นและองค์ประกอบภายใน	26
2.6	แสดงลักษณะการกระจายตัวของสีแบบ Flat	28
2.7	แสดงลักษณะการกระจายตัวของสีโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง	29
2.8	แสดงลักษณะการกระจายตัวของสีโดยใช้แรงดันสูง	29
2.9	แสดงห้องพ่นสีแบบธรรมดา	30
2.10	แสดงห้องพ่นสีแบบโมดูคลาท	31
2.11	แสดงห้องพ่นสีแบบ MVH	32
2.12	แสดงลักษณะของโซ่ลำเลียง	36
2.13	แสดงอุปกรณ์ปรับความเร็วของโซ่ลำเลียง	36
3.1	แสดงรายละเอียดของการเตรียมชิ้นงานก่อนการพ่นสี	40
3.2	แสดงรายละเอียดของกระบวนการพ่นสีฝุ่น	41
3.3	แสดงแผนภูมิของการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดา	43
3.4	แสดงแผนภูมิของการเคลือบฟอสเฟตแบบอัตโนมัติ	47
3.5	แสดงการโหลดชิ้นงานขึ้นโซ่ลำเลียง	49
3.6	แสดงภาพของเครื่องเคลือบฟอสเฟตแบบอัตโนมัติ	50
3.7	แสดงแผนภูมิของการเคลือบฟอสเฟตตัวถังตู้เย็นแบบอัตโนมัติ	51
3.8	แสดงภาพการเคลือบฟอสเฟตที่ดี	52
3.9	แสดงภาพการเคลือบฟอสเฟตที่ไม่ดี	52
3.10	แสดงภาพหลอดไตเตรทหาปริมาณ ACC : 131	55
3.11	แสดงแผนภูมิของการพ่นสีน้ำมัน	58
3.12	แสดงแผนภูมิกระบวนการพ่นสีฝุ่น	61
3.13	แสดงภาพการโหลดชิ้นงานก่อนพ่นสีฝุ่น	62

รูปที่		หน้า
3.14	แสดงการพ่นสี	64
3.15	แสดงภาพของเครื่องควบคุมการพ่นสีฝุ่น	64
3.16	แสดงภาพของเตาอบสีฝุ่น	65
3.17	แสดงภาพการเก็บชิ้นงานออกจากโซ่ลำเลียง	65
4.1	แผนภูมิการทดลองส่วนที่ 1	68
4.2	แผนภูมิการทดลองส่วนที่ 2	69
4.3	แสดงตำแหน่งการวัดสีบนชิ้นงาน	80
4.4	แสดงภาพกราฟของอุณหภูมิการเคียวริ่ง	81
4.5	แสดงภาพเครื่องมือวัดความหนาของชั้นสีโดยตรง	83
4.6	แสดงการวัดความหนาของชั้นสีโดยการลอกชั้นสีออก	84
4.7	แสดงตำแหน่งการวัดความหนาของชั้นสี	85
4.8	แสดงการทำตารางบนชิ้นงานโดยใช้มีดคัตเตอร์กรีดเป็นช่อง	87
4.9	แสดงภาพเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อใช้หาค่าแรงยึดเกาะ	88
4.10	แสดงภาพการทดสอบการดัดงอ	89
5.1	แสดงกราฟระหว่างความต่างศักย์กับความหนาของชั้นสี	105
5.2	แสดงกราฟระหว่างปริมาณลมกับความหนาของชั้นสี	105
5.3	แสดง Run Chart ของการทดลองเพิ่มเติมของความหนาของชั้นสี	108
5.4	แสดงกราฟระหว่างความต่างศักย์และความหนาของชั้นสีโดยใช้ปริมาณลมเท่ากัน	108
5.5	แสดงกราฟระหว่างปริมาณลมและความหนาของชั้นสีโดยให้ความต่างศักย์คงที่	109
5.6	แสดงค่า △E กับอุณหภูมิที่ใช้อบ	118
6.7	แสดงค่า △E กับเวลาที่ใช้อบ	118
5.8	แสดง Run Chart ของการทดลองเรื่องคุณภาพสี	121
5.9	แสดงค่า △E เทียบกับอุณหภูมิที่ใช้อบ	121
5.10	แสดงค่า △E เทียบกับเวลาที่ในการใช้อบ	122
5.11	แสดงกราฟระหว่างความหนาของชั้นสีกับแรงยึดเกาะ	124
5.12	แสดงกราฟของเฟคเตอร์และ % ความสมบูรณ์ของงาน	125
5.13	แสดง Run Chart ของแรงยึดเกาะ	127
5.14	แสดงแรงยึดเกาะและอุณภูมิของการอบ	127
5.15	แสดงแรงยึดเกาะและเวลาในการอบ	128