การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา

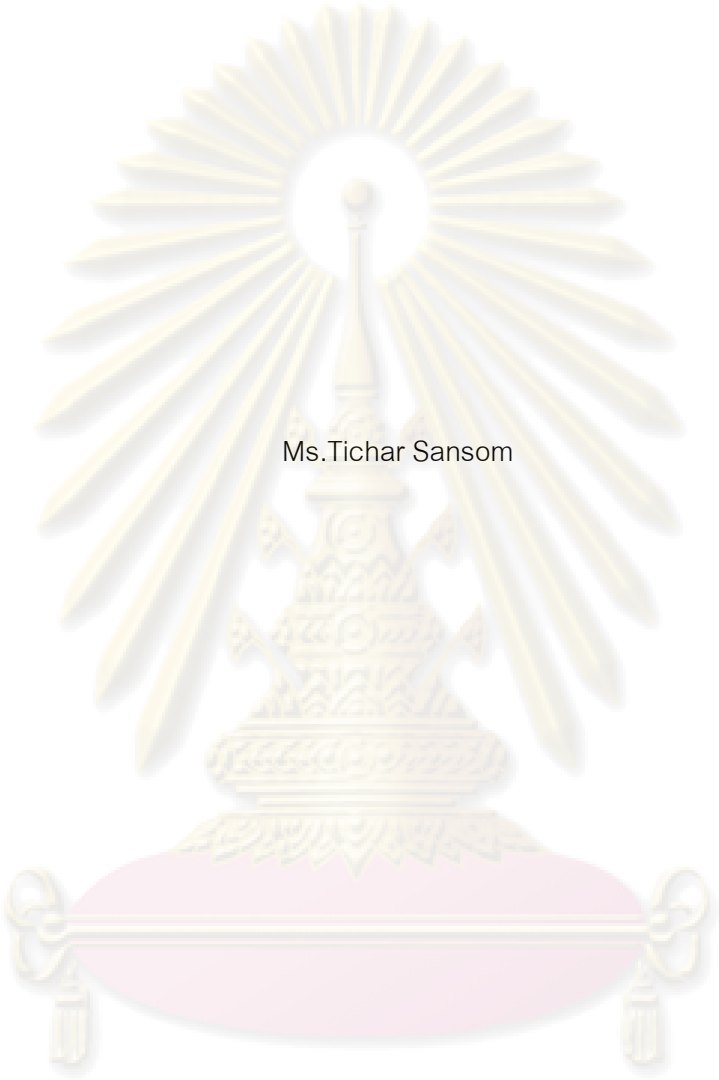
นางสาวทิชา แสนสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BLACK-SEED DEFECT REDUCTION IN PAINTING PROCESS OF PLASTIC FRONT CAR-BUMPER BY SIX SIGMA APPROACH

Ms.Tichar Sansom



ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา
โดย	นางสาวทิชา แสนสม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิชา แสนสม : การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา (BLACK SEED DEFECT REDUCTION IN PAINTING PROCESS OF PLASTIC FRONT CAR-BUMPER BY SIX SIGMA APPROACH) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา, 194 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา

จากการศึกษาข้อมูลพบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นเป็นจำนวนมาก โดยวัดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 151,259 DPPM (Defect Part per Million) ซึ่งสาเหตุหลักมาจากความสกปรกของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี และระบบจ่ายอากาศในห้องพ่นสี ส่งผลให้บริษัทต้องสูญเสียต้นทุนนับหลายล้านบาทต่อปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างเร่งด่วน ทีมงานจึงได้นำเอาแนวทางของซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอนมาใช้ คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการ ตามลำดับ การดำเนินงานในการปรับปรุงคุณภาพนั้น เริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่น โดยจะทำไปพร้อมกับการศึกษาความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล และคัดเลือกตัวแปรที่จะนำมาศึกษาโดยการใช้เทคนิคลักษณะบกพร่องและผลกระทบ(FMEA) จากนั้นจึงนำเอาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อปัญหาเม็ดฝุ่นมาทำการทดสอบด้วยวิธีทางสถิติ และหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการโดยการประยุกต์การออกแบบการทดลอง และควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก

จากการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ด้วยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์หลังการปรับปรุงเท่ากับ 46,892 DPPM ซึ่งสามารถลดของเสียได้ 69% ของของเสียก่อนการปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ...วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา .....วิศวกรรมอุตสาหการ... ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา .....2551.....

##5071419421: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORDS: SIX SIGMA / PAINTING PROCESS / BLACK SEED / DEFECT REDUCTION.

TICHAR SANSOM : BLACK SEED DEFECT REDUCTION IN PAINTING PROCESS OF PLASTIC FRONT CAR-BUMPER BY SIX SIGMA APPROACH. ADVISOR : ASSOC.PROF.PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 194 pp.

The objective of this research is to improve quality by using six-sigma approach in order to reduce black seed defect in plastic front car-bumper painting process.

There are many defects that result from black seed. The current process has 151,259 DPPM (Defect Part per Million). The main causes of this problem result from dirty equipments and air balance system in painting process which incurs more than a million baht per year. The 5 steps of six-sigma approach quality improvement are exercised in this research including defining phase, measurement phase, analysis phase, improvement phase, and control phase respectively. This research studied in details of the production process to find factors that cause black seed defect in the measurement and analysis phases. The main factors were selected and analyzed by Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Then, those factors were tested by statistic and found the suitable parameter settings of the process by Design of Experiment (DOE). Having found the appropriate parameters, the process was controlled to protect reoccurrence problems.

After the improvement of front car-bumper painting process with six sigma approach, it is found that the defect was reduced to 46,892 DPPM which is 69% of defect before the improvement.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: ....Industrial Engineering..... Student's Signature.....

Field of Study: .....Industrial Engineering..... Advisor's Signature.....

Academic Year: .....2008.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช ที่กรุณาช่วยแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำการวิจัย ตลอดจนพนักงานของบริษัทตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการทดลองเป็นอย่างดี ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาและทุกคนในครอบครัวที่ช่วยเป็นกำลังใจและสนับสนุนความช่วยเหลือด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา 2

1.2 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหาในปัจจุบัน 6

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 11

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 11

1.5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน 11

1.6 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

1.7 คำนิยามที่ใช้ในงานวิจัย 14

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา 16

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพ 33

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับห้องสะอาด 37

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41

3 การนิยามปัญหา 45

3.1 การกำหนดทีมงานดำเนินงาน 45

3.2 การศึกษากระบวนการผลิต 46

3.3 การกำหนดปัญหา 60

3.4 สรุปนิยามปัญหา 65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่		หน้า
4	การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา	66
	4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)	67
	4.2 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบ	72
	4.3 การวิเคราะห์กระบวนการ	74
	4.4 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	75
	4.5 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล	77
	4.6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)	81
	4.7 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา	87
5	การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	89
	5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมุติฐาน	90
	5.2 การทดสอบสมมุติฐาน	90
	5.3 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	113
6	การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ	114
	6.1 ปัจจัยนำเข้า	114
	6.2 การแก้ไขปรับปรุงปัจจัยนำเข้าที่สามารถทำได้ก่อน	115
	6.3 การปรับปรุงปัจจัยนำเข้าที่เหลืออยู่ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง	120
	6.4 ขั้นตอนในการทดลอง	124
	6.5 ผลการทดลอง	125
	6.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น	127
	6.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น	130
	6.8 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร	135
	6.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร	138

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

6.10 สรุปขั้นตอนการแก้ไขกระบวนการ 143

7 การทดสอบยืนยันผล 145
7.1 การทดสอบยืนยันผล 145
7.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 146
7.3 สรุปผลขั้นตอนการทดสอบยืนยัน 147

8 การควบคุมกระบวนการผลิต 148
8.1 แผนการควบคุม 148
8.2 การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม 155
8.3 แผนการแก้ไขเมื่อกระบวนการออกนอกเส้นควบคุม 155
8.4 ข้อมูลหลังการปรับปรุงการผลิต 157
8.5 สรุปผลขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต 158

9 การประเมินผลการลดของเสียด้วยต้นทุนคุณภาพ 159
9.1 รายการของต้นทุนคุณภาพที่จะทำการวิเคราะห์ 159
9.2 วิเคราะห์ต้นทุนด้านคุณภาพด้วยหลักการแบ่งต้นทุนด้านคุณภาพที่เหมาะสม 160
9.3 สรุปการประเมินผลการลดของเสียด้วยต้นทุนคุณภาพ 164

10 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 165
10.1 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา 165
10.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา 166
10.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 167
10.4 บทสรุปขั้นตอนแก้ไขและปรับปรุง 167
10.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมการผลิต 168
10.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย 168
10.7 ข้อเสนอแนะ 169

รายการอ้างอิง 170
ภาคผนวก 173

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก ก ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 174
ภาคผนวก ข ค่าผลการทดสอบยืนยันผลการทดสอบ 185
ภาคผนวก ค ค่าผลการควบคุมกระบวนการผลิต 187
ภาคผนวก ง การควบคุมการผลิต 189

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 194

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 3.1	มาตรฐาน Federal Standard 209E	57
ตารางที่ 3.2	มาตรฐาน ISO/TC 209 14644-1	57
ตารางที่ 3.3	เกณฑ์การตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่น	64
ตารางที่ 4.1	เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด	68
ตารางที่ 4.2	แผนการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด	69
ตารางที่ 4.3	ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด	70
ตารางที่ 4.4	ผลการตรวจซ้ำและเหมือนกันของการตรวจสอบ	71
ตารางที่ 4.5	เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล	77
ตารางที่ 4.6	ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C-E Matrix)	79
ตารางที่ 4.7	ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ	83
ตารางที่ 5.1	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของระบบจ่ายอากาศ	92
ตารางที่ 5.2	ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ	92
ตารางที่ 5.3	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ	93
ตารางที่ 5.4	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น	94
ตารางที่ 5.5	ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น	95
ตารางที่ 5.6	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น	95
ตารางที่ 5.7	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของระบบจ่ายอากาศ	97
ตารางที่ 5.8	ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงา	97
ตารางที่ 5.9	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงา	98
ตารางที่ 5.10	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก	100
ตารางที่ 5.11	ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของตัวจับยึดชิ้นงาน	100
ตารางที่ 5.12	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของตัวจับยึดชิ้นงาน	101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 5.13 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของปืนพ่นสีสกปรก 103
ตารางที่ 5.14 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของปืนพ่นสี 103
ตารางที่ 5.15 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของปืนพ่นสี 104
ตารางที่ 5.16 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของถุงมือพ่นสีสกปรก 106
ตารางที่ 5.17 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของถุงมือพ่นสี 106
ตารางที่ 5.18 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของถุงมือพ่นสี 107
ตารางที่ 5.19 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานความสกปรกของ
เสื้อผ้าพนักงาน 109
ตารางที่ 5.20 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของเสื้อผ้าพนักงาน 109
ตารางที่ 5.21 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของเสื้อผ้าพนักงาน 110
ตารางที่ 5.22 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานการไม่ปฏิบัติตาม
วิธีการทำงาน 112
ตารางที่ 5.23 ตารางผลการทดลองเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน 112
ตารางที่ 5.24 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน 113
ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าทำการทดลอง 121
ตารางที่ 6.2 ลำดับในการทดลอง 121
ตารางที่ 6.3 การปรับเปลี่ยนหน่วยสเกล 122
ตารางที่ 6.4 ตารางผลการทดลอง 126
ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง 131
ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง 139
ตารางที่ 6.7 ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย 144
ตารางที่ 9.1 รายการต้นทุนคุณภาพที่จะทำการวิเคราะห์ 160
ตารางที่ 9.2 สัดส่วนของต้นทุนคุณภาพก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ 162

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 1.1 ยอดการขาย การผลิต และการส่งออกรถยนต์ของประเทศไทย 2
รูปที่ 1.2 แบบจำลองของกันชนหน้ารถยนต์ 3
รูปที่ 1.3 วงจรการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก 4
รูปที่ 1.4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการพ่นสี 5
รูปที่ 1.5 สัดส่วนของดีและของเสียในกระบวนการพ่นสี 6
รูปที่ 1.6 สัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิตในกะบวนการพ่นสี 7
รูปที่ 1.7 สัดส่วนของเสียซ่อมได้และซ่อมไม่ได้ในกระบวนการพ่นสี 8
รูปที่ 1.8 สัดส่วนของเสียในกระบวนการพ่นสี 8
รูปที่ 1.9 มูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี 9
รูปที่ 1.10 กราฟสัดส่วนของเสียในกระบวนการพ่นสี 10
รูปที่ 1.11 กราฟมูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี 10
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพและระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 35
รูปที่ 2.2 พฤติกรรมของต้นทุนคุณภาพกับการปรับปรุงคุณภาพ 36
รูปที่ 2.3 ห้องสะอาดประเภท Conventional Flow Clean Room 38
รูปที่ 2.4 ห้องสะอาดประเภท Unidirectional Flow Clean Room 39
รูปที่ 2.5 ห้องสะอาดประเภท Mixed Flow Clean Room 39
รูปที่ 3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตรวม 48
รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก 49
รูปที่ 3.3 ชั้นสี 51
รูปที่ 3.4 ปืนพ่นสี 53
รูปที่ 3.5 ภาพของตัวจับยึด 54
รูปที่ 3.6 สภาพของทิศทางลมในห้องพ่นสี 55
รูปที่ 3.7 สัดส่วนของดีและของเสียในกระบวนการพ่นสี 58
รูปที่ 3.8 สัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการพ่นสี 59
รูปที่ 3.9 มูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี 60
รูปที่ 3.10 สัดส่วนของดีในกระบวนการพ่นสีระหว่างแผงคอนโซลหน้ารถยนต์พลาสติกและชิ้นส่วนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก 62
รูปที่ 3.11 สัดส่วนของเสียในกระบวนการพ่นสี 62
รูปที่ 3.12 มูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี เฉลี่ยต่อเดือน 62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 3.13 ลักษณะการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสี 63
รูปที่ 3.14 วิธีการวัดปัญหาเม็ดฝุ่น 64
รูปที่ 4.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 73
รูปที่ 4.2 แผนภาพอธิบายกระบวนการ (Process Mapping) ของการพ่นสีรถยนต์ 74
รูปที่ 4.3 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุสาเหตุของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น 76
รูปที่ 4.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัย 80
รูปที่ 4.5 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยจากการวิเคราะห์ FMEA 86
รูปที่ 5.1 ภาพการปรับตั้งความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ 91
รูปที่ 5.2 ภาพตัวจับยึดชิ้นงานที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี 99
รูปที่ 5.3 ภาพปืนพ่นสีที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา 102
รูปที่ 5.4 ภาพถุงมือที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและถุงมือใหม่ 105
รูปที่ 5.5 เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการทำความสะอาดและเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน 108
รูปที่ 5.6 ภาพการเป่าตัวทำความสะอาดของพนักงาน 111
รูปที่ 6.1 กำลังและจำนวนการทดลองซ้ำ 123
รูปที่ 6.2 ภาพผังการทดลอง 125
รูปที่ 6.3 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง 128
รูปที่ 6.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล 129
รูปที่ 6.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต 130
รูปที่ 6.6 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 132
รูปที่ 6.7 แผนภูมิพาเรโต แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 132
รูปที่ 6.8 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) 133
รูปที่ 6.9 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) 133
รูปที่ 6.10 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 40 134
รูปที่ 6.11 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 42 135
รูปที่ 6.12 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง 136

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 6.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล 137
รูปที่ 6.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต 138
รูปที่ 6.15 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 140
รูปที่ 6.16 แผนภูมิพาเรโต แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 140
รูปที่ 6.17 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
(ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร) 141
รูปที่ 6.18 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
(ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร) 141
รูปที่ 6.19 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบ
ดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ
ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 40 142
รูปที่ 6.20 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบ
ดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ
ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 42 143
รูปที่ 7.1 แผนภูมิการศึกษาด้านสมรรถนะของกระบวนการ 146
รูปที่ 8.1 มาตรฐานการทำงานการเป่าตัวทำความสะอาดของพนักงาน
โดยใช้ Air Shower 151
รูปที่ 8.2 มาตรฐานการทำงานการอบรมพนักงานก่อนปฏิบัติงาน 152
รูปที่ 8.3 แผนการควบคุมการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสี 153
รูปที่ 8.4 แผนการควบคุมด้วยการมองเห็นของการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสี 154
รูปที่ 8.5 ภาพแผนการควบคุมการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสี 155
รูปที่ 8.6 แผนการแก้ไขเมื่อกระบวนการออกนอกเส้นควบคุม 156
รูปที่ 8.7 แผนภูมิการศึกษาด้านสมรรถนะของกระบวนการ หลังการปรับปรุง 157
รูปที่ 9.1 รูปแบบการแบ่งต้นทุนด้านคุณภาพที่เหมาะสมที่สุด 161
รูปที่ 9.2 กราฟสัดส่วนต้นทุนด้านคุณภาพที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุง
กระบวนการ 163

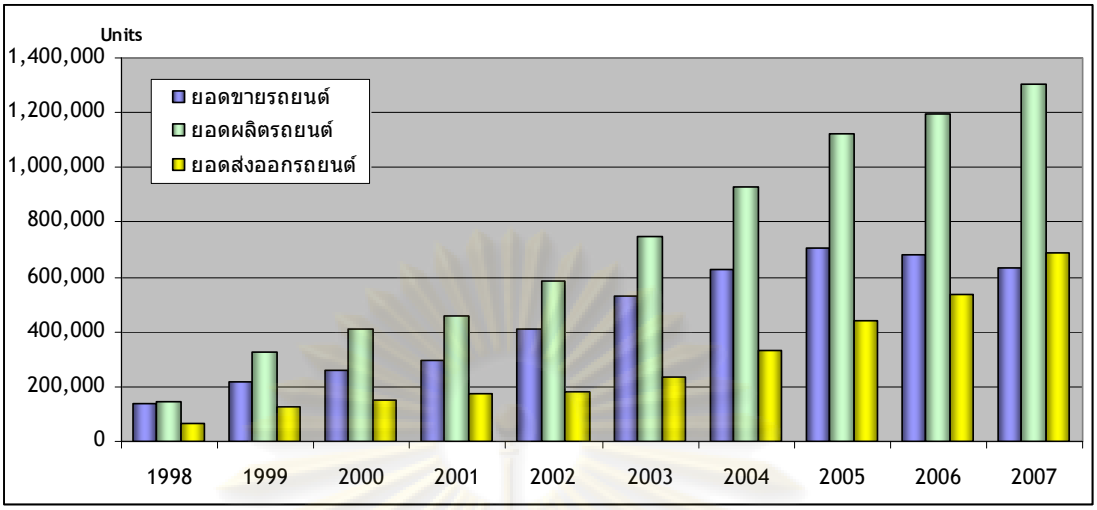
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

การแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน องค์กรหรือบริษัทจะต้องมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงคุณภาพให้สูงขึ้นและทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด เพื่อที่จะสามารถแข่งขันกับคู่แข่งทางธุรกิจและเพื่อความอยู่รอดของบริษัท แต่ละองค์กรต้องทำการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและบริการภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการที่จะได้มาซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และบริการ จำเป็นที่จะต้องมีการจัดการคุณภาพที่เหมาะสมในทุกๆ กระบวนการ และทุกระดับขององค์กร ตลอดห่วงโซ่อุปทานของกระบวนการทั้งหมด เริ่มตั้งแต่กระบวนการออกแบบ (Design) , จัดซื้อ (Procurement) , การผลิต (Manufacturing) , การจัดเก็บ (Storage) , การจัดจำหน่าย (Distribution) และการขนส่ง (Transportation) เป็นต้น

ผู้ศึกษามีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนพลาสติกพ่นสีรถยนต์ โดยเฉพาะกันชนหน้า และได้เลือกที่จะศึกษาในอุตสาหกรรมยานยนต์ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ และถูกกำหนดจากภาครัฐให้เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม การส่งออก และเศรษฐกิจของไทย ดังจะเห็นได้จากการที่มีการเข้ามาลงทุนจากบริษัทรถยนต์เกือบทุกยี่ห้อ มียอดการผลิตและยอดการส่งออกเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนของรถยนต์และชิ้นส่วน ส่งผลให้การจ้างงานเพิ่มขึ้น และนำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก โดยเมื่อพิจารณายอดการผลิต และยอดจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่ามีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 ยอดการขาย การผลิต และการส่งออกรถยนต์ของประเทศไทยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา

ที่มา สถาบันยานยนต์

นอกจากนี้อุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตค่อนข้างสูง จำนวนของส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตก็มีความหลากหลาย เช่น ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนตัวถัง ชิ้นส่วนตกแต่งภายใน ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า ชิ้นส่วนระบบถ่ายกำลังและขับเคลื่อน, ชิ้นส่วนระบบห้ามล้อและระบบกันสะเทือน และมีวัสดุต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น ชิ้นส่วนพลาสติก ยาง เหล็ก ฯลฯ ดังนั้นทางผู้ผลิตรถยนต์จึงมีการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของการผลิตรถยนต์ รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนที่ผลิตเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาศักยภาพในการผลิตและขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับตัวผู้ผลิตเอง ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพชิ้นส่วนพลาสติกพ่นสีรถยนต์ก็จะมีบทบาทสำคัญ ที่จะช่วยให้ผู้ผลิตรถยนต์ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ ตรงตามกำหนดเวลา และตรงตามความต้องการ อันจะช่วยให้ลูกค้าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพในที่สุด

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา

บริษัทตัวอย่างที่ศึกษาเป็นบริษัทเป็นบริษัทผลิตรถยนต์ ก่อตั้งเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2505 ปัจจุบันมีทุนจดทะเบียน 7,520 ล้านบาท (ประมาณ 190 ล้านเหรียญสหรัฐฯ) มีโรงงานประกอบรถยนต์ทั้งสิ้น 4 แห่ง โดยมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 550,000 คันต่อปี นอกเหนือจากการประกอบรถยนต์แล้ว ยังมีการนำเข้าและส่งออกรถยนต์สำเร็จรูปและชิ้นส่วนรถยนต์ไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลกอีกกว่า 90 ประเทศ

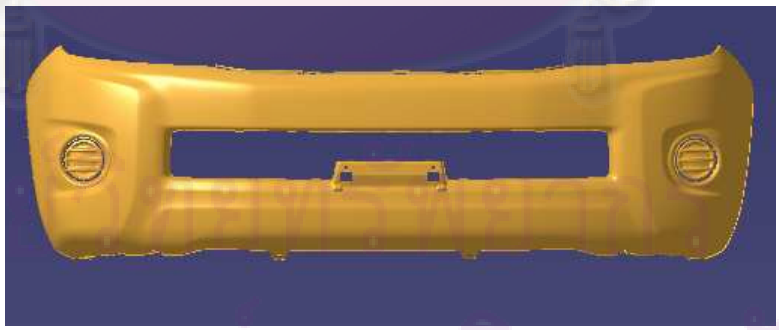
บริษัทตัวอย่างที่ศึกษา มีพนักงานรวมทั้งสิ้น 13,315 คน (มีนาคม 2551) โดยบริษัทได้แบ่งสายงานออกเป็น 5 สายงานหลัก ประกอบด้วย สายงานการบริหาร สายงานการตลาด สายงานการผลิต สายงานเทคนิค และสายงานสถาบันการสอน นอกจากนี้ยังมีสายงานพิเศษซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลจากประธานบริษัทโดยตรงอีก 8 หน่วยงาน รับผิดชอบกิจกรรมและการสื่อสารระหว่างสายงาน คือ สำนักงานตรวจสอบภายใน สำนักงานโครงการ สำนักงานส่งเสริมความพึงพอใจลูกค้า สำนักงานประชาสัมพันธ์ สำนักงานส่งเสริมความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม สำนักงานบริหารการส่งออก สำนักงานวางแผนองค์การ และ สำนักงานรัฐกิจสัมพันธ์

1.1.1 ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างที่ศึกษา

โรงงานประกอบรถยนต์ที่ศึกษานั้นตั้งอยู่ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา (รถยนต์เพื่อการพาณิชย์) ซึ่งมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 100,000 คันต่อปี ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษา ในส่วนของแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี ผลิตภัณฑ์กันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์

1.1.1.1 กันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์

เป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำจากพลาสติกขึ้นรูปโดยการฉีดที่บริษัทผลิตเองและนำมาประกอบเป็นรถยนต์ภายในบริษัทเองและส่งไปขายยังต่างประเทศ รวมถึงผลิตเพื่อขายเป็นอะไหล่รถยนต์อีกด้วย แบบจำลองของกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์สามารถดูได้จากรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แบบจำลองของกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.1.2 กระบวนการผลิต

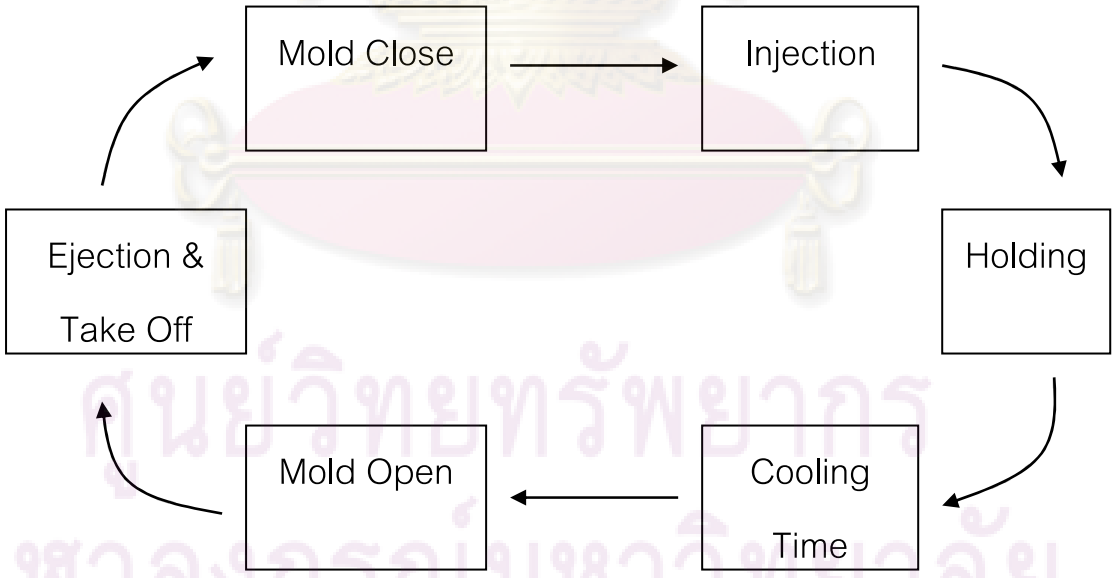
กระบวนการผลิต จะประกอบไปด้วย 2 กระบวนการหลัก กล่าวคือ

ก. กระบวนการฉีดขึ้นรูปกันชนหน้า (Injection Process)

ข. กระบวนพ่นสีกันชนหน้า (Painting Process)

ก. กระบวนการฉีดขึ้นรูปกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์(Injection Process)

เริ่มต้นจากการนำเอาเม็ดพลาสติกชนิด Polypropylene Compound ไปอุ่นให้ความร้อน (Heat-up) เพื่อให้อุณหภูมิของเม็ดพลาสติกอยู่ที่ประมาณ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกส่งต่อไปยัง Hopper ของเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Machine) และถูกส่งต่อไปยัง Barrel เพื่อทำให้เม็ดพลาสติกหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 220 องศาเซลเซียส เมื่อเม็ดพลาสติกหลอมเหลวแล้ว แม่พิมพ์จะปิด จากนั้นพลาสติกหลอมเหลวจะวิ่งเข้าสู่แม่พิมพ์ ด้วยแรงดันจากสกรู (Screw) เมื่อพลาสติกวิ่งเข้าสู่แม่พิมพ์จนเต็มแบบแล้ว ระบบ Water-Cooling จะทำงาน เพื่อทำให้ชิ้นงานเย็นตัวลง จากนั้นแม่พิมพ์จะเปิดออก ระบบดันชิ้นงาน (Ejection System) จะทำงานเพื่อถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.3

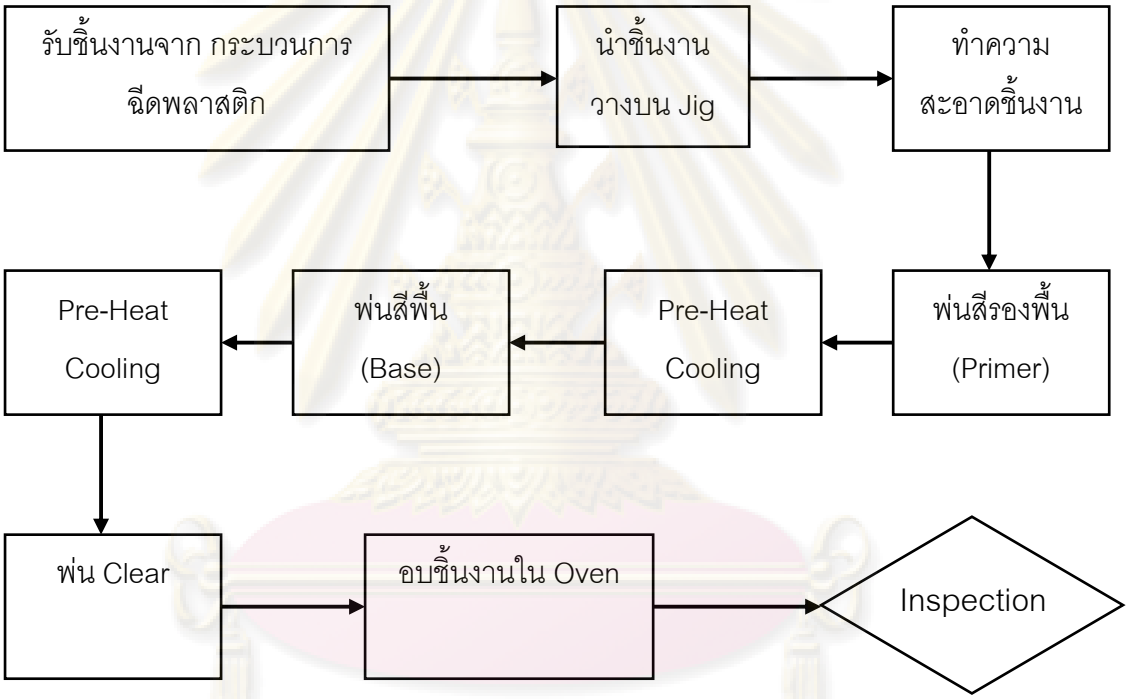


รูปที่ 1.3 วงจรการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. กระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์(Painting Process)

เริ่มจาก พนักงานนำ Part ใส่บนตัวจับยึด (Jig) แล้วทำความสะอาดโดยใช้ผ้าเช็ด Part จากนั้นพนักงานจะพ่นสีรองพื้น (Primer) ต่อจากนั้น Part จะถูกอบเพื่อให้สีแห้งและถูกส่งต่อไปพ่นสีพื้น (Base) ด้วย Robot จากนั้น Part จะถูกอบเพื่อให้สีแห้งอีกครั้ง เมื่อผ่านกระบวนการพ่นสีพื้นแล้ว พนักงานจะทำการพ่น Clear บน Part จากนั้น Part จะถูกส่งเข้าไปอบใน Oven เพื่อให้สีแห้งตัวสนิท จากนั้นเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบ เป็นกระบวนการสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการพ่นสี

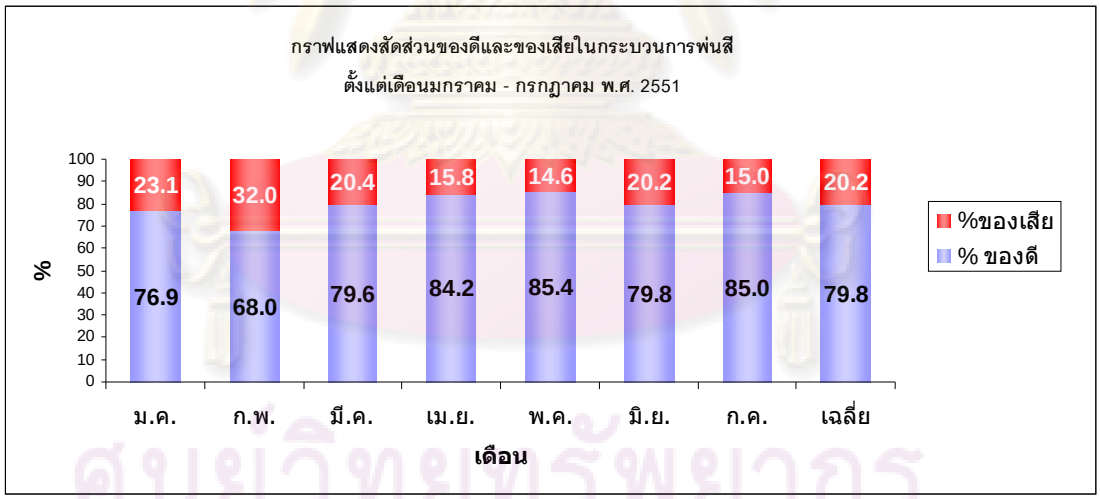
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหาในปัจจุบัน

เนื่องจากชิ้นส่วนกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์ มีความต้องการด้านคุณภาพในด้านของรูปลักษณ์ภายนอกสูง ดังนั้นกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์จึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์ เนื่องจากจะส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า

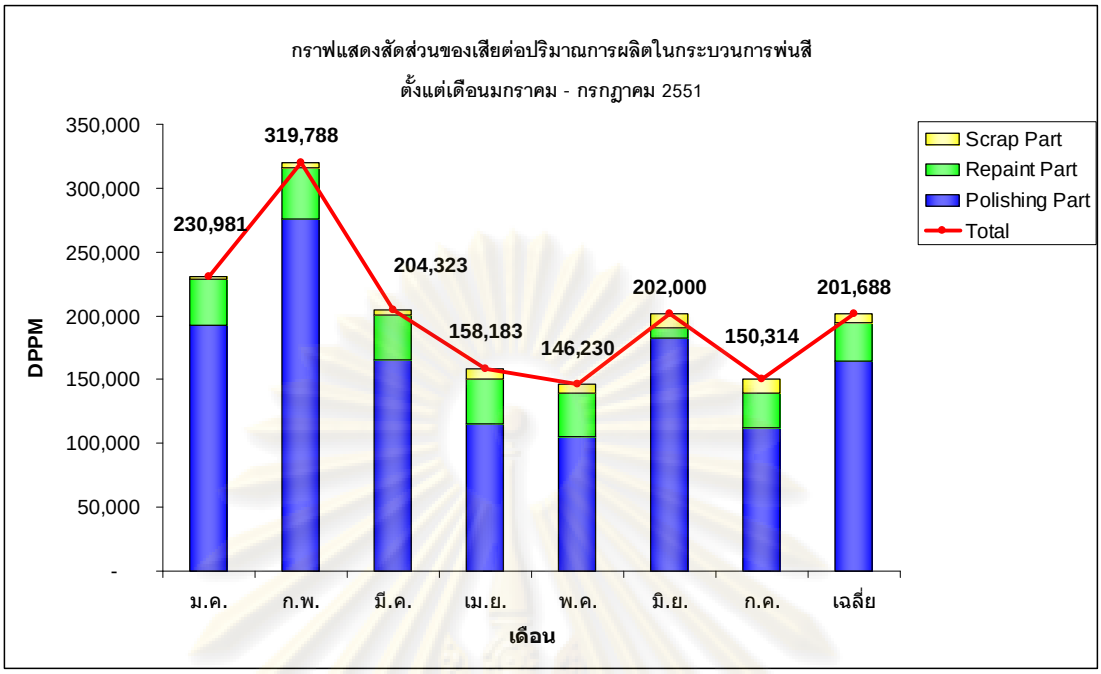
ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลและกระบวนการผลิตกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์ ของแผนกผลิตชิ้นส่วนพลาสติก โรงงานผลิตรถยนต์กรณีศึกษา พบว่ามีปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก ในส่วนของกระบวนการพ่นสี ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องการลดของเสียดังกล่าว เพื่อเป็นการปรับปรุงและลดข้อบกพร่องในกระบวนการพ่นสี นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับบริษัทสูงขึ้น ซึ่งของเสียที่ได้กล่าวมานั้นสามารถอธิบายให้ชัดเจนได้ดังนี้

ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสี โดยรวบรวมตั้งแต่เดือน มกราคม – กรกฎาคม 2551 พบว่ามีสัดส่วนของของเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 20.2% และสัดส่วนของของดีโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 79.8% ดังที่แสดงในรูป 1.5 ซึ่งสามารถแสดงสัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิตเป็น DPPM (Defect Parts Per Million) ได้ดังรูปกราฟที่ 1.6



รูปที่ 1.5 กราฟสัดส่วนของดีและของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



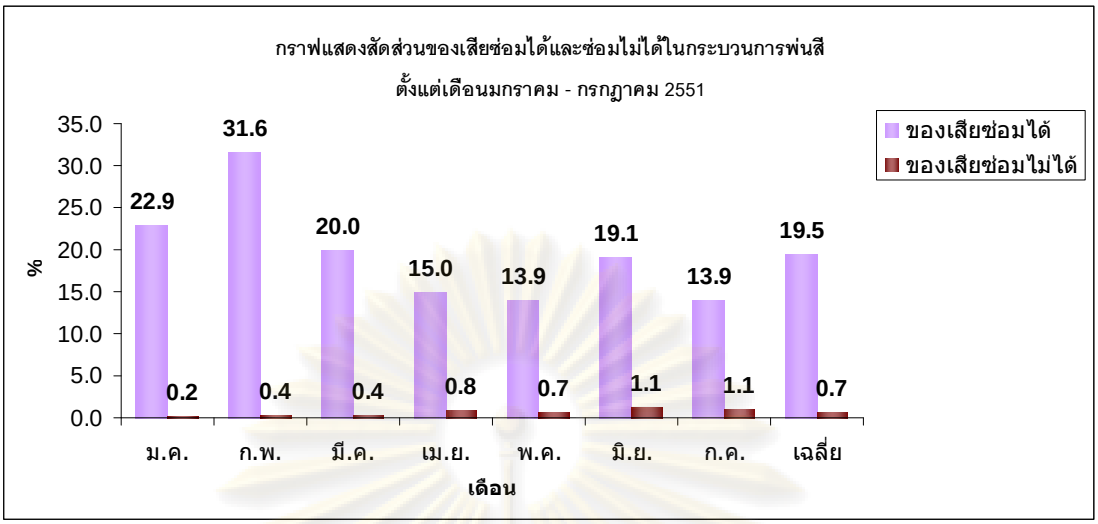
รูปที่ 1.6 กราฟสัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิตในกะบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

จากกราฟจะเห็นว่า อัตราส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีค่าสูง โดยเฉลี่ยแล้ว DPPM ของของเสียทั้งหมดในแต่ละเดือนจะเท่ากับ 201,688 DPPMต่อเดือน ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมาก โดยของเสียนั้นมีทั้งที่ซ่อมได้และซ่อมไม่ได้ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 1.7 โดยสามารถแบ่งแยกประเภทของของเสียได้ 3 ประเภท ดังนี้

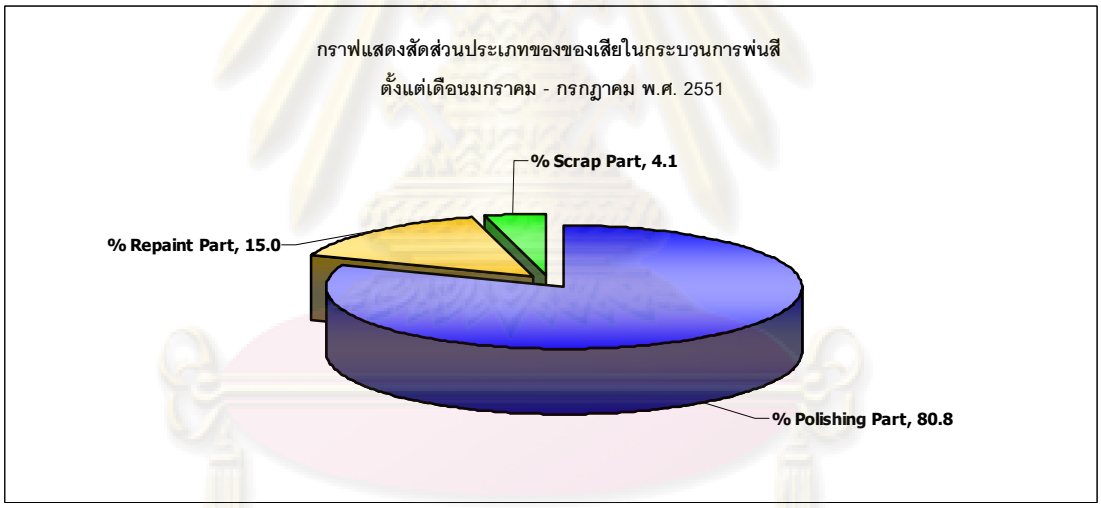
1. Polishing Part คือของเสียที่ต้องซ่อมด้วยการขัดด้วยน้ำยา
2. Repaint Part คือของเสียที่ต้องซ่อมด้วยการพ่นสีใหม่ (Rework)
3. Scrap Part คือของเสียที่ไม่สามารถซ่อมได้

ซึ่งจากข้อมูลที่ศึกษาจะเห็นได้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์ ในประเภทของ Polishing Part จะเป็นสัดส่วนประเภทของของเสียที่มากที่สุด และรองลงมาเป็น Repaint Part และ Scrap Part ตามลำดับ โดยแสดงในรูปที่ 1.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



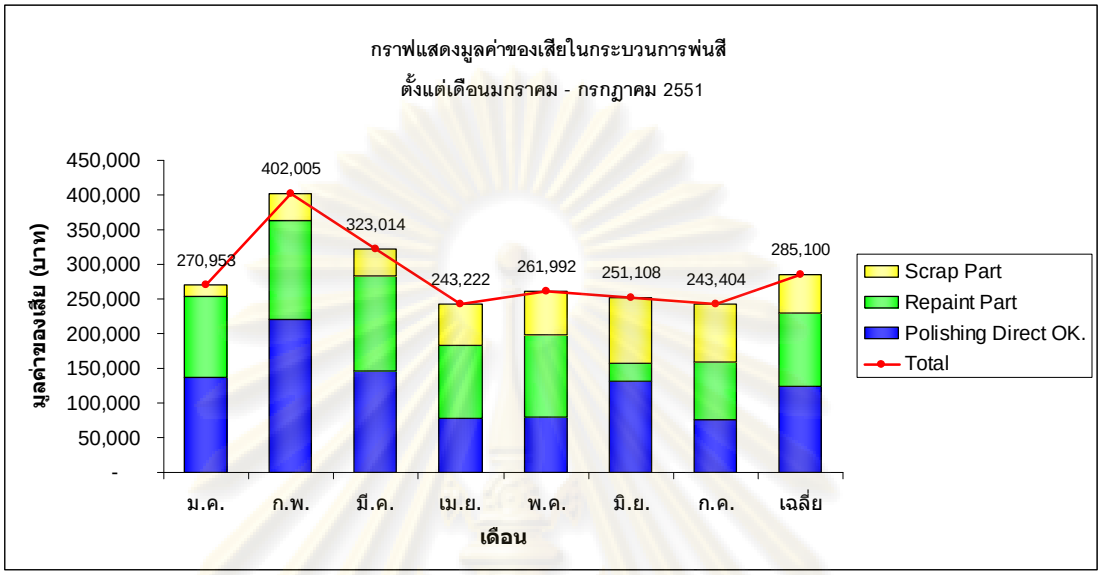
รูปที่ 1.7 กราฟสัดส่วนของเสียซ่อมได้และซ่อมไม่ได้ในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม - กรกฎาคม 2551



รูปที่ 1.8 กราฟสัดส่วนของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

จากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าแรงและวัตถุดิบในการซ่อม หรือมูลค่าในการทิ้งชิ้นส่วน ที่สูงขึ้น ทำให้บริษัทต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก เมื่อนำต้นทุนของของเสียมาคิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมดที่บริษัทต้องสูญเสียทั้งหมดตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551 จะได้เท่ากับ 1,995,699 บาท ซึ่งคิดเป็นมูลค่าของเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 285,100 บาท และจากกราฟรูปที่ 1.9 จะเห็นว่า

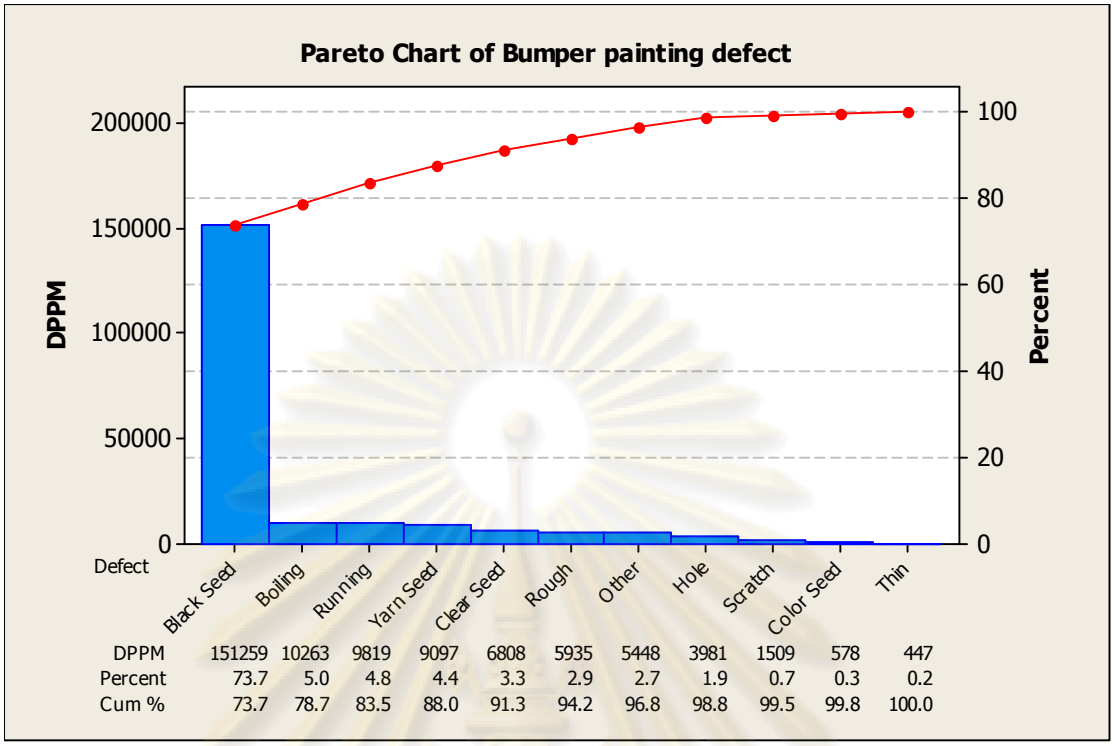
Polishing Part เป็นประเภทของของเสียจากการผลิตที่มีต้นทุนของของเสียสูงที่สุด และรองลงมาเป็น Repaint Part และ Scrap Part



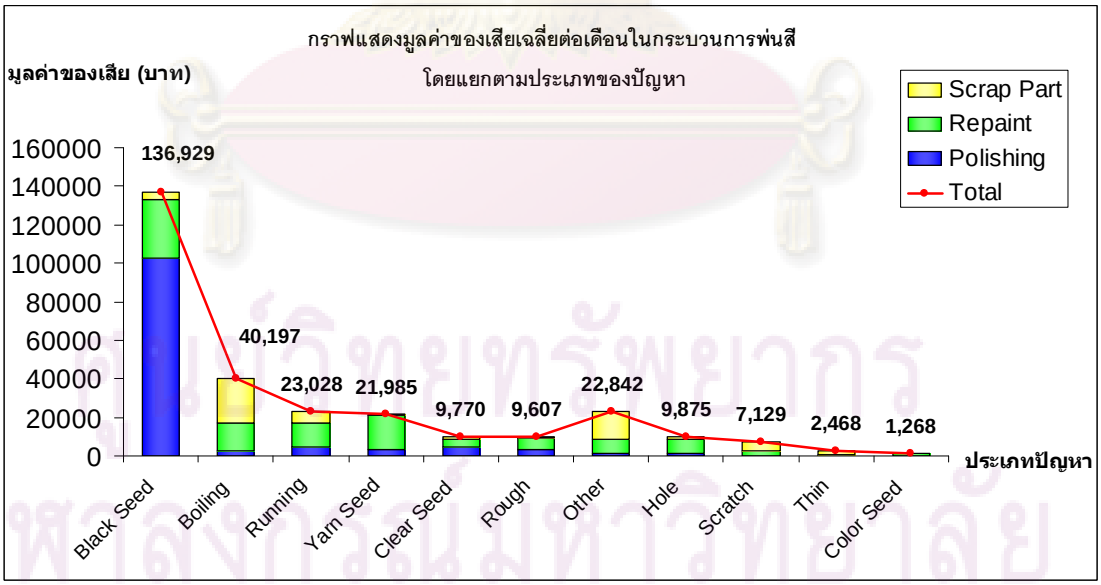
รูปที่ 1.9 กราฟมูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

นำข้อมูลของของเสียทั้ง 3 ประเภท มาทำการวิเคราะห์หาปัญหา โดยการใช้แผนภาพพาเรโตเพื่อจำแนกและชี้ให้ชัดเจนว่าปัญหาหลักคืออะไร และเพื่อที่จะได้นำไปทำการศึกษาและแก้ไขของเสียที่สาเหตุที่แท้จริงต่อไป ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาเรโตดังรูปที่ 1.10 พบว่าการเกิดปัญหาของเสียที่จำเป็นต้องแก้ไขก่อนปัญหาอื่น ๆ อันดับแรกคือปัญหาเม็ดฝุ่น (Black Seed) เนื่องจากเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุดจากของเสียทั้งหมดคือ 73.7 เปอร์เซ็นต์ และจะเห็นได้ว่าปัญหาเม็ดฝุ่น ยังเป็นปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดต้นทุนของเสียมากที่สุดเช่นกันดังรูปที่ 1.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.10 กราฟสัดส่วนของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551



รูปที่ 1.11 กราฟมูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี

เฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551 โดยแยกตามประเภทของปัญหา

จะเห็นได้ว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการศึกษาเรื่องการลดของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น (Black Seed) ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ จะมีประโยชน์ทั้งในด้านของการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objective)

เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจาก เม็ดฝุ่น (Black Seed) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตงานวิจัย มีดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการผลิต วิธีการและขั้นตอนการผลิต ของชิ้นส่วนกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ (เฉพาะชิ้นส่วนของรถกระบะ 1 ตัน)
2. ทำการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและศึกษาประเภทของของเสียในกระบวนการผลิตกันชนหน้ารถยนต์ ในส่วนของการพ่นสี (เฉพาะชิ้นส่วนของรถกระบะ 1 ตัน)
3. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา ในการปรับปรุงคุณภาพและลดของเสีย
4. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่างๆ โดยใช้เทคนิคทางสถิติและโปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ
5. ใช้ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality: COQ) ในการวิเคราะห์ และประเมินผล ที่เกิดขึ้นจากการลดของเสีย

1.5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยในการลดของเสียในกระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์โดยอ้างอิงแนวทางของซิกซ์ ซิกมา โดยรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ระยะศึกษาข้อมูล และการกำหนดนิยามปัญหา (Define Phase)
   ก. ศึกษาผลงานทางวิชาการ งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของ ชิกซ์ ซิกมา และหลักการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ เพื่อให้สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้
   ข. สำรวจสภาพปัญหาและกำหนดเป้าหมายโครงการในการหาวิธีปรับปรุงคุณภาพและกระบวนการผลิต
   ค. กำหนดขอบเขตของการวิจัย
   ง. ศึกษากระบวนการผลิตเพื่อหาสาเหตุและผลกระทบของกระบวนการที่เลือก

2. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)
   ก. สำรวจสภาพปัญหาโดยเข้าไปศึกษากระบวนการผลิตจริงอย่างใกล้ชิดและทำการจดบันทึกปัญหาต่างๆ ที่พบ เช่น ประเภทของของเสีย ขั้นตอนการทำงาน วิธีการควบคุมคุณภาพ และต้นทุนคุณภาพ เป็นต้น
   ข. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของปัญหา เช่น เวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอนการผลิต จำนวนเครื่องจักร ปัจจัยที่ควบคุมในการผลิต จำนวนพนักงานรวมทั้งหน้าที่ความรับผิดชอบ เวลานำใน การผลิต จำนวนของเสียในแต่ละประเภท ผลตรวจด้านคุณภาพ และต้นทุนคุณภาพ
   ค. วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility)
   ง. นำข้อมูลที่เก็บได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ และทำการสรุปประเด็นปัญหาที่ต้องทำการแก้ไข

3. ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)
   ก. ระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อสรุปสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิต (Current State Conclusion)
   ข. รวบรวมประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัญหาต่างๆ ในปัจจุบัน และสรุปออกมาเป็นประเด็นปัญหาหลักๆ ที่สำคัญๆ
   ค. วิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละกลุ่มปัญหา เพื่อให้ทราบว่า ปัจจัย หรือสาเหตุ (Causes) ใดก่อให้เกิดปัญหา นั้นบ้าง จากนั้นจึงจัดกลุ่มสาเหตุของปัญหา (Causes) ที่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. หลังจากที่ได้กลุ่มสาเหตุของปัญหาแล้ว ทำการวิเคราะห์ความยาก-ง่ายในการแก้ไขสาเหตุนั้น กับผลที่จะได้รับทางการเงิน ซึ่งจะทำให้ได้หัวข้อปัญหาที่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขเป็นลำดับต้นๆ จากนั้นจึงนำหัวข้อปัญหาที่ได้นั้นมาวางแผนในการแก้ไขต่อไป

จ. การทดสอบปัจจัยจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ถึงความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test)

ฉ. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Baseline Analysis) และวางแผนแก้ไขสภาพการผลิตในปัจจุบัน

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase)

ก. รวบรวมแนวทางการแก้ไขปัญหาจากทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการระดมสมอง จากนั้นจึงทำการสรุปผลแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในแต่ละหัวข้อปัญหา

ข. ประชุมร่วมกับผู้บริหาร และคณะทำงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อปรึกษาความเป็นไปได้ในการนำแนวทางการปรับปรุงคุณภาพ มาทดลองใช้โดยใช้แนวทางแก้ไข คือ แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ภายในระยะเวลาวิจัย จะใช้วิธีวัดผลจริงที่ได้ หลังการนำแนวทางปรับปรุงแก้ไขนั้นไปใช้

ค. ดำเนินการทดลองใช้แนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่ทำได้ ภายในระยะเวลางานวิจัย

ง. สำหรับแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ภายในระยะเวลาวิจัย จะทำการวัดผลหลังจากนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปใช้ โดยใช้วิธีการวัดค่าจริงที่ได้หลังจากการนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้ ซึ่งมีตัววัดที่สำคัญที่แสดงถึงการปรับปรุงได้แก่ จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ต้นทุนในการซ่อมชิ้นงาน ต้นทุนคุณภาพ หรือตัววัดอื่นที่อาจจะมีความเหมาะสมมากกว่า

5. ระยะการตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase)

ก. จัดประชุมทีมงาน เพื่อสรุปผลของการนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปใช้

ข. ร่วมกันพิจารณากำหนดตัววัดสถานะผลการดำเนินงาน ที่ต้องคอยตรวจติดตามในการควบคุม เพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุง

ค. ทำการกำหนดระดับเป้าหมายที่ต้องการระดับที่จะสามารถยอมรับได้

ง. กำหนดวิธีการเก็บข้อมูล หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจติดตามตัววัดและกำหนดผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บข้อมูลและคอยตรวจติดตามตัววัดดังกล่าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ติดตามและประเมินผลการดำเนินการโดยใช้หลักการของต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality : COQ)
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีดังนี้

1. ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์
2. ปริมาณของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น (Black Seed) จากกระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์ลดลง
3. สามารถลดต้นทุนของเสียและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตได้อย่าง ต่อเนื่องให้กับบริษัท
4. สามารถส่งสินค้าที่มีคุณภาพไปยังโรงงานประกอบได้ทันตามจำนวนและตามเวลาที่ต้องการ
5. สร้างความน่าเชื่อถือให้กับหน่วยงานถัดไป
6. เป็นแนวทางในการศึกษา ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มี ลักษณะใกล้เคียงกัน

1.7 คำนิยามที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาถึงการการลดของเสียชิ้นส่วนพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์ ที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสี ดังนั้นคำนิยามจะช่วยให้สามารถเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน โดยคำนิยามมีดังนี้

แผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี คือ แผนกที่ผลิตชิ้นส่วนของรถยนต์ที่ทำจากพลาสติกโดยมีสองกระบวนการ คือส่วนที่ทำการฉีดขึ้นรูป และส่วนที่พ่นสี

โรงงานประกอบ คือ โรงงานประกอบที่นำชิ้นส่วนรถยนต์มาประกอบเป็นรถยนต์

Polishing Part คือ ของเสียที่ต้องซ่อมด้วยการขัดด้วยน้ำยา

Repaint Part	คือ ของเสียที่ต้องซ่อมด้วยการพ่นสีใหม่
Scrap Part	คือ ของเสียที่ไม่สามารถซ่อมได้ ต้องนำไปทำลายทิ้งอย่างเดียว
Black Seed	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น
Color Seed	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากเม็ดสี
Clear Seed	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากเม็ดของสีเคลือบ
Yarn Seed	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากเศษขนผ้า
Running	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากสีไหล
Boiling	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากสีเดือด
Rough	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากสีถลอก
Scratch	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากการเป็นหลุม
Hole	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากสีถลอก
Thin	คือ ประเภทของเสียที่เกิดจากสีบาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ผู้วิจัยได้ค้นคว้าจากหนังสือ วารสาร ทั้งจากในประเทศและต่างประเทศ รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการการนำแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้เพื่อลดของเสียในกระบวนการรวมถึงการลดค่าใช้จ่ายทางคุณภาพ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา
- ทฤษฎีเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพ
- ทฤษฎีเกี่ยวกับห้องสะอาด
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา

การแข่งขันทางธุรกิจที่รุนแรงในปัจจุบันทำให้องค์กรจำเป็นต้องมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงคุณภาพให้สูงขึ้น และทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด เพื่อที่จะสามารถแข่งขันกับคู่แข่งทางธุรกิจและเพื่อความอยู่รอดของบริษัท แต่ละองค์กรต้องทำการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและบริการ ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการที่จะได้มาซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ จำเป็นที่จะต้องมีการจัดการคุณภาพที่เหมาะสมในทุกๆกระบวนการ

แนวทางที่จะนำมาปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์วิธีหนึ่งที่นิยมคือ แนวทาง ซิกส์ ซิกม่า ซึ่ง Harry and Schroeder (2000) กล่าวว่า ในปัจจุบันหลายองค์กรทางธุรกิจและอุตสาหกรรมได้ประสบความสำเร็จในการนำเอาวิธี ซิกส์ ซิกม่า มาใช้ปรับปรุงคุณภาพของการบริการและผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ซึ่ง ซิกซ์ ซิกม่า คือ กระบวนการทางธุรกิจที่ยอมให้บริษัทปรับปรุงในกระบวนการที่เป็นคอขวด โดยการออกแบบและเฝ้าระวังในทุกวันที่ทำกิจกรรมทางธุรกิจ โดยใช้แนวทางการลดสิ่งที่ไม่เป็นประโยชน์และขณะเดียวกันก็เพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า Park

(2003) อธิบายว่า ด้วยประสิทธิภาพของแนวทางการบริหารองค์กรในแบบ ซิกส์ ซิกม่า เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องมือบริหารคุณภาพในรูปแบบอื่นๆ ก็จะยิ่งช่วยให้การบริหารองค์กรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถบรรลุเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง โดย ซิกส์ ซิกม่า สามารถลดจุดอ่อนหรือช่องโหว่ของเครื่องมือบริหารคุณภาพบางอย่างได้เป็นอย่างดี และยังสามารถเป็นตัวเสริมสำหรับเครื่องมือบริหารคุณภาพบางอย่าง เพื่อช่วยให้การบริหารองค์กรมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

ซิกส์ ซิกม่า เป็นเครื่องมือหนึ่งในการบริหารองค์กรที่มีแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง 5 ขั้นตอนด้วยกันคือ Define: D (การกำหนด) Measure: M (การวัด / การประเมิน) .Analysis: A (การวิเคราะห์/ตรวจสอบข้อมูล) Improve: I (การหาทางปรับปรุงแก้ไข) และ Control: C – (การควบคุม) โดยการดำเนินการทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ นำไปสู่เป้าหมายในการป้องกันความผิดพลาดและลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยการค้นหาต้นเหตุของความผิดพลาด และหาทางปรับปรุงแก้ไขอย่างถาวรและต่อเนื่อง รวมทั้งต้องมีข้อมูลในการกำหนดแผนและวิธีการวัดผลที่สามารถบ่งชี้ผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน

กันยรัตน์ (2547) กล่าวว่า หลักการหรือแนวคิดของ ซิกส์ ซิกม่ามีพื้นฐานมาจากแนวความคิดในเชิงสถิติ ภายใต้สมมติฐานที่ว่า 1. ทุกสิ่งทุกอย่าง คือ กระบวนการ 2. กระบวนการทุกกระบวนการมีการแปรปรวนแบบหลากหลาย อยู่ตลอดเวลา 3. การนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของการแปรปรวนแบบหลากหลายจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น หัวใจสำคัญของวิธี ซิกส์ ซิกม่า ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่าถ้าเราสามารถนับหรือวัดจำนวนสิ่งที่มีตำหนิ บกพร่อง ผิดพลาด หรือเสียของผลิตผลที่ได้จากกระบวนการ เราก็จะสามารถหาวิธีที่จะขจัดจำนวนของเสียให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ Pande and Holpp (2002) กล่าวว่า ซิกส์ ซิกม่ามีเป้าหมายหลัก 3 ประการ คือ สร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ลดขั้นตอนและเวลาในกระบวนการ และลดข้อบกพร่องและผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด โดยขั้นตอนของแนวทางการวิจัยอาศัยแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า ดังนี้

2.1.1 **ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา** (Define Phase)

- การกำหนดปัญหา (Problem Statement)

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้น ๆ จะต้องสัมพันธ์ ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า หรือทางด้านคุณภาพ (CTQ's : Critical to Quality)

- แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิต จะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการประกอบผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงสิ่งผิดปกติ หรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นนี้อาจเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลองโดยการตั้งสมมติฐาน หรือ โดยการใช้ข้อมูลทางด้านสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธีการสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่งในการระบุที่มาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต (Hidden Factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผล ให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

- ผลรวมของสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรก และไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากการซ่อมแซมการคำนวณสัดส่วนของเสีย ก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ จากการควบคุมกระบวนการผลิต

- ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

(ฮิโตชิ คุเมะ,ผู้เขียน และ วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์,ผู้แปล 2536)

ผังแสดงเหตุและผล คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ (ที่เกี่ยวข้อง) กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือ ผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุ คือปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะอันนั้น

การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้ถูกต้อง คือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพ ได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับผังแสดงเหตุและผล จะต้องทำการแยกแยะและ เลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้นควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลาย ๆ ความคิดมาร่วมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้างปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้ (อาจทำให้การแก้ปัญหาผิดจุดได้) เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุ ในรูปขนาดหรือปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้เพราะ ในที่สุดแล้วผลสรุปจากผังก้างปลา จะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิต การนำผังแสดง เหตุและผลไปใช้งานจะต้อง ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อ ได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปผังแสดงเหตุผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

2.1.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)

ธนากร (2543) กล่าวว่า FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้และการขจัดปัญหา ความล้มเหลวและความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือ เกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการ และการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า

- ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลว ปัญหา และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงานการออกแบบการผลิต และการบริการอย่างชัดเจน และมีการประเมินผลจะต้องมีการบ่งชี้การกระทำสำหรับการลด หรือขจัดโอกาสของความล้มเหลว ปัญหาและความผิดพลาดนั้น ๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก จะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์ม มาตรฐาน โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิดคือ Design FMEA สำหรับการออกแบบการผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษา และหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และอีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันไม่ให้มีของเสียและขจัด หรือลดปัญหาจากการผลิตที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

- ประโยชน์ของ FMEA

ช่วยพิจารณาทางเลือกตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิตและความเชื่อถือสร้างความมั่นในว่ารูปแบบของความล้มเหลว ความผิดพลาดและปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมถึงผลกระทบ ที่อาจตามมา ได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนมาก่อนแสดงรายการของปัญหาหลักต่าง ๆ และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมา ช่วยแสดงบันทึกผลของการปรับปรุง หลังจากมีมาตรฐานการแก้ไขให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันที เป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการผลิต ช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีตสำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคต โดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือความล้มเหลวต่าง ๆ สำหรับการพิจารณาเรื่องความเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการผลิตทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าการปรับปรุงและพัฒนาต่าง ๆ มีผู้รับผิดชอบ หรือให้วิศวกรประจำกระบวนการผลิตสร้างระบบการป้องกัน

ปัญหาที่สามารถประเมินผลได้ เมื่อมีการประชุมทบทวนขั้นสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

- ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกัน ก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาภายหลังและเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งาน ได้หลายอย่างคือ

1. System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงาน การใช้งาน มักจะรวม อยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นได้แก่ การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดของระบบงานการออกแบบการพัฒนา การทดสอบและการประเมินผลระบบ

2. Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลอง หรือปฏิบัติเป็นครั้งแรกมักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่าง ๆ หรือส่วนย่อย ๆ เข้าด้วยกัน และส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบเหมาะสมแล้วหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหา จะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

3. Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัด และสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Process FMEA

4. Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อจัดทำ Service FMEA

5. Machinery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้ โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความเย็น ส่วนส่งกำลัง ส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุ และผลกระทบต่าง ๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิต จะสรุปผล

ขั้นสุดท้ายทุกเรื่อง ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิด หรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมา แล้วมีอะไรบ้าง มีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไรหลังจากนั้นจะมีการปริมาณ ตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่า ค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด
S = Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น
D = Detection คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวน มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก 1 x 1 x 1 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า RPN = 1000 ซึ่งมาจาก 10 x 10 x 10 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากเช่น พบทุกวัน และระดับความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่น กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมดหรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานี้ก่อนส่งมองให้แก่ลูกค้าเลย

- การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

ในระบบการวัดมีความสำคัญมาก การวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุม ผลิตภัณฑ์และเป็นการควบคุมกระบวนการ เพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจาก ทักษะ ความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัดชิ้นงานที่วัดสิ่งแวดล้อมในการวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้นและธรรมชาติเนื่องจากแต่ละองค์ประกอบ มีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจาก การแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้อง มีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัด มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิต ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติ ของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็น

ชิ้นงาน (Part-to-Part-Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) ดำรง ทวีแสงสกุลไทย (2538) ได้นิยามคำว่า ความแม่นยำ และความเที่ยงตรงดังนี้

- ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ค่าไม่กระจัดกระจาย และให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามาก ไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด
- ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้ความจริงมาก ผลต่างของค่าจริงและค่าวัดโดยเฉลี่ยน้อยมาก (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542)

- การวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลักคือ

คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัด หรืออุปกรณ์ การวัดหรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือนหรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) โดยที่รีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่า รีพีททะบิลิตี้ในการประมาณค่า ความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (Short-Term Measurement) ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะใช้ค่าโปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดใน ระยะยาว (Long-Term-Measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีททะบิลิตี้ คือความผันแปรภายใน ในเงื่อนไขการวัดด้วยกันในขณะที่ รีโปรดิวซิบิลิตี้ คือความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้ อาจจะหมายถึง พนักงานวัดกะวาน อุปกรณ์จับยึด (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมเป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้ และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (GR&R Gage Repeatability and Reproducibility) จะหมายถึง การประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่ง แบบซ้ำ ๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แล้วมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน

การวางแผนศึกษารีพีททะบิลิตี้ และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ ของระบบการวัดวิธีการ และเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องวัด การสอบเทียบเครื่องวัดถือเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการวัด โดยปกติแล้ว จะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษา รีพีททะบิลิตี้ และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ควรจะมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษา ยังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการศึกษาจะทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R ในการกำหนดจำนวน พนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้อง พิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัด (คือ ผู้ใช้เครื่องมือในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ) ในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคน ให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อย 2 คน โดยพนักงานวัดทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรม และปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์ที่ทำการศึกษา สำหรับงานประจำ

จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR&R จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้นโดยปกติจะแนะนำไว้ที่ 10 สิ่งตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ จะต้องพยายามให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง) x (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละสิ่งตัวอย่าง และสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นสิ่งตัวอย่างที่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญและในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในกระบวนการแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม(ชิ้น)

จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กัน (เรียกการ ทดลองแบบนี้ว่า Balance Design) ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R ในการศึกษา GR&R บางกรณีนั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ (หรือการประเมินรีพีททะบิลิตี้ได้) จึงต้องมีความพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันให้มากที่สุด วิธีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะไม่ขออธิบาย

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย (Average and Range Method)

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มากจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และชิ้นงานเป็นสาเหตุ ความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่า รีพีททะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดี วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณ แต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับ กรณีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณ

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอ ซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้ว ผลการวัดจะเปลี่ยนไป ซึ่งจะพบว่าอิทธิพลร่วมมีผลมาก และในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ก็ไม่มีความจำเป็นต้องตีความหมายจากอิทธิพลหลัก (Main effect) ของพนักงานวัดหรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงานวัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

2.1.3 **ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา** (Analysis Phase)

- สถิติและการควบคุมคุณภาพ

เจริญ (2539) ได้ให้คำนิยามสถิติไว้ดังนี้ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินในเหตุการณ์ภายใต้ความผันแปร โดยการตัดสินใจ ประกอบด้วยการรวบรวมการวิเคราะห์ตลอดจนการสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

- การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่า ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมุติฐานใน 2 ทางเลือกคือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัว คือ $\propto$ และ β

$\propto$ หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมุติฐานหลักเป็นจริง β หมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมุติฐานหลัก ทั้งที่สมมุติฐานหลักไม่เป็นจริงจากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่น หรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ก็มักจะให้ค่าของ $\propto$ คงที่และให้ค่า βน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

- การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจจับดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้น ๆ ได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

- วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

- คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึงผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของ คุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่สามารถควบคุมได้

- หลักในการออกแบบการทดลอง

  - การทำแบบกลุ่ม (Randomization) คือการให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่า ๆ กันเพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่าๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ
    - การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)
    - การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)
    - การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within Blocks)
  - การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก
  - การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

- ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหาเป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้ จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง การเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติ มาในการผลิตเพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้น ควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไรเพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือ ระบุว่า ระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed Levels) แบบสุ่ม (Random Levels) หรือแบบผสม (Mixed Levels)

- แบบกำหนด (Fixed Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
- แบบสุ่ม (Random Level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- แบบผสม (Mixed Levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องด้วย

การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง สำหรับการเลือกปัจจัยการทำการทดลอง ในขณะทำการทดลองจะต้องปฏิบัติตามหลักการทีได้ออกแบบไว้นั่นคือ ต้องมีการสุ่มการทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ อื่นๆ

การเลือกแบบการทดลอง

- แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดใหญ่โตนักและไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factor) ที่สนใจ
- ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete random) ในการวัดค่า
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Noise factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้งต้องทำซ้ำ ทุกการทดลองทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อก (Blocking) อาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- เก็บข้อมูล
- วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

- แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากปัจจัย (Factor) มากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) ที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม(Interaction Effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วม โดย A และ B คือปัจจัย 2 ปัจจัย

เหตุที่ใช้เนื่องจากการออกแบบ 2^k แฟคโทเรียล นั้นเหมาะสมกับรูปแบบ (Model) ที่มีความเป็นเส้นตรง (linearity) จึงจะมีความถูกต้องในการตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น หากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรง (Linearity) ไม่ดีแล้วจะหันมาใช้แบบ 3k แฟคโทเรียลแทนจะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์ จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมาก จึงต้องทำการตัดปัจจัยบางตัวออก โดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) แนวเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบ ทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ (Confound effect) จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยเลือกทรีทเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียล ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนด รูปแบบอื่น ๆ และการออกแบบที่ซับซ้อนบ่อยครั้งพบว่าไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้ อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การตั้งสมมุติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์บางอิทธิพลสามารถที่จะละเลยได้

2.1.5 **ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต** (Control Phase)

- แผนภูมิควบคุม

(ฮิโตชิ คุเมะ ผู้เขียน, วีระพงษ์ เฉลิมจิระวัฒน์, ผู้แปล,2541) ได้อิบายความหมายของแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ดังนี้คือแผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำ ขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติ ทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิตและจะต้องควบคุม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ ซึ่งโดยจะมีเส้นควบคุม 3 เส้นได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือเส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบน และเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตที่เกิดขึ้นได้ และหากอยู่ในขอบเขตนี้ก็ถือว่าผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้ จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิต ทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องปกติและอนุญาตหรือยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิตโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมีผลกระทบมากและมีผลเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงานหรือ

คุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการเข้าใจในสาเหตุแห่งความผันแปรจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสาเหตุความผันแปรต่าง ๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ชนิดคือ

สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของการผลิต (Chance Cause) เป็น ลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ ของวัตถุดิบและปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของสองสิ่งที่เหมือนกันทุกประการ วัตถุดิบ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกันตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้นก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างกันออกไป เพียงแต่ว่าความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิกัดที่ขอบเขตข้อกำหนดได้อนุญาตเอาไว้แล้วในค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน

ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิตจึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือ กระบวนการผลิตที่เขียนแสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is In Control) สาเหตุที่ระบุได้หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ ฯลฯ ของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และไม่ใช่เป็นปกติวิสัย หรือธรรมชาติของการผลิตนั้น ๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งได้

ในแผนภูมิควบคุม เมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าชิ้นงาน ตัวอย่าง จากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุมย่อมแสดงได้ว่าเกิดมีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้น มาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The process is out of control)

ดำรงค์ (2538) อธิบายว่าแผนภูมิควบคุมคิวซีเป็นคิวซีเทคนิค อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมการผลิตในระหว่างการผลิต เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีจุดใดเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หรือการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ยังอยู่ในพิกัดควบคุมหรือไม่ ปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับระบบการผลิตสภาพปกติ หรือมีการผลิตสม่ำเสมอ จะไม่ใช้กับการผลิตเป็นแบบเลว ๆ หรือผิดปกติโดยเด็ดขาด จุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุมมีดังนี้

- เพื่อหาเป้าหมายหรือมาตรฐานของการผลิต
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุมเสียก่อน คือเส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตข้อกำหนดของ

สินค้าหรือชิ้นงานที่โรงงานหรือรัฐบาลเป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุมข้อกำหนด ขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบว่าต้องการเสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability limit) หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ของประชากร หรือ คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างที่จำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับ ค่าห่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร + -3б และกำหนดเส้นขอบเขตควบคุมสำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิตเริ่มออกจากการควบคุมหรือยัง กำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย +-2б

การใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิตควรมีเทคนิคต่อไปนี้ เลือกบริเวณที่จะควบคุม ก่อนอื่นก็คือปัญหาอะไรที่จะต้องทำ และเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินในปัญหาทำให้ทราบทันทีอย่างชัดเจนว่า ต้องการข้อมูลอะไรพิจารณาการใช้แผนภูมิควบคุมแบบไหน อาจจะเป็นแผนภูมิแบบ X-R, X, pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่งทำแผนภูมิควบคุมสำหรับการวิเคราะห์ เก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใด ๆ ผิดปกติต้องทำการค้นหาเหตุผลที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันที แล้วทำการแก้ไขสร้างแผนภูมิควบคุม สำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนขจัดหมดสิ้นแล้วจากในข้อ 3 และกระบวนการผลิตก็คงที่ให้พิจารณาดูอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ได้สรุปผลทั้งหมด เพื่อทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working Procedure) หรืออาจจะมี การปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพล็อตข้อมูลที่ถูกเก็บได้ในแต่ละวันก่อนไปควบคุมกระบวนการผลิต ถ้าการทำงานของคนงานและวิธีการผลิต เป็นแบบมาตรฐานแล้ว

แผนภูมิควบคุมจะชี้แสดงออกให้เห็นว่าสภาวะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่าสิ่งที่ผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องเสีย คำนวณเส้นควบคุมใหม่ ถ้าเครื่องจักรหรือมาตรฐานการทำงานเปลี่ยนแปลง เส้นควบคุมต้องนำมาคำนวณใหม่ ถ้าการควบคุมของกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับคุณภาพที่แสดงบนแผนภูมิจะปรับดีเพิ่มด้วย ในกรณีเช่นนี้ให้สังเกตแผนภูมิควบคุมเป็นระยะในการคำนวณเส้นควบคุม ให้สังเกตกฎต่อไปนี้

ข้อมูลที่จุดผิดปกติซึ่งค้นพบสาเหตุหรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่ ข้อมูลที่จุดผิดปกติ แต่ไม่พบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

- วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม

วีระพงษ์ (2537) อธิบายว่าสิ่งสำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือการอ่านหรือตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุมเพราะอาการผิดปกติต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะแสดงออกให้เห็นเป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิตโดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใด ๆ ในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาวะการผลิตให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In controlled) ได้ต่อไป

ข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญเพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุมอยู่นอกการควบคุม พบได้ชัดเจน คือ มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of control) อาจอยู่นอกค่าสูงหรือค่าต่ำก็ได้

- การรัน (Run)

เมื่อปรากฏติดต่อกันบนซีกใดซีกหนึ่งของเส้นค่ากลาง เราเรียกว่า เกิดรัน ความยาว ของรันแต่ละชุดนับจากจำนวนชุดในชุดนั้นและรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความได้ว่าได้เกิดความผิดปกติขึ้นแล้วในการผลิตช่วงที่เกิดรันนั้น

- การเกิดแนวโน้ม

การมีจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสลับฟันปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้าย ๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า มีการเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือแนวโน้มที่กำลังบอกเราว่าค่าเฉลี่ยของขนาดควบคุมที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือมีแนวโน้ม จะเคลื่อนไปจากขนาดกำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้แต่แรก

- การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม

หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกมา (3σ) จากเส้นค่ากลางออกเป็นเส้น 2σแล้วพบว่ามีจุด 2 จุดใน3 จุดที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σกับเส้นขอบเขตควบคุม (3σ) ถือว่าได้เกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (Approach to the limits) และเป็นการบอกว่ามีความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การเกิดการเข้าใกล้ค่ากลาง

หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไปและลงมาแล้วไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่าคงจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อย ข้อมูลมีการปะปนกันของข้อมูลที่นำมา จากต่างประชากรกัน และเกิดการปะปนกัน

- การเกิดวัฏจักร

มีลักษณะ คือ ค่าในเส้นกราฟจะเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ มีลักษณะเป็นวงจรวงรอบหรือวัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อ ๆ ไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เกิดวัฏจักร (Periodicity)

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพ

2.2.1 หลักการของต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality, COQ)

กำพล และ สุชาติ (2546) ได้กล่าวถึงความหมายของ COQ ไว้ว่า ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดคุณภาพ โดยต้นทุนคุณภาพจะเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพการบริหารคุณภาพ COQ จะมีการกล่าวถึง P.A.F MODEL ซึ่งจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มที่สำคัญได้แก่ Prevention Costs, Appraisal Costs และ Failure Costs สมการของ COQ แสดงดังต่อไปนี้

COQ = Prevention Costs + Appraisal Costs + Failure Costs

COQ = Prevention Costs + Appraisal Costs + Failure Costs + External Failure Costs

รายละเอียดของต้นทุนคุณภาพแต่ละประเภทแสดงดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความบกพร่อง และความสูญเสียในการผลิต รวมทั้งปัญหาในการดำเนินงานต่างๆ ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดมาตรฐาน เช่น

- การฝึกอบรมพนักงาน
- การทวนสอบการออกแบบ
- การวางแผนคุณภาพ

- การจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ
- การออกแบบกระบวนการ
- การปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์
- การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Prevention maintenance)
- ต้นทุนการป้องกันความเสียหายอื่น ๆ

2. ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้น จากการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง กับการวัดการตรวจสอบ และการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือการบริหารเพื่อที่จะสามารถพิจารณาได้ว่าผลิตภัณฑ์ และบริการที่มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานหรือตรงตามความต้องการหรือไม่ เช่น

- การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบนำเข้า
- การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ
- การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย
- การทดลองผลิตงานตัวอย่าง
- การสอบเทียบเครื่องมือวัด
- การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบคุณภาพและการทำรายงานสรุป
- การตรวจและทดสอบผลิตภัณฑ์
- ต้นทุนการประเมินคุณภาพ อื่น ๆ

3. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) เป็นต้นทุนคุณภาพสามารถที่เกิดขึ้นได้จากความบกพร่องในการดำเนินงาน หรือผลิตภัณฑ์และการบริการ มีความบกพร่องด้านคุณภาพ ซึ่งไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า (ทั้งลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอก)แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพ ก่อนที่จะมีการส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้แก่ลูกค้าเช่น

- ของเสีย (Defect)
- การแก้ไขงานบกพร่อง (Re-Work)
- การตรวจสอบซ้ำ (Re-inspection)
- วัตถุดิบเก่าและล้าสมัยเครื่องจักรหยุด
- งานเสียจากผู้รับเหมา
- การทดสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ

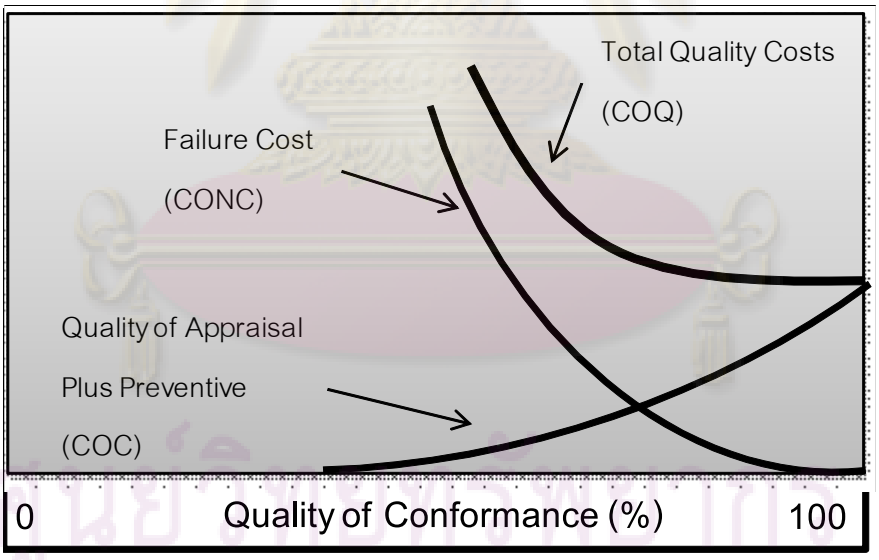
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สินค้าคัดเกรด
- การเปลี่ยนแปลงแก้ไขวิธีการผลิต
- อุบัติเหตุ เป็นต้น

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก (External Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพหลังจากที่ได้มีการส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้แก่ลูกค้า เช่น

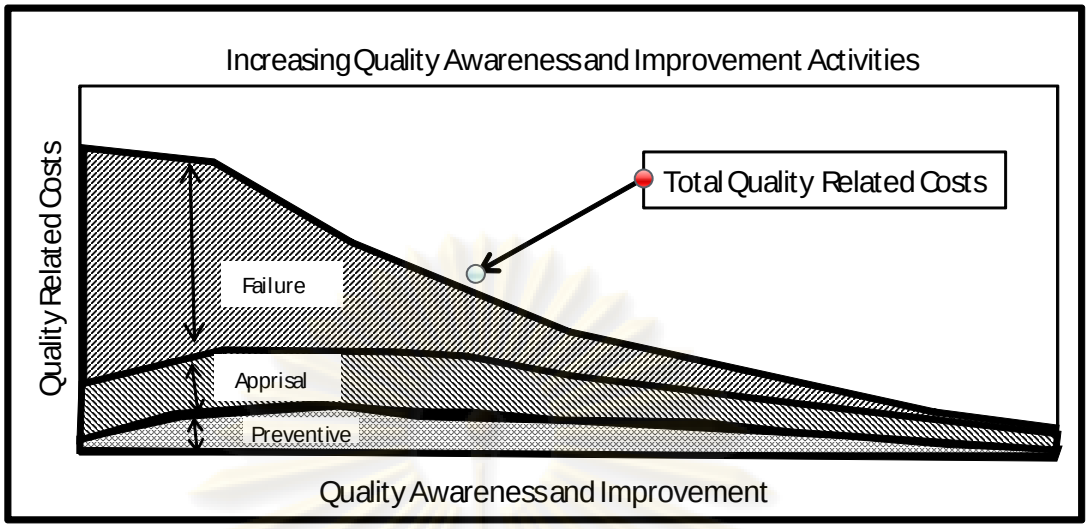
- การจัดการข้อร้องเรียนของลูกค้า
- ลูกค้าแจ้งสินค้ามีปัญหาตามระยะประกัน
- การเรียกคืนสินค้า
- ของเสียที่ลูกค้าส่งคืน เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพและระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถดูได้จากรูปที่ 2.1 และการวิเคราะห์พฤติกรรมของต้นทุนคุณภาพมีภาพแบบ (Pattern) สามารถแสดงดังในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพและระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์
(Juran and Gryna, 1998)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 พฤติกรรมของต้นทุนคุณภาพกับการปรับปรุงคุณภาพ

จากรูปที่ 2.1 และ 2.2 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างเรื่องต้นทุนคุณภาพ กับระดับการใส่ใจเรื่องคุณภาพ และการปรับปรุง (Quality Awareness and Improvement) จากภาพในระยะแรกเมื่อมีการเพิ่มต้นทุนในเรื่องการใส่ใจคุณภาพนั้น โดยผลลัพธ์ที่จะต้องการให้ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) ลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) เพิ่มขึ้นมาเนื่องจากการดำเนินกิจกรรมปรับปรุงในการออกแบบกระบวนการ ผลิตภัณฑ์ และระบบทำงานที่ดีกว่าเดิม หลังจากเมื่อได้ผ่านช่วงการปรับปรุงครั้งใหญ่ แนวโน้มของต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) มีแนวโน้มลดลงจนเข้าสู่สภาวะคงที่ เมื่อถึงจุดที่เหมาะสมระหว่างต้นทุนทั้งสามประเภท

การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพที่สำคัญมี 4 ประเภทตามฐาน (Base) คือ

1. ฐานแรงงาน (Labor Base) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะวัดในภาพของต้นทุนคุณภาพต่อจำนวนพนักงานหรือต้นทุนคุณภาพต่อจำนวนชั่วโมงแรงงานทางตรง เป็นต้น

2. ฐานต้นทุน (Cost Base) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะวัดในภาพของต้นทุนคุณภาพต่อต้นทุนการผลิตหรือหากต้องการเทียบกับต้นทุนส่วนอื่น ๆ จะวัดต้นทุนคุณภาพเทียบกับค่าใช้จ่ายในการออกแบบค่าใช้จ่ายในการตลาด หรือ ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสิ่งของ เป็นต้น

3. ฐานยอดขาย (Sales Base) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะวัดในภาพของต้นทุนคุณภาพต่อยอดขายสุทธิแต่ในบางครั้งอาจวัดในภาพของต้นทุนคุณภาพต่อยอดขายสำเร็จเป็นต้น

4. ฐานหน่วยผลิต (Unit Base) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะวัดในภาพของต้นทุนคุณภาพต่อจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เช่น ต่อชิ้น ต่อกิโลกรัม ต่อเมตร เป็นต้น

จากการศึกษาต้นทุนคุณภาพพบว่าบริษัทหรือองค์กร ที่มีต้นทุนของการตรวจสอบ การวัดและการประเมิน (Appraisal Costs) และต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ต่ำนั้น จะส่งให้มีต้นทุนคุณภาพทางตรงโดยรวม (Total Direct Quality Costs) ที่สูง สำหรับองค์กรหรือบริษัทที่เริ่มให้ความสำคัญในการตรวจสอบ การวัด และการประเมิน (Appraisal Costs) จะมีต้นทุนคุณภาพทางตรงโดยรวมที่ต่ำลง และในองค์กรหรือบริษัทที่ให้ความสำคัญต่อการป้องกันในด้านคุณภาพ คือ จะมีต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ที่สูง จะส่งให้มีต้นทุนคุณภาพโดยรวมที่ต่ำที่สุด กล่าวคือ ต้นทุนคุณภาพทางตรงทั้ง 3 ประเภทมีความสัมพันธ์กัน และหากเรามีต้นทุนในต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) มากขึ้น ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) และต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และการประเมิน (Appraisal Costs) ก็จะต่ำลง

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับห้องสะอาด

เอกรงค์ (2549) ได้อธิบาย ทฤษฎีห้องสะอาด (Clean Room) ไว้ดังนี้ ห้องสะอาด หมายถึง ห้องบริเวณปิดที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้อง ได้แก่ อนุภาคสิ่งเจือปน อุณหภูมิ ความดันอากาศ ความชื้น รูปแบบการไหลของอากาศการสั่นสะเทือน แสงสว่างและสิ่งมีชีวิตจำพวกจุลินทรีย์ ในอดีตการควบคุมคุณภาพของห้องสะอาดนั้นมีข้อจำกัดอยู่มาก ทั้งด้วยความรู้ทางวิชาการยังน้อยและเครื่องมือในการผลิตอุปกรณ์ยังไม่สนับสนุน แต่ในปัจจุบันทั้งความรู้และประสิทธิภาพของเครื่องมือในการผลิตอุปกรณ์มีมากขึ้น ทำให้เทคโนโลยีห้องสะอาดถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและนำมาใช้กับอุตสาหกรรมหลายประเภท ในอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ระบบห้องสะอาดเป็นปัจจัยสนับสนุนพื้นฐานที่ทำให้เกิดการพัฒนาโครงสร้างที่ละเอียดได้มากขึ้นและช่วยให้การต่ออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในอุตสาหกรรมการผลิตยา ระบบห้องสะอาดทำให้สามารถบรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อโรคได้ และสามารถเตรียมสารที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมีได้อย่างปลอดภัย ระบบห้องสะอาดนำไปสู่การเพิ่มคุณภาพทางการผลิตฟิล์มถ่ายรูปและพลาสติกฟอล์ย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพมากขึ้น ระบบห้องสะอาดสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ทางกล และเครื่องมือที่ต้องการความแม่นยำในการปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี การใช้เทคโนโลยีห้องสะอาดไม่ได้จำกัดอยู่ในวงการอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังมีการใช้ในการปฏิบัติงานสำคัญในด้านอื่นๆ อีก เช่น ใช้เป็นระบบปรับ

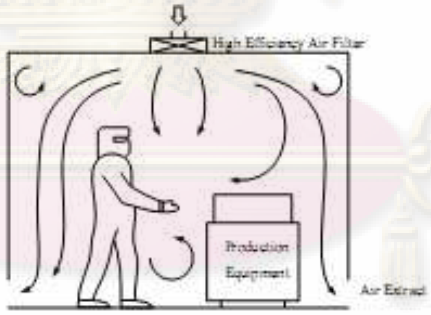
อากาศให้กับห้องผู้ป่วยฉุกเฉิน ห้องผ่าตัด และห้องผู้ป่วยที่มีระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอภายในโรงพยาบาล

เทคโนโลยีห้องสะอาดถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อรักษาความสะอาดของอากาศที่ต้องการใช้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยการทำให้อากาศมีปริมาณสิ่งเจือปนน้อยที่สุด และควบคุมรูปแบบการไหลของอากาศที่เหมาะสม ป้องกันอันตรายจากฝุ่นละอองและเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในอากาศ อันจะก่อให้เกิดความเสียหายในกระบวนการผลิตและผู้ป่วย ป้องกันการปลดปล่อยอนุภาคสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการออกสู่สิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันเทคโนโลยีห้องสะอาดไม่ได้เป็นความรู้เฉพาะทางอีกต่อไป ได้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม

2.3.1 ประเภทของห้องสะอาด

2.3.1.1 Conventional Flow Clean Room

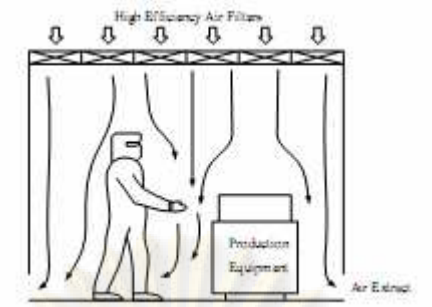
ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องสะอาดหลังจากที่ออกจากหัวจ่ายลมที่มีการติดตั้งอุปกรณ์กรองอากาศประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Air Filter) จะมีการไหลเป็นแบบปั่นป่วน และทำให้เกิดการฟุ้งของอนุภาคฝุ่นละอองได้ในหลายบริเวณ ทำให้ห้องสะอาดประเภทนี้เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความสะอาดมาก ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องสะอาดประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ห้องสะอาดประเภท Conventional Flow Clean Room

2.3.1.2 Unidirectional Flow Clean Room

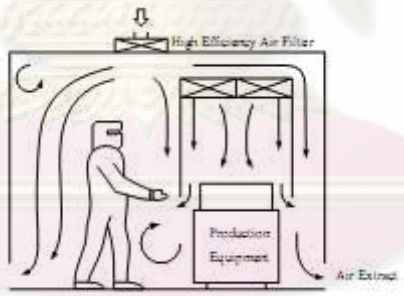
ลักษณะการไหลของอากาศจะถูกบังคับให้มีทิศทางการไหลจากเพดานสู่พื้นทิศทางเดียว ทำให้สามารถควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดการฟุ้งของอนุภาคฝุ่นละออง ดังนั้นห้องสะอาดประเภทนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความสะอาดมากๆ แต่ข้อเสียของห้องสะอาดประเภทนี้คือมีราคาค่อนข้างสูง ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องสะอาดประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ห้องสะอาดประเภท Unidirectional Flow Clean Room

2.3.1.3 Mixed Flow Clean Room

ห้องสะอาดประเภทนี้จะมีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อสร้างการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow Hood) ซึ่งภายในมีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศเพื่อใช้ในการกรองฝุ่นละอองและพัดลมเพื่อทำหน้าที่ในการบังคับการไหลให้มีทิศทางที่แน่นอน โดย Laminar Flow Hood จะถูกติดตั้งไว้เหนือบริเวณที่มีการปฏิบัติงาน ดังนั้นลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องจะมีทั้งบริเวณที่เป็นการไหลแบบราบเรียบและบริเวณที่เป็นการไหลแบบปั่นป่วน การติดตั้งอุปกรณ์การสร้างการไหลแบบราบเรียบเฉพาะบางบริเวณทำให้สามารถลดต้นทุนการสร้างห้องสะอาดได้อย่างมาก ห้องสะอาดประเภทนี้จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ลักษณะการไหลขงอากาศภายในห้องสะอาดประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ห้องสะอาดประเภท Mixed Flow Clean Room

2.3.2 สภาวะแวดล้อมภายในห้องสะอาด

2.3.2.1 อุณหภูมิ

ปกติจะควบคุมอุณหภูมิภายในห้องสะอาดให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตที่อยู่ภายในห้องสะอาดและจะต้องคำนึงถึงพนักงานที่ปฏิบัติงานภายในห้องสะอาดด้วย เพราะพนักงานเหล่านี้มักสวมเสื้อผ้าถึง 2 ชั้น คือชุดที่ใส่มาจากบ้านและชุดห้องสะอาดที่สวมทับไว้อีกชั้นหนึ่ง ในกรณีของห้องสะอาดที่ต้องการความสะอาดสูง พนักงานอาจสวมชุดห้องสะอาดเพียง

ชุดเดียวก็ได้ แต่ชุดห้องสะอาดเหล่านี้มักจะเป็นชนิดปิดมิดชิดและเนื้อผ้าทึบมีรูระบายอากาศน้อย ดังนั้นจึงต้องการอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องปรับอากาศตามปกติ โดยทั่วไปจะควบคุมอุณหภูมิภายในห้องสะอาดไว้ที่ 22 ± 0.1 องศาเซลเซียส

2.3.2.2 ความดัน

โดยทั่วไปจะควบคุมความดันภายในห้องสะอาดให้สูงกว่าความดันโดยรอบห้องสะอาดประมาณ 15 Pa ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศโดยรอบซึ่งสะอาดน้อยกว่ารั่วผ่านช่องเปิดตามผนังของห้องสะอาด ยกเว้นห้องสะอาดสำหรับวัตถุอันตรายทางชีวภาพจะควบคุมความดันภายในให้ต่ำกว่าความดันภายนอก เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคหรือวัตถุที่ทำอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพของมนุษย์รั่วออกไปยังสิ่งแวดล้อม

2.3.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์

ข้อคำนึงถึงเกี่ยวกับการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสะอาดมีอยู่ 2 ประการคือ การเกิดสนิมของอุปกรณ์ประเภทโลหะจะเกิดขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 50 % และ 10 อีกประการหนึ่งคือ การเกิดประจุไฟฟ้าสถิตในอุปกรณ์ในสภาวะที่มีความชื้นต่ำซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการดูดกันของอนุภาค ทั้ง 2 กรณีเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปจะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสะอาดไว้ที่ 50±2.5%

2.3.2.4 เสียงรบกวน

ห้องสะอาดในอุตสาหกรม3619 .มบางอุตสาหกรรมมีเสียงรบกวนน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่ห้องสะอาดในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์บางห้องอาจมีเสียงรบกวนที่เกิดจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต พัดลมของ Laminar Flow Hood พัดลมในการปรับอากาศและการระบายอากาศเสีย เสียงรบกวนเหล่านี้อาจเป็นอันตรายต่อหูและสุขภาพจิตของพนักงานได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดของกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น กฎหมายกระทรวงอุตสาหกรรมของไทยหรือมาตรฐาน OSHA (Occupational Safety and Health Act) ของอเมริกา เป็นต้น กระทรวงอุตสาหกรรมของไทยห้ามไม่ให้เสียงภายในสถานที่ประกอบการสูงเกิน 85 dB

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาของการประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกมา โดยส่วนมากจะประยุกต์ใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกมา พร้อมทั้งวิธีทางสถิติ และการออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในการกระบวนการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภานุ ชุดเชื้อจีน (2550) : ประยุกต์ใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกมา พร้อมทั้งวิธีทางสถิติ เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการพ่นสีรองพื้นของกล่องนาฬิกา ซึ่งมีความต้องการด้านคุณภาพในเรื่องของความสวยงามสูง ซึ่งก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิตมีของเสียเท่ากับ 19,615 DPPM และหลังการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมาพบว่าของเสียในกระบวนการเท่ากับ 3,240 DPPM

ภัทรวุฒิ พลอาสา (2548) : ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top Cover with Gusket) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการขายสูงสุด ซึ่งช่วงเดือน มกราคม – มิถุนายน 2547 มีอัตราของเสียเท่ากับ 320,983 ชิ้น คิดเป็นมูลค่า 6.9 ล้าน ดังนั้นจึงใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพ และประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพในการประเมินผล ที่เกิดขึ้นจากการลดของเสีย ซึ่งก่อนการปรับปรุงนั้นมีของเสียที่คิดเป็น DPPM เท่ากับ 26,270 DPPM และหลังการปรับปรุงเป็นเวลา 4 เดือน มีของเสียเท่ากับ 4,023 DPPM คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงเท่ากับ 84.68% หรือเทียบในระดับ ซิกซ์มา สามารถปรับปรุงได้จากระดับ 3.33 เป็น 4.12 หากวิเคราะห์ตามหลักการวัดต้นทุนคุณภาพเปรียบเทียบกับฐานยอดขาย (%) ซึ่งก่อนการปรับปรุงต้นทุนคุณภาพรวมมีค่าประมาณ 3.76% ของยอดขายทั้งหมด และหลังการปรับปรุง ต้นทุนคุณภาพรวมมีค่าประมาณ 1.2 % ของยอดขายทั้งหมด

Zievis, B. (2546) : ได้ดำเนินการโครงการซิกซ์ ซิกมา ที่บริษัท BOC Edwards โดยเลือกโครงการที่สำคัญหรือ Back Belt Project คือการลดค่าใช้จ่ายและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตก๊าซ Tungsten Hexafluoride ซึ่งเป็นก๊าซที่สำคัญมาก ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เครื่องมือสถิติได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ โดยเน้นเรื่องการวิเคราะห์ระบบเครื่องมือวัดในส่วนของ Gas analysis laboratory หลังจากนั้นทำการหาวิธีที่เหมาะสมที่จะลดค่าความเบี่ยงเบน

มาตรฐานและอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตก๊าซที่โรงงาน Medford ผลจากการดำเนินงานสามารถลดค่าใช้จ่ายของเสีย และการปรับปรุงคุณภาพของก๊าซ นอกจากนี้ยังได้นำหลักการของ Kaizen มาใช้ในระหว่างดำเนินการอีกด้วย

ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) : เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gram load) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ ซึ่งเป็นข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้า ซึ่งก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิตมีของเสียเท่ากับ 8,872 DPPM และหลังการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมาพบว่ามีของเสียลดลง 91.88 เปอร์เซ็นต์ โดยตรวจพบของเสียในกระบวนการเท่ากับ 720 DPPM

ธนิยา ลิ่มชูเอื้อ (2545) : ได้ทำการวิจัยการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิกซ์ซิกมา เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนครีบระบายความร้อนภายในคอมพิวเตอร์ (Heat Sink Tower) เนื่องมาจากความต่างของการถ่ายเทความร้อน หรือเรียกว่าค่า Dt ขั้นตอนการเริ่มต้นของการศึกษาวิจัย ได้ทำการศึกษาถึงความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัดแบบเชิงปริมาณ (Gage R&R , Variable Data) การวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่าง ๆ โดยวิธีการทดสอบทางสถิติว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 เมื่อสามาระบุถึงสาเหตุของปัญหา ขั้นต่อไปคือการปรับปรุงเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมของค่า Dt โดยประยุกต์ใช้วิธีการของพื้นผิวตอบสนอง (RSM : Response Surface Method) ขั้นตอนต่อไปทำการทดสอบยืนยันผลการทดลองก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิต สดท้ายคือ การทำทำมาตรการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อค่า Dt ผลจากการดำเนินการสามารถ ลดค่าความเสียหายจาก 48,332 DPPM เป็น 29,077 DPPM คิดเป็นมูลค่า 1,108,250 บาทภายในระยะเวลา 6 เดือน

ศิรวดี เอื้ออรัญโชติ (2545) : ทำการทดลองปนเปื้อนในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ โดยใช้วิธีการทาง ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 245,153 DPPM จากข้อมูลการปรับปรุงพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลคือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดในกระบวนการ Prewash ระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime และความสะอาดของ Crip Tray

สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime ซึ่งเมื่อกำหนดระดับที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวแล้วพบว่า หลังการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเท่ากับ 79,080 DPPM

วิชาญ วรรณา (2545) : ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาการเกิดเหล็กปลายสั้น ในกระบวนการหล่อเหล็กแท่งแบบ ต่อเนื่อง เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม (Suitable Condition) ที่ทำให้เกิดเหล็กปลายสั้นที่มีความยาวน้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้ โดยอาศัยหลักการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมเป้า หมายเพื่อลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากปัญหาเกิดเหล็กปลายสั้นกว่ามาตรฐาน

นวลพรรณ ใจงาม (2543) : ประยุกต์ใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่าน โดยหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าอัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเทียบในระดับ ซิกซ์มา สามารถปรับปรุงได้จากระดับ 3.36 เป็น 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและได้มูลค่าเพิ่มจากการปรับปรุง 163,999 ดอลลาร์สหรัฐ ภายในระยะเวลาสองไตรมาส

นพณรงค์ ศิริเสถียร (2543) : ได้ใช้แนวทางซิกซ์ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระบะรถยนต์ โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการโดยการลดความผันแปรในระยะยาวที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยอาศัยการวิเคราะห์และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ภายใต้ข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ ซึ่งกระบวนการที่เลือกนั้นเป็นกระบวนการขึ้นรูปตัวถังรถกระบะในแผนกขึ้นรูปตัวถังรถ โดยปัญหาที่เรื้อรังคือปัญหาคุณภาพผิวของชิ้นงาน ซึ่งต้องซ่อมแซมที่ท้ายกระบวนการก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งต่อไปยังแผนกอื่น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และยังเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตอีกด้วย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงนำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของผิวชิ้นงาน โดยลดตำหนิที่เกิดขึ้นเพื่อลดความสูญเสียต่างๆ

จรัสพงศ์ รักษาการ (2543) : ได้ทำการประยุกต์ใช้วีการซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพการเคลือบสี สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ ในบริษัทออโตอัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยทำการสำรวจสภาพปัญหาของผลิตภัณฑ์รถกระบะ ภายในกระบวนการเคลือบผิวชั้นบนสุดของแผนกสีของบริษัท ซึ่งปัญหาที่พบคือประเภทสีหยด ซึ่งยังไม่เคยได้รับการแก้ไข และมีต้นทุนในการซ่อมแซมสูงที่ระดับหนึ่ง โดยมีปัญหาเฉลี่ยต้นปี พ.ศ. 2543 อยู่ที่ 0.37 จุดบกพร่องต่อ

หน่วยผลิตภัณฑ์ จึงดำเนินการแก้ไขปัญหาสีหยดโดยใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งหลังจากปรับปรุงกระบวนการ และทำการควบคุมตามแผนที่วางไว้ สามารถลดระดับสีหยดได้ร้อยละ 70 หรือลดลงเหลือ 0.1 จุดบกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

สุรพล สุรบรรเจิดพร (2542) : ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง เพื่อลดจุดบกพร่องของรอยเชื่อม พร้อมพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้หลักการของการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย คือ ความเร็วของสายพาน อุณหภูมิในส่วนการอบความร้อนค่าความถ่วงจำเพาะของฟลักซ์ และลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์ โดยมุ่งเน้นผลทางด้านคุณภาพที่สอดคล้องในเรื่องจำนวนการเกิดจุดบกพร่องของรอยเชื่อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การนิยามปัญหา

ในขั้นตอนของการนิยามปัญหาจะเริ่มตั้งแต่การระดมสมองที่เกิดมาจากทีมงานเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในปัจจุบันของกระบวนการผลิต ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิตจะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output)

ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงสิ่งผิดปกติ หรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นนี้อาจเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลอง โดยการตั้งสมมติฐาน หรือ โดยการใช้ข้อมูลทางด้านสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธีการสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่งในการระบุที่มาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต (Hidden Factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผล ให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

3.1 การกำหนดทีมงานดำเนินงาน

การกำหนดทีมงานในการดำเนินงานวิจัยต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และมีความเชี่ยวชาญในงานที่จะทำการวิจัย เพื่อช่วยกันระดมสมองและร่วมมือในการทดลองด้วยเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ และเทคนิคต่าง ๆ เพื่อที่จะได้บรรลุตามเป้าหมายของงานวิจัยนี้ ซึ่งทีมงานจะประกอบไปด้วยบุคคลจากแผนกต่าง ๆ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ทีมงานในการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี
2. วิศวกรแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี
3. ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ

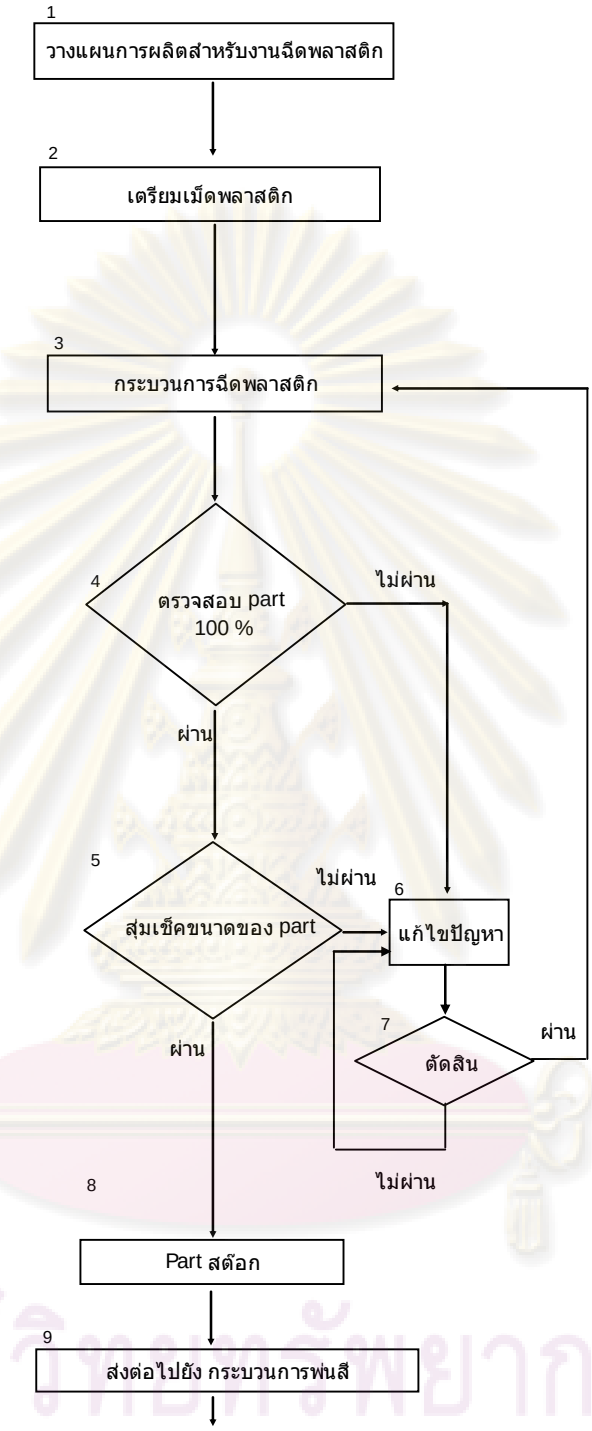
4. วิศวกรแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ

3.2 การศึกษากระบวนการผลิต

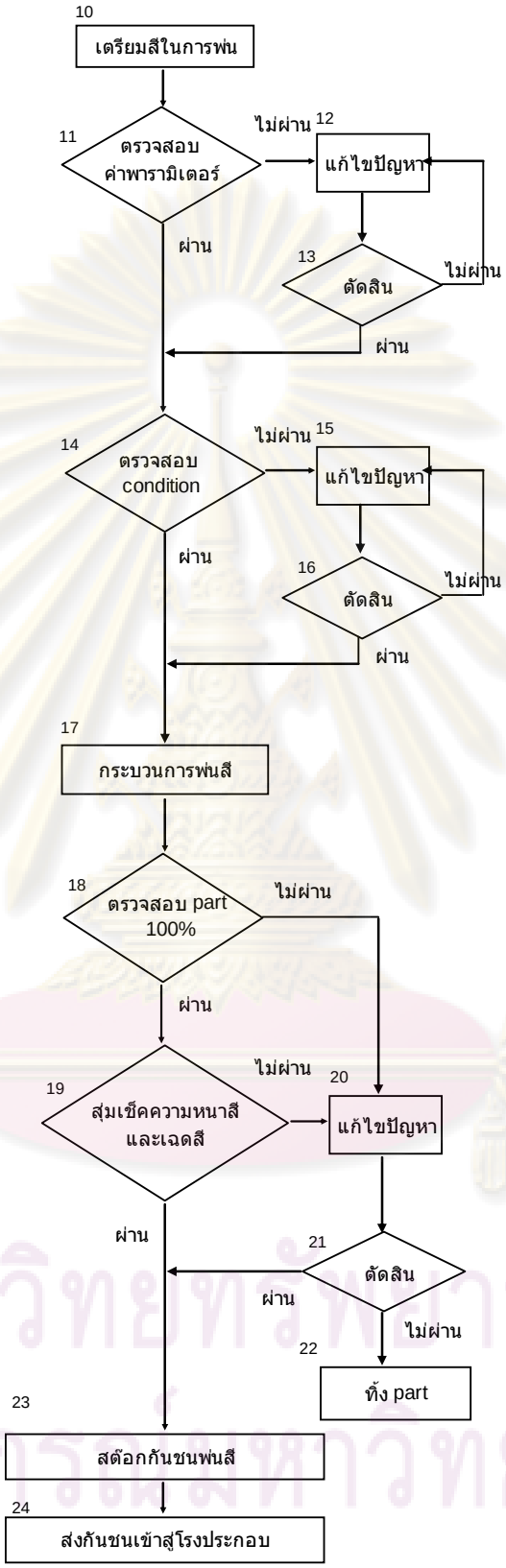
กระบวนการผลิตโดยรวมของแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี สามารถอธิบายได้ด้วยแผนภาพดังรูปที่ 3.1 ดังนี้ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. ทำการวางแผนการผลิตสำหรับงานฉีดพลาสติก ตรวจสอบจำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิต เตรียมเม็ดพลาสติกในปริมาณที่เท่ากับจำนวนที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต
2. เตรียมเม็ดพลาสติกที่จะนำมาฉีด โดยนำเม็ดพลาสติกใส่ในเครื่องฉีดพลาสติก
3. กระบวนการฉีดพลาสติก เม็ดพลาสติกที่ถูกใส่ไปจะถูกทำให้หลอมละลายจนกลายเป็นของเหลว จากนั้นใช้แรงดันอัดเม็ดพลาสติกที่หลอมละลายเข้าสู่แม่พิมพ์ หล่อเย็นและแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์
4. ทำการตรวจสอบชิ้นงานที่ฉีดออกมา 100% และส่งเข้าสู่กระบวนการพ่นสีต่อไป
5. เตรียมสีในการพ่น ก่อนทำการพ่นสีต้องมีการตรวจเช็คค่าความหนืดตัวของสี ว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ และทำการตรวจสอบเฉดสีก่อนการพ่นสีทุกครั้ง
6. กระบวนการพ่นสี ทำการพ่นสีชิ้นงานด้วยสีรองพื้น สีพื้นและสีเคลือบเงา ตามลำดับ
7. ทำการตรวจสอบชิ้นงาน 100% หากพบของเสียจะทำการแก้ไขชิ้นงาน
8. นำชิ้นงานเก็บในโกดังเก็บชิ้นงานและนำเข้าสู่โรงประกอบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



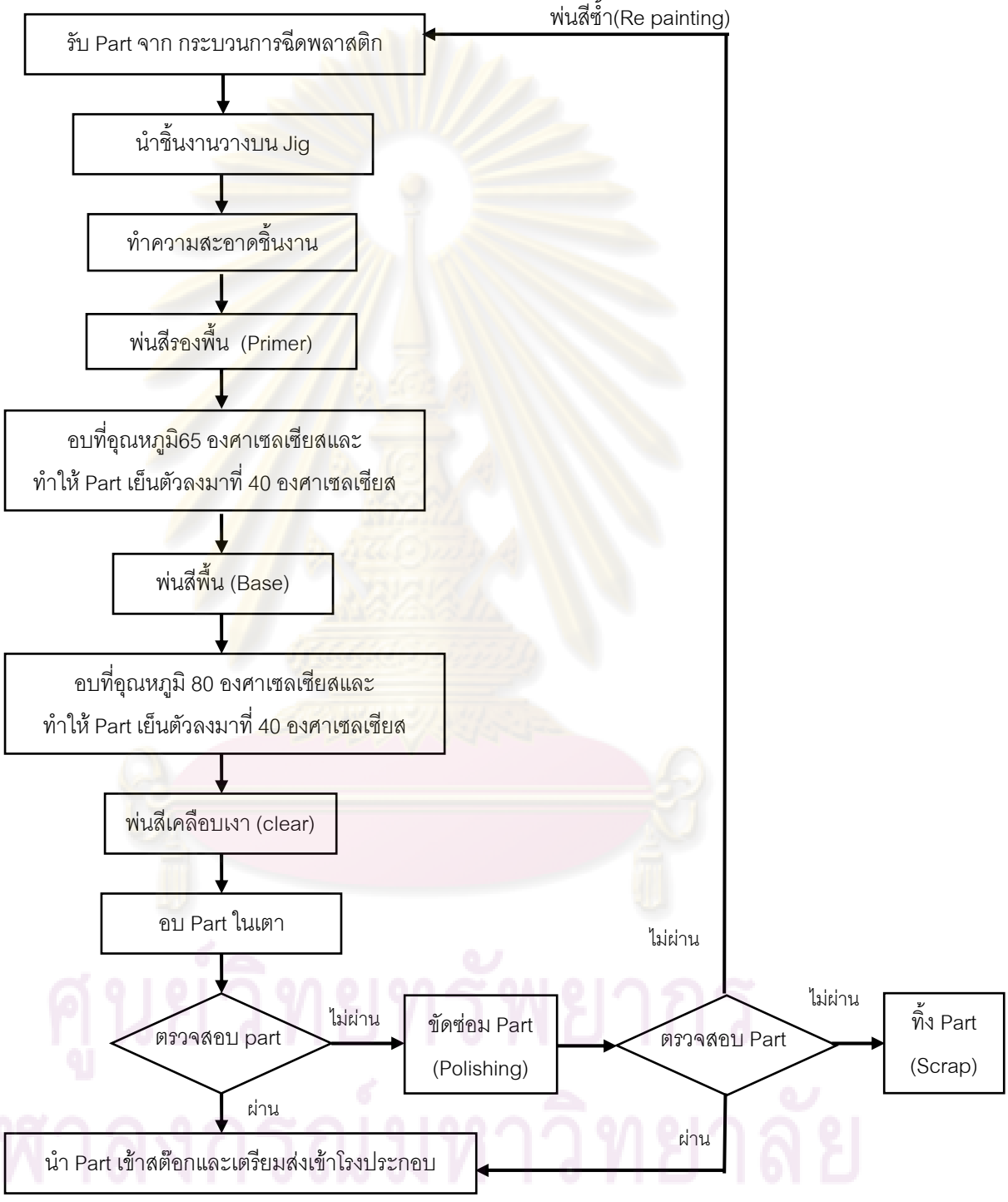
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก เพื่อลดของเสียอันเนื่องมาจากเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสี ซึ่งกระบวนการพ่นสีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก

จากการศึกษากระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกของแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสีในรูปที่ 3.2 สามารถแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. รับชิ้นส่วนกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์จากกระบวนการฉีดพลาสติก โดยในขั้นตอนนี้ชิ้นงานจะยังเป็นชิ้นงานที่ไม่ยังไม่ได้พ่นสี (Black Part)

2. นำชิ้นงานวางบนตัวจับยึดที่ยึดติดอยู่กับสายพานการผลิต เมื่อวางชิ้นงานวางบนตัวจับยึดเรียบร้อยแล้ว ชิ้นงานจะถูกทำความสะอาดด้วยปืนพ่นประจุไฟฟ้า เพื่อทำให้ฝุ่นที่ติดบนชิ้นงานหลุดออกไป

3. ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำยาเช็ดชิ้นงาน เพื่อเตรียมผิวชิ้นงานให้พร้อมในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก

4. พ่นสีรองพื้นด้วยปืนพ่นสีให้ทั่วชิ้นงาน

5. นำชิ้นงานเข้าไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ชิ้นงานแห้ง และทำให้ชิ้นงานเย็นตัวลงมาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ผิวชิ้นงานมีอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่จะทำการพ่นสีในขั้นต่อไป

6. พ่นสีพื้นด้วยหุ่นยนต์พ่นสี

7. นำชิ้นงานเข้าไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ชิ้นงานแห้ง และทำให้ชิ้นงานเย็นตัวลงมาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ผิวชิ้นงานมีอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่จะทำการพ่นสีในขั้นต่อไป

8. พ่นสีเคลือบเงาด้วยปืนพ่นสีให้ทั่วชิ้นงาน

9. นำชิ้นงานไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เพื่อทำการอบผิวชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์

10. เมื่อชิ้นงานออกมาจากเตาอบ ชิ้นงานจะถูกนำไปตรวจสอบ

11. หากชิ้นงานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ชิ้นงานจะถูกนำไปขัดซ่อม และทำการตรวจสอบอีกครั้ง หากชิ้นงานผ่านการตรวจสอบจะถูกส่งเข้าไปยังโรงประกอบ หากชิ้นงานไม่ผ่านการตรวจสอบ จะสามารถถูกนำไปพ่นสีซ้ำหรือทำการทิ้งชิ้นงาน ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของปัญหา

โดยจะอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก ได้ดังนี้

3.2.1 **กระบวนการพ่นเคลือบสี** (Painting Process)

กระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก ประกอบด้วย 5 กระบวนการหลักโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การพ่นสีรองพื้น (Primer Coating Process)

การพ่นสีรองพื้น เป็นการปรับสภาพผิวและช่วยในเรื่องการของยึดติดกับสีพื้น (Base) และช่วยเพิ่มความชัดเจนของสีชั้นบนสุดและลดความยากลำบากในการซ่อมแซมอีกด้วย

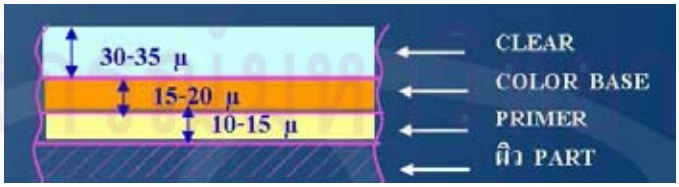
2. การพ่นสีพื้น (Base color)

การพ่นสีพื้น จะช่วยให้ เกิดความสวยงาม โดยสีพื้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตกันชนหน้ารถยนต์มีอยู่ 2 ประเภทคือ สีธรรมดา (Solid Color) และ สีเมทาลิค (Metallic Color) ข้อแตกต่างระหว่างสีสองประเภทนี้คือ สีเมทาลิคจะมีส่วนผสมของเกล็ดอะลูมิเนียมอยู่ในเนื้อสี แต่สีธรรมดาจะไม่มีส่วนผสมดังกล่าว

3. การพ่นสีเคลือบเงา (Clear color)

การพ่นสีเคลือบเงา จะช่วยให้ เกิดความเงางาม และช่วยป้องกันสีพื้นจากสภาพแวดล้อม หลังจากทำการพ่นเคลือบผิวชั้นสุดท้ายแล้ว จึงนำไปอบเพื่อให้สีแห้งยึดติดได้ดียิ่งขึ้น

ชั้นสีต่างๆ ถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชั้นสี

4. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

หลังจากที่ชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสีและผ่านการอบที่เตาอบ (Oven) แล้ว ชิ้นงานจะถูกส่งต่อมายังกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ โดยพนักงานตรวจสอบ (Inspector) ที่ได้รับการฝึกอบรมตามมาตรฐานของบริษัท และมีความชำนาญ จะทำการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ได้ โดยใช้สายตาและมือลูบที่ชิ้นงานโดยทั่วทั้งผลิตภัณฑ์ เพื่อค้นหา ของเสียซึ่งเกิดจุดบกพร่อง (defect) บนตัวชิ้นงาน โดยหากตรวจพบจุดบกพร่องจะทำเครื่องหมายไว้ทุกจุด และทำการบันทึกว่าเป็นชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่อง เพื่อนำไปซ่อมและแก้ไขในหน่วยงานต่อไป เพื่อให้ชิ้นงานนั้นสมบูรณ์และมีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนด อีกทั้งยังนำข้อมูลที่บันทึกไว้ไปวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องและแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพิ่มเติมเพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการพ่นสีอีกด้วย

สำหรับมาตรฐานในการนับและสัดส่วนของของดีของกระบวนการผลิตกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกมีดังนี้

การนับสัดส่วนของดี

$$\frac{\textbf{(จำนวนชิ้นงานที่ผ่านคุณภาพ + จำนวนชิ้นงานขัดซ่อมแล้วผ่านคุณภาพ)}}{\textbf{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด}} \times 100$$

5. กระบวนการซ่อมและแก้ไขสี

กระบวนการขัดซ่อมชิ้นงาน จะทำเมื่อพบข้อบกพร่องเกิดที่ชิ้นงานเนื่องจากการพ่น อบสี เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานของบริษัท โดยแบ่งการซ่อมและแก้ไขออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การ Polishing โดยเริ่มแรกพนักงานจะทำการขัดจุดบกพร่องด้วยกระดาษทรายเพื่อกำจัด จุดบกพร่องออกจากชิ้นงาน จากนั้นจะทำการขัดมันด้วยน้ำยา เพื่อให้ชิ้นงานมีความสวยงามเหมือนเดิม
2. การ REPAINT PART เป็นซ่อมโดยการขัดจุดบกพร่องออก และนำกลับมาเข้ากระบวนพ่นสีใหม่อีกครั้งหนึ่งทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อทำการซ่อมชิ้นงาน แล้วพนักงานจะแจ้งหัวหน้าเพื่อ ทำการตรวจอนุมัติชิ้นงานที่ซ่อมแล้ว ถ้า ชิ้นงานที่ทำการซ่อมแล้วไม่ผ่านตามข้อกำหนด ให้แยก ชิ้นงาน นั้นออกเพื่อรอทำลายทิ้ง (Scrap)

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในกระบวนการพ่นสี

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ มีดังนี้

1. ปืนและหุ่นยนต์พ่นสี

ปืนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการพ่นสีลงบนชิ้นงาน ซึ่งจะมีหลักการคล้ายกับปืนฉีดน้ำ กล่าวคือ สีจะถูกส่งมาจากถังสีผ่านท่อส่งสีที่ทำมาจาก สแตนเลส และผ่านวาล์วควบคุมส่งมาที่ตัวปืนด้วยแรงดันจากปั้ม จากนั้นสีถูกส่งออกไปด้วยแรงดันและถูกตีให้กระจายออกเป็นละอองด้วยช่องรูที่เล็กปลายปืนพร้อมกับลมอากาศอัดที่จ่ายเข้าตัวปืน เพื่อให้สีที่ออกไปเป็นละอองไปจับบนผิวชิ้นงาน โดยทางโรงงานได้มีการใช้ปืนอยู่ 2 รุ่น และใช้หุ่นยนต์พ่นสี 1 รุ่น

1) IWATA w-200-122p สำหรับพ่นสีรองพื้น (Primer Color)

2) Devi bliss GTI สำหรับพ่นสีเคลือบเงา (Clear Color)

3) หุ่นยนต์พ่น ยี่ห้อ Kawasaki รุ่น KT264 สำหรับพ่นสีพื้น (Base Color)

รูปที่3.4 ปืนพ่นสี (Air Spray Gun)

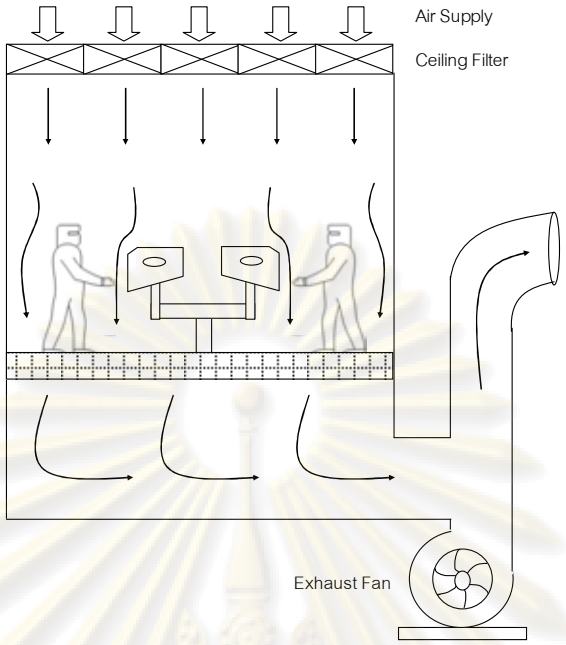
2. ตัวจับยึด (Jig)

ตัวจับยึด เป็นอุปกรณ์สำหรับวางชิ้นงานกันชนหน้าพลาสติกเพื่อใช้ในการพ่นสี โดยจะวางชิ้นงานกันชนหน้าพลาสติกลงบนตัวจับยึด ซึ่งมีโครงสร้างรองรับชิ้นงานตลอดทั้งตัว ช่วยในการป้องกันไม่ให้กันชนหน้าพลาสติกมีการห่อตัวหรือยุบตัวขณะทำการอบด้วยความร้อนสูง ส่วนใหญ่จะทำมาจากเหล็กซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูงโดยไม่บิดตัว

รูปที่ 3.5 ภาพของตัวจับยึด (Jig)

3.2.3 **ห้องพ่นสี และ สภาพภายในห้องพ่นสี** (Painting Booth)

ห้องพ่นสีเป็นห้องที่มีการควบคุมฝุ่นและความสะอาด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นขึ้นบนผิวชิ้นงานในขณะที่ทำการพ่นสี อีกทั้งยังควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับสีที่ใช้ในการพ่น เพื่อให้ผิวชิ้นงานออกมาสวยงาม ซึ่งหัวข้อที่มีปัจจัยต่อการควบคุมสภาพแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณของลมอากาศที่จ่ายเข้าและดูดออกภายในห้องพ่นสีซึ่งภายในห้องพ่นสี จะมีลมอากาศที่จ่ายเข้าไปและดูดออกภายในห้อง ซึ่งเป็นอากาศจากภายนอกที่เป็นอากาศใหม่จ่ายเข้ามา ซึ่งทำให้ภายในห้องมีความดันของลมอากาศที่มากกว่าภายนอกห้อง ส่งผลทำให้ละอองฝุ่นจากภายนอกไม่สามารถเข้ามาได้ (ต้องมีการปรับลมอากาศให้สมดุลระหว่างลมจ่ายเข้ากับลมดูดออก) อีกทั้งมีหน้าที่กดละอองสีที่พ่นไม่ให้ฟุ้งกระจายภายในห้องอีกด้วย ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สภาพของทิศทางลมในห้องพ่นสี

3.2.3.1 ระบบการทำงานของห้องพ่นสี (Painting Booth) มีอยู่ด้วยกัน 4 อย่างคือ

1. ระบบการจ่ายลม Air Supply Unit เป็นระบบที่นำลมจ่ายมายังห้องพ่นสีโดยผ่านการกรองเพื่อให้ได้ลมบริสุทธิ์ ซึ่งจะมีการติดตั้งตัวกรอง (Filter) ในการกรองฝุ่นก่อนจ่ายลมเข้าภายในห้อง เพื่อป้องกันเม็ดฝุ่นจากภายนอกเข้าภายในห้องพ่น และมีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้เหมาะกับคุณสมบัติของเนื้อสีในเวลาพ่น โดยตั้งค่าอุณหภูมิประมาณ 26±2 ‘C และ ความชื้นในอากาศประมาณ 75±5 % ซึ่งความชื้นในอากาศที่สูงนี้ ช่วยในการดักละอองฝุ่นที่อยู่ในอากาศไม่ให้ฟุ้งกระจาย ภายในห้องพ่น

2. ตัวห้องพ่นสีเป็นห้องสำหรับทำการพ่นสีชิ้นงาน โดยมีการควบคุมปริมาณลมที่Supply มาจาก Air Supply และลมที่ Exhaust ดูดออก จะต้องได้สมดุลกัน เพื่อไม่ให้สีที่พ่นฟุ้งกระจายและไม่เกิดอันตรายต่อช่างพ่นสี ด้านบนของห้องพ่นสี จะมีตัวกรองที่ละเอียดมาก กรองฝุ่นอยู่ด้านบนอีกชั้นหนึ่ง เพื่อไม่ให้ฝุ่นละอองตกลงมายังชิ้นงานที่ทำการพ่นอยู่ด้านล่าง แรงลมที่จ่ายเข้าออกภายในห้องต้องมีความเร็วในแนวดิ่ง = 0.4 m/s

3. ระบบ Exhaust มีหน้าที่ดูดลมออกด้านล่างของห้องพ่นสี จะทำให้ละอองสีที่ทำการพ่นถูกดูดลงมายังด้านล่างของห้องพ่นสี และไหลตามน้ำ Over Flow ไปยัง Sludge Pool โดยใต้ห้องพ่นสีจะมี Eliminator คอยดักละอองไม่ให้ขึ้นไปยัง Exhaust Fan ได้สะดวก

4. Sludge Pool เป็นบ่อน้ำสำหรับเก็บตะกอนขี้สี จากการพ่นสีในห้องพ่นสี น้ำจาก Sludge Pool จะถูกปั๊มดูดมายังห้องพ่นสีโดยผ่านตัวกรอง กรองเพื่อไม่ให้ขี้สีผ่านเข้ามายังปั๊มได้ เพราะจะทำให้ปั๊มตัน เมื่อน้ำถูกส่งมายงห้องพ่นสีแล้ว จะไหลไปตาม Over Flow เพื่อที่จะพาเอาละอองสีที่ทำการพ่นไหลตามน้ำลงมายัง Sludge Pool อีกที

ซึ่งจากระบบการทำงานของห้องพ่นสีที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นมีเรื่องที่ต้องระวังและควบคุมเป็นพิเศษอีกดังนี้คือ

1. ที่ Over Flow ต้องไม่ให้มีเศษขยะติด เพราะจะทำให้น้ำไหลสะดวก ถ้าน้ำไหล Flow ไม่ดี พวกละอองสีที่พ่นมีโอกาสขึ้นไปติดที่ใบพัดลมมาก

2. ตะแกรงตัวกรอง Sludge Pool จะต้องไม่ให้ตัน เพราะจะทำให้น้ำล้น พาขี้สีเข้ามายังปั๊มที่ดูดมายังห้องพ่นสี

3. Exhaust Fan ใบพัดลมที่มีขี้สีติดมาก จะต้องดูดออกให้หมดทุกใบเท่ากัน ถ้าขูดออกไม่หมด จะทำให้พัดลมสั่น การขูดระบายอากาศไม่สมดุล ทำให้เครื่องจักรชำรุดง่าย และความเร็วลมจะไม่สม่ำเสมอ

3.2.4 มาตรฐานในการควบคุมระดับความสะอาดของห้องสะอาด

สำหรับหน่วยสากลในการวัดขนาดอนุภาคของสิ่งเจือปนเพื่อบ่งบอกถึงระดับความสะอาดของห้องสะอาดคือ ไมครอน (Micron or Micrometer, μm) ขนาด 1 μm มีค่าเท่ากับ 10-6 m มาตรฐานในการแบ่งระดับความสะอาดของห้องสะอาดโดยการพิจารณาถึงจำนวนของอนุภาคของสิ่งเจือปนภายในห้องสะอาดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ด้วยกัน 2 มาตรฐานคือ มาตรฐาน Federal Standard 209E Airborne Particulate Cleanliness Classes (1992) และมาตรฐาน ISO/TC 209 14644-1 Airborne Particulate Cleanliness Classes (1999) ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 มาตรฐาน Federal Standard 209E Airborne Particulate Cleanliness Classes

Class name		Class Limits									
		0.1 µm		0.2 µm		0.3 µm		0.5 µm		5 µm	
		Volume units		Volume units		Volume units		Volume units		Volume units	
SI	English	m^3	Ft^3	m^3	ft^3	m^3	ft^3	m^3	ft^3	m^3	ft^3
M1		350	9.91	75.7	2.14	30.9	0.875	10.0	0.283	-	-
M1.5	1	1,240	35.0	265	7.50	106	3.00	35.3	1.00	-	-
M2		3,500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	-	-
M2.5	10	12,400	350	2,650	75.0	1,060	30.0	353	10.0	-	-
M3		35,000	991	7,570	214	3,090	87.5	1,000	28.3	-	-
M3.5	100	-	-	26,500	750	10,600	300	3,530	100	-	-
M4		-	-	75,000	2,140	30,900	875	10,000	283	-	-
M4.5	1,000	-	-	-	-	-	-	35,300	1,000	247	7.00
M5		-	-	-	-	-	-	100,000	2,830	618	17.5
M5.5	10,000	-	-	-	-	-	-	353,000	10,000	2,470	70.0
M6		-	-	-	-	-	-	1,000,000	28,300	6,180	175
M6.5	100,000	-	-	-	-	-	-	3,530,000	100,000	24,700	700
M7		-	-	-	-	-	-	10,000,000	283,000	61,800	1,750

ตารางที่ 3.2 มาตรฐาน ISO/TC 209 14644-1 Airborne Particulate Cleanliness Classes

	Concentration Limits (Particles/m^3)					
	0.1 µm	0.2 µm	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1,000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10,000	2,370	1,020	352	83	
ISO Class 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
ISO Class 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
ISO Class 7				352,000	83,200	2,930
ISO Class 8				3,520,000	832,000	29,300
ISO Class 9				35,200,000	8,320,000	293,000

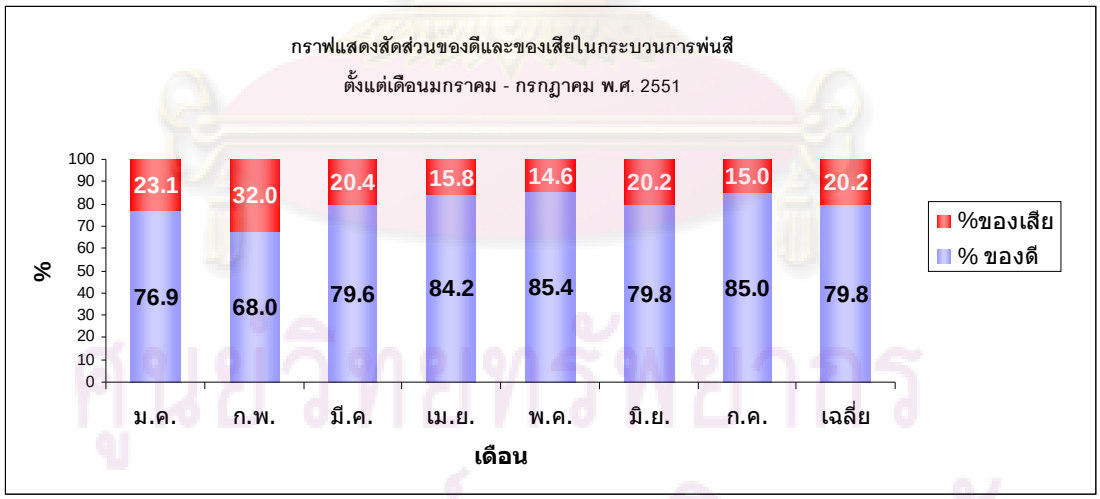
สำหรับห้องพ่นสีที่ใช้ศึกษาทำการวิจัยนั้น เป็นห้องในระดับความสะอาดที่ Class 10,000 ตามมาตรฐาน Federal Standard 209E Airborne Particulate Cleanliness Classes โดยที่อนุภาคขนาด 5 µm ต้องมีน้อยกว่า 70 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต (ft^3)

3.2.5 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

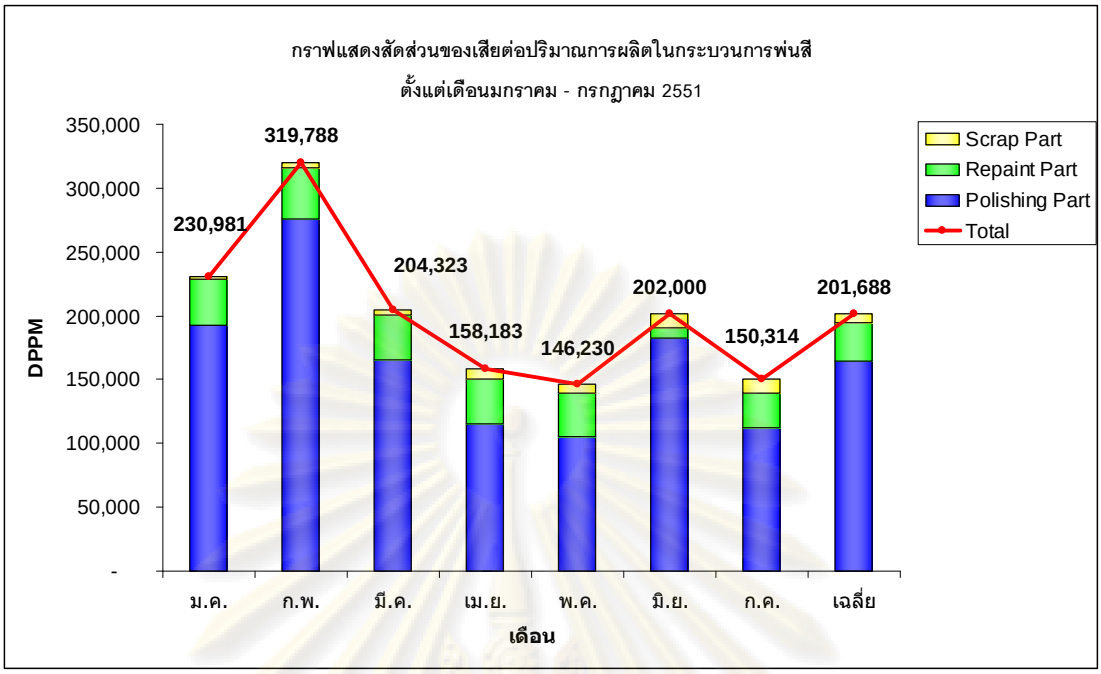
กระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์จึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของกันชนหน้ารถยนต์ เนื่องจากชิ้นส่วนพลาสติกพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์ มีความต้องการด้านคุณภาพในด้านของรูปลักษณ์ภายนอกสูง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า

จากการศึกษาข้อมูลและกระบวนการผลิตพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์ ของแผนกผลิตชิ้นส่วนพลาสติก โรงงานผลิตรถยนต์กรณีศึกษา พบว่ามีปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก ในส่วนของกระบวนการพ่นสี โดยเฉพาะปัญหาที่เกิดจากเม็ดฝุ่นซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องการลดของเสียดังกล่าว เพื่อเป็นการปรับปรุงและลดข้อบกพร่องในกระบวนการพ่นสี นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับบริษัทสูงขึ้น เนื่องจากปัญหาเม็ดฝุ่นนี้ทำให้ต้นทุนในการซ่อมและการนำไปพ่นสีใหม่มีมูลค่าสูง รวมถึงต้นทุนในการตรวจเช็คใหม่อีกด้วย ซึ่งของเสียที่ได้กล่าวมานั้นสามารถอธิบายให้ชัดเจนได้ดังนี้

ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสี โดยรวบรวมตั้งแต่เดือน มกราคม – กรกฎาคม 2551 พบว่ามีสัดส่วนของของเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 20.2% และสัดส่วนของของดีโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 79.8% ดังที่แสดงในรูปที่ 3.7 และสามารถแสดงสัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิตเป็น DPPM (Defect Parts Per Million) ได้ดังรูปกราฟที่ 3.8



รูปที่ 3.7 กราฟสัดส่วนของดีและของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551



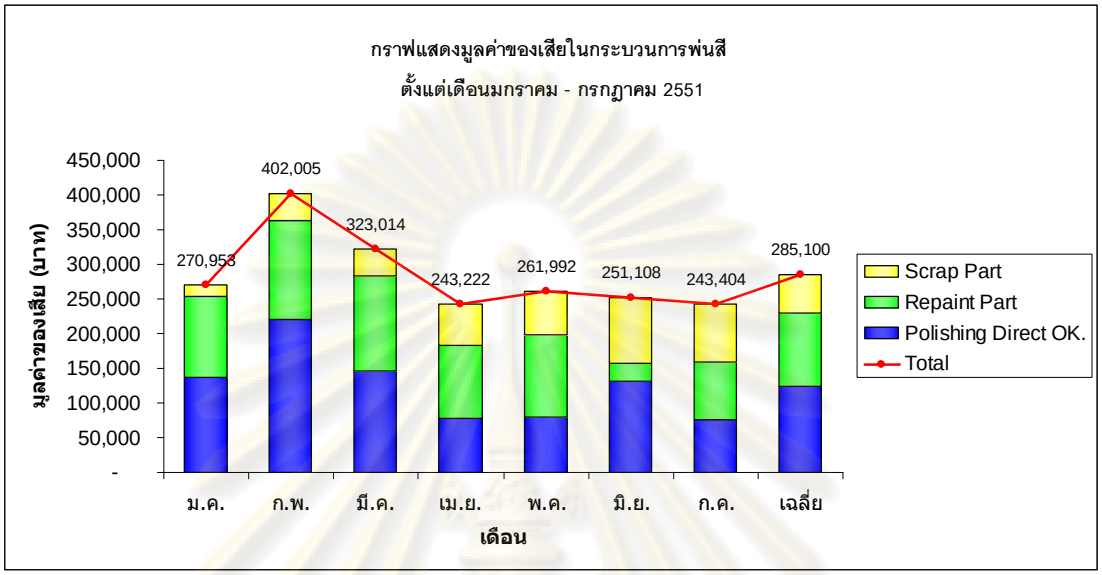
รูปที่ 3.8 กราฟสัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

จากกราฟจะเห็นว่า อัตราส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีค่าสูง โดยเฉลี่ยแล้ว DPPM ของของเสียทั้งหมดในแต่ละเดือนจะเท่ากับ 201,688 DPPMต่อเดือน ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมาก โดยของเสียนั้นมีทั้งที่ซ่อมได้และซ่อมไม่ได้ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.8 โดยสามารถแบ่งแยกประเภทของของเสียได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. Polishing Part คือของเสียที่ต้องซ่อมด้วยการขัดด้วยน้ำยา
2. Repaint Part คือของเสียที่ต้องซ่อมด้วยการพ่นสีใหม่ (Rework)
3. Scrap Part คือของเสียที่ไม่สามารถซ่อมได้

ซึ่งจากข้อมูลที่ศึกษาจะเห็นได้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์ ในประเภทของ Polishing Part จะเป็นสัดส่วนประเภทของของเสียที่มากที่สุด และรองลงมาเป็น Repaint Part และ Scrap Part ตามลำดับ จากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าแรงและวัตถุดิบในการซ่อม, มูลค่าในการทิ้งชิ้นส่วน และต้นทุนในการตรวจเช็คซ้ำ สูงขึ้น ทำให้บริษัทต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก เมื่อนำต้นทุนของของเสียมาคิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมดที่บริษัทต้องสูญเสียทั้งหมดตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551 จะได้เท่ากับ 1,995,699 บาท ซึ่งคิดเป็นมูลค่าของเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 285,100 บาท และจากกราฟรูปที่ 3.9 จะเห็นว่า Polishing Part เป็น

ประเภทของของเสียจากการผลิตที่มีต้นทุนของของเสียสูงที่สุด และรองลงมาเป็น Repaint Part และ Scrap Part



รูปที่ 3.9 กราฟมูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

3.3 การกำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหาในงานวิจัยนี้มีดังนี้

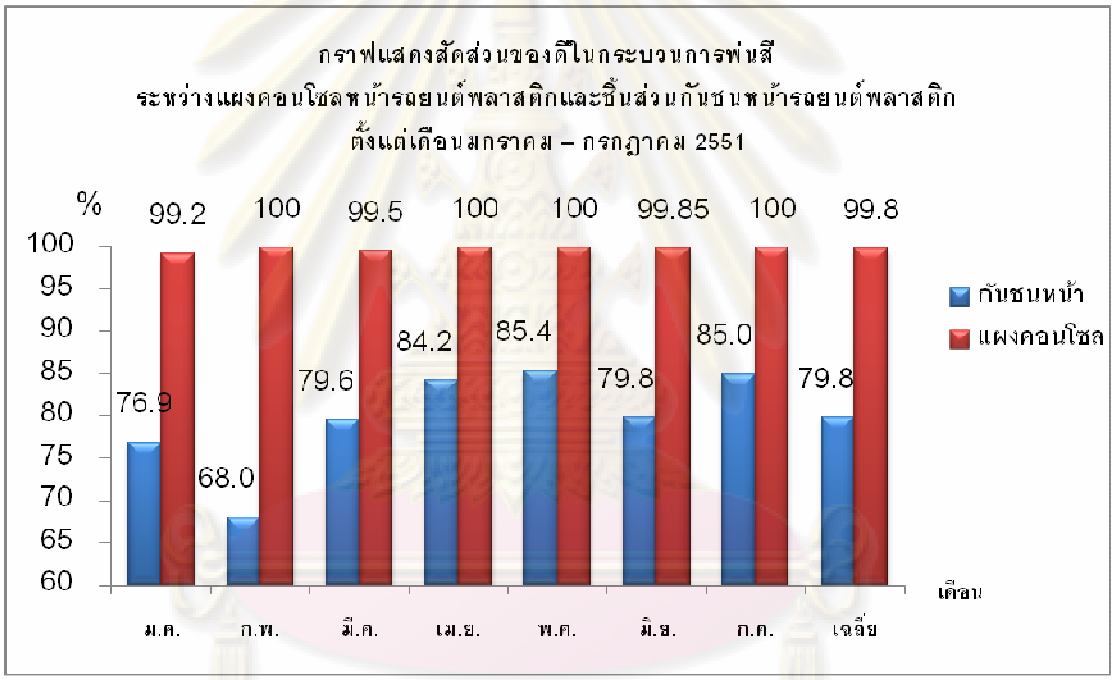
3.3.1 การเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา

เนื่องจากแผนกที่ทำการศึกษาคือแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี ซึ่งทำการผลิตชิ้นส่วนสองชนิดด้วยกันคือ ชิ้นส่วนแผงคอนโซลหน้ารถยนต์พลาสติก และชิ้นส่วนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก ซึ่งจากกราฟรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนของดีของแผงคอนโซลหน้ารถยนต์พลาสติกมีจำนวนมากกว่าชิ้นส่วนกันชนหน้ารถยนต์เป็นจำนวนมาก ประกอบกับทางบริษัทที่ทำการศึกษาได้มีนโยบายในการลดต้นทุน ซึ่งในส่วนของการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกก็ยังมีต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ

ภายใน (Internal Failure Costs) ที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพ โดยต้นทุนทั้งหมดเกิดจากต้นทุนของ

- ของเสีย (Defect)
- การแก้ไขงานบกพร่อง (Re-Work)
- การตรวจสอบซ้ำ (Re-inspection)

จากสัดส่วนของดีของแผงคอนโซลหน้ารถยนต์พลาสติกและชิ้นส่วนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก รวมถึงต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพที่เกิดขึ้นของชิ้นส่วนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกที่มีปริมาณสูง ดังนั้นจึงพิจารณาเพื่อปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกเป็นอันดับแรก

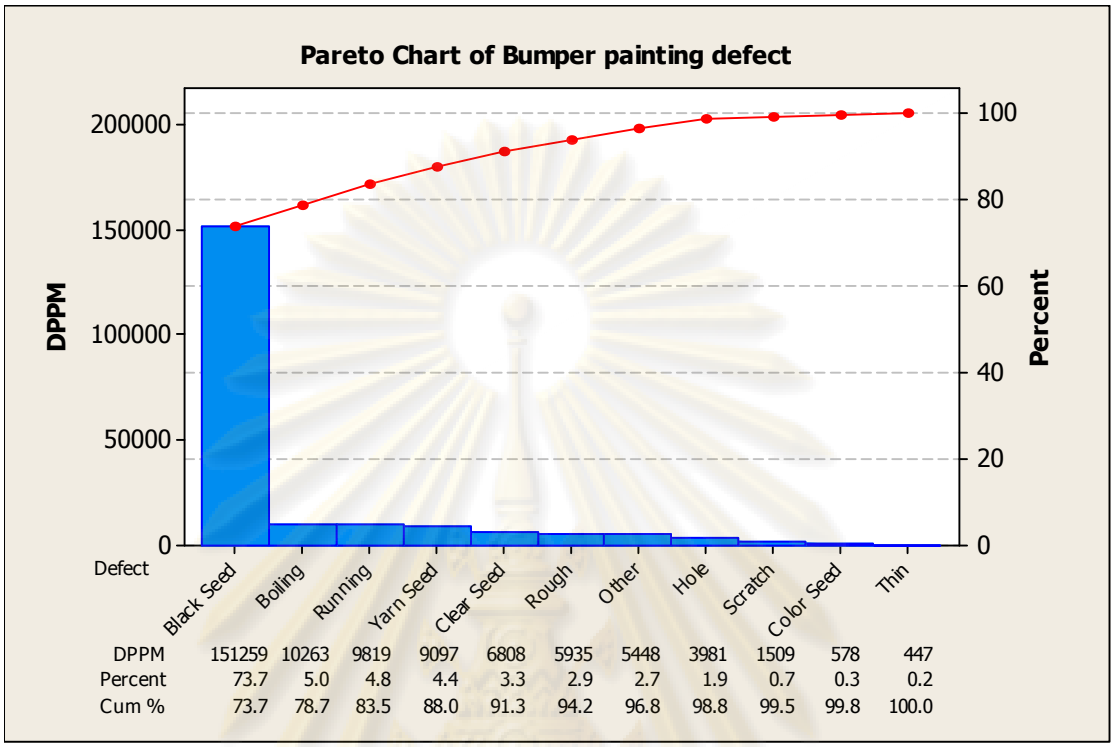


รูปที่ 3.10 กราฟแสดงสัดส่วนของดีในกระบวนการพ่นสีระหว่างแผงคอนโซลหน้ารถยนต์พลาสติกและชิ้นส่วนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551

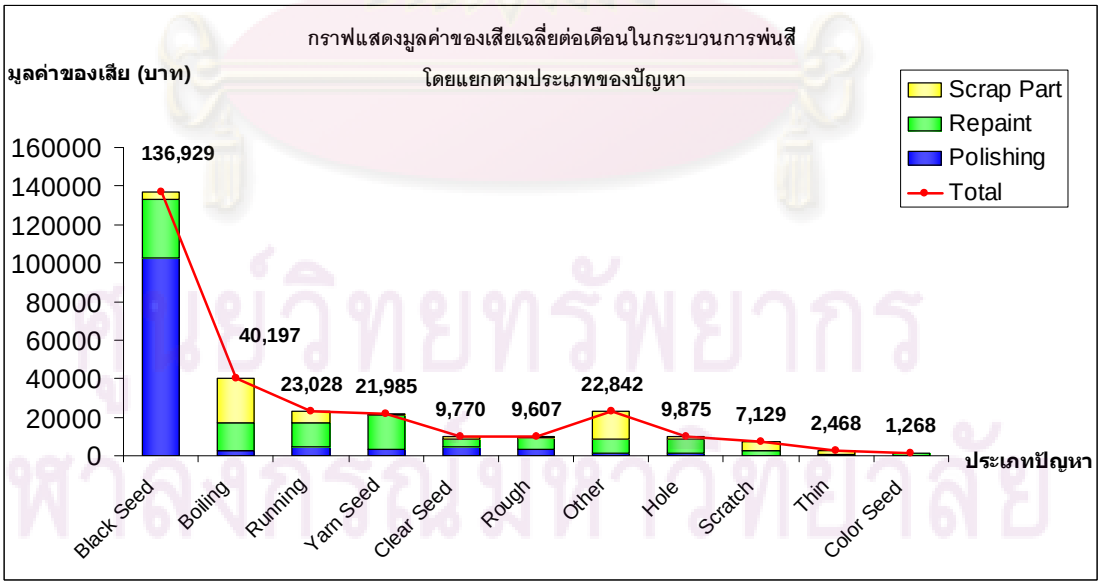
3.3.2 การเลือกประเภทของเสียที่ต้องการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะมีจุดมุ่งหมายในการลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก โดยเมื่อพิจารณาสาเหตุของของเสียที่เกิดในกระบวนการพ่นสีนั้นจะเห็นได้จากกราฟรูปที่ 3.11 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัญหาเม็ดฝุ่น (Black Seed) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด ซึ่ง

จะรวมทั้งของเสียที่ซ่อมได้และซ่อมไม่ได้ และจากรูปกราฟที่ 3.12 จะเห็นได้ว่ามีมูลค่าของเสียที่เกิดจากสาเหตุเม็ดฝุ่นเฉลี่ยต่อเดือนสูงสุดเช่นกัน



รูปที่ 3.11 กราฟสัดส่วนของเสียในกระบวนการพ่นสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551



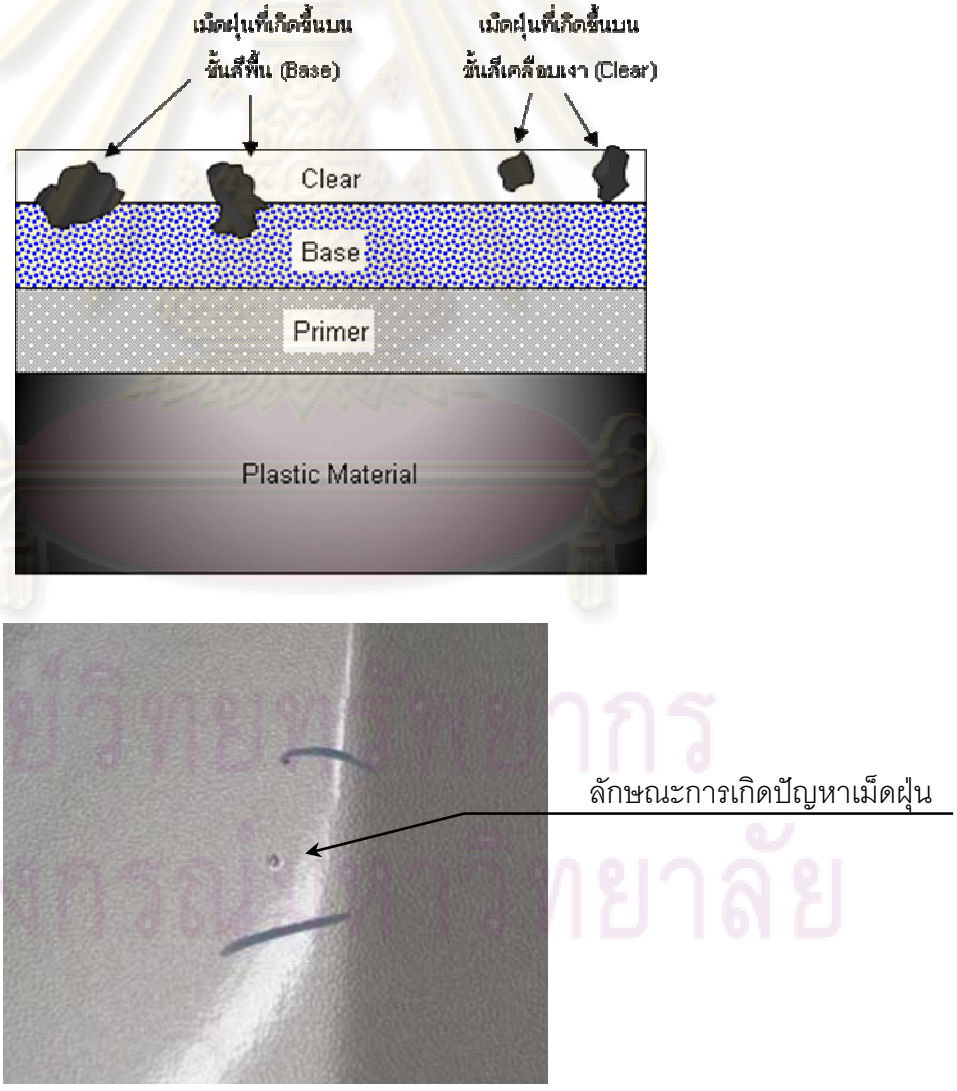
รูปที่ 3.12 กราฟมูลค่าของเสียในกระบวนการพ่นสี เฉลี่ยต่อเดือน

ตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2551 โดยแยกตามประเภทของปัญหา

จะเห็นได้ว่าปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์ ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า การศึกษาเรื่องการลดของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น (Black Seed) ในกระบวนการพ่นสีพลาสติกกันชนหน้ารถยนต์ จะมีประโยชน์ทั้งในด้านของการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย

3.3.3 ลักษณะของการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสี

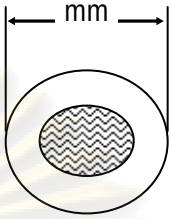
จากการศึกษาสภาพปัญหาเม็ดฝุ่น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นที่ชั้นสีพื้น (Base color) และปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดจากชั้นสีเคลือบเงา (Clear color) ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ลักษณะการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสี

3.3.4 เกณฑ์การตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่น

วิธีการวัดปัญหาเม็ด



รูปที่ 3.14 วิธีการวัดปัญหาเม็ดฝุ่น

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่น

รายละเอียด		เกณฑ์มาตรฐาน
เม็ดฝุ่น	สีเหมือนกับตัวรถ สีต่างกับตัวรถ	Ø < 3.0 mm
	มีมากกว่า 1 เม็ด (ในพื้นที่ 200x200)	Ø ≤ 1.0 mm x 10 ชิ้น
	มีเป็นจำนวนมาก (ในพื้นที่ 200x200)	Ø < 5 mm

3.3.5 วิธีการตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นที่ 1 การสังเกต ยืนห่างจากพื้นผิวสี โดยตั้งขอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ห่างจากพื้นผิวสีประมาณ 50 ซม. มองทำมุม 60 กับพื้นผิว

ขั้นที่ 2 สัมผัส ตรวจสอบโดยสัมผัสผิวชิ้นงานเบาๆ ด้วยมือเปล่า

ขั้นที่ 3 การสังเกต ตรวจสอบด้วยสายตาจากตำแหน่งที่ไม่มีการสะท้อนภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ขั้นที่ 4 ความรู้สึก	ใช้นิ้วลูบจากปลาบด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง
ขั้นที่ 5 การสังเกต	เปลี่ยนทิศทางและมุมมอง ของการมองโดยยืนห่างจากพื้นผิว 1 เมตร
ขั้นที่ 6 การสังเกต	ตรวจสอบรอยหยักของผิวสีที่เกิดจากการสะท้อนของหลอฟลูออเรสเซนต์
ขั้นที่ 7 ใช้ความรู้สึก	ตรวจสอบโดยใช้เล็บเขี่ยตามยาวตลอดแนวพื้นผิวเพื่อตรวจสอบสภาพของปัญหา และกำหนดชนิดของรอยตำหนิ
ขั้นที่ 8 การวัด	ตรวจสอบขนาดของปัญหาด้วยไม้บรรทัด ณ จุดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสุด

3.4 **สรุปนิยามปัญหา**

จากการระดมสมองของทีมงานในขั้นตอนการนิยามปัญหา และจากการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม – กรกฎาคม 2552 พบว่าในแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี มีสัดส่วนในการเกิดของเสียของกันหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสีและเกิดต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัญหาเกิดในกระบวนการพ่นสี และสาเหตุหลักที่วิเคราะห์ได้จากแผนภูมิพาเรโต คือปัญหาเม็ดฝุ่น จึงมีเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก เพื่อลดของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา

ระบบการวัดมีความสำคัญมาก การวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และเป็นการควบคุมกระบวนการ เพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจาก ทักษะ ความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้นและธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบ มีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจาก การแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้อง มีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัด มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิต ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part-to-Part-Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation)

ในขั้นตอนนี้สมาชิกในทีมจะทำการวัดเพื่อศึกษาแหล่งที่มาอันเป็นสาเหตุของปัญหา ด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการศึกษา และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก เพื่อประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัด ก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อการวิเคราะห์สภาพปัญหา เพื่อคัดเลือกปัจจัยต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป ซึ่งการคัดเลือกปัจจัยนั้นจะอาศัยหลักการ แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R Gage Repeatability and Reproducibility) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)

การทำวิจัยในครั้งนี้ตัวแปรที่ทำการศึกษา คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สนใจ คือ ปัญหาเม็ดฝุ่น ที่เกิดขึ้นบนกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ในกระบวนการพ่นสี ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีลักษณะเชิงคุณภาพ (Attribute Characteristic) เช่น ผ่าน หรือไม่ผ่าน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการนับ หรือข้อมูลแบบแอตตริบิวส์ (Attribute Data) ดังนั้นในการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้จึงมีความจำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

4.2.1 การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของพนักงาน

1. นำพนักงานตรวจสอบที่ผ่านการฝึกอบรมมาจำนวน 2 คน ทั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการนี้มีการหมุนเวียนพนักงานเพียงแค่ 2 คน ในการตรวจสอบกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี ซึ่งพนักงานตรวจสอบแต่ละคนเป็นผู้มีความชำนาญ รวมถึงประสบการณ์ในด้านการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งผ่านการประเมินผลจากทางบริษัทแล้ว

2. นำตัวอย่างชิ้นงานที่มีความรุนแรงของปัญหาเม็ดฝุ่นที่แตกต่างกัน จำนวน 20 ชิ้น โดยตัวอย่างชิ้นงานนี้จะประกอบด้วย ตัวอย่างที่มีคุณภาพดี จำนวน 7 ชิ้น และตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี จำนวน 7 ชิ้น และตัวอย่างชิ้นงานคุณภาพก้ำกึ่ง โดยแยกเป็นชิ้นงานดีแบบก้ำกึ่งและชิ้นงานไม่ดีแบบก้ำกึ่ง อีกอย่างละครึ่ง

3. ทำการทดลองตามแผนการตรวจสอบที่วางไว้ ตามตารางที่ 4.2 ซึ่งพนักงานจะถูกสุ่มอย่างสมบูรณ์ โดยการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน จะต้องตรวจสอบชิ้นงาน 2 ครั้ง

4. บันทึกผลการทดลองลงในแบบฟอร์มบันทึกผล

5. วิเคราะห์และสรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับด้วยดัชนีต่างๆ

$$\%\text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\%\text{ความไม่ไบอัสของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

$$\%\text{ประสิทธิผลรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

$$\%\text{ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

4.2.2 เกณฑ์การยอมรับ

เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยวิธีการตรวจสอบด้วยตาเปล่า โดยใช้เกณฑ์ของการยอมรับของโรงงาน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
%รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน	100%
%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	100%
%ประสิทธิผลรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	100%
%ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ	100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แผนการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ลำดับการทดลอง	ตัวอย่างปัญหา	พนักงาน
1	12	A
2	7	B
3	10	A
4	17	B
5	1	A
6	6	B
7	14	A
8	18	B
9	2	A
10	7	A
11	20	B
12	4	A
13	18	A
14	13	A
15	16	B
16	9	A
17	3	B
18	11	A
19	14	B
20	6	A
21	5	A
22	1	B
23	9	B
24	8	A
25	10	B
26	12	B
27	4	B
28	15	A
29	11	B
30	3	A
31	17	A
32	16	A
33	19	B
34	20	A
35	8	B
36	13	B
37	2	B
38	15	B
39	19	A
40	5	B

ลำดับการทดลอง	ตัวอย่างปัญหา	พนักงาน
41	14	A
42	20	B
43	11	A
44	16	B
45	10	B
46	4	B
47	3	A
48	17	B
49	12	A
50	1	A
51	8	B
52	19	A
53	11	B
54	9	A
55	7	B
56	4	A
57	3	B
58	16	A
59	19	B
60	6	A
61	18	B
62	2	A
63	6	B
64	13	A
65	12	B
66	15	A
67	2	B
68	5	A
69	13	B
70	18	A
71	15	B
72	17	A
73	5	B
74	20	A
75	14	B
76	8	A
77	1	B
78	7	A
79	9	B
80	10	A

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ตัวอย่างปัญหา	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงาน A		ตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้ง	ตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง	พนักงาน B		ตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้ง	ตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
1	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
2	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
3	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
4	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
5	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
6	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
7	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
8	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
9	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
10	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
11	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
12	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
13	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
14	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
15	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
16	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
17	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y
18	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
19	G	G	G	Y	Y	G	G	Y	Y
20	NG	NG	NG	Y	Y	NG	NG	Y	Y

G หมายถึง ผ่าน หรือ สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี

NG หมายถึง ไม่ผ่าน หรือ สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี

N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำ หรือ ไม่ถูกต้อง

Y หมายถึง การตรวจสอบที่ซ้ำ หรือ ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจซ้ำและเหมือนกันของการตรวจสอบ

ตัวอย่างปัญหา	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
1	G	Y	Y
2	G	Y	Y
3	NG	Y	Y
4	G	Y	Y
5	NG	Y	Y
6	NG	Y	Y
7	NG	Y	Y
8	G	Y	Y
9	NG	Y	Y
10	NG	Y	Y
11	G	Y	Y
12	G	Y	Y
13	G	Y	Y
14	NG	Y	Y
15	NG	Y	Y
16	G	Y	Y
17	NG	Y	Y
18	G	Y	Y
19	G	Y	Y
20	NG	Y	Y

G หมายถึง ผ่าน หรือ สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี

NG หมายถึง ไม่ผ่าน หรือ สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี

N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำ หรือ ไม่ถูกต้อง

Y หมายถึง การตรวจสอบที่ซ้ำ หรือ ถูกต้อง

จากสมการข้างต้น จะทำการประเมิน % รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานแต่ละคน โดยพิจารณาความสามารถในการตรวจสอบที่เหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงผลการตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่

%รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน A = 100%

%รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน B = 100%

การประเมิน %ความไม่ไบอัสของพนักงานแต่ละคน โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

%ความไม่ไบอัสของพนักงาน A = 100%

%ความไม่ไบอัสของพนักงาน B = 100%

จากผลการประเมินพบว่า พนักงานแต่ละคน มีการตรวจสอบที่มีรีพีททะบิลิตี้และความไม่ไบอัสที่ดีมาก ดังนั้น ผลการตรวจสอบชิ้นงานสามารถเชื่อถือได้

การประเมินผลประสิทธิผล (Effectiveness) ของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้และผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ โดยพิจารณาว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ซ้ำและถูกต้อง ตรงกับคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงาน

%ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ = 100%

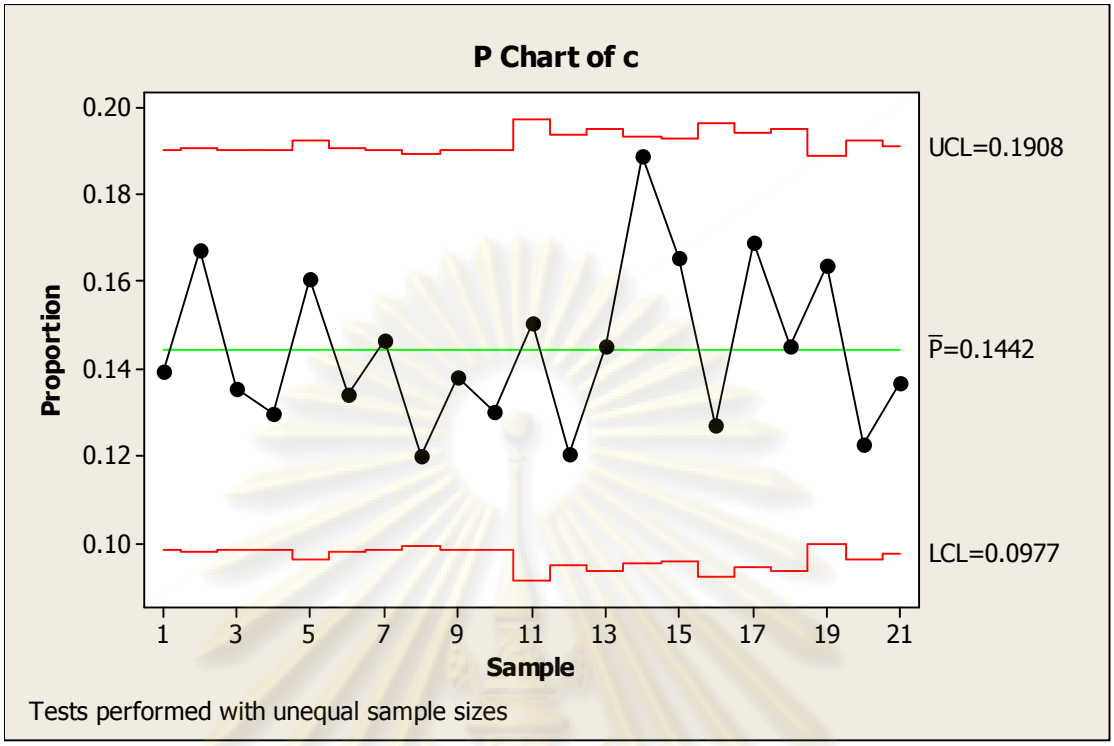
%ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ = 100%

จากผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการวัดของพนักงานทั้ง 2 คนมีประสิทธิผลทั้งในแง่ของด้านรีพีททะบิลิตี้และด้านไบอัสของการตรวจสอบที่ดีมาก ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการนับนี้จึงเป็นข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้และสามารถนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษา เพื่อใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบ

หลังจากที่ทำการทดสอบระบบการวัด จนมั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ได้มานั้นสามารถเชื่อถือได้ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์นั้น มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจสอบนี้คือ แผนภูมิควบคุมประเภทสัดส่วนของเสีย (P Chart) เนื่องจากข้อมูลเป็นประเภทสัดส่วนของเสียของปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



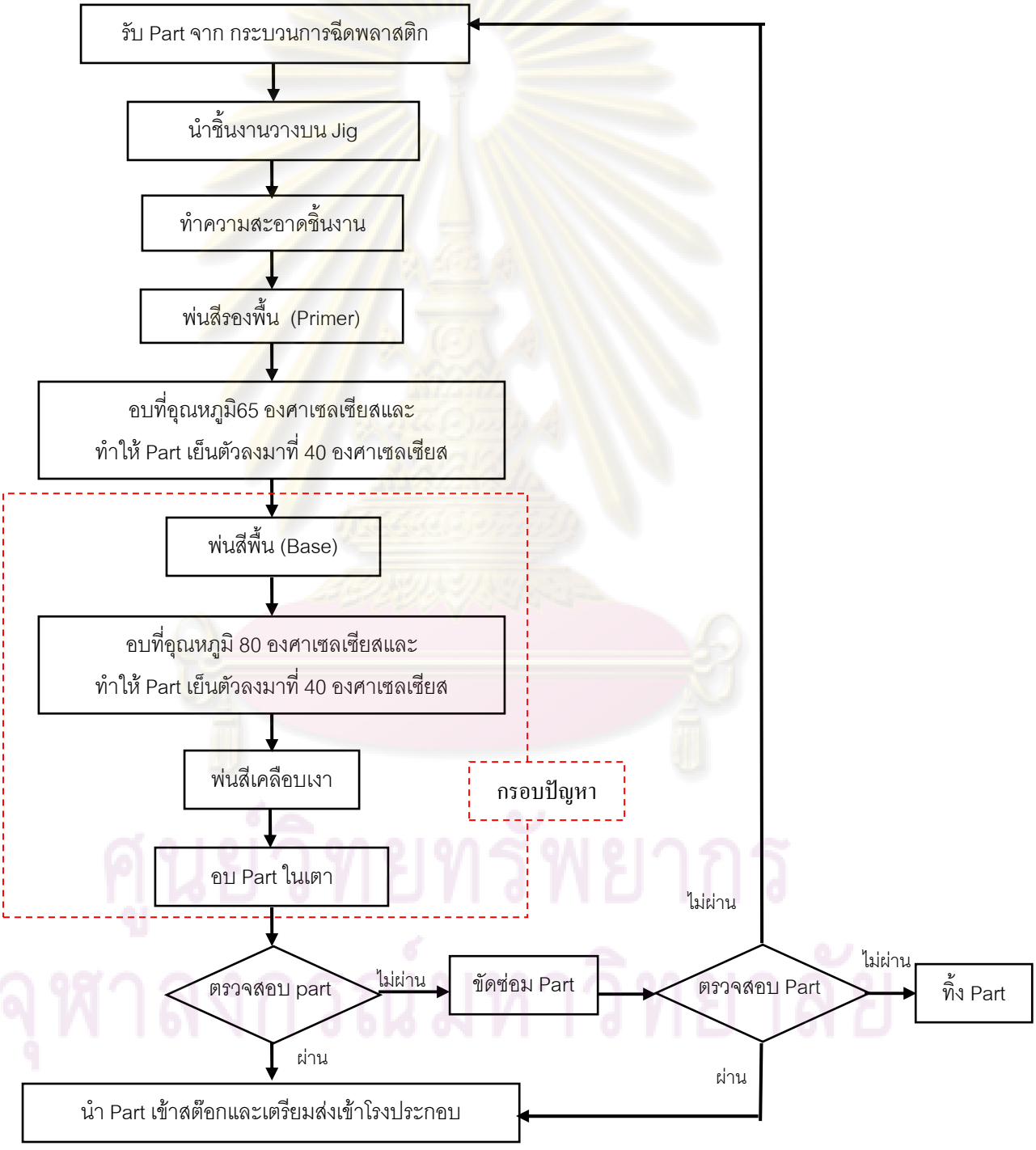
รูปที่ 4.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย

จากจำนวนข้อมูล 22 ข้อมูลต่อเนื่อง นำมาสร้างแผนภูมิควบคุมประเภทสัดส่วนของเสีย (P Chart) พบว่าไม่มีค่า p ที่ตกขอบเขตควบคุม ดังนั้น จากข้อมูลในแผนภูมิควบคุมประเภท P สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีเสถียรภาพ เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและสมมติฐาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การวิเคราะห์กระบวนการ

การศึกษาสภาพของกระบวนการนั้น มีจุดประสงค์เพื่อทำความเข้าใจและสามารถตีกรอบปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างครอบคลุม และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของงานแต่ละงาน อีกทั้งยังรวมถึงข้อบกพร่องที่ไม่ได้ประสิทธิภาพและแสดงให้เห็นงานในกระบวนการที่ไม่เกิดคุณค่า



รูปที่ 4.2 แผนภาพอธิบายกระบวนการ (Process Mapping) ของการพ่นสีรถยนต์

จากการศึกษา วิเคราะห์กระบวนการในรูปที่ 4.2 พบว่ากระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่น คือตั้งแต่กระบวนการพ่นสีพื้น (Base) จนไปถึงกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา (Clear)

4.4 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

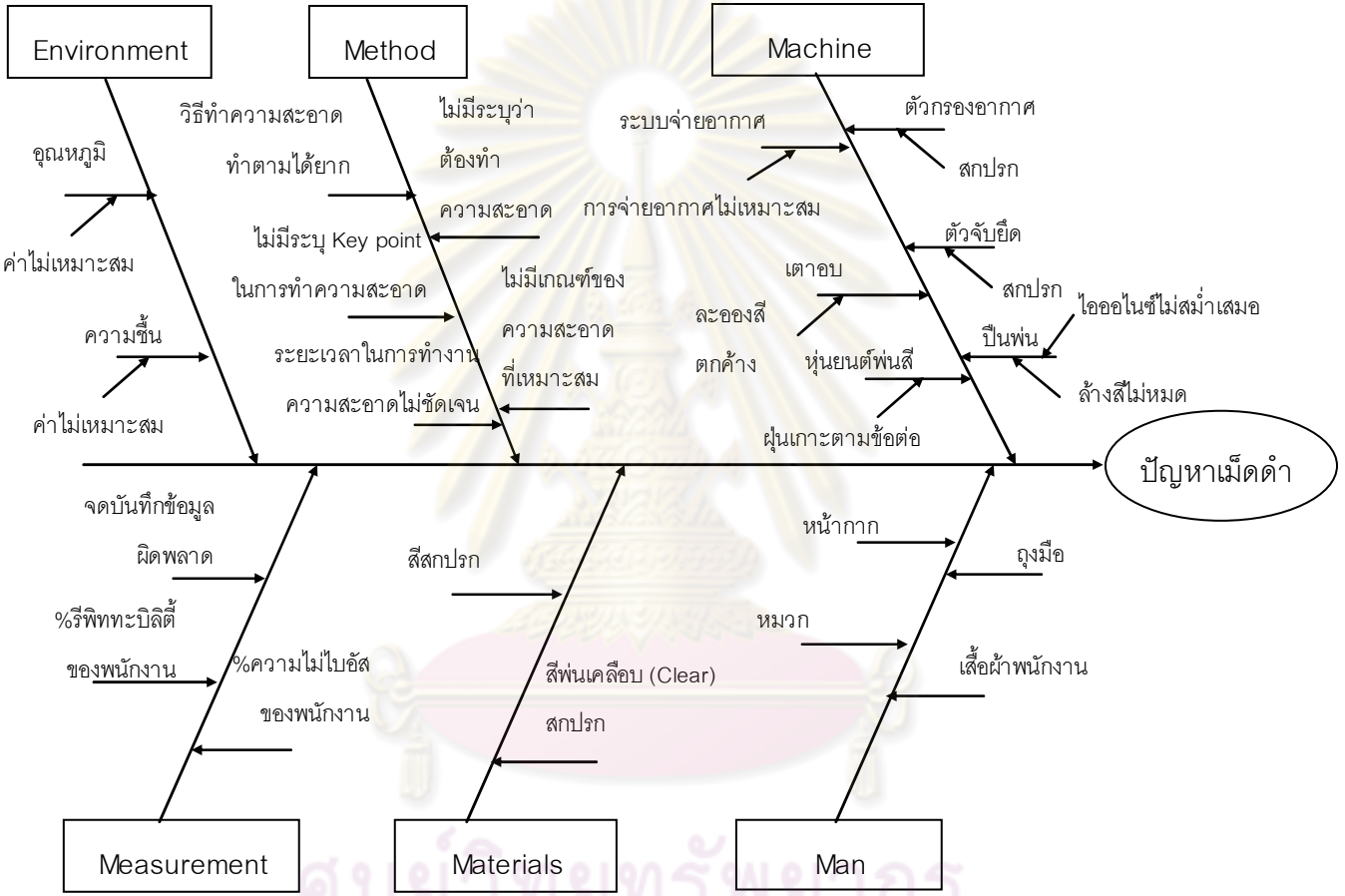
แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการระดมสมองและความคิดจากสมาชิกในทีม ที่เป็นผู้ชำนาญและมีประสบการณ์ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกรถยนต์ เพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของปัญหาแล้วทำการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริงเพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงต่อไป ซึ่งสมาชิกในทีมจะประกอบด้วย

5. ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี
6. วิศวกรแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี
7. ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ
8. วิศวกรแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ

โดยวิธีการค้นหาสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุดโดยการระดมสมองของสมาชิกในทีมทำได้ดังนี้

1. ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก โดยละเอียด โดยการเข้าไปดูที่หน้างานจริงและศึกษาข้อมูลจากแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี
2. หลังจากการที่ดูหน้างานจริงและศึกษาข้อมูลของกระบวนการพ่นสีแล้ว จะจัดการประชุมเพื่อระบุปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่มีผลต่อการเกิดเม็ดฝุ่นที่กันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี โดยประยุกต์ใช้แผนภาพสาเหตุและผล ซึ่งการระดมความคิดนี้จะเป็นอิสระต่อกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดได้แสดงในรูปที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุสาเหตุของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเม็ดฝุ่น ที่เกิดขึ้นบนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี พบว่า สาเหตุที่มีความเป็นไปได้มีจำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องค้นหาปัจจัยหลัก ที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่น โดยการนำปัญหาต่างๆ มาให้คะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C-E Matrix) ซึ่งจะทำให้สามารถคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่สอดคล้องกับตัวแปรตอบสนองที่มีผลต่อการเกิดเม็ดฝุ่นจริงๆ ซึ่งสามารถทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.นำข้อมูลจากแผนภาพสาเหตุและผลที่ได้มาจากการระดมสมองมาใส่ลงในตาราง Cause and Effect Matrix โดยมีการกำหนดความสำคัญดังตารางที่ 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล	คะแนน
1. สูง : ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้ามีผลโดยตรง และ มีความสัมพันธ์กับการเกิดปัญหาแบบนั้นมากๆ	9
2. ปานกลาง : ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้ามีผล ปานกลาง และมีความสัมพันธ์กับการเกิดปัญหา แบบนั้นๆ แต่ไม่มาก	4
3. ต่ำ : ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้ามีผลน้อยมาก และมีความสัมพันธ์กับการเกิดปัญหาแบบนั้นๆ น้อยมาก	1
4. ต่ำมาก : ไม่มีความสัมพันธ์ร่วมกับการเกิดปัญหา แบบนั้นๆเลย	0

2.ให้สมาชิกในทีมลงคะแนนความสำคัญ ซึ่งอ้างอิงเกณฑ์การให้คะแนนจากตารางที่ 4.5 โดยคะแนนจะอยู่ที่ช่วง 1 ถึง 9 คะแนน โดยกำหนดอัตราส่วนจากผลของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดปัญหา โดยแต่ละคนจะให้คะแนนครบทุกปัจจัยในแบบฟอร์ม ดังแสดงในภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.ทำการรวบรวมคะแนน ที่ได้ทั้งหมดในแต่ละปัจจัย และทำการสรุปผลคะแนนในตาราง Cause and Effect Matrix ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยด้วยแผนภูมิพาเรโตดังรูปที่ 4.4

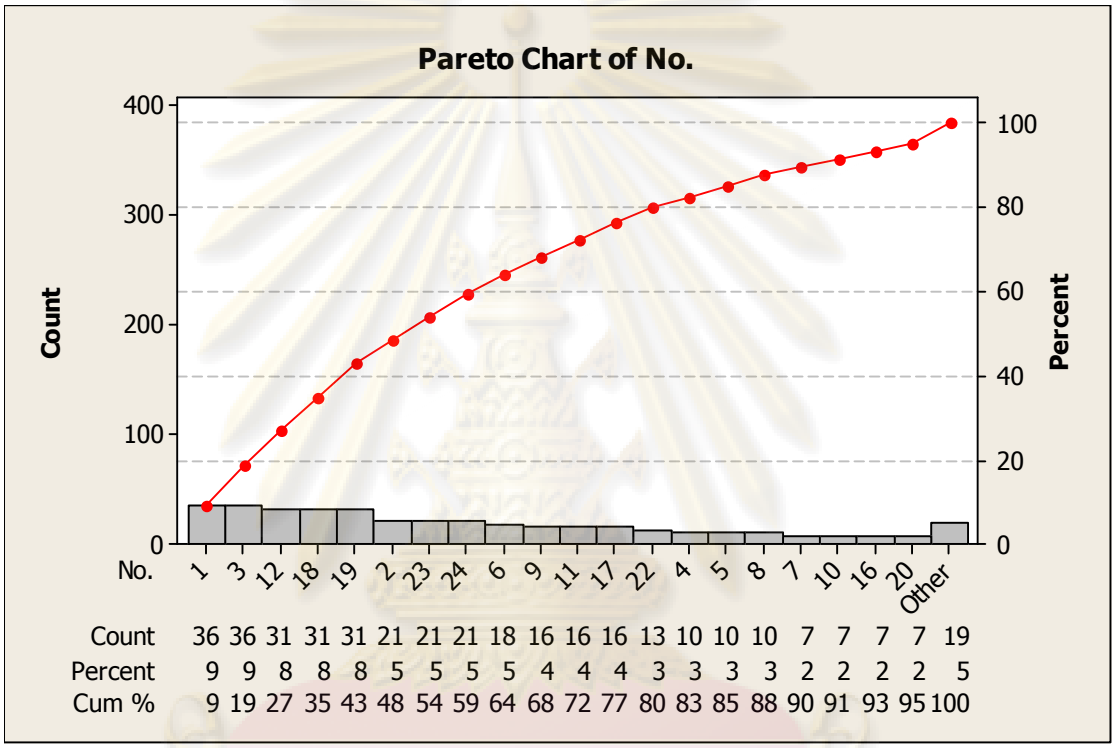
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C-E Matrix)

ปัจจัย (Factors)	ลำดับที่	รายการสาเหตุ ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	รวม
Machine	1	ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) ไม่เหมาะสม	36
	2	ตัวกรองอากาศ (Ceiling Filter) สกปรก	21
	3	ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก	36
	4	ละอองสีในเตาอบ	10
	5	สิ่งสกปรกบริเวณข้อต่อของหุ่นยนต์พ่นสี	10
	6	สิ่งสกปรกบริเวณปืนพ่นสี	18
	7	ปืนไอออไนซ์ไม่สม่ำเสมอ	7
Man	8	หน้ากากพ่นสีสกปรก	10
	9	ถุงมือพ่นสีสกปรก	16
	10	หมวกพ่นสีสกปรก	7
	11	เสื้อผ้าพนักงานสกปรก	16
	12	พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน	31
Material	13	สีรองพื้นสกปรก	4
	14	สีพื้นสกปรก	4
	15	สีพื้นเคลือบสกปรก	4
Method	16	วิธีการทำความสะอาด ทำตามได้ยาก	7
	17	ไม่มี Key Point ในการทำความสะอาด	16
	18	ระยะเวลาของรอบในการทำความสะอาด	31
	19	ไม่มีเกณฑ์ของความสะอาดที่เหมาะสม	31
Environment	20	ค่าของอุณหภูมิในห้องไม่เหมาะสม	7
	21	ค่าของความชื้นในห้องไม่เหมาะสม	7
Measurement	22	จดบันทึกข้อมูลผิดพลาด	13
	23	%รีพิททะบิลิตีของพนักงาน	21
	24	%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการให้คะแนนข้างต้น จะสามารถทำการตรวจสอบความถูกต้องได้ โดยการนำค่าผลรวมของความสัมพันธ์ไปทำการสร้างแผนภาพพาเรโต เพื่อดูลักษณะของแผนภาพว่าเป็นไปตามทฤษฎีของพาเรโตที่ว่า สิ่งที่มีความสำคัญมากมีจำนวนน้อย ในขณะที่สิ่งที่มีความสำคัญน้อยมีจำนวนมาก หรือไม่ หากการให้คะแนนดังกล่าวไม่เป็นไปตามทฤษฎีของพาเรโต อาจเกิดความผิดพลาดจากการให้คะแนนได้



รูปที่ 4.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัย

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาเรโตในรูปที่ 4.4 พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมาก มีอยู่ 13 ปัจจัยดังนี้

1. ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) ไม่เหมาะสม
2. ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก
3. พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน
4. ระยะเวลาของรอบการทำความสะอาด
5. ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานความสะอาดในการตรวจสอบอุปกรณ์ที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ตัวกรองอากาศ (Ceiling Filter) สกปรก

7. %รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน

8. %ความไม่ไบอัสของพนักงาน

9. สิ่งสกปรกบริเวณปืนพ่น

10. ถุงมือพ่นสีสกปรก

11. เสื้อผ้าพนักงานสกปรก

12. ไม่มี Key Point ในการทำความสะอาด

13. จดบันทึกข้อมูลผิดพลาด

ซึ่งผลคะแนนรวมของปัจจัยดังกล่าว คิดเป็น 80% ของคะแนนรวมทั้งหมด

4.6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากได้พิจารณาและเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อปัญหาเม็ดฝุ่น ในกระบวนการผลิตกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ โดยใช้แผนภาพพาเรโตเสร็จเรียบร้อยแล้ว และในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยที่ถูกเลือก มาทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) เพื่อศึกษาถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านี้ รวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นอีกด้วย

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ

1. ระบุรายละเอียดของกระบวนการ (Process Step) ต้องทำการแยกขั้นตอนที่ต้องการจะศึกษาออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ โดยที่ระบุรายละเอียดของกระบวนการ รวมถึงการใช้งานที่คาดว่าน่าจะมีผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา

2. ระบุถึงปัจจัยป้อนเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (Key Process Input)

3. กำหนดลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Failure Mode) หากการทำงานในแต่ละขั้นตอนไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้แล้ว ลักษณะข้อบกพร่องจะเป็นอย่างไร

4. กำหนดผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานอย่างไร

5. ระบุความรุนแรงของผลกระทบต่อปัญหา (Severity)

6. ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดปัญหา (Potential Causes)

7. ระบุโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence)

8. ระบุวิธีการควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน (Current Process Control) ที่ใช้ป้องกันลักษณะข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น

9. ระบุการตรวจจับปัญหา (Detection) หรือการประเมินถึงโอกาสที่จะตรวจพบปัญหา

10. คำนวนตัวเลขแสดงความสำคัญของความเสี่ยง (RPN)

การคำนวนค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวคือ O x S x D โดยที่

O = Occurrence คือ ระดับความถี่ของการเกิดปัญหา ความล้มเหลวหรือความผิดพลาด เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1- 10 โดยที่ 1 คือความถี่น้อยที่สุดของการเกิดปัญหา ความล้มเหลวหรือความผิดพลาด และ 10 คือความถี่มากที่สุดของการเกิดปัญหา ความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

S = Severity คือ ระดับของความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1- 10 โดยที่ 1 คือความรุนแรงน้อยที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และ 10 คือความรุนแรงมากที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น

D = Detecting คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้น ก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปสู่ลูกค้า

ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) สามารถดูได้จากตารางที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ FMEA สำหรับปัญหาเม็ดดำบนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	SEV	Potential Causes	OCC	Current Control	DET	RPN
1	ระบบจ่ายอากาศ (Air Make Up Unit) ไม่เหมาะสม	เกิดเม็ดฝุ่นฟุ้งอยู่ในห้องพ่นสี	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	10	ค่า Setting ของเครื่องจ่ายอากาศไม่เหมาะสม	5	มีการตรวจสอบความเร็วและทิศทางของลมเมื่อเกิดปัญหาเท่านั้นและไม่มีการตรวจสอบปริมาณฝุ่นในห้องพ่นสี	10	500
2	ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก	เกิดเม็ดฝุ่น ในห้องพ่นสี จากตัวจับยึดชิ้นงาน	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	10	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	10	มีการทำความสะอาดโดยใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง ทุกเดือน	5	500
3	พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน	เกิดเม็ดฝุ่น ในห้องพ่นสี จากการไม่ปฏิบัติตามวิธีการ ที่กำหนดไว้	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	5	พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการ / วิธีปฏิบัติทำได้ยาก	8	มีการตรวจเช็คมาตรฐานการทำงาน โดยหัวหน้างานทุกสัปดาห์	5	200
4	รอบเวลาในการทำความสะอาดอุปกรณ์	เกิดเม็ดฝุ่น ในห้องพ่นสี จากอุปกรณ์ต่างๆ	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	5	รอบเวลาในการทำความสะอาดยาวเกินไป ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ มีความสกปรก	5	มีตารางการทำความสะอาดรวมถึงรอบเวลา ของอุปกรณ์ทุกชนิด	5	125

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ FMEA สำหรับปัญหาเม็ดดำบนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	SEV	Potential Causes	OCC	Current Control	DET	RPN
5	การตรวจสอบอุปกรณ์ หลังจากที่มีการทำความสะอาด	อุปกรณ์ต่างๆ ยังไม่สะอาดเพียงพอ จึงทำให้เกิดเม็ดฝุ่นขึ้นในกระบวนการ	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	3	ไม่มีมาตรฐานในการทำความสะอาดอุปกรณ์	3	ไม่มีการควบคุมและมาตรฐานในการเช็คผลหลังทำความสะอาด	1	9
6	ตัวกรองอากาศ (Ceiling Filter) สกปรก	อากาศที่จ่ายให้ห้องพ่นสี มีเม็ดฝุ่นเจือปน	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	10	รอบเวลาในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	1	มีการเปลี่ยนตัวกรองอากาศทุกเดือนและมีการดูแลควบคุมทุกสัปดาห์	5	50
7	%รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน	ชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องหลุดไปยังกระบวนการถัดไป	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	1	ขาดการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง	1	ไม่มีการทบทวนวิธีการปฏิบัติงานให้กับพนักงาน	1	1
8	%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	ชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องหลุดไปยังกระบวนการถัดไป	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	1	ขาดการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง	1	ไม่มีการทบทวนวิธีการปฏิบัติงานให้กับพนักงาน	1	1
9	ปืนพ่นสี (Spray Gun) สกปรก	เกิดเม็ดฝุ่น ในห้องพ่นสีจากปืนพ่นสี	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	5	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	8	มีการทำความสะอาดทุกครั้งหลังเลิกงาน	8	320

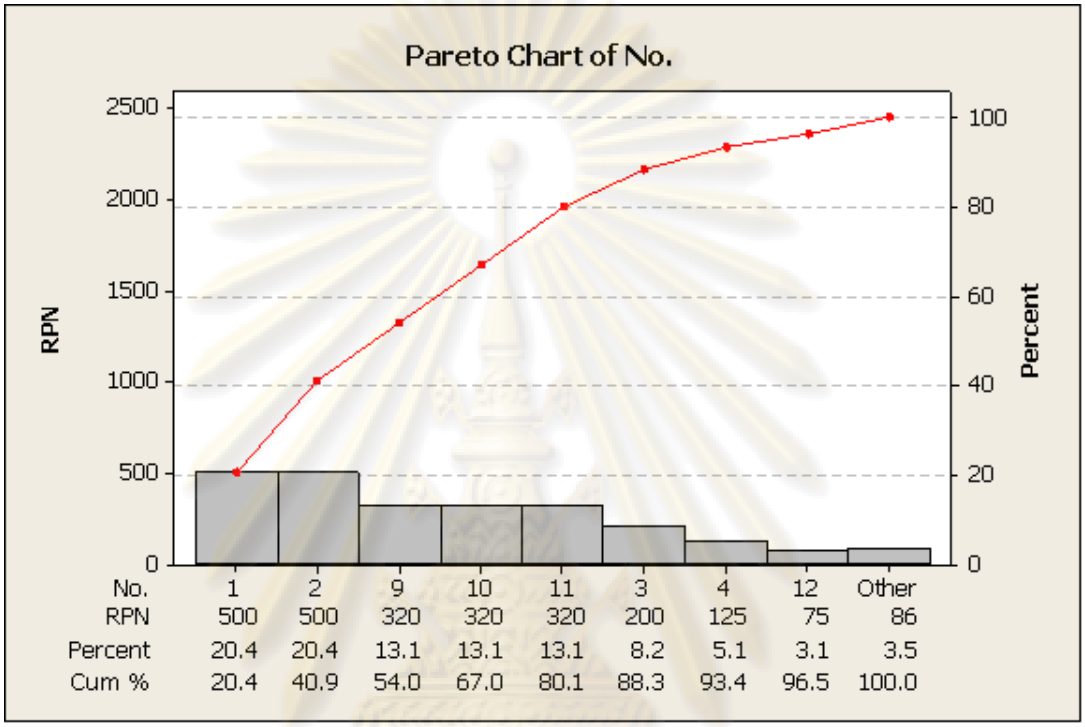
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ FMEA สำหรับปัญหาเม็ดดำบนกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	SEV	Potential Causes	OCC	Current Control	DET	RPN
10	ถุงมือพ่นสีสกปรก	เกิดเม็ดฝุ่น ในห้องพ่นสี จากถุงมือพ่นสี	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	5	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	8	มีการทำความสะอาดทุกครั้งหลังเลิกงาน	8	320
11	เสื้อผ้าพนักงาน	เกิดเม็ดฝุ่น ในห้องพ่นสี จากเสื้อผ้าพนักงาน	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	5	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	8	มีการทำความสะอาดทุกครั้งหลังเลิกงาน	8	320
12	วิธีการทำความสะอาด	อุปกรณ์ต่างๆ ยังมีความสกปรก	เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นที่ชั้นสีของชิ้นงาน	3	พนักงานทำความสะอาดไม่ทั่วถึง	5	ไม่มีการควบคุมและตรวจสอบพนักงานทำความสะอาด	5	75
13	การบันทึกข้อมูลผิดพลาด	ข้อมูลของเสียในกระบวนการไม่ถูกต้อง	วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ถูกต้อง	5	พนักงานไม่ได้รับการอบรมอย่างต่อเนื่อง	1	มีการตรวจเช็คมาตรฐานการทำงาน โดยหัวหน้างานทุกสัปดาห์	5	25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในตารางที่ 4.7 จะต้องนำผลคะแนน RPN มาจัดเรียงในแผนภาพพาเรโตดังรูปที่ 4.5 เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นบนกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์



รูปที่ 4.5 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัย
จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากแผนภาพพาเรโตรูปที่ 4.5 จะสามารถสรุปลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาเม็ดดำ ได้ดังนี้

1. ระบบจ่ายอากาศ (Air Make Up Unit) ไม่เหมาะสม
2. ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก
3. ปืนพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)
4. ถุงมือพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)
5. เสื้อผ้าพนักงานสกปรก
6. พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

จากผลของการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบ การวิเคราะห์กระบวนการ ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล และผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยจะสรุปได้ดังนี้

4.7.1 ผลจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

จากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด โดยนำพนักงานตรวจสอบคุณภาพจำนวน 2 คน มาตรวจสอบชิ้นงานตัวอย่าง จำนวน 20 ชิ้น ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นงานที่คุณภาพดี ชิ้นงานที่คุณภาพไม่ดีและชิ้นงานที่คุณภาพก้ำกึ่ง จากผลการทดสอบ พนักงานทั้งสองคนสามารถตรวจสอบชิ้นงานได้อย่างถูกต้องและตรวจสอบได้เหมือนกัน 100 เปอร์เซนต์ ดังนั้นข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ สามารถเชื่อถือได้และสามารถนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษา เพื่อใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.7.2 ผลจากการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบ

จากการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมประเภทสัดส่วนของเสีย (P Chart) พบว่าไม่มีค่า p ที่ตกขอบเขตควบคุม ดังนั้น จากข้อมูลในแผนภูมิควบคุมประเภท P สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีเสถียรภาพ เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและสมมติฐาน

4.7.3 ผลจากการวิเคราะห์กระบวนการ

เนื่องจากกระบวนการที่ทำการศึกษานั้น เป็นกระบวนการขนาดใหญ่คือการฉีดพลาสติกจนกระทั่งพ่นสี จึงต้องทำการศึกษาเฉพาะจุดที่เป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยจากการวิเคราะห์และศึกษาของทีมงาน และการตรวจสอบที่ท้ายกระบวนการผลิต พบว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการ ที่ก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่น คือตั้งแต่กระบวนการพ่นสีพื้น (Base) จนไปถึงกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา (Clear)

4.7.4 ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล

จากการวิเคราะห์ โดยใช้แผนภูมิก้างปลา พบว่าปัจจัยนำเข้าทั้งหมดมีทั้งสิ้น 24 ปัจจัย และนำปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมด มาหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล แล้วนำมาจัดเรียงลำดับคะแนนความสัมพันธ์ด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่าจะเหลือปัจจัยนำเข้าที่มีความสำคัญมากซึ่งส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองเพียง 13 ปัจจัยเท่านั้น จากนั้นจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อไป

4.7.5 ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ และนำมาจัดเรียงความสำคัญ โดยใช้แผนภาพพาเรโต พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี มีทั้งสิ้น 6 ปัจจัยดังนี้

1. ระบบจ่ายอากาศ (Air Make Up Unit) ไม่เหมาะสม
2. ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก
3. ปืนพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)
4. ถุงมือพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)
5. เสื้อผ้าพนักงานสกปรก
6. พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

หลังจากที่สามารถกำหนดสาเหตุของปัญหาได้แล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเม็ดฝุ่น ที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก โดยจะวิเคราะห์เชิงสถิติ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญคือการตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ได้เรียงลำดับตามความสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสีย ที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนการวัดผล โดยแนวทางในการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ทีละสาเหตุและปัจจัย (One Factor at a Time) ซึ่งการวิเคราะห์แบบนี้จะมีความง่ายในการวิเคราะห์ แต่ข้อเสียคือไม่สามารถทดสอบการมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (Interaction Effect) ระหว่างปัจจัยได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงต้องใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมเละความเข้าใจ รวมถึงประสบการณ์ในกระบวนการที่ทำการศึกษา เพื่อกำหนดว่าปัจจัยใดบ้างที่เป็นอิสระ และปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัจจัยอื่น ๆ เพื่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ และความแม่นยำของผลการทดสอบ

การวิเคราะห์และกำจัดสาเหตุของปัญหา จะเริ่มวิเคราะห์ทีละปัจจัย โดยจะกำจัดสาเหตุหลัก ๆ ของปัญหาให้หมดก่อนแล้วทำการผลิตตามปัญหาต่อไป ซึ่งเป็นไปได้ที่ข้อบกพร่องจะหมดไปหรือดีขึ้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ ดังนั้นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา ต้องทำการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อให้สามารถยืนยันได้ว่า สาเหตุเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพอย่างแท้จริง

เมื่อเราทำการวิเคราะห์แล้ว เราจะทราบได้ถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก และสามารถนำปัจจัยที่สำคัญ เข้าไปศึกษาในขั้นตอนของวิธีการทาง ซิกซ์ ซิกมา ต่อไป ซึ่งจะนำไปสู่การทดลองเพื่อลดการเกิดของเสียในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมุติฐาน

จากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา โดยใช้วิธีการวัดต่างๆ สามารถค้นหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบสำคัญต่อปัญหาเม็ดฝุ่นได้ทั้งสิ้น 6 ปัจจัยดังนี้

1. ระบบจ่ายอากาศ (Air Make up Unit) ไม่เหมาะสม

   ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 3 ปัจจัยด้วยกัน

   - ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ
   - ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น
   - ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นเคลียร์

2. ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก
3. ปืนพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)
4. ถุงมือพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)
5. เสื้อผ้าพนักงานสกปรก
6. พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

5.2 การทดสอบสมมุติฐาน

5.2.1 ระบบจ่ายอากาศ (Air Make up Unit) ไม่เหมาะสม

ในกระบวนการพ่นสี ระบบจ่ายอากาศเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของชิ้นงานเป็นอย่างมาก ระบบจ่ายอากาศและระบบดูดอากาศต้องมีความสัมพันธ์กัน เพื่อที่จะทำให้อากาศภายในห้องพ่นสีมีความสมดุลกันระหว่างลมเข้าและลมออก ซึ่งจะควบคุมให้มีเม็ดฝุ่นน้อยลง ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้ ซึ่งระบบจ่ายอากาศนั้นมีองค์ประกอบย่อยหรือปัจจัยย่อย 3 ปัจจัยด้วยกัน ซึ่งต้องแบ่งเป็นการทดสอบสมมุติฐานเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ สมมติฐานแรกทำการปรับค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศที่ 47 และ 44 เฮิรตซ์ ส่วนการทดสอบสมมุติฐานที่สอง จะทำการปรับค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้นที่ 40 และ 42 เฮิรตซ์ และการทดสอบสมมติฐานที่สามจะทำการปรับค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูด

อากาศห้องพ่นเคลียร์ที่ 42 และ 44 เฮิรตซ์ ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งการปรับความถี่ของมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราการจ่ายและดูดอากาศของระบบนี้

รูปที่ 5.1 ภาพการปรับตั้งความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ

ก. ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐานที่ 1 (ระบบจ่ายอากาศ)

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ 47 เฮิรตซ์ และกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 44 เฮิรตซ์

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 47 เฮิรตซ์ เข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 44 เฮิรตซ์ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ 47 เฮิรตซ์

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ 44 เฮิรตซ์

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ความถี่ของมอเตอร์ 47 เฮิรตซ์ อยู่ 0.06 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ความถี่ของมอเตอร์ 44 เฮิรตซ์ อยู่ที่ 0.30 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.1 นี้

ตารางที่ 5.1 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของระบบจ่ายอากาศ

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.3
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.06	64	0.95	0.951213

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 64 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.2 ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ

ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ความถี่ของมอเตอร์ที่ 47 เฮิรตซ์	64	5	78,125
ความถี่ของมอเตอร์ที่ 44 เฮิรตซ์	64	17	265,625

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.3 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	59	64	0.921875
2	47	64	0.734375

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.1875
95% CI for difference: (0.0608845, 0.314115)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.90 P-Value = 0.004

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.2 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.3 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.004 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข. ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐานที่ 2 (ระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้น)

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 42 เฮิรตซ์ และกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 40 เฮิรตซ์

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 42 เฮิรตซ์ เข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 40 เฮิรตซ์ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น 42 เฮิรตซ์

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น 40 เฮิรตซ์

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ความถี่ของมอเตอร์ 42 เฮิรตซ์ อยู่ 0.07 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ความถี่ของมอเตอร์ 40 เฮิรตซ์อยู่ที่ 0.34 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.4 นี้

ตารางที่ 5.4 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.34
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.07	56	0.95	0.953083

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 56 ชิ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.5 ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น

ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ความถี่ของมอเตอร์ที่ 42 เฮิรตซ์	56	5	89,286
ความถี่ของมอเตอร์ที่ 40 เฮิรตซ์	56	16	285,714

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.6 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	51	56	0.910714
2	40	56	0.714286

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.196429
95% CI for difference: (0.0565093, 0.336348)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.75 P-Value = 0.006

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.5 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.6 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.006 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้นที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค. ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐานที่ 3 (ระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีเคลือบเงา)

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 44 เฮิรตซ์ และกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 42 เฮิรตซ์

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 44 เฮิรตซ์ เข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับความถี่ของมอเตอร์ 42 เฮิรตซ์ ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

<u>สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงา 44 เฮิรตซ์

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงา 42 เฮิรตซ์

<u>วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ความถี่ของมอเตอร์ 44 เฮิรตซ์ อยู่ 0.08 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ความถี่ของมอเตอร์ 42 เฮิรตซ์ อยู่ที่ 0.41 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.7 นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของระบบจ่ายอากาศ

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.41
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.08	42	0.95	0.954018

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 42 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.8 ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงา

ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเงา	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ความถี่ของมอเตอร์ที่ 44 เฮิรตซ์	42	4	95,238
ความถี่ของมอเตอร์ที่ 42 เฮิรตซ์	42	14	333,333

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.9 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงา

```
Test and CI for Two Proportions

Sample   X   N  Sample p
1       38  42  0.904762
2       28  42  0.666667


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.238095
95% CI for difference:  (0.0701477, 0.406043)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = 2.78  P-Value = 0.005
```

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.8 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.9 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.005 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศห้องพ่นสีเคลือบเงาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2.2 **ตัวจับยึดชิ้นงาน** (Jig) **สกปรก**

ในกระบวนการพ่นสี ตัวจับยึดชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับชิ้นงานตั้งแต่เริ่มกระบวนการ จนจบกระบวนการ ดังนั้นความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงานจึงเป็นสิ่งที่ต้องถูกพิจารณา ในการทดสอบสมมุติฐานได้เตรียม ตัวจับยึดชิ้นงานไว้ 2 แบบได้แก่ ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการทำความสะอาดและตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน โดยรูปที่ 5.2 แสดงภาพตัวจับยึดชิ้นงานที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี

รูปที่ 5.2 ภาพตัวจับยึดชิ้นงานที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี

ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐาน

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับตัวจับยึดชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดและกลุ่มชิ้นงานที่ตัวจับยึดชิ้นงานผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน และทำการจดหมายเลขของตัวจับยึด

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มตัวจับยึดชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดเข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงาน

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงาน

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากตัวจับยึดชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาด

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการทำความสะอาดอยู่ 0.05 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งาน 1 เดือนอยู่ที่ 0.33 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.10 นี้

ตารางที่ 5.10 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.33
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.05	48	0.95	0.950008

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 48 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.11 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของตัวจับยึดชิ้นงาน

ระดับความสกปรกของตัวจับยึดชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ตัวจับยึดที่เพิ่งผ่านการทำความสะอาด	48	4	3,333
ตัวจับยึดที่ผ่านการใช้งานมา 1 เดือน	48	18	375,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.12 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของตัวจับยึดชิ้นงาน

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	44	48	0.916667
2	30	48	0.625000

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.291667
95% CI for difference: (0.133963, 0.449371)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 3.62 P-Value = 0.000

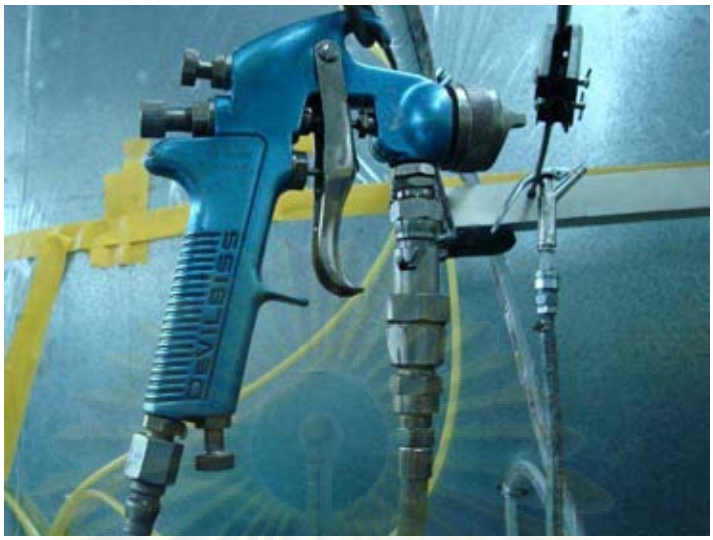
สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.11 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.12 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในความสะอาดที่แตกต่างกันของตัวจับยึดชิ้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2.3 ปืนพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)

ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงานั้น จะใช้การพ่นสีชิ้นงานโดยใช้พนักงานพ่นสี ดังนั้นความสะอาดของปืนพ่นสีจึงเป็นสิ่งที่ถูกพิจารณา ในการทดสอบสมมุติฐานได้เตรียม ปืนพ่นสีไว้ 2 แบบ ได้แก่ ปืนพ่นสีที่ผ่านการทำความสะอาดและปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน แสดงรูปปืนพ่นสีที่ใช่พ่นสีเคลือบเงาดังรูปที่ 5.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ภาพปืนพ่นสีที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา

ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐาน

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับปืนพ่นสีที่เพิ่งทำความสะอาดและกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับปืนพ่นสีที่เพิ่งทำความสะอาดเข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของความสะอาดของปืนพ่นสี

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของความสะอาดของปืนพ่นสี

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากปืนพ่นสีที่เพิ่งทำความสะอาด

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ปืนพ่นสีที่ผ่านการทำความสะอาดอยู่ 0.09 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งาน 1 เดือนอยู่ที่ 0.38 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.13 นี้

ตารางที่ 5.13 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของปืนพ่นสีสกปรก

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.38
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.09	53	0.95	0.951654

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 53 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.14 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของปืนพ่นสี

ระดับความสกปรกของปืนพ่นสี	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ปืนพ่นสีที่เพิ่งผ่านการทำความสะอาด	53	6	113,208
ปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมา 2 วัน	53	22	415,094

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.15 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของปืนพ่นสี

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	47	53	0.886792
2	31	53	0.584906

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.301887
95% CI for difference: (0.144172, 0.459602)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 3.75 P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.14 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.15 จากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในความสะอาดที่แตกต่างกันของปืนพ่นสีอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2.4 ถุงมือพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)

ในกระบวนการพ่นสี ถุงมือพ่นสีจะถูกใช้คู่กับปืนพ่นสีเสมอ ดังนั้นความสะอาดของถุงมือพ่นสีจึงเป็นสิ่งที่ถูกพิจารณา ในการทดสอบสมมุติฐานได้เตรียม ถุงมือพ่นสีไว้ 2 แบบได้แก่ ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการทำความสะอาดหรือถุงมือใหม่ และถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน โดยแสดงดังภาพที่ 5.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.4 ภาพถุงมือที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและถุงมือใหม่

ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐาน

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับถุงมือพ่นสีที่ใหม่และกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับถุงมือพ่นสีใหม่เข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของความสะอาดของถุงมือพ่นสี

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของความสะอาดของถุงมือพ่นสี

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากถุงมือพ่นสีใหม่

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ถุงมือพ่นสีใหม่อยู่ 0.08 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งาน 1 เดือนอยู่ที่ 0.35 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.16 นี้

ตารางที่ 5.16 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของถุงมือพ่นสีสกปรก

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.35
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.08	58	0.95	0.952750

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 58 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.17 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของถุงมือพ่นสี

ระดับความสกปรกของถุงมือพ่นสี	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ถุงมือพ่นสีใหม่	58	6	103,448
ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมา 2 วัน	58	21	362,069

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.18 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของถุงมือพ่นสี

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	52	58	0.896552
2	37	58	0.637931

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.258621
95% CI for difference: (0.112194, 0.405047)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 3.46 P-Value = 0.001

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.17 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.18 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.001 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในความสะอาดที่แตกต่างกันของถุงมือพ่นสีอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2.5 เสื้อผ้าพนักงานสกปรก

เสื้อผ้าพนักงานที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี เป็นเสื้อผ้าที่สามารถป้องกันการไฟฟ้าสถิตได้ พนักงานต้องสวมชุดป้องกันไฟฟ้าสถิตเสมอ เมื่ออยู่ในกระบวนการพ่นสี ทั้งนี้ก็เพื่อความปลอดภัยของตัวพนักงานเอง ส่วนทางด้านความสะอาดของเสื้อผ้าพนักงานเป็นสิ่งที่จะพิจารณาว่า เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นหรือไม่ โดยในการทดสอบสมมุติฐานได้เตรียม เสื้อผ้าพนักงานไว้ 2 แบบได้แก่ เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการทำความสะอาดและเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน แสดงดังรูปที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.5 เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการทำความสะอาด
และเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐาน

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับเสื้อผ้าพนักงานที่เพิ่งทำความสะอาดและกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยนำกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับเสื้อผ้าพนักงานที่เพิ่งทำความสะอาดเข้าสู่กระบวนการพ่นสีก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน ตามลำดับ

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของความสะอาดของเสื้อผ้าพนักงาน

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของความสะอาดของเสื้อผ้าพนักงาน

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากเสื้อผ้าพนักงานที่เพิ่งทำความสะอาด

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการทำความสะอาดอยู่ 0.05 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งาน 1 เดือนอยู่ที่ 0.36 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.19 นี้

ตารางที่ 5.19 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานความสกปรกของเสื้อผ้าพนักงาน

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.36
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.1	66	0.95	0.952627

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 66 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.20 ตารางผลการทดลองเนื่องจากความสกปรกของเสื้อผ้าพนักงาน

ระดับความสกปรกของเสื้อผ้าพนักงาน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
เสื้อผ้าที่เพิ่งผ่านการทำความสะอาด	66	7	106,061
เสื้อผ้าที่ผ่านการใช้งานมา 2 วัน	66	27	409,091

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.21 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากความสกปรกของเสื้อผ้าพนักงาน

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	59	66	0.893939
2	39	66	0.590909

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.303030
95% CI for difference: (0.163072, 0.442989)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 4.24 P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.20 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.21 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่องในความสะอาดที่แตกต่างกันของเสื้อผ้าพนักงานอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2.6 **พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน**

ก่อนเริ่มกระบวนการพ่นสีทุกครั้ง พนักงานจะต้องปฏิบัติตามหลักของห้อง Clean Room ทั่วไป โดยจะต้องมีการเป่าตัวทำความสะอาด ที่ห้องเป่าตัวก่อนทุกครั้ง หากพนักงานไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดเหล่านี้ จึงอาจก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นได้ ในการทดสอบสมมุติฐานได้เตรียมพนักงานไว้ 2 คนได้แก่ พนักงานคนแรกให้มีการเป่าตัวทำความสะอาดก่อนเข้าสู่ห้องพ่นสี พนักงานคนที่สองไม่ต้องเป่าตัวทำความสะอาด โดยรูปที่ 5.6 แสดงถึงการเป่าตัวทำความสะอาดของพนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.6 ภาพการเป่าตัวทำความสะอาดของพนักงาน

ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐาน

1. เตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับพนักงานที่เป่าตัวทำความสะอาด และกลุ่มชิ้นงานที่ใช้กับพนักงานที่ไม่ผ่านการเป่าตัวทำความสะอาด

2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการพ่นสี โดยให้พนักงานที่เป่าตัวทำความสะอาดเข้าไปพ่นสีชิ้นงานก่อน จากนั้นตามด้วยพนักงานที่ไม่ผ่านการเป่าตัวทำความสะอาดเข้าไปพ่นสีชิ้นงาน

3. ตรวจสอบปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและทำการบันทึกข้อมูล

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากพนักงานที่เป่าตัวทำความสะอาด

P_2 = สัดส่วนของเสียอันเนื่องจากพนักงานที่ไม่ผ่านการเป่าตัวทำความสะอาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากพนักงานที่เป่าตัวทำความสะอาดอยู่ 0.12 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากพนักงานที่ไม่ผ่านการเป่าตัวทำความสะอาด อยู่ที่ 0.37 สามารถนำมาคำนวณหาค่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 5.22 นี้

ตารางที่ 5.22 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.37
Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.12	74	0.95	0.950211

The sample size is for each group.

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าค่าตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องใช้ในการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 อย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 74 ชิ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.23 ตารางผลการทดลองเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

การไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
พนักงานที่เป่าตัวทำความสะอาด	74	12	62,162
พนักงานที่ไม่ผ่านการเป่าตัวทำความสะอาด	74	26	351,351

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.24 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	62	74	0.837838
2	48	74	0.648649

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.189189
95% CI for difference: (0.0517707, 0.326608)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.70 P-Value = 0.007

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.23 และจากการทดสอบค่าทางสถิติในตารางที่ 5.24 จากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.007 สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และมีความแตกต่างกันของสัดส่วนข้อบกพร่อง ในการไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงานของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเป็นการอธิบายถึงปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยที่จะใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งมีปัจจัยนำเข้า 6 ปัจจัย ได้แก่ ระบบจ่ายอากาศ (Air Make Up Unit) ไม่เหมาะสม ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก ปืนพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา) ถุงมือพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา) เสื้อผ้าพนักงานสกปรก พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธี Two Proportions ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่นำมาทดสอบสมมติฐานนั้น มีผลต่อสัดส่วนของเสียจากเม็ดฝุ่นที่เกิดในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 6
การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากการทดสอบสมมุติฐานของปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบต่อปัญหาเม็ดฝุ่น พบว่าปัจจัยนำเข้าทั้งหมดมีผลต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในขั้นตอนต่อไป จะนำปัจจัยนำเข้าทั้งหมดมาศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

6.1 ปัจจัยนำเข้า

ปัจจัยนำเข้าที่นำไปทดสอบสมมุติฐานมีทั้งหมด 6 ปัจจัย โดยที่ทุกปัจจัยมีค่า P-Value ของปัจจัยน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยนำเข้าทั้งหมดมีผลต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ โดยปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยมีดังนี้

1. ระบบจ่ายอากาศ

   ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 3 ปัจจัยด้วยกัน

   - ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบจ่ายอากาศ
   - ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นสีพื้น
   - ค่าความถี่ของมอเตอร์ของระบบดูดอากาศห้องพ่นเคลียร์

2. ตัวจับยึดชิ้นงาน
3. ปืนพ่นสี
4. ถุงมือพ่นสี
5. เสื้อผ้าพนักงาน
6. พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีทำงาน

เนื่องจากระบบจ่ายอากาศ เป็นปัจจัยนำเข้าที่ต้องทำการออกแบบการทดลอง (DOE) ส่วนปัจจัยนำเข้าที่เหลืออยู่สาเหตุหลักจะเกี่ยวข้องกับความสกปรกของอุปกรณ์ต่างๆในห้องพ่นสี ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขได้เลย โดยได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 การแก้ไขปรับปรุงปัจจัยนำเข้าที่สามารถทำได้ก่อน

6.2.1 ตัวจับยึดชิ้นงาน

ตัวจับยึดชิ้นงานจะเป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับชิ้นงานตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งจบกระบวนการ ดังนั้น ความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงานเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะถ้ามีสิ่งสกปรกหรือมีฝุ่นติดที่ตัวจับชิ้นงานก็จะทำให้เกิดฝุ่นในห้องพ่นสีและก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นได้

สภาพปัจจุบัน : ตัวจับยึดชิ้นงานมีรอบเวลาในการทำความสะอาดทุก 1 เดือน

ปัญหา : รอบเวลาทำความสะอาดตัวจับยึดงานไม่เพียงพอ

แนวการแก้ไขปรับปรุง : ทำการทดสอบหารอบระยะเวลาในการทำความสะอาด

ขั้นตอนการแก้ไข

1. เตรียมตัวจับยึดชิ้นงานไว้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์และ 4 สัปดาห์
2. นำตัวจับยึดชิ้นงานแต่ละกลุ่ม เข้าสู่กระบวนการพ่นสี
3. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูล

ผลการทดลอง

ประเภทของตัวจับยึดชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
1. ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์	30	2	66,667
2. ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 สัปดาห์	30	3	100,000
3. ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 3 สัปดาห์	30	6	200,000
4. ตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 4 สัปดาห์	30	8	266,667

ดังนั้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าตัวจับยึดชิ้นงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ มีจำนวนของเสียในค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า รอบระยะเวลาทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงานที่เหมาะสมคือ 2 สัปดาห์ เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการทำความสะอาดด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.2 ปืนพ่นสี

ปืนพ่นสีจะใช้ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา ส่วนกระบวนการพ่นสีพื้นนั้นจะใช้หุ่นยนต์พ่นสี ซึ่งความสกปรกที่อยู่ในปืนพ่นสีมีผลต่อการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นอย่างมาก

สภาพปัจจุบัน : ปืนพ่นสีมีรอบเวลาในการทำความสะอาดทุก 1 วัน

ปัญหา : รอบเวลาทำความสะอาดปืนพ่นสีไม่เพียงพอ

แนวการแก้ไขปรับปรุง : ทำการคำนวณรอบเวลาในการทำงานสะอาด

ขั้นตอนการแก้ไข

1. เตรียมปืนพ่นสีไว้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.25 วัน, 0.5 วัน, 1 วัน และ 2 วัน
2. นำปืนพ่นสีแต่ละกลุ่ม เข้าสู่กระบวนการพ่นสี
3. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูล

ผลการทดลอง

ประเภทของปืนพ่นสี	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
1. ปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.25 วัน	30	1	33,333
2. ปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.5 วัน	30	4	133,333
3. ปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 วัน	30	6	200,000
4. ปืนพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน	30	6	200,000

ดังนั้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า รอบระยะเวลาทำความสะอาดปืนพ่นสีที่เหมาะสมคือ 0.25 วันหรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง

6.2.3 ถุงมือพ่นสี

ถุงมือพ่นสีจะถูกใช้ในกระบวนการพ่นสี ควบคู่ไปกับปืนพ่นสี ดังนั้นความสะอาดของถุงมือพ่นสี จึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปัญหาเม็ดฝุ่นได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาพปัจจุบัน : ถุงมือพ่นสีมีรอบเวลาในการเปลี่ยนทุก 1 วันเนื่องจากเป็นการลดต้นทุนถุงมือ

ปัญหา : รอบเวลาการเปลี่ยนถุงมือพ่นสีไม่เพียงพอ

แนวการแก้ไขปรับปรุง : ทำการคำนวณรอบเวลาในการเปลี่ยนถุงมือพ่นสี

ขั้นตอนการแก้ไข

1. เตรียมถุงมือพ่นสีไว้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.5 วัน, 1 วัน, 1.5 วัน และ 2 วัน
2. นำถุงมือพ่นสีแต่ละกลุ่ม เข้าสู่กระบวนการพ่นสี
3. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูล

ผลการทดลอง

ประเภทของถุงมือพ่นสี	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
1. ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.5 วัน	30	2	66,667
2. ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 วัน	30	5	166,667
3. ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1.5 วัน	30	5	166,667
4. ถุงมือพ่นสีที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน	30	6	200,000

ดังนั้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า รอบระยะเวลาในการเปลี่ยนถุงมือพ่นสีที่เหมาะสมคือ 0.5 วัน

6.2.4 เสื้อผ้าพนักงาน

เสื้อผ้าพนักงานมีลักษณะเป็นชุดป้องกันไฟฟ้าสถิต ซึ่งเสื้อผ้าพนักงานเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อปัญหาเม็ดฝุ่น เนื่องจากเม็ดฝุ่นสามารถติดไปกับตัวเสื้อผ้าได้

สภาพปัจจุบัน : เสื้อผ้าพนักงานมีรอบเวลาในการทำความสะอาดทุก 2 วัน

ปัญหา : รอบเวลาทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงานไม่เพียงพอ

แนวการแก้ไขปรับปรุง : ทำการคำนวณรอบเวลาในการทำงานสะอาด

ขั้นตอนการแก้ไข

1. เตรียมเสื้อผ้าพนักงานไว้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.5 วัน, 1 วัน, 1.5 วัน และ 2 วัน
2. นำเสื้อผ้าพนักงานแต่ละกลุ่ม เข้าสู่กระบวนการพ่นสี
3. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูล

ผลการทดลอง

ประเภทของเสื้อผ้าพนักงาน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
1. เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.5 วัน	30	1	33,333
2. เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 วัน	30	2	66,667
3. เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1.5 วัน	30	4	133,333
4. เสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 วัน	30	5	166,667

ดังนั้น จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าเสื้อผ้าพนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 0.5 วัน และ 1 วัน มีจำนวนของเสียในค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ดังนั้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า รอบระยะเวลาทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงานที่เหมาะสมคือ 1 วัน เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงาน

สรุปรอบระยะเวลาในการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสีภายใต้สภาวะที่เหมาะสม หลังจากที่ได้ทำการทดลองพบว่า

1. รอบระยะเวลาการทำความสะอาดที่เหมาะสมของตัวจับยึดชิ้นงานคือ 2 สัปดาห์
2. รอบระยะเวลาการทำความสะอาดที่เหมาะสมของปืนพ่นสีคือ 0.25 วัน
3. รอบระยะเวลาการการเปลี่ยนที่เหมาะสมของถุงมือพ่นสีคือ 0.5 วัน
4. รอบระยะเวลาการทำความสะอาดที่เหมาะสมของเสื้อผ้าพนักงานคือ 1 วัน

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ นอกเหนือจากการคำนวนรอบระยะเวลาในการทำความสะอาดใหม่ที่เหมาะสมแล้ว ยังมีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเพิ่มเติม ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.5 **ตัวจับยึดชิ้นงาน**

ก่อนที่จะนำตัวจับยึดชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงนั้น ตัวจับยึดชิ้นงานจะถูกนำไปแช่ในทินเนอร์เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้การทำความสะอาดสิ่งสกปรกบนตัวจับยึดชิ้นงานทำได้ง่ายขึ้นและเร็วขึ้น รวมทั้งตัวจับยึดชิ้นงานจะมีความสะอาดมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

6.2.6 **ปืนพ่นสี**

ในการทำความสะอาดปืนพ่นสีทุกครั้ง จะมีมาตรฐานตัวอย่างของปืนพ่นสีที่สะอาดเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ โดยจะให้ทางหัวหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบความสะอาดของปืนพ่นสีที่ทำความสะอาดเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน ถ้าความสะอาดของปืนได้ตามมาตรฐาน ก็จะนำปืนพ่นสีนั้นไปใช้ในกระบวนการผลิต แต่ถ้าความสะอาดของปืนพ่นสีไม่ได้มาตรฐาน จะนำปืนพ่นสีไปทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง ปืนพ่นสีกับตัวอย่างมาตรฐานสามารถเปรียบเทียบได้โดยใช้สายตาของหัวหน้างาน ในการตรวจสอบพื้นผิวด้านนอกของปืนพ่นสีและหัว Nozzle ของปืน

6.2.7 **พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน**

ก่อนเริ่มกระบวนการพ่นสีทุกครั้ง พนักงานจะต้องปฏิบัติตามหลักของห้อง Clean Room ทั่วไป โดยจะต้องมีการเป่าตัวทำความสะอาด ที่ห้องเป่าตัวก่อนทุกครั้ง หากพนักงานไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดเหล่านี้ จึงอาจก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นได้

ดังนั้นจึงนำวิธีการทำงานมาทบทวนใหม่ เพื่อประเมินวิธีการทำงานที่ระบุอยู่ในมาตรฐานการทำงานของแต่ละกระบวนการมีความเหมาะสมหรือไม่ มีความยากในการปฏิบัติหรือไม่ ต้องเพิ่มเครื่องมือช่วยเหลือเพื่อให้การปฏิบัติงานนั้น มีความง่ายยิ่งขึ้นหรือไม่ ซึ่งหลังจากที่ได้ประเมินวิธีการทำงานแล้วจึงทำการปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติการให้เหมาะสมและเข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น โดยเขียนเป็นวิธีปฏิบัติงานในการใช้ห้องเป่าตัว ซึ่งเมื่อวิธีการทำงานมีความเหมาะสมแล้ว และสภาพแวดล้อมในการทำงานก็อยู่ในมาตรฐาน การแก้ไขปัญหาขั้นต่อไปคือ การตรวจสอบการทำงานของพนักงานว่า ทำได้ตามมาตรฐานที่วิธีการทำงานระบุไว้หรือไม่ โดยหัวหน้างานจะเป็นผู้

ตรวจสอบการทำงาน เป็นมาตรฐานของพนักงานทุกวัน หากพนักงานคนไหนไม่สามารถทำงานได้ตามที่มาตรฐานระบุไว้ พนักงานคนนั้นจะต้องออกมาฝึกอบรมใหม่

6.3 การปรับปรุงปัจจัยนำเข้าที่เหลืออยู่ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง

ปัจจัยนำเข้าที่ยังไม่ได้นำมาปรับปรุงอีก 1 ปัจจัยนำเข้าคือ ระบบจ่ายอากาศซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการพ่นสี และเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของชิ้นงานเป็นอย่างมาก ระบบจ่ายอากาศและระบบดูดอากาศต้องมีความสัมพันธ์กัน จึงจะสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้ ซึ่งระบบจ่ายอากาศนั้นมีองค์ประกอบย่อยหรือปัจจัยย่อย 3 ปัจจัยด้วยกัน ดังนั้นจึงนำปัจจัยนำเข้า 3 ปัจจัยนี้มาทำการออกแบบการทดลอง เพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ โดยการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมมีดังนี้

6.3.1 ปัจจัยนำเข้าย่อยของระบบจ่ายอากาศ

ระบบจ่ายอากาศในห้องพ่นสีเป็นปัจจัยนำเข้าสำคัญที่ต้องทำการออกแบบการทดลอง (DOE) ของระบบจ่ายอากาศที่สำคัญที่นำมาศึกษา เพื่อลดปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกันชนหน้าพลาสติกพ่นสีของรถยนต์พ่นสี ซึ่งระบบจ่ายอากาศมีปัจจัยย่อยทั้งสิ้น 3 ปัจจัย คือ

1. ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply)
2. ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น (Base Exhaust Fan)
3. ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเงา (Clear Exhaust Fan)

โดยการกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในแต่ละระดับดังแสดงในตารางที่ 6.1 และมีลำดับการทดลองในแต่ละเงื่อนไขดังตารางที่ 6.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าทำการทดลอง

เลขที่	ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
		1	2	
1	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ	47	44	เอิรตซ์
2	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ (ห้องพ่นสีพื้น)	42	40	เอิรตซ์
3	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ (ห้องพ่นสีเคลือบเงา)	44	42	เอิรตซ์

ตารางที่ 6.2 ลำดับในการทดลอง

ลำดับ	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ (ห้องพ่นสีพื้น)	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ (ห้องพ่นสีเคลือบเงา)
1	47	42	44
2	47	42	42
3	47	40	44
4	47	40	42
5	44	42	44
6	44	42	42
7	44	40	44
8	44	40	42

ทำการปรับเปลี่ยนหน่วยสเกล ของแต่ละปัจจัยให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง โดยกำหนดให้ 1 แทนกรณีที่ตั้งค่าปัจจัยนั้นเป็น High และให้ -1 แทนกรณีที่ตั้งค่าปัจจัยนั้นเป็น Low ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 การปรับเปลี่ยนหน่วยสเกล

ลำดับ	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ (ห้องพ่นสีพื้น)	ค่าความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ (ห้องพ่นสีเคลือบเงา)
1	1	1	1
2	1	1	-1
3	1	-1	1
4	1	-1	-1
5	-1	1	1
6	-1	1	-1
7	-1	-1	1
8	-1	-1	-1

6.3.2 **ตัวแปรตอบสนอง**

จากการพิจารณาของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ดังนั้นตัวแปรตอบสนองคือจำนวนของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสี และปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศ์กเมตร (ปริมาณเฉลี่ยจากห้องพ่นสีพื้นและห้องพ่นสีเคลือบ)

6.3.3 **การออกแบบการทดลอง**

การออกแบบการทดลองสำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ จำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลองเท่ากับ 3 ปัจจัยและจำนวนระดับของปัจจัยทั้งหมด 2 ระดับ โดยที่มีขั้นตอนการออกแบบการทดลองดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3.3.1 การทดลองซ้ำ (Replication)

การทำซ้ำหมายถึง การดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่างที่สำคัญคือ

1.เพื่อให้สามารถมองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ การดำเนินการวิเคราะห์จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปประเมินว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการบ้าง

2.เพื่อกำจัดทิ้งความคลาดเคลื่อน (Average Out) อิทธิพลที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่มีต่อปัจจัย เปรียบดังเช่นการหาค่าเฉลี่ยนั่นเอง เป็นวิธีการในการประเมินค่าอิทธิพลของปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง

Power and Sample Size

2-Level Factorial Design

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.1

Factors: 3 Base Design: 3, 8
Blocks: none

Not including a term for center points in model.

Center Points	Effect	Reps	Total Runs	Target Power	Actual Power
3	0.2	2	19	0.95	0.952728

รูปที่ 6.1 กำลังและจำนวนการทดลองซ้ำ

จากรูปที่ 6.1 จะใช้ effect เท่ากับ 0.2 เนื่องจากเป็นอัตราที่เหมาะสมที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ และกำลังของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.95 (β = 0.05) และมีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Center point) เข้าไป 3 จุด เนื่องจากตามทฤษฎีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง ควรมีการเพิ่ม 3 – 5 จุด เพื่อเป็นการประหยัดจำนวนครั้งของการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ของผลที่จะเกิดจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งจากการคำนวณการทำซ้ำในโปรแกรม Minitab จะเห็นได้ว่าในการทดลองนี้ จะทำทดลองซ้ำในแต่ละ Treatment Combination เท่ากับ 2 ครั้ง ซึ่งเป็นการประหยัดวัตถุดิบและต้นทุนในการทำการทดลองอีกด้วย

6.3.3.2 การสุ่ม (Randomization)

การดำเนินการใดๆ กับปัจจัยจะต้องมีความอิสระ เพื่อให้ข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึง หลักการกระจายตัวอย่างสมดุล สำหรับปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งการทดลองนี้จะสุ่มโดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งจะกำหนดเป็นเมตริกการออกแบบ (Design Matrix)

6.3.3.3 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

จากข้อมูลการทดสอบสมมติฐาน ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา มีปัจจัยนำเข้าระบบอากาศ เป็นปัจจัยที่นำมาทำการออกแบบการทดลอง โดยการทดลองนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 16 การทดลองและแสดงผลจากการสร้างตาราง Design Matrix ด้วยโปรแกรม Minitab

6.4 ขั้นตอนในการทดลอง

6.4.1 การเตรียมการทดลอง

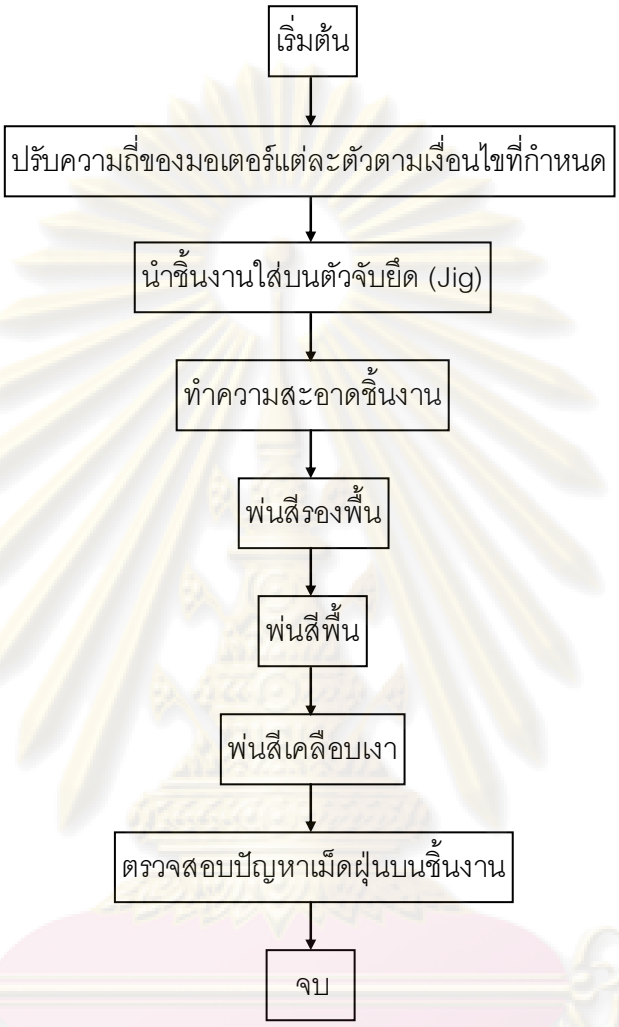
1. เตรียมชิ้นงานที่จะใช้ในการทดลองให้ครบจำนวนที่ต้องการ
2. เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
3. ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้
    - เตรียมชิ้นงานที่มาจากกลุ่มเดียวกันทั้งหมด
    - ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การพ่นสีชิ้นเดียวกัน ตลอดการทดลอง
    - ใช้พนักงานคนเดียวกันในการปฏิบัติงาน
    - ตัวกรองอากาศมีการบำรุงรักษาโดยแผนกซ่อมบำรุง
    - มีการทำความสะอาดทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนเงื่อนไขของระบบอากาศในห้องพ่นสี

6.4.2 การทดลอง

ทำการปรับความถี่ของมอเตอร์ในระบบจ่ายอากาศและระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และสีเคลือบเงาตามเงื่อนไขที่กำหนด ในตารางที่ 6.1 โดยทำการทดลองด้วยวิธีการสุ่มตามลำดับในช่อง Run order ซึ่งจะทดลองตามภาพผังการทดลองรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 ภาพผังการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 ผลการทดลอง

จากการนำปัจจัยนำเข้าเรื่องระบบจ่ายอากาศ มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อลดปัญหาการเกิดเม็ดฝุ่นในกระบวนการผลิตกันชนหน้าพลาสติกพ่นสี โดยมีปัจจัยทั้งสิ้น 3 ปัจจัย คือ ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศในห้องพ่นสีพื้น และ

ความถี่มอเตอร์ระบบดูดอากาศในห้องพ่นสีเคลือบเงา โดยได้ทำการทดลองทั้งสิ้น 8 เงื่อนไข 16 การทดลอง (ซ้ำ 2 ครั้ง) ซึ่งผลการทดลองที่เป็นดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ตารางผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Air Supply	Exhaust Base	Exhaust Clear	สัดส่วนของเสีย	ปริมาณฝุ่น
9	1	1	1	44	40	42	0.243	53
6	2	1	1	47	40	44	0.060	38
12	3	1	1	47	42	42	0.243	55
5	4	1	1	44	40	44	0.305	75
14	5	1	1	47	40	44	0.078	36
10	6	1	1	47	40	42	0.155	42
7	7	1	1	44	42	44	0.279	62
1	8	1	1	44	40	42	0.253	58
16	9	1	1	47	42	44	0.042	30
11	10	1	1	44	42	42	0.232	52
13	11	1	1	44	40	44	0.295	71
4	12	1	1	47	42	42	0.253	60
8	13	1	1	47	42	44	0.050	33
15	14	1	1	44	42	44	0.284	65
2	15	1	1	47	40	42	0.172	45
3	16	1	1	44	42	42	0.226	48

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีตัวแปรตอบสนองสองตัวคือ ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น และปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศ์กเมตร ดังนั้นในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองจึงต้องทำทั้งสองตัวแปรตอบสนอง ดังต่อไปนี้คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่สำคัญคือ NID (0, σ^2) ซึ่งมีเงื่อนไข 3 ประการ คือ

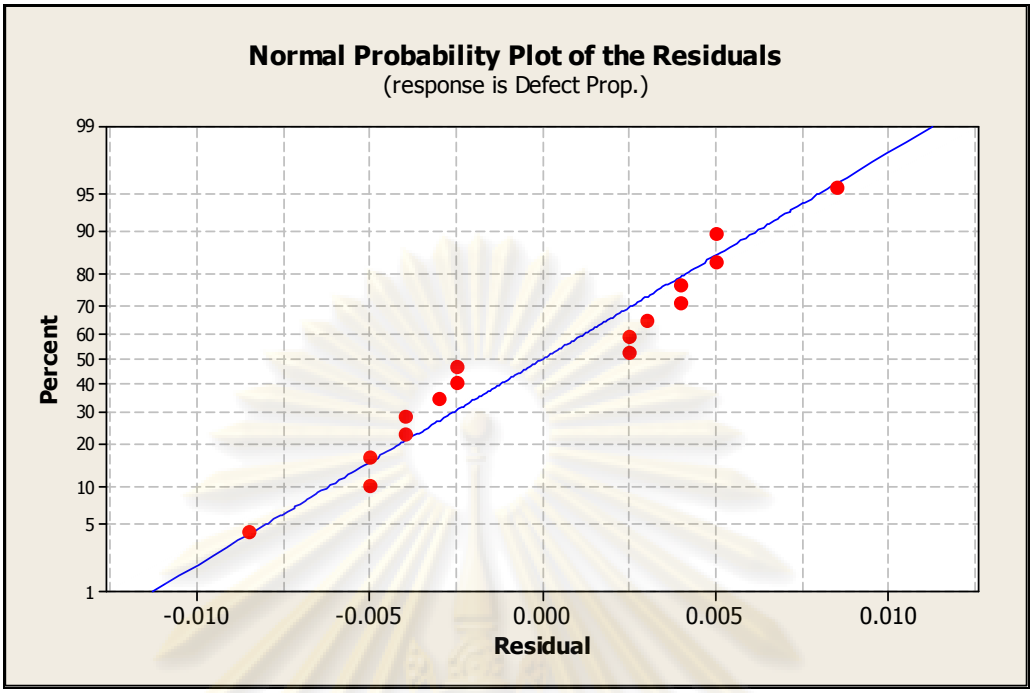
1. ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ
2. ข้อมูลมีความอิสระต่อกัน
3. ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนที่จะนำผลไปวิเคราะห์และสรุปผลการออกแบบการทดลอง

6.6.1 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบได้ด้วยการทดสอบการกระจายของค่าส่วนตกค้างของค่าตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) ซึ่ง Normal plot ที่ได้จากรูปที่ 6.3 จะพบว่ากราฟมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรงจึงแสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มาก และมีค่า P-Value เกิน 0.05 นั่นคือ ข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

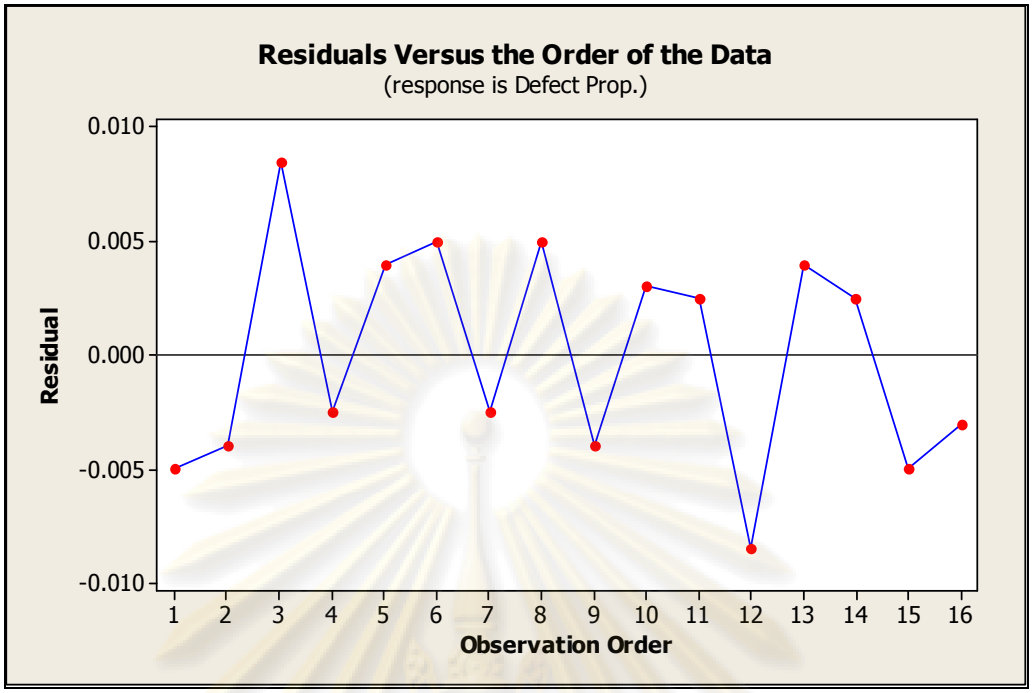


รูปที่ 6.3 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง

6.6.2 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นอิสระ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independent) สามารถตรวจสอบได้โดยสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล โดยจากแผนภาพการกระจายรูปที่ 6.4 จะเห็นได้ว่าข้อมูลจากการทดลอง มีการกระจายรอบค่าศูนย์และไม่มีแนวโน้ม แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีเสถียรภาพ และข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

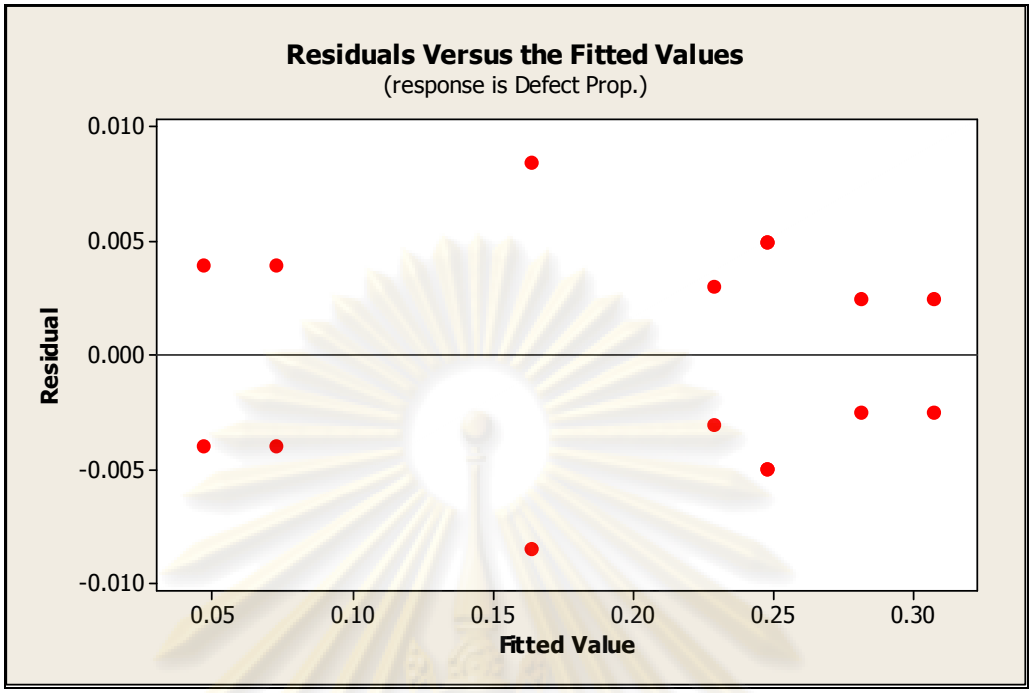


รูปที่ 6.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล

6.6.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย จากกราฟที่ 6.5 จะเห็นได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาทดสอบความถูกต้องของตัวแบบของตัวแปรตอบสนอง พบว่ามีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ข้อคือ ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ ข้อมูลมีความอิสระต่อกัน ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของการออกแบบการทดลองที่ว่า NID (0, σ^2)

6.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น

ในการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

Factorial Fit: Defect Prop. versus Air Supply, Exhaust Base, ...

Estimated Effects and Coefficients for Defect Prop. (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.19944	0.001657	120.35	0.000
Air Supply	-0.13412	-0.06706	0.001657	-40.47	0.000
Exhaust Base	-0.03888	-0.01944	0.001657	-11.73	0.000
Exhaust Clear	-0.04538	-0.02269	0.001657	-13.69	0.000
Air Supply*Exhaust Base	-0.01638	-0.00819	0.001657	-4.94	0.001
Air Supply*Exhaust Clear	-0.10138	-0.05069	0.001657	-30.59	0.000
Exhaust Base*Exhaust Clear	0.01287	0.00644	0.001657	3.88	0.005
Air Supply*Exhaust Base* Exhaust Clear	0.01637	0.00819	0.001657	4.94	0.001

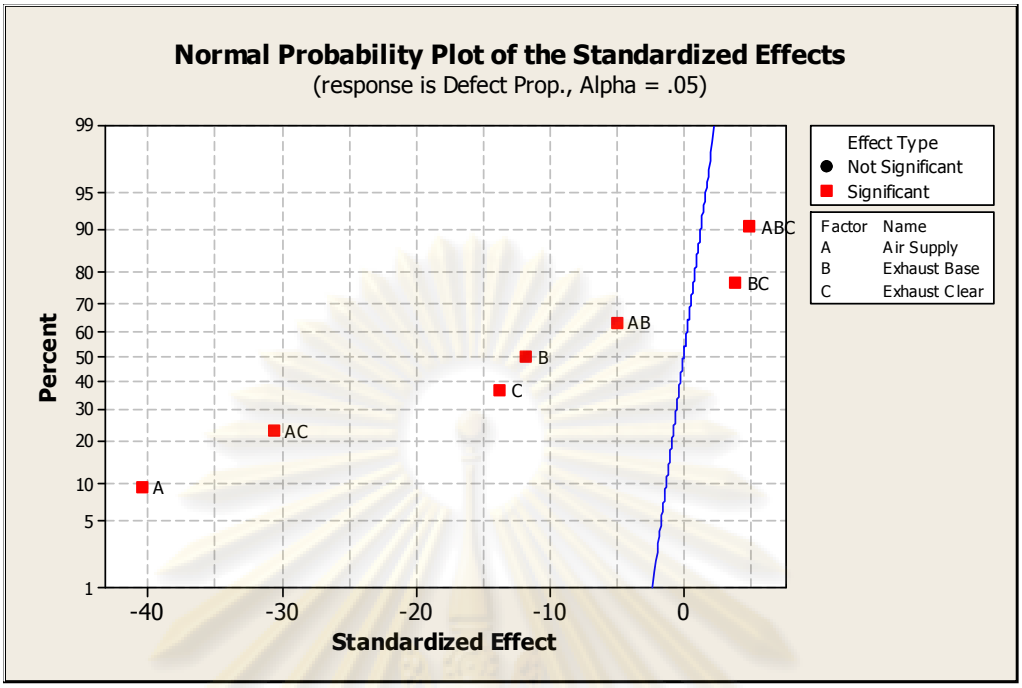
S = 0.00662854 R-Sq = 99.73% R-Sq(adj) = 99.49%

Analysis of Variance for Defect Prop. (coded units)

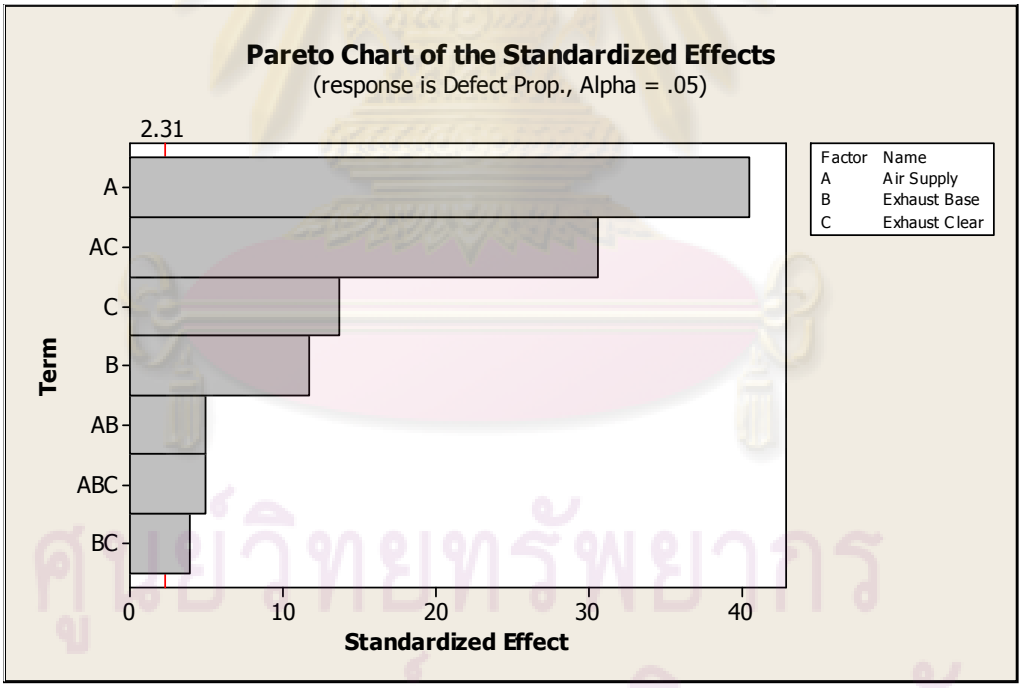
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0.086239	0.0862387	0.0287462	654.25	0.000
2-Way Interactions	3	0.042843	0.0428432	0.0142811	325.03	0.000
3-Way Interactions	1	0.001073	0.0010726	0.0010726	24.41	0.001
Residual Error	8	0.000352	0.0003515	0.0000439		
Pure Error	8	0.000351	0.0003515	0.0000439		
Total	15	0.130506				

จากการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล ทีมีการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง สามารถสรุปผลได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัยคือ ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศในห้องพ่นสีพื้น และความถี่มอเตอร์ระบบดูดอากาศในห้องพ่นสีเคลือบเงา เป็นปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกขอรถยนต์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากทั้ง 3 ปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และทั้ง 3 ปัจจัยยังส่งผลอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

จากการวิเคราะห์ ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab สามารถแสดงผลของปัจจัยหลัก และอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปแบบของ Normal Probability Plot และแผนภูมิพาเรโต แสดงในรูปที่ 6.6 และ 6.7 ตามลำดับ รวมถึงแสดงผลการออกแบบการทอลองของผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) ดังแสดงในรูปที่ 6.8 กับผลของอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) ดังแสดงในรูปที่ 6.9

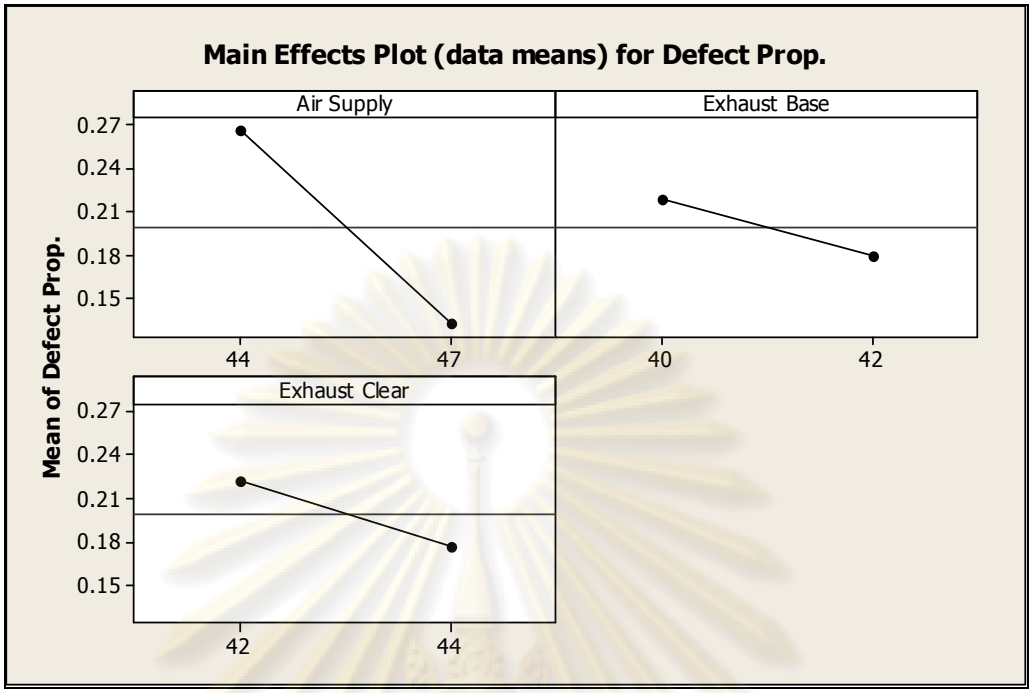


รูปที่ 6.6 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ

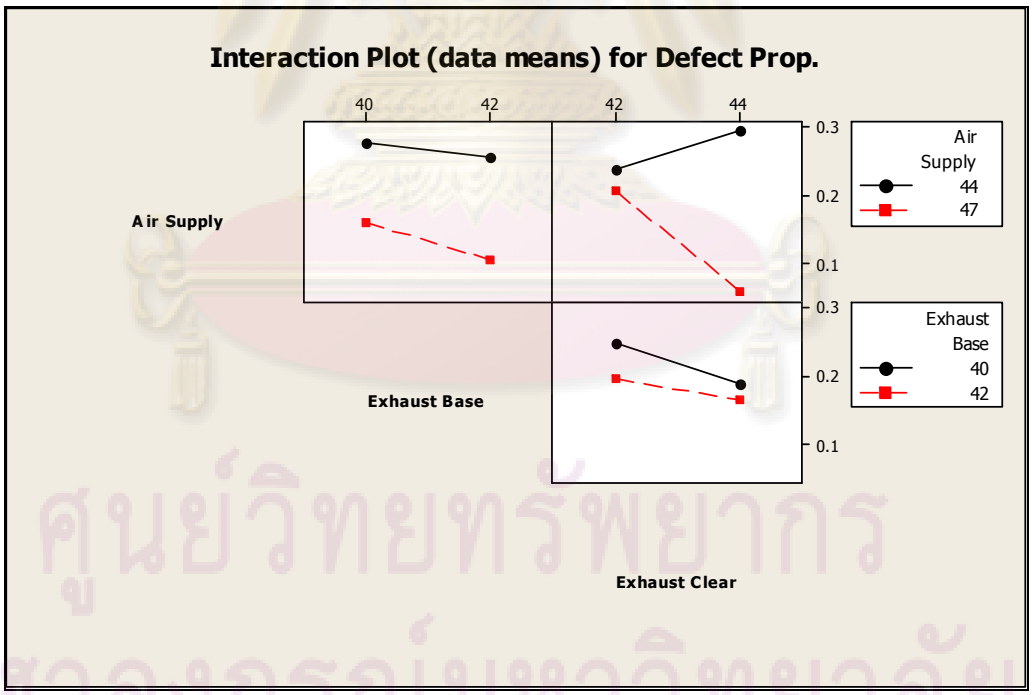


รูปที่ 6.7 แผนภูมิพาเรโต แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.8 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น)



รูปที่ 6.9 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น)

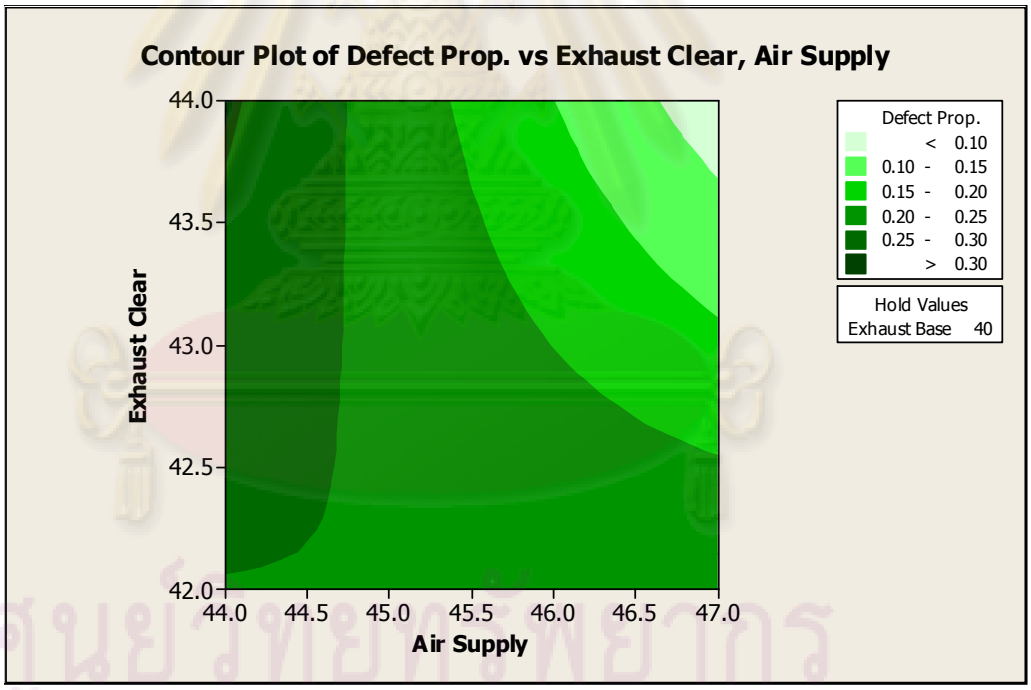
จากการพิจารณากราฟรูปที่ 6.8 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) ในการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ พบว่า สัดส่วนของเสียมีแนวโน้มลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

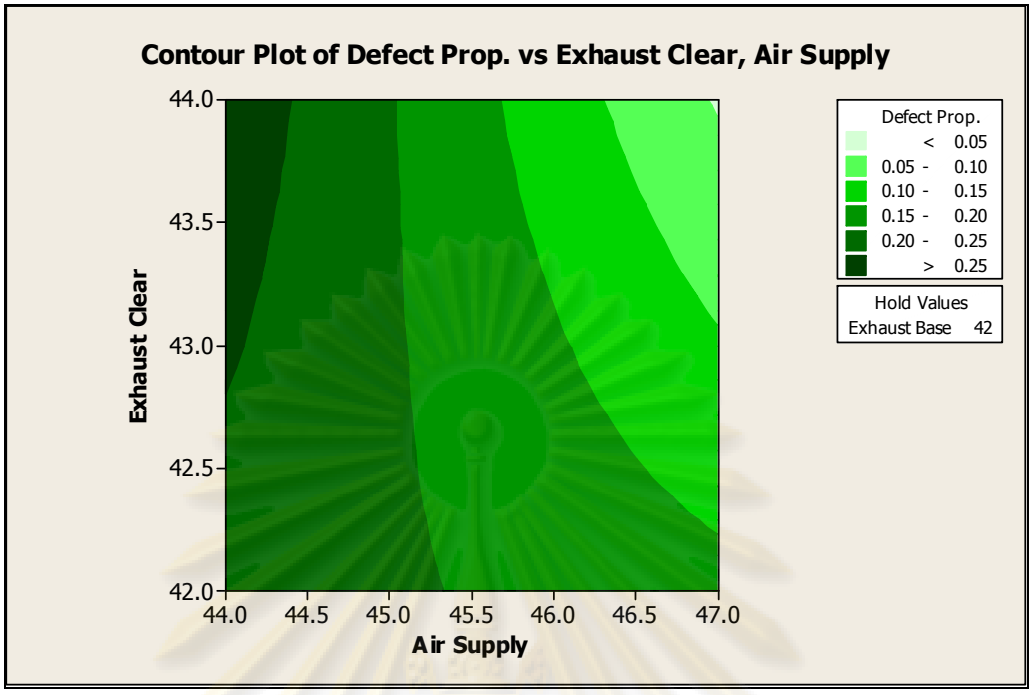
เมื่อปรับค่า ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) เท่ากับ 47 เฮิรตซ์ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น (Base Exhaust Fan) เท่ากับ 42 และ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเงา (Clear Exhaust Fan) เท่ากับ 44

จากกราฟอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) ในรูปที่ 6.9 แสดงภาพรวมของการเกิดอันตรกิริยาระหว่างกัน ของ 2 ปัจจัย โดยปัจจัยทั้งหมดมีแนวโน้มว่าจะ เกิดอันตรกิริยากันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วพบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่ามีมีอันตรกิริยาระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากนั้นนำเอาผลการทดลองมาเขียนกราฟโครงร่างพื้นผิวผลตอบเพื่อจากนั้นนำเอาผลการทดลองมาเขียนกราฟโครงร่างพื้นผิวผลตอบดังแสดงในรูปที่ 6.10 และ 6.11 ทำให้เราสามารถหาจุดการทำงานที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละระดับของปัจจัย ได้



รูปที่ 6.10 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 40



รูปที่ 6.11 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 42

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทำการทดลอง พบว่าระดับที่ทำให้ค่าสัดส่วนของของเสียในการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ต่ำที่สุดที่เหมาะสม คือ ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) เท่ากับ 47 เฮิรตซ์ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น (Base Exhaust Fan) เท่ากับ 42 และ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเงา (Clear Exhaust Fan) เท่ากับ 44

6.8 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศ์กเมตร

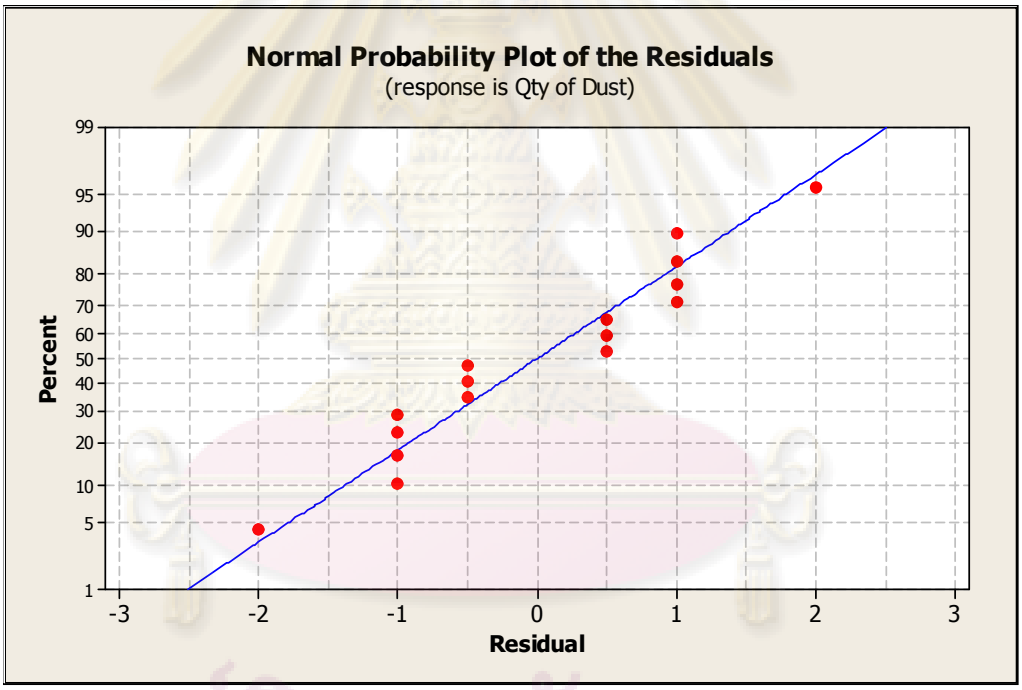
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่สำคัญคือ NID $(0, \sigma^2)$ ซึ่งมีเงื่อนไข 3 ประการ คือ

1. ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ
2. ข้อมูลมีความอิสระต่อกัน
3. ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนที่จะนำผลไปวิเคราะห์และสรุปผลการออกแบบการทดลอง

6.8.1 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบได้ด้วยการทดสอบการกระจายของค่าส่วนตกค้างของค่าตัวแปรตอบสนอง (ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศ์กเมตร) ซึ่ง Normal plot ที่ได้จากรูปที่ 6.12 จะพบว่ากราฟมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรงจึงแสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มาก และมีค่า P-Value เกิน 0.05 นั่นคือ ข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างปกติ

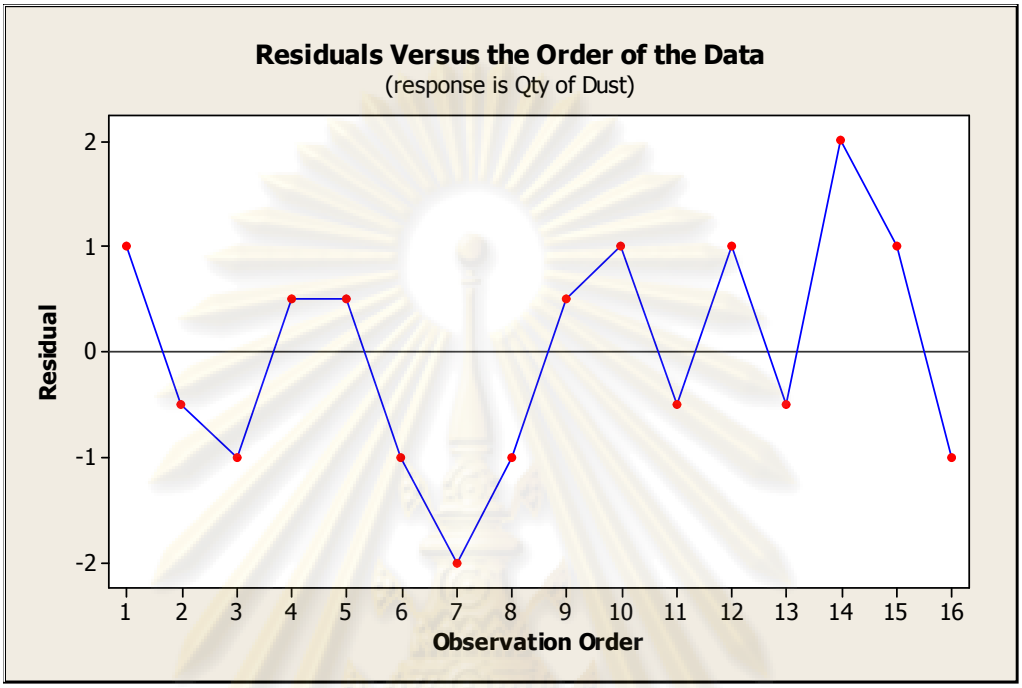


รูปที่ 6.12 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง

6.8.2 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นอิสระ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independent) สามารถตรวจสอบได้โดยสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล โดยจากแผนภาพการกระจายรูปที่ 6.13 จะเห็นได้ว่าข้อมูลจากการทดลอง มีการ

กระจายรอบค่าศูนย์และไม่มีแนวโน้ม แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีเสถียรภาพ และข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

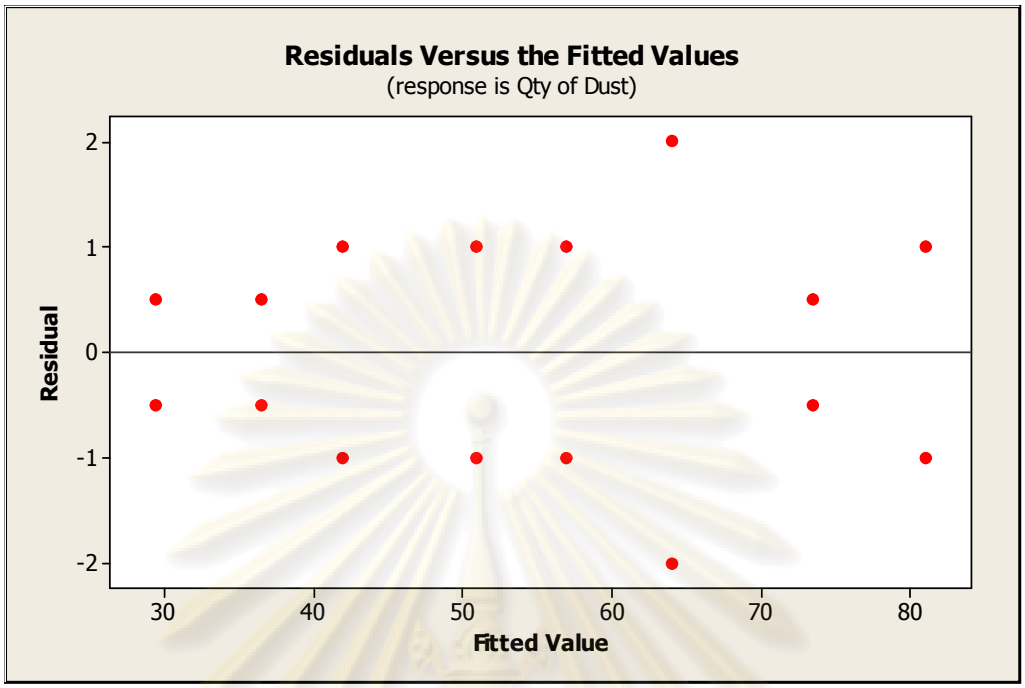


รูปที่ 6.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล

6.8.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย จากกราฟที่ 6.14 จะเห็นได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

6.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศ์กเมตร

ในการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

Factorial Fit: Qty of Dust versus Air Supply, Exhaust Base, Exhaust Clea

Estimated Effects and Coefficients for Qty of Dust (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		54.31	0.3698	146.89	0.000
Air Supply	-26.12	-13.06	0.3698	-35.33	0.000
Exhaust Base	-15.37	-7.69	0.3698	-20.79	0.000
Exhaust Clear	-6.88	-3.44	0.3698	-9.30	0.000
Air Supply*Exhaust Base	4.38	2.19	0.3698	5.92	0.000
Air Supply*Exhaust Clear	-9.63	-4.81	0.3698	-13.02	0.000
Exhaust Base*Exhaust Clear	7.12	3.56	0.3698	9.63	0.000
Air Supply*Exhaust Base* Exhaust Clear	-3.13	-1.56	0.3698	-4.23	0.003

S = 1.47902 R-Sq = 99.62% R-Sq(adj) = 99.28%

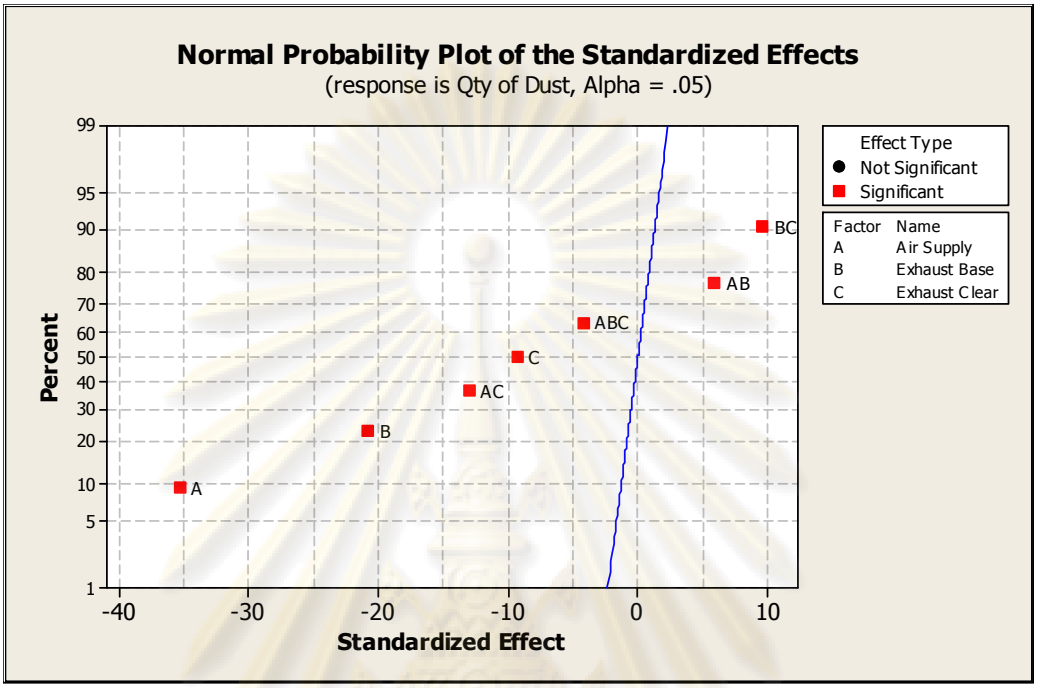
Analysis of Variance for Qty of Dust (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	3864.69	3864.69	1288.23	588.90	0.000
2-Way Interactions	3	650.19	650.19	216.73	99.08	0.000
3-Way Interactions	1	39.06	39.06	39.06	17.86	0.003
Residual Error	8	17.50	17.50	2.19		
Pure Error	8	17.50	17.50	2.19		
Total	15	4571.44				

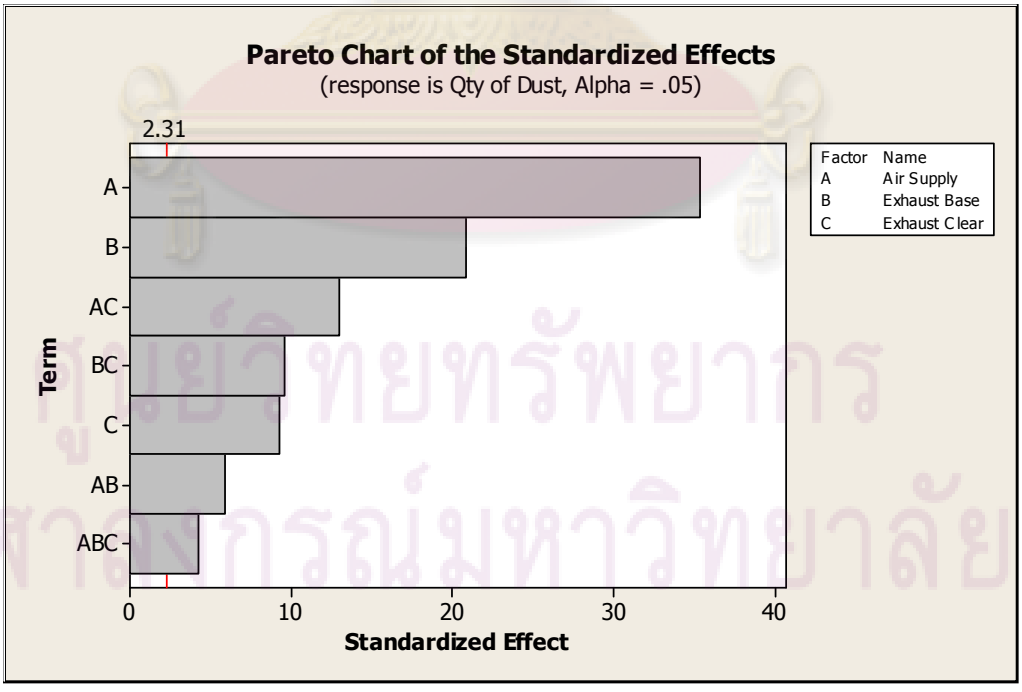
จากการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียล ทีมีการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง สามารถสรุปผลได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัยคือ ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศในห้องพ่นสีพื้น และความถี่มอเตอร์ระบบดูดอากาศในห้องพ่นสีเคลือบเงา เป็นปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกขอรถยนต์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากทั้ง 3 ปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และทั้ง 3 ปัจจัยยังส่งผลอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

จากการวิเคราะห์ ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab สามารถแสดงผลของปัจจัยหลัก และอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปแบบของ Normal Probability Plot และแผนภูมิพาเรโต แสดงในรูปที่ 6.15 และ 6.16 ตามลำดับ รวมถึงแสดงผลการออกแบบการทดลองของผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่

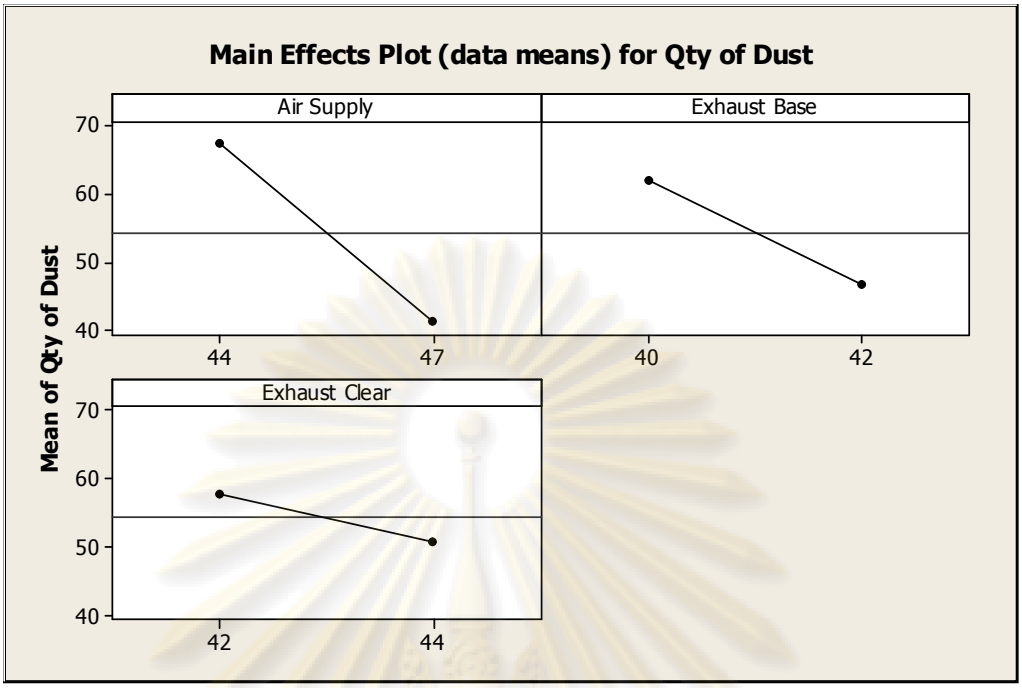
ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร) ดังแสดงในรูปที่ 6.17 กับผลของอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร) ดังแสดงในรูปที่ 6.18



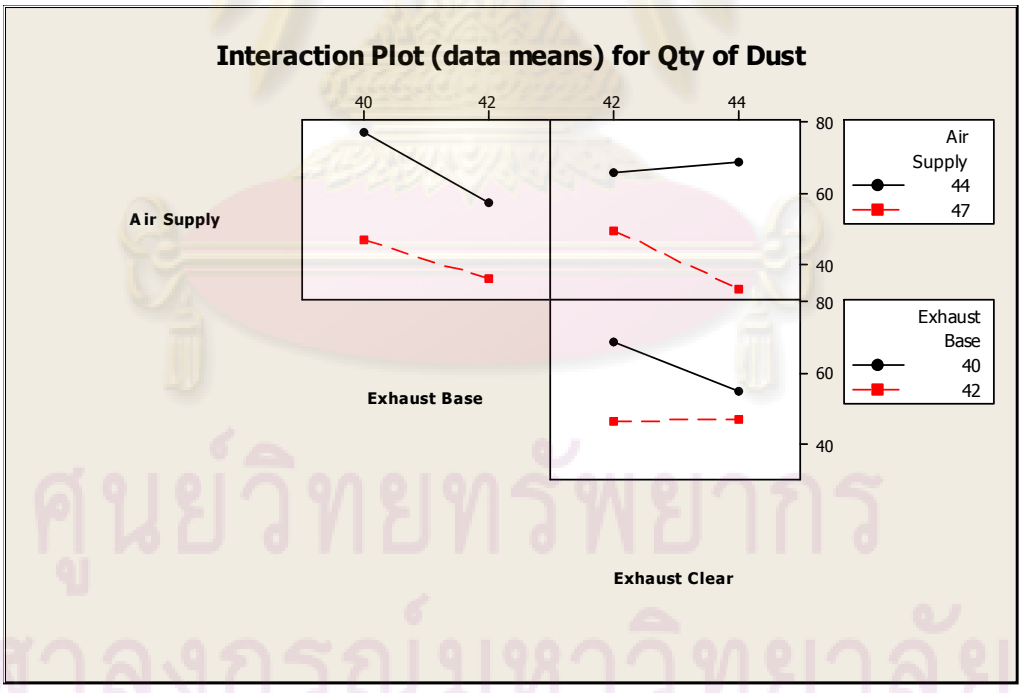
รูปที่ 6.15 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.16 แผนภูมิพาเรโต แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.17 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
(ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร)



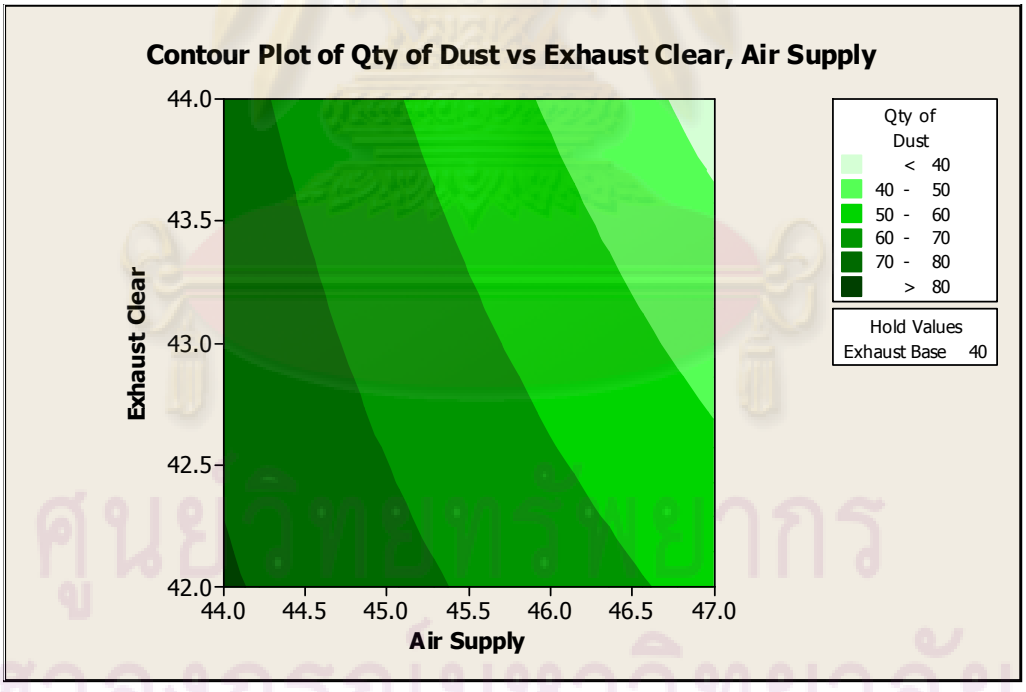
รูปที่ 6.18 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
(ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

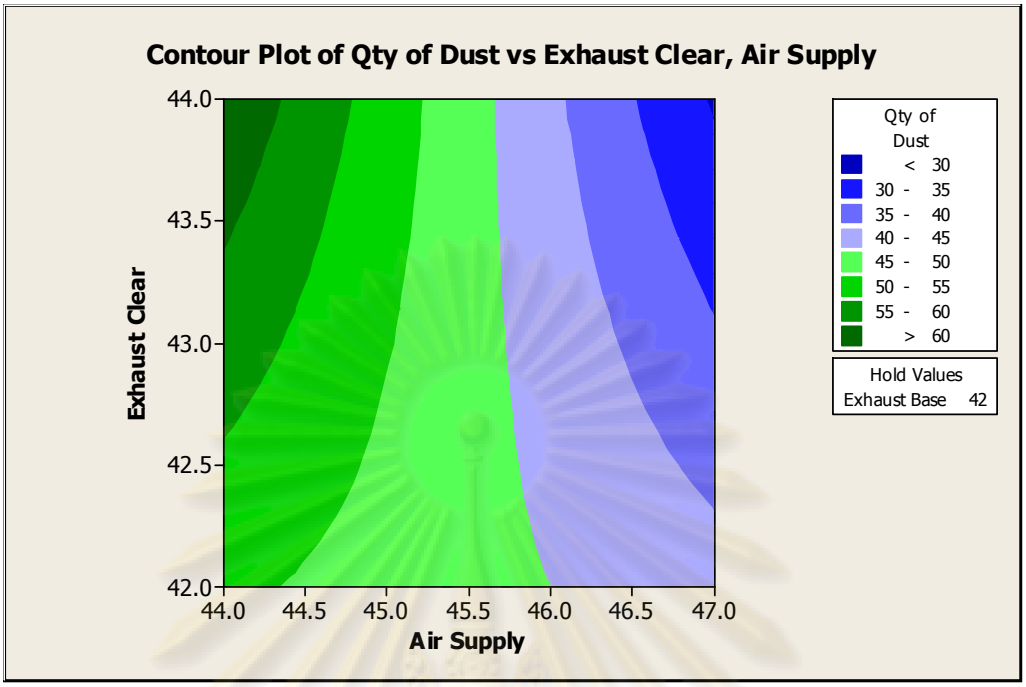
จากการพิจารณากราฟผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร) ในการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ พบว่า สัดส่วนของเสียมีแนวโน้มลดลงเมื่อปรับค่า ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) เท่ากับ 47 เฮิรตซ์ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น (Base Exhaust Fan) เท่ากับ 42 และความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเงา (Clear Exhaust Fan) เท่ากับ 44

จากกราฟอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น) แสดงภาพรวมของการเกิดอันตรกิริยาระหว่างกัน ของ 2 ปัจจัย โดยปัจจัยทั้งหมดมีแนวโน้มว่าจะ เกิดอันตรกิริยากันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วพบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่ามีมีอันตรกิริยาระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากนั้นนำเอาผลการทดลองมาเขียนกราฟโครงร่างพื้นผิวผลตอบเพื่อจากนั้นนำเอาผลการทดลองมาเขียนกราฟโครงร่างพื้นผิวผลตอบดังแสดงในรูปที่ 6.19 และ 6.20



รูปที่ 6.19 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 40



รูปที่ 6.20 ความสัมพันธ์ของความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศและความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ ในรูปแบบความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น เท่ากับ 42

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทำการทดลอง พบว่าระดับที่ทำให้ปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรต่ำที่สุดที่เหมาะสม คือ ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) เท่ากับ 47 เฮิรตซ์ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น (Base Exhaust Fan) เท่ากับ 42 และ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเงา (Clear Exhaust Fan) เท่ากับ 44

6.10 สรุปขั้นตอนการแก้ไขกระบวนการ

เมื่อทำการทดสอบความมีนัยสำคัญขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงประบวนการ ซึ่งนำปัจจัยนำเข้า 5 ตัว ที่สามารถนำมาปรับปรุงได้เลย ไปทำการปรับปรุงก่อน แล้วจึงนำปัจจัยนำเข้าอีก 1 ตัวที่เหลือคือระบบจ่ายอากาศ ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยย่อยอีก 3 ปัจจัย นำมาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสม โดยออกแบบการทดลองเป็น Full Factorial Design ซึ่งทำซ้ำ 2 ครั้ง และมีการวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งเป็น 2 ตัวแปรตอบสนองคือ ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่น และปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยนำที่นำเข้าการทดลองมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นและปริมาณฝุ่นที่อยู่ในห้องพ่นสีที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร และทั้ง 3

ปัจจัยนำเข้าที่นำมาออกแบบการทดลองมีอันตรกิริยาระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย โดยระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่ได้จากการทดลองสามารถดูได้จากตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย

ลำดับที่	ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ	47	เฮิรตซ์
2	ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น	42	เฮิรตซ์
3	ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ	44	เฮิรตซ์

จากการปรับปรุงแก้ไขนี้ ต้องทำการยืนยันผลการทดลองดังกล่าวก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้จริงในกระบวนการได้ ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

การทดสอบยืนยันผล

หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ในส่วนของการออกแบบการทดลอง ในบทนี้จะเป็นการทดสอบและยืนยันค่าของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ที่นำมาออกแบบการทดลองคือ ระบบอากาศ ซึ่งมีปัจจัยย่อยอีก 3 ปัจจัย โดยจะทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญตามที่ได้กำหนดไว้เพื่อตรวจสอบปริมาณของเสียที่เกิดปัญหาเม็ดฝุ่นบนชิ้นงานว่ามีปริมาณของเสียลดลงหรือไม่

7.1 การทดสอบยืนยันผล

7.1.1 จุดประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อที่จะศึกษาปริมาณสัดส่วนของเสีย (DPPM) หลังจากปรับค่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัย คือ ความถี่ของมอเตอร์ในระบบจ่ายอากาศ (Air Supply), ความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้น (Exhaust Base) และความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีเคลือบเงา (Exhaust Clear)

7.1.2 การเตรียมการทดลอง

- เตรียมชิ้นงานที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นจำนวน ชิ้น ซึ่งผ่านขั้นตอนการผลิตก่อนหน้าในช่วงเดียวกัน
- เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- ปฏิบัติงานตามสภาพการทำงานปัจจุบัน

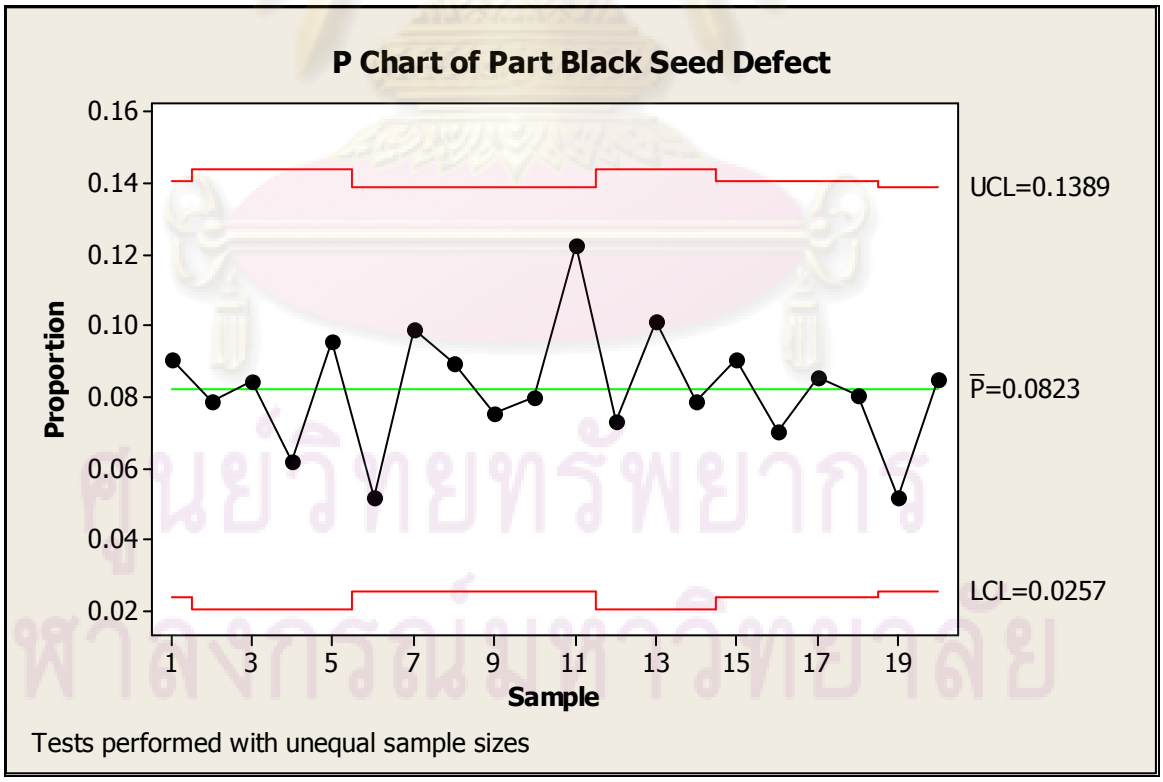
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.3 ขั้นตอนในการทดลอง

ทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 3 ปัจจัยตามระดับที่ได้กำหนดไว้ นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ผ่านเข้าสู่กระบวนการพ่นสี ตามสภาพการปฏิบัติงานจริง จากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการกระบวนการผลิต นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

7.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลผลการทดลองที่ได้ พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากปัญหาเม็ดฝุ่น (DPPM) มีค่าเท่ากับ 82,245 ดังแสดงในรูปที่ 7.1 โดยเปรียบทียบกับสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการซึ่งมีค่าเท่ากับ151,259 จะเห็นได้ว่าหลังจากปรับปรุงกระบวนการ สามารถลดสัดส่วนของเสียได้ถึง 46% ดังนั้น จึงนำค่าของปัจจัยทั้ง 3 ไปใช้งานจริง เพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการพ่นสีกันชนรถยนต์



รูปที่ 7.1 แผนภูมิการศึกษาด้านสมรรถนะของกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.3 สรุปผลขั้นตอนการทดสอบยืนยัน

หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยที่มีการปรับปัจจัยนำที่สำคัญคือ ความถี่ของมอเตอร์ในระบบจ่ายอากาศ 47 เฮิรตซ์ ความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้น 42 เฮิรตซ์และความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีเคลือบเงา 44 เฮิรตซ์ และได้ทำการทดสอบยืนยันผลพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (DPPM) มีค่าเท่ากับ 82,245 ซึ่งมีค่าสัดส่วนของเสียลดลงถึง 46% จากก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้นค่าของปัจจัยนำเข้าดังกล่าว จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้จริงในกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

การควบคุมกระบวนการผลิต

หลังจากที่สามารถหาแนวทางการแก้ไขได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของวิธีการ ซิกซ์ ซิกมา เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ผล ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้แก่ ความถี่ของมอเตอร์ในระบบจ่ายอากาศ ความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้นและความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของหองพ่นสีเคลือบเงา ความสะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี ใบบทนี้จึงนำเสนอหลักการเฝ้าติดตามเพื่อแก้ไขปัญหา

8.1 แผนการควบคุม

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่พิจารณาในการกำหนดแผนการควบคุม ได้แก่ ระบบจ่ายอากาศ ความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงาน ความสะอาดของปืนพ่นสี ความสะอาดของถุงมือพ่นสี ความสะอาดของเสื้อผ้าพนักงานและการปฏิบัติงานตามมาตรฐานของพนักงาน

8.1.1 ระบบจ่ายอากาศ

ระบบจ่ายอากาศของห้องพ่นสีจะมีอยู่ 2 ระบบที่สำคัญนั่นคือ ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) และระบบดูดอากาศ (Exhaust) ซึ่งระบบดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาเม็ดฝุ่นในห้องพ่นสี ดังนั้นเพื่อให้ได้ความสมดุลของระบบจ่ายอากาศและระบบดูดอากาศ จึงต้องทำการควบคุมระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง โดยที่การควบคุมปัจจัยย่อยมีดังนี้

- ความถี่ของมอเตอร์ในระบบจ่ายอากาศ 47 เฮิรตซ์
- ความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้น 42 เฮิรตซ์
- ความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีเคลือบเงา 44 เฮิรตซ์

8.1.2 ความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงาน

ตัวจับยึดชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับชิ้นงาน ตั้งแต่เริ่มกระบวนการ จนจบกระบวนการ ดังนั้นความสะอาดของตัวจับยึดชิ้นงานจึงเป็นสิ่งที่ต้องทำการควบคุม โดยแผนการทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงานจะทำความสะอาดทุก 2 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงเป็นเครื่องมือในการทำความสะอาด

8.1.3 ความสะอาดของปืนพ่นสี (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา)

ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงานั้น จะใช้การพ่นสีชิ้นงานโดยใช้พนักงานพ่นสี ดังนั้นความสะอาดของปืนพ่นสีจึงเป็นสิ่งที่ต้องทำการควบคุม โดยแผนการทำความสะอาดปืนพ่นสีจะทำความสะอาดทุกสองชั่วโมง

8.1.4 ความสะอาดของถุงมือพ่นสี

ในกระบวนการพ่นสี ถุงมือพ่นสีจะถูกใช้คู่กับปืนพ่นสีเสมอ ดังนั้นความสะอาดของถุงมือพ่นสีจึงเป็นสิ่งที่ต้องทำการควบคุม โดยแผนการทำความสะอาดถุงมือพ่นสีจะทำการเปลี่ยนทุกครึ่งวัน

8.1.5 ความสะอาดของเสื้อผ้าพนักงาน

ความสะอาดของเสื้อผ้าพนักงานเป็นสิ่งที่ต้องทำการควบคุม เนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่น โดยแผนการทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงานจะทำความสะอาดทุก 1 วัน โดยการนำไปซักในเครื่องซักผ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

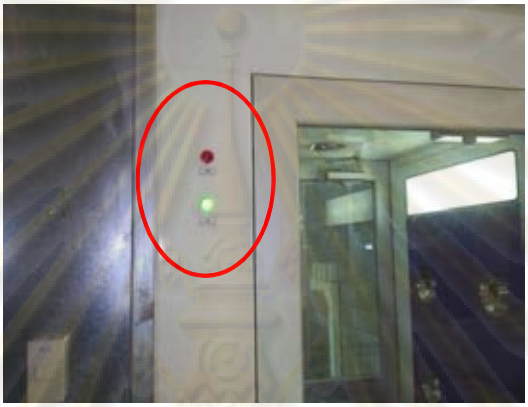
8.1.6 การปฏิบัติงานตามมาตรฐานของพนักงาน

แผนการควบคุมคือ การตรวจสอบการทำงานของพนักงานว่าทำได้ตามมาตรฐานที่วิธีการทำงานระบุไว้หรือไม่ ซึ่งมาตรฐานการเป่าตัวทำความสะอาดของพนักงานงานหรือการใช้ Air Shower สามารถดูได้จากรูปที่ 8.1 โดยหัวหน้างานจะเป็นผู้ตรวจสอบการทำงานเป็นมาตรฐานของพนักงานทุกวัน หากพนักงานคนใดไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานจะถูกนำไปฝึกอบรมใหม่อีกครั้งจำแผนภาพที่ 8.2

จากการควบคุมที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้น ก็จะทำการควบคุมให้พนักงานทำงานตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้โดยทำเป็นแผนการควบคุม และนำไปติดไว้ที่หน้างาน เพื่อที่จะสามารถควบคุมด้วยการมองเห็นได้ว่างานไหนทำแล้วหรือยังไม่ได้ทำ โดยหัวหน้างานจะเป็นผู้ตรวจสอบการทำงานของพนักงานอีกครั้งหนึ่ง โดยสามารถดูแผนการควบคุมการทำความสะอาดในห้องพ่นสีได้ดังรูปที่ 8.3 และรูปที่ 8.4 และ 8.5 จะแสดงถึงภาพแผนการควบคุมด้วยการมองเห็นของการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ติดอยู่ในห้องพ่นสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODEL : Common	มาตรฐานการทำงาน (OPERATION STANDARD)
แผนก , หน่วยงาน RESIN	เลขที่ 0-XXX-XXXXXXXX
	ชื่องาน : การใช้ Air Shower Room

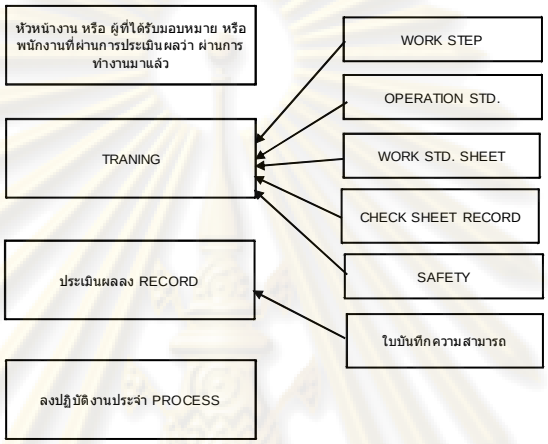


ลำดับ	รายละเอียดการทำงาน	ข้อควรระวัง
1	การเข้า Air Shower Room คือก่อนเข้าต้องดูสัญญาณไฟต้องติดสีเขียว แล้วจึงเปิดประตูเข้า	**S1:** ขณะที่ทำการเป่าตัวเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้หรือเหตุ Accident
	ไปโดยให้เข้าครั้งละไม่เกิน3คน เมื่อเข้าไป แล้วปิดประตูที่เปิดให้สนิท Air Shower	อื่น ๆ ให้กดปุ่ม Emergency ที่ Air Shower Room แล้วออกมาทันที
	จะทำงาน ขณะลมเป่าให้หมุนตัวเพื่อเป่าทำความสะอาดร่างกายชุดคลุม เพื่อลดปัญหาขึ้นงาน	**Q1:** ยืนตรงตำแหน่งที่มีลมเป่าออกมา เพื่อให้ลมเป่าตัวได้อย่างมี
	เมื่อลม Air Shower หยุดการทำงานให้ เปิดประตูออกอีกด้านแล้วปิดประตู	ประสิทธิภาพป้องกันฝุ่นเข้าไปใน Booth เพราะฝุ่นจะทำให้ชิ้น
2	การออกจากห้องควบคุมที่ประตูทางออก Air Shower ให้ดูไฟสีเขียวแล้วเปิดประตู	งานที่พ่นสีออกมาเกิดปัญหาเม็ด
	ออก และเมื่อเข้าไปอยู่ห้อง Air Shower ให้เปิดประตูออกได้เลยเพราะลมจะ ไม่เป่าตัว	

การแก้ไขครั้งที่	เอกสารอ้างอิง	หัวข้อการแก้ไข	วันที่ออกเอกสาร	วันที่มีผลบังคับใช้	Resin Production		
					Approved	Checked	Issued

รูปที่ 8.1 มาตรฐานการทำงานการเป่าตัวทำความสะอาดของพนักงานโดยใช้ Air Shower

MODEL : COMMON	**มาตรฐานการทำงาน (OPERATION STANDARD)**
แผนก , หน่วยงาน RESIN	เลขที่ O-XXX-XXXXXXXX
	ชื่องาน : **การ TRAINING WORKER ก่อนปฏิบัติงานใน PROCESS**



ลำดับ	รายละเอียดการทำงาน	ข้อควรระวัง
1	ผู้ที่จะสอนงานพนักงานได้จะต้องเป็นผู้ที่ผ่านการประเมินผลที่ใบบันทึกความสามารถได้ 100 % เต็ม	
2	ให้ผู้สอนงาน สอนขั้นตอนการทำงานตาม OPERATION STD. , WORK STD.	
3	ให้หัวหน้างานหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย TRAINING ประเมินผลลง RECORD ในใบบันทึกความสามารถ	
4	ผู้ที่จะลงปฏิบัติงานใน PROCESS จะต้องผ่านการประผลจากใบบันทึกความสามารถได้ 100 %	
5	หากยังประเมินไม่ผ่านจะต้องมีหัวหน้าหรือพนักงานที่ผ่านการประเมินดูแลอยู่	

การแก้ไขครั้งที่	เอกสารอ้างอิง	หัวข้อการแก้ไข	วันที่ออกเอกสาร	วันที่มีผลบังคับใช้	Resin Production		
					Approved	Checked	Issued

รูปที่ 8.2 มาตรฐานการทำงานการอบรมพนักงานก่อนปฏิบัติงาน

รูปที่ 8.3 แผนการควบคุมการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสี

ลำดับ	อุปกรณ์	รอบเวลาในการทำความสะอาด	วิธีการควบคุม		ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ
			วิธีการ	เครื่องมือ		
1	ตัวจับยึดชิ้นงาน	2 สัปดาห์	Operation Standard	สายตา	พนักงานของกระบวนการทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงาน	ใบตรวจสอบคุณภาพ
2	ปืนพ่นสี	2 ชั่วโมง	Operation Standard	สายตา	พนักงานของกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา	ใบตรวจสอบคุณภาพ
3	ถุงมือพ่นสี	ครึ่งวัน	Operation Standard	สายตา	พนักงานของกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา	ใบตรวจสอบคุณภาพ
4	เสื้อผ้าพนักงาน	1 วัน	Operation Standard	สายตา	พนักงานทุกคน	ใบตรวจสอบคุณภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 8.4 แผนการควบคุมด้วยการมองเห็นของการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสี

RESIN PAINTING LINE CLEANING PROCESS AND EQUIPMENT SCHEDULE FOR "BLACK SEED REDUCTION PROJECT"

PLAN CLEANING | MONTH:_____

NO	DISCRIPTION	MAN POWER	FREQUENCY	Date 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	เช็คความถี่ของมอเตอร์ในระบบจ่ายอากาศ 47 เฮิรตซ์	1	1 Time/Shift	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	เช็คความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีพื้น 42 เฮิรตซ์	1		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	เช็คความถี่ของมอเตอร์ในระบบดูดอากาศของห้องพ่นสีเคลือบเงา 44 เฮิรตซ์	1		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	ทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงาน Jig	2	1Time/ 2 Week	○														○																
5	ทำความสะอาดปืนพ่นสี	1	1 Time / 1/2 Day	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	เปลี่ยนถุงมือพ่นสี	2	1 Time / 1/2 Day	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ในกระบวนการพ่นสีเคลือบเงา			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	ทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงาน	2	1 Time / Day	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	CHECK BY TL.																																	

REMARK

Plan Cleaning สามารถเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

○ = PLAN

● = ACTUAL PLANNING

⊗ = NO PRODUCTION

ปัญหาเมื่อไม่สามารถ Cleaning ได้ตามPlan

DATE		PROBLEMS		CAUSE	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 8.5 ภาพแผนการควบคุมการทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องพ่นสี

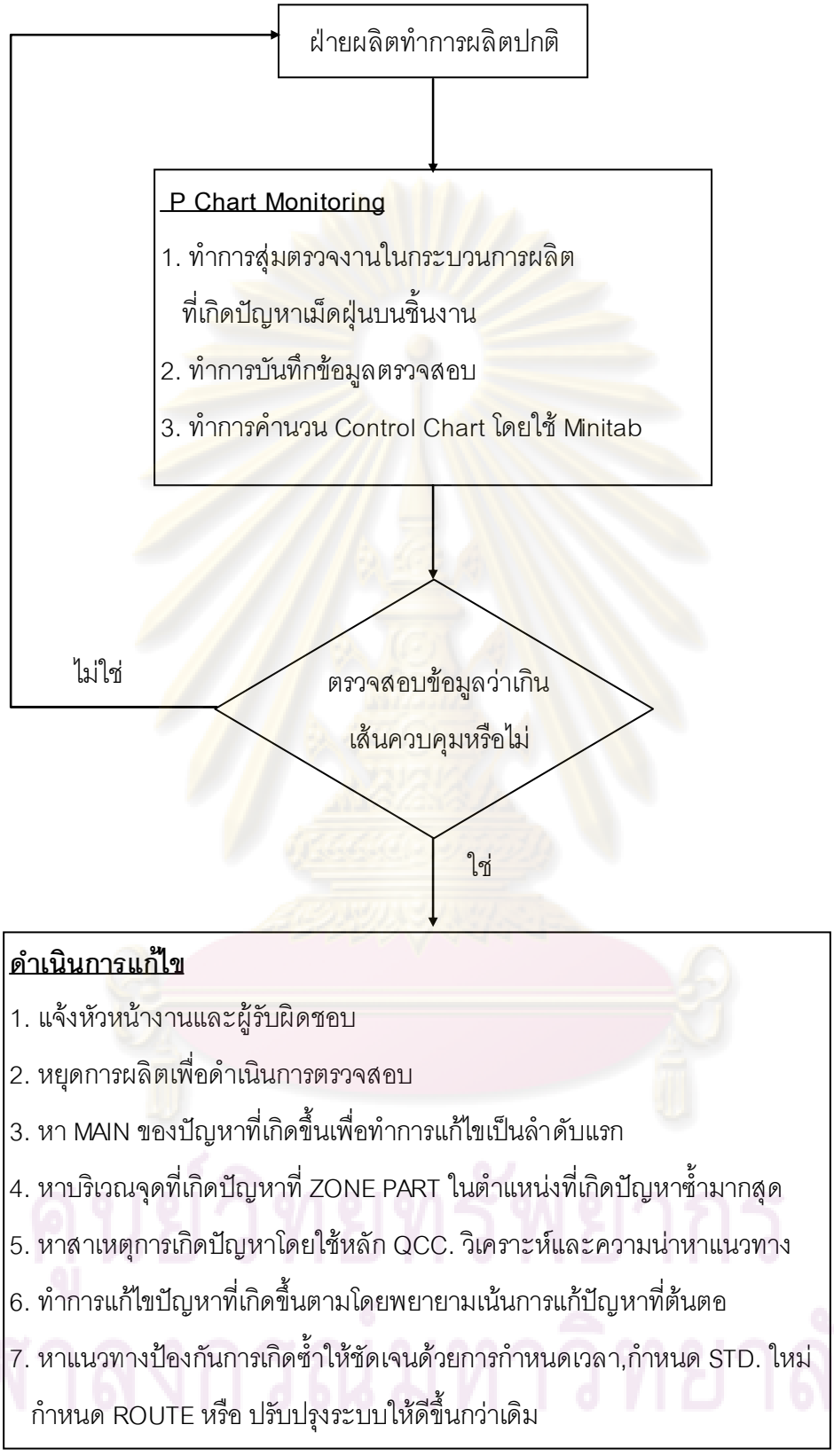
8.2 การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

แผนภูมิที่ประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต คือแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย หรือเรียกว่า p Chart โดยจะใช้ในการควบคุมของเสีย โดยทำการตรวจสอบชิ้นงาน 100% และทำการเก็บค่าสัดส่วนของเสียในแต่ละวัน และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

8.3 แผนการแก้ไขเมื่อกระบวนการออกนอกเส้นควบคุม

กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อที่จะกำจัดหรือป้องกันข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เมื่อข้อมูลในแผนควบคุมเกิดสภาวะออกนอกการควบคุม (Out of Control) ดังนั้นการจัดทำแผนการแก้ไขเมื่อกระบวนการออกนอกเส้นควบคุม จึงจัดทำเพื่อแก้ไขกระบวนการให้กลับเข้าสู่การควบคุมทางสถิติโดยเร็ว โดยที่การกำหนดแผนการแก้ไขในกรณีที่เกิดสัดส่วนของเสียเกินพิกัดเส้นควบคุมบน (Upper Control Limit) ดังรูปที่ 8.6

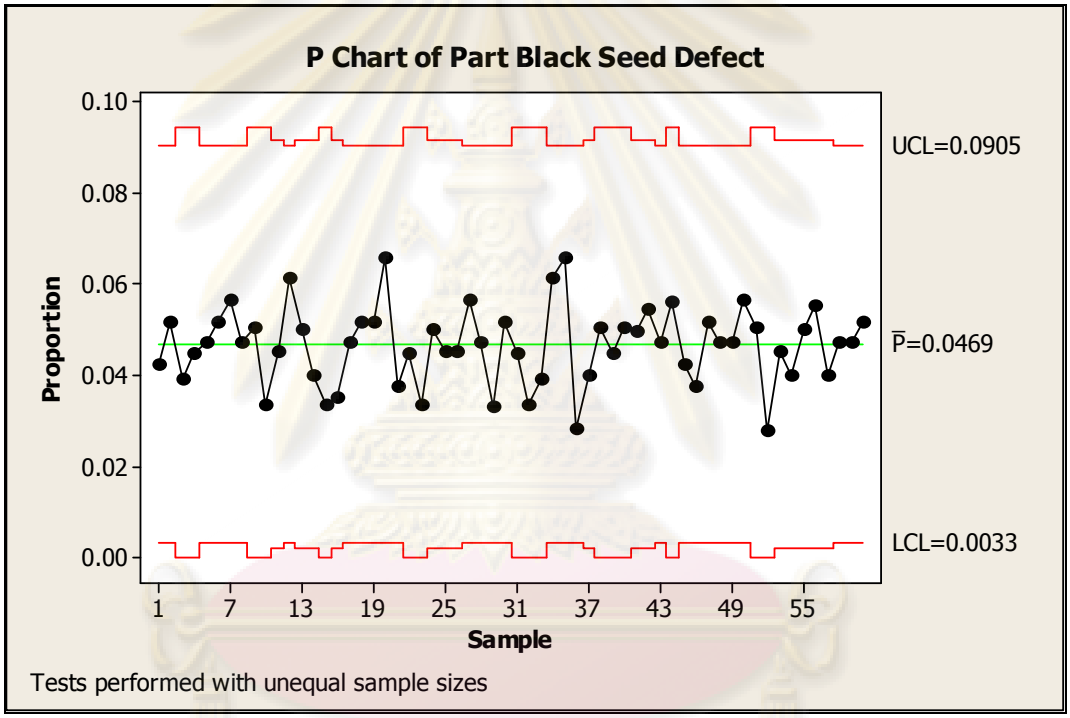
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8.6 แผนการแก้ไขเมื่อกระบวนการออกนอกเส้นควบคุม

8.4 ข้อมูลหลังการปรับปรุงการผลิต

จากการศึกษาถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นหลังทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคุณภาพแบบ ซิกซ์ ซิกม่า จากการเก็บข้อมูล 60 กลุ่มข้อมูลในเดือน กุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม 2552 พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 46,892 DPPM ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุง สัดส่วนของเสียสามารถลดลงไปได้ถึง 69% ดังแสดงในรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7แผนภูมิการศึกษาด้านสมรรถนะของกระบวนการ หลังการปรับปรุง

ประโยชน์จากการนำแผนภูมิสัดส่วนของเสีย (p Chart) ช่วยในการควบคุมและติดตามในกระบวนการผลิต ทำให้พนักงานและทีมงานสามารถรู้ได้ถึงระดับคุณภาพของชิ้นงานที่กำลังผลิต และก่อให้เกิดแรงจูงใจที่จะทำให้ค่าสัดส่วนของเสียนั้นมีค่าต่ำลง และปรับปรุงให้มีคุณภาพดีมากยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ และยังมีประโยชน์ในการที่จะสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันที ที่มีค่าสัดส่วนของเสียออกนอกกระบวนการควบคุม

8.5 สรุปผลขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

จากผลการทดสอบยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งสามารถกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้จากการหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม และรวมถึงการควบคุมปัจจัยนำเข้าอื่นๆ ด้วยวิธีการควบคุมระยะเวลาในการทำความสะอาดอุปกรณ์ จากนั้นทำการควบคุมผลลัพธ์ของกระบวนการโดยใช้เทคนิคทางการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ กำหนดแผนการแก้ไขในกรณีที่เกิดสัดส่วนของเสียเกินพิกัดเส้นควบคุมบน เมื่อทำการวิเคราะห์สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต พบว่ามีสัดส่วนของเสียเกิดขึ้นเพียง 46,892 DPPM ซึ่งสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าลดลงจากเดิมถึง 69%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 9
การประเมินผลการลดของเสียด้วยต้นทุนคุณภาพ

จากปัญหาที่เป็นเม็ดฝุ่นที่ทำการศึกษาวิจัย เมื่อเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นขึ้นที่กันชนหน้าพลาสติกพ่นสี จำเป็นจะต้องดำเนินการแก้ไขซึ่งจะมีทั้งซ่อมแซมได้ (Repair) หรือทำการพ่นสีใหม่ (Rework) หรือหากซ่อมไม่ได้ก็ต้องนำไปกำจัด (Scrap) โดยหลังจากที่มีการซ่อมแซมหรือแก้ไขใหม่แล้วก็ต้องตรวจสอบที่กระบวนการสุดท้ายอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นก่อให้เกิดต้นทุนคุณภาพที่ไม่จำเป็น ซึ่งเมื่อได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นแล้ว สามารถลดระดับของการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นลงได้จากระดับปัญหาเดิม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

9.1 รายการของต้นทุนคุณภาพที่จะทำการวิเคราะห์

การประเมินผลการลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ด้วยต้นทุนคุณภาพ ซึ่งจะเป็นการประเมินเปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงกระบวนการและหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยต้นทุนคุณภาพแบ่งเป็น 3 ประเภทหลักดังแสดงในตารางที่ 9.1 ซึ่งรายการต้นทุนคุณภาพที่จะนำมาประเมินในที่นี้จะนำมาจากต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงเท่านั้น ไม่รวมกระบวนการอื่น และต้นทุนการจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ การออกแบบกระบวนการจะไม่นำมาคิดเนื่องจากเป็นงานที่ต้องทำอยู่แล้ว

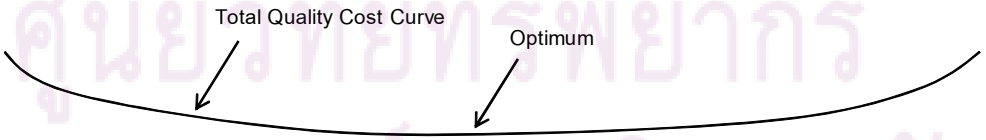
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9.1 รายการต้นทุนคุณภาพที่จะทำการวิเคราะห์

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)	ต้นทุนการตรวจสอบ การวัดและประเมิน คุณภาพ (Appraisal Costs)	ต้นทุนการป้องกัน (Preventive Costs)
Internal Failure Cost ● ต้นทุนของเสีย o Scrap Parts ● ต้นทุนการแก้ไขงาน o Polishing Parts o Repainting Parts ● ต้นทุนการตรวจสอบงานซ้ำ External Failure Cost ● ไม่มี	● ต้นทุนการตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้าย	● การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน o การทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงาน o ทำความสะอาดปืนพ่นสี o ทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงาน o การเปลี่ยนถุงมือพ่นสี ● การฝึกอบรมพนักงาน

9.2 วิเคราะห์ต้นทุนด้านคุณภาพด้วยหลักการแบ่งต้นทุนด้านคุณภาพที่เหมาะสม

หลักการของการแบ่งต้นทุนคุณภาพทั้ง 3 ประเภท ที่เหมาะสมที่สุดต้องเป็นต้นทุนที่ต่ำที่สุดโดยพิจารณาเทียบสัดส่วนของเสียที่ยอมรับได้ (Percent of Defective) โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 9.1



Zone of Improvement Projects	Zone of Indifference	Zone of High Apprisal Costs
Failure cost > 70% Preventive < 10%	Failure cost ~ 50% Preventive ~ 10%	Failure cost < 40% Preventive > 50%
<---------- 100% Defective	Quality of Conformance	100% ----------> Good

รูปที่ 9.1 รูปแบบการแบ่งต้นทุนด้านคุณภาพที่เหมาะสมที่สุด

Zone of Improvement Projects ทั้ง Internal Failure และ External Failure รวมกันมากกว่าร้อยละ 70% แต่ Preventive Cost มีน้อยกว่า 10% แนวทางแก้ไข โดยการจัดตั้งโครงการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพแบบก้าวกระโดด พร้อมกับการติดตามการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอโดยมุ่งการลดของเสียที่เกิดขึ้น

Zone of High Appraisal Costs มีต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และประเมินคุณภาพมากกว่าต้นทุนความสูญเสีย แนวทางการแก้ไข ได้แก่ ยกเลิกการวัดงาน ยกเลิกการตรวจสอบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ไม่สำคัญ ทบทวนมาตรฐานการวัด (Quality Standard) ใหม่ หรือลดขั้นตอนการตรวจสอบที่ซ้ำซ้อน

Zone of Indifference Costs ในช่วงนี้ต้นทุนความสูญเสียจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของต้นทุนคุณภาพ (ประมาณ 50%) ในขณะต้นทุนด้านการป้องกันจะใช้ประมาณ 10% ของทั้งหมด ในช่วงนี้เหมาะสมในการดำเนินงาน อย่างไรก็ตามต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องแต่ไม่จำเป็นต้องลงทุนใหญ่เหมือนช่วง Improvement Project

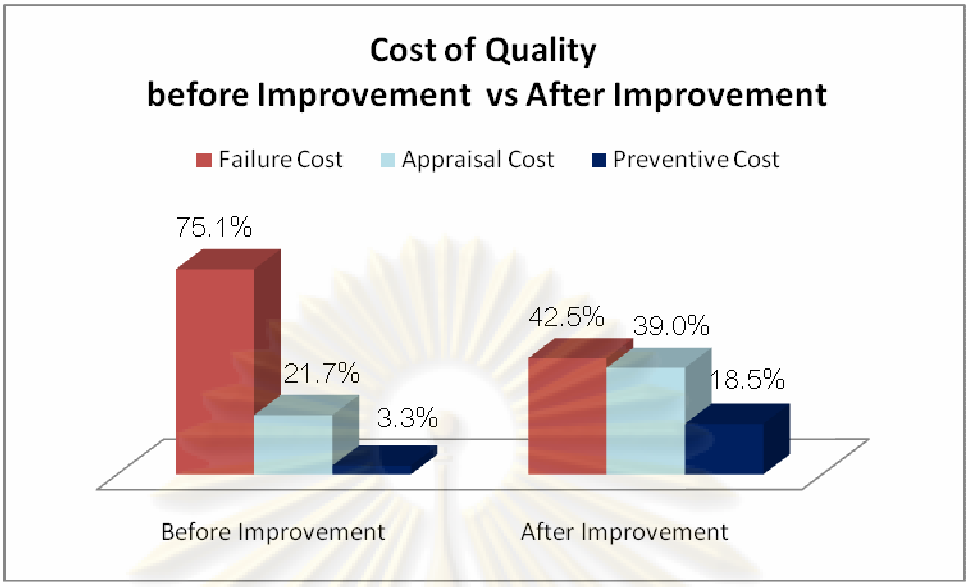
จากการดำเนินงานวิจัยได้เก็บข้อมูลต้นทุนคุณภาพ ซึ่งแบ่งตามต้นทุนคุณภาพทั้ง 3 ประเภท โดยจำเป็นจะต้องคำนวณหาต้นทุนคุณภาพให้อยู่ในฐานหรือหน่วยเดียวกัน ด้วยเหตุผลเพราะว่าต้นทุนคุณภาพแต่ละประเภทจึงจะถูกวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง และเพื่อสามารถประเมินถึงต้นทุนคุณภาพก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้อย่างถูกต้องเช่นกัน ซึ่งงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ การวิเคราะห์สำหรับฐานการเทียบต้นทุนแบบฐานหน่วยผลิต (Unit Base) ซึ่งจะวัดในภาพของต้นทุนคุณภาพต่อจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ คือ ต่อชิ้นงานที่ผลิตได้การวิเคราะห์แบบใช้ฐานยอดการผลิตนี้ ทำให้ผู้บริหารสามารถมองภาพโดยรวมของต้นทุนการผลิตของกันชนหน้ารถยนต์ 1 ชิ้นได้ ซึ่งเป็นตัวกำหนดเป้าหมายต้นทุนคุณภาพขององค์กร และจะเป็นประโยชน์ในการทำกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพการลดต้นทุนของทางบริษัทได้ โดยสามารถดูรายละเอียดได้จากดังตารางที่ 9.2 และกราฟรูปที่ 9.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9.2 สัดส่วนของต้นทุนคุณภาพก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

Phase	**Before Improvement**		**After Improvement (Following)**	
Time	Avg. Jan-Jun'08		Feb'09	
Cost of Poor Quality	Baht/Unit	%	Baht/Unit	%
Cost of Failure(Internal Failure Cost)				
Scrap parts	0.39	2.11	0.40	3.90
Polishing parts	9.91	53.74	3.05	29.73
Repainting parts	2.94	15.94	0.91	8.87
Re inspection	0.60	3.25	0.19	1.85
Total	13.84	75.05	4.36	42.50
Cost of Appraisal				
Final Inspection	4.00	21.69	4.00	38.99
Total	4.00	21.69	4.00	38.99
Cost of Preventive		0		
Training	0.00	0	0.25	2.44
Quality Improvement Activity	0.00	0	0.42	4.09
Preventive Maintenance	0.60	3.25	1.23	11.99
Total	0.60	3.25	1.90	18.52
Grand Total	18.44	100.00	10.26	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9.2 กราฟสัดส่วนต้นทุนด้านคุณภาพที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

จากข้อมูลในตารางที่ 9.2 และ รูปกราฟที่ 9.2 สามารถสรุปได้ว่า ก่อนการปรับปรุงต้นทุนความสูญเสียมีค่าประมาณ 75.1% ของทั้งหมด แต่ต้นทุนการป้องกันมีค่าประมาณ 3.3% ของทั้งหมดซึ่งอยู่ใน Zone of Improvement ซึ่งเป็นโซนที่ควรจะจัดตั้งทีมเพื่อมาดำเนินการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น และหลังจากการปรับปรุงจนถึงการควบคุม พบว่าต้นทุนความสูญเสียมีค่าประมาณ 42.5 % ในขณะที่ต้นทุนการป้องกันจะใช้ประมาณ 18.5 % ของทั้งหมด และต้นทุนการประเมินจะใช้ประมาณ 39 % ของทั้งหมด ซึ่งยังไม่สามารถจัดอยู่ใน Zone of Indifference ซึ่งต้นทุนทั้ง 3 ประเภทนี้น่าจะลดลงได้อีก โดยสามารถทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องได้อีกสำหรับต้นทุนประเภทความสูญเสีย และต้นทุนประเภทป้องกัน ซึ่งต้องทำกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพ เช่น การ Kaizen หรือ กิจกรรม QCC ส่วนต้นทุนประเภทการประเมินอาจจะมีทางลดต้นทุนได้น้อย เนื่องจากกระบวนการนี้เป็นกระบวนการตรวจแบบ 100% ดังนั้นเมื่อลดต้นทุนประเภทการป้องกันได้เพิ่มมากขึ้น ก็จะสามารถทำให้เข้าใกล้ Zone of Indifference ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9.3 สรุปการประเมินผลการลดของเสียด้วยต้นทุนคุณภาพ

จากการประเมินต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้น ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยเลือกใช้การวิเคราะห์สำหรับฐานการเทียบต้นทุนแบบฐานหน่วยผลิต (Unit Base) พบว่าก่อนการปรับปรุงต้นทุนความสูญเสียมีค่าประมาณ 75.1% และหลังจากปรับปรุงต้นทุนความสูญเสียเหลือเพียง 42.5 % ซึ่งการที่จะลดต้นทุนความสูญเสียได้นี้ ก็ต้องมาจากการปรับปรุงในส่วนของการป้องกัน เช่นการเพิ่มการ บำรุงรักษา การอบรมพนักงาน การจัดกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ มีต้นทุนการป้องกันหลังจากที่ปรับปรุงกระบวนการเพิ่มขึ้นคืออยู่ที่ 18.5% โดยก่อนการปรับปรุงนั้นมีต้นทุนการป้องกันเพียง 3.3% ซึ่งจากการใช้ต้นทุนคุณภาพมาเป็นตัวช่วยประเมินในงานวิจัยนี้ จะเป็นการใช้ประโยชน์จากข้อมูลต้นทุนคุณภาพที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการ ทำให้สามารถเห็นโอกาสที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 10
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ซึ่งแบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา(Define Phase) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา(Measurement Phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา(Analysis Phase) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต(Control Phase) ซึ่งเม็ดฝุ่นเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าแรงและวัตถุดิบในการซ่อม หรือมูลค่าในการทิ้งชิ้นส่วน ที่สูงขึ้น ทำให้บริษัทต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก

จากการดำเนินงานทำให้สามารถปรับปรุงสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตเหลือเพียง 46,892 DPPM ซึ่งสามารถลดของเสียได้ 69% ของของเสียก่อนการปรับปรุง และยังสามารถลดต้นทุนด้านคุณภาพตามนโยบายของบริษัทได้อีกด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังบทสรุปผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอนดังนี้

10.1 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาในสถานการณ์ปัจจุบันของแผนกที่ทำการศึกษา พบว่าสัดส่วนของเสียของกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ มีจำนวนมากโดยมีสัดส่วนของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 20.2% และสัดส่วนของของดีโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 79.8% ซึ่งสัดส่วนของเสียนี้ก่อให้เกิดต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) จากต้นทุนของ ของเสีย (Defect), การแก้ไขงานบกพร่อง (Re-Work) และ การตรวจสอบซ้ำ (Re-inspection) ประกอบกับทางบริษัทที่ทำการศึกษาได้มีนโยบายในการลดต้นทุน ดังนั้นจึงพิจารณาเพื่อปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์เป็นอันดับแรก เมื่อพิจารณาสาเหตุของของเสียที่เกิดในกระบวนการพ่นสี จากแผนผังพาเรโตดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าปัญหาเม็ดฝุ่น (Black seed) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 151,259 DPPM คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 73.7 %ของของเสียทั้งหมด ซึ่งจะรวมทั้งของเสียที่ซ่อมได้และซ่อม

ไม่ได้ ดังนั้นจึงมีเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ เพื่อลดของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น

10.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้สมาชิกในทีมจะทำการวัดเพื่อศึกษาแหล่งที่มาอันเป็นสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการศึกษา โดยเริ่มจากการ วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge R&R) ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก เพื่อประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัด จากผลการประเมินพบว่า พนักงานมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน, เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน, เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบเท่ากับ 100% ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวัดนี้ จึงเป็นข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้และสามารถนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษาในขั้นต่อไปได้

จากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลจากแผนภาพสาเหตุและผล(Cause and Effect Diagram) ได้ปัจจัยนำเข้าที่เป็นไปได้ทั้งหมด 24 ปัจจัย ซึ่งมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องค้นหาปัจจัยหลัก ที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่น โดยการนำปัญหาต่างๆ มาให้คะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C-E Matrix) ซึ่งจะทำให้สามารถคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่สอดคล้องกับตัวแปรตอบสนองที่มีผลต่อการเกิดเม็ดฝุ่นจริงๆ ซึ่งผลรวมจากการให้คะแนนทั้งหมดเท่ากับ 384 คะแนน และนำไปจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยด้วยแผนภูมิพาเรโต พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมาก มีอยู่ 13 ปัจจัย ซึ่งรวมคะแนนได้เท่ากับ 307 คะแนนหรือ 80 เปอร์เซ็นต์ของคะแนนรวมทั้งหมด

จากการนำ 13 ปัจจัยมาทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบโดยใช้ FMEA เพื่อศึกษาถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น จากปัจจัยเหล่านี้ รวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นอีกด้วยและนำผลคะแนน RPN มาจัดเรียงโดยใช้แผนภาพพาเรโต เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาเม็ดฝุ่น พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี มีทั้งสิ้น 6 ปัจจัย คือ ระบบจ่ายอากาศ (Air Make Up Unit) ไม่เหมาะสม ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก ปืนพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา) ถุงมือพ่นสีสกปรก (กระบวนการพ่นสีเคลือบเงา) เสื้อผ้า

พนักงานสกปรก และพนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป

10.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้จะนำปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยมาทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธี Two Proportions ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจว่าปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ และจากการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัญหา สามารถสรุปผลได้ว่าปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่นำมาทดสอบสมมติฐานนั้น มีผลต่อสัดส่วนของเสียจากเม็ดฝุ่นที่เกิดในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์อย่างมีนัยสำคัญ

10.4 บทสรุปขั้นตอนแก้ไขและปรับปรุง

ระบบจ่ายอากาศ เป็นปัจจัยนำเข้าที่ต้องทำการออกแบบการทดลอง (DOE) ส่วนปัจจัยนำเข้าที่เหลืออยู่เป็นปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขได้เลย ซึ่งสาเหตุหลักจะเกี่ยวข้องกับความสกปรกของอุปกรณ์ต่างๆในห้องพ่นสี ดังนั้นจึงมีการระดมสมองของทีมงานและทำการทดลองเพื่อหาค่าของรอบระยะเวลาในการทำความสะอาดที่เหมาะสม ปรับปรุงวิธีการทำความสะอาด และมาตรฐานในการทำความสะอาด เมื่อปรับปรุงเรื่องความสะอาดแล้ว

ปัจจัยนำเข้าที่เหลือ คือระบบจ่ายอากาศนั้น ขั้นตอนการปรับปรุงได้นำเอาทฤษฎีการออกแบบการทดลองมาใช้ในการพัฒนากระบวนการ สำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือที่มีจำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลองเท่ากับ 3 ปัจจัย และจำนวนระดับของแต่ละปัจจัย 2 ระดับ โดยทำทดลองซ้ำในแต่ละ Treatment Combination เท่ากับ 2 ครั้ง จากผลการทดลองสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยหลักของระบบจ่ายอากาศ (Main Effect) ทั้ง 3 ปัจจัย มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์อย่างมีนัยสำคัญ ประกอบด้วย ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้น และความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบ เนื่องจากค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และพบว่าปัจจัยที่นำเข้าการทดลองทั้ง 3 ปัจจัยมีอันตรกิริยา (Interaction Effect) ระหว่างกันอย่างมี

นัยสำคัญ โดยระดับที่เหมาะสมในการใช้งานของปัจจัยนำข้าวของระบบจ่ายอากาศคือ ความถี่ของมอเตอร์ระบบจ่ายอากาศเท่ากับ 47 เฮิรตซ์ ความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีพื้นเท่ากับ 42 เฮิรตซ์ และความถี่ของมอเตอร์ระบบดูดอากาศ ณ ห้องพ่นสีเคลือบเท่ากับ 44 เฮิรตซ์

ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลสรุปของค่าปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการทดลอง โดยจะทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัยตามค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งจากการทดสอบยืนยันผลพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 82,245 DPPM ซึ่งมีค่าลดลงจากเดิม 46 %

10.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมการผลิต

ในขั้นตอนนี้จะจัดทำมาตรฐานการทำงานจากค่าที่ได้จากการทดลอง และมีการติดตามให้พนักงานทำงานตามมาตรฐานนั้นๆ และทำการควบคุมกระบวนการโดยใช้วิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และมีแผนการแก้ไขเมื่อค่าไม่อยู่ในควบคุม เพื่อให้สามารถแก้ไขได้ทันทีเมื่อค่าไม่อยู่ในการควบคุม

เมื่อวิเคราะห์กระบวนการหลังการปรับปรุงแล้วพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 46,892 DPPM ซึ่งสามารถลดของเสียได้ 69% ของของเสียก่อนการปรับปรุง

ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพนี้จะช่วยให้บริษัทได้ชิ้นส่วนรถยนต์ที่มีคุณภาพ ตรงตามกำหนดเวลา ลดต้นทุน และตรงตามความต้องการ อันจะช่วยให้ลูกค้าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพในที่สุด

10.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย

เนื่องจากตัวแปรตอบสนองของการทำวิจัยครั้งนี้คือ ของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบจำนวนนับ (Attribute Data) ดังนั้นวิธีทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีน้อย ไม่มีความหลากหลายในการวิเคราะห์ข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.7 ข้อเสนอแนะ

1. ในการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ระดับปัจจัยที่ได้จากการออกแบบสามารถนำไปทำเป็นมาตรฐานและควบคุมด้วยแผนภูมิทางสถิติได้ ซึ่งต้องมีการอบรมพนักงานเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง และในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการที่ต้องต้องอาศัยพนักงานในการทำงาน อาจทำให้เกิดแหล่งผันแปรค่อนข้างสูง ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีนี้ จำเป็นจะต้องอาศัยความร่วมมือจากพนักงานในเรื่องของการปฏิบัติตามมาตรฐานที่ได้มีการจัดทำขึ้นมา และมีความรู้สึกเป็นเจ้าของในกระบวนการนั้น และหัวหน้างานก็ต้องมีการตรวจเช็คการปฏิบัติงานของพนักงานอยู่เสมอว่าสามารถทำได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่ และอาจทำได้โดยการจัดกิจกรรมขึ้นมาเพื่อให้พนักงานได้เข้าใจถึงความสำคัญและรู้ว่าสิ่งใดที่จะทำให้เกิดปัญหาหรือว่าของเสียในกระบวนการทำงานของตัวเอง และเมื่อพนักงานได้เข้าใจแล้วและมีความรู้สึกเป็นเจ้าของในกระบวนการนั้น ๆ ก็จะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน

2. ผลของการปรับปรุงกระบวนการในงานวิจัยเล่มนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดปัญหาของเสียกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ที่มีสาเหตุมาจากสาเหตุอื่น ๆ ที่มีความสำคัญรองลงมาต่อจากปัญหาเม็ดฝุ่น

3. ในการปรับปรุงคุณภาพภายในโรงงาน ควรจะต้องพิจารณาในการวัดผลลัพธ์ ด้วยต้นทุนคุณภาพประกอบไปกับผลลัพธ์ทางคุณภาพ เพื่อที่จะสามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงคุณภาพในครั้งต่อไป และทางผู้บริหารก็จะสามารถมองภาพได้อย่างชัดเจนและตระหนักถึงเรื่องต้นทุนคุณภาพและให้การสนับสนุนในการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2542. การวิเคราะห์ระบบการวัด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

กำพล กิจชระภูมิ และ สุชาติ ยุวรี. 2546. Cost of Quality ลดต้นทุนไม่ลด คุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. 2548. ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และBlack Belt. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปารเมศ ชุติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล สุรบรรเจิดพร. 2542. การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่น วงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

นพณรงค์ ศิริเสถียร. 2543. การปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระบะรถยนต์โดยอาศัย แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา. โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นวลพรรณ ใจงาม. 2543. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการ หัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธี ซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

จรัสพงศ์ รักษาการ. 2543. การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพการเคลือบสีสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์. โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิชาญ วรรณา. 2545. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหล็กปลายสั้นสำหรับกระบวนการหล่อเหล็กแท่งแบบต่อเนื่อง โดยวิธีการออกแบบการทดลอง . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรา อายุวัฒน์ . 2546. การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จ ไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรวุฒิ พลอาสา. 2548. ต้นทุนคุณภาพในการลดของเสียในกระบวนการผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยใช้วิธีการของซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภานุ ชุดเชื้อจีน. 2550. การลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Park, S.H. 2003. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Tokyo : Asian Productivity Organization .

Pande, P. and Holpp, L. 2002. What is Six Sigma?. New York : McGraw-Hill.

Zievis, B. 2003. Process Improvement at BOC Edwards. Six Sigma Forum Magazine 2, 2 : 38-42.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Harry, M.J. and Schroedor, R. 2000. Six-Sigma-The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the world's top corporations. New York: Currency and Doubleday.

Kalamdani, R. and Khalaf, F. 2006. Application of Design for Six Sigma to manufacturing process design at Ford PTO. Int. J. of Product Development. 3, 3/4: 369 - 387.

Zievis, B. 2003. Process Improvement at BOC Edwards. Six Sigma Forum Magazine, 2,2 : 38-42.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุปัญหา

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ตาราง ก.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ตาราง ก.3 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนน ในการกำหนดอัตราของความรุนแรง (Severity: S) ของผลกระทบ

ตาราง ก.4 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนน ในการกำหนดโอกาสในการเกิด (Occurrence: O) ของผลกระทบ

ตาราง ก.5 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนน ในการกำหนดโอกาสในการตรวจจับ (Detection: D) ข้อบกพร่องด้วยระบบการควบคุมกระบวนการ

ตาราง ก.6 บันทึกการประชุม

ตาราง ก.7 ประวัติการทำงานของทีมงานดำเนินการตามแนวซิกซ์ ซิกม่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล										
1	Man	หน้ากากพ่นสีสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2		ถุงมือพ่นสีสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3		หมวกพ่นสีสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4		เสื้อผ้าพนักงานสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5		พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Machine	ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) ไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7		ตัวกรองอากาศ (Ceiling Filter) สกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8		ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9		ละอองสีในเตาอบ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10		สิ่งสกปรกบริเวณข้อต่อของหุ่นยนต์พ่นสี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11		สิ่งสกปรกบริเวณปืนพ่นสี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12		ปืนไอออไนซ์ไม่สม่ำเสมอ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Material	สีรองพื้นสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14		สีพื้นสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15		สีพื้นเคลือบสกปรก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล										
16	Method	วิธีการทำความสะอาด ทำตามได้ยาก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17		ไม่มี Key Point ในการทำความสะอาด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18		ระยะเวลาของรอบในการทำความสะอาด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19		ไม่มีวิธีvisualizeว่าระดับใด ต้องทำความสะอาด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Environment	ค่าของอุณหภูมิในห้องไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21		ค่าของความชื้นในห้องไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	Measurement	จดบันทึกข้อมูลผิดพลาด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23		%รีพิททะบิลิตีของพนักงาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24		%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล			Team				
ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี	วิศวกรแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี	ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ	วิศวกรแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ	รวม
1	Man	หน้ากากพ่นสีสกปรก	1	4	1	4	10
2		ถุงมือพ่นสีสกปรก	4	4	4	4	16
3		หมวกพ่นสีสกปรก	1	4	1	1	7
4		เสื้อผ้าพนักงานสกปรก	4	4	4	4	16
5		พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน	9	9	9	4	31
6	Machine	ระบบจ่ายอากาศ (Air Supply) ไม่เหมาะสม	9	9	9	9	36
7		ตัวกรองอากาศ (Ceiling Filter) สกปรก	9	4	4	4	21
8		ตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) สกปรก	9	9	9	9	36
9		ละอองสีในเตาอบ	4	1	1	4	10
10		สิ่งสกปรกบริเวณข้อต่อของหุ่นยนต์พ่นสี	1	1	4	4	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล			Team				
ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี	วิศวกรแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี	ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ	วิศวกรแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ	รวม
11		สิ่งสกปรกบริเวณปืนพ่นสี	4	4	1	9	18
12		ปืนไอออไนซ์ไม่สม่ำเสมอ	1	1	4	1	7
13	Material	สีรองพื้นสกปรก	1	1	1	1	4
14		สีพื้นสกปรก	1	1	1	1	4
15		สีพื้นเคลือบสกปรก	1	1	1	1	4
16	Method	วิธีการทำความสะอาด ทำตามได้ยาก	1	1	4	1	7
17		ไม่มี Key Point ในการทำความสะอาด	4	4	4	4	16
18		ระยะเวลาของรอบในการทำความสะอาด	4	9	9	9	31
19		ไม่มีวิธีvisualizeว่าระดับใด ต้องทำความสะอาด	4	9	9	9	31
20	Environment	ค่าของอุณหภูมิในห้องไม่เหมาะสม	1	1	4	1	7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล			Team				
ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี	วิศวกรแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี	ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ	วิศวกรแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ	รวม
21		ค่าของความชื้นในห้องไม่เหมาะสม	1	1	4	1	7
22	Measurement	จดบันทึกข้อมูลผิดพลาด	4	1	4	4	13
23		%รีพิททะบิลิตีของพนักงาน	4	4	9	4	21
24		%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	4	4	9	4	21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.3 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนน ในการกำหนดอัตราของความรุนแรง (Severity : S) ของผลกระทบ

ผลจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง	คะแนน
1. สูงที่สุด	มีผลต่อสายการผลิตมาก ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง เพราะความไม่มีคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ มีความสูญเสียในหน้าที่หลัก ลูกค้ามีความไม่พอใจมาก	10
2. สูงมาก	มีผลต่อสายการผลิตค่อนข้างมาก ผลิตภัณฑ์เกือบทั้งหมด (90%) อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง เพราะความไม่มีคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ มีความสูญเสียในหน้าที่หลัก ลูกค้ามีความไม่พอใจมาก	9
3. สูงมาก	มีผลต่อสายการผลิตมาก ผลิตภัณฑ์เกือบทั้งหมด (80%) อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง เพราะความไม่มีคุณภาพ ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้ด้วยสามารถที่ลดลง มีความสูญเสียในหน้าที่หลัก ลูกค้ามีความไม่พอใจ	8
4. สูง	มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์อาจต้องผ่านการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) และอาจมีผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ได้รับการกำจัดทิ้ง เพราะความไม่มีคุณภาพ ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้ด้วยความสามารถที่ลดลง ลูกค้ามีความไม่พอใจ	7
5. ปานกลาง	มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์บางส่วน อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง เพราะความไม่มีคุณภาพ (โดยไม่มีการคัดเลือก) ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานแต่ด้วยความสะดวกสบายที่น้อยลง ลูกค้าขาดความสะดวกสบาย	6
6. ต่ำ	มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจจะต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้ดี แต่ด้วยด้านความสะดวกสบายสามารถดำเนินการได้ด้วยสมรรถนะต่ำลง ลูกค้าไม่ค่อยจะพอใจ	5
7. ต่ำมาก	มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์อาจต้องได้รับการคัดเลือกและผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจต้องนำมาทำใหม่ (Rework) ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์อาจไม่ดีนัก ลูกค้าส่วนใหญ่มักจะถือว่าผลิตภัณฑ์มีตำหนิ	4
8. เล็กน้อย	มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจจะได้รับการนำมาทำใหม่ในสายการผลิต แต่นอกจุดปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์มีความเรียบร้อยดี ลูกค้าโดยเฉลี่ยจะถือว่าผลิตภัณฑ์มีตำหนิ	3
9. เล็กน้อยมาก	มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจจะได้รับการนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และตำแหน่งปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์มีความเรียบร้อยดี ลูกค้าจำนวนเพียงเล็กน้อยจะถือว่าผลิตภัณฑ์มีตำหนิ	2
10. ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	1

ตาราง ก.4 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนน ในการกำหนดโอกาสในการเกิด (Occurrence : O) ของผลกระทบ

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	อัตราของข้อบกพร่องที่อาจเป็นไปได้	คะแนน
1. สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเสมอ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องได้เป็นส่วนใหญ่	1 ใน 2 (มากกว่า 50%)	10
	1 ใน 3 (33.33%)	9
2. สูง : โดยทั่วไปมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับกับกระบวนการที่คล้ายกันจนถึงกระบวนการต่อหน้าที่ซึ่งเกิดขึ้นบ่อย	1 ใน 8 (12.5%)	8
	1 ใน 20 (5%)	7
3. ปานกลาง : โดยทั่วไปมีส่วนเกี่ยวข้องเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายคลึงจนถึงกระบวนการก้อนหน้านี้ ซึ่งมีการเกิดขึ้นของความผิดพลาดแต่ไม่ใช่ในสัดส่วนที่มาก	1 ใน 80 (1.25%)	6
	1 ใน 100 (0.25%)	5
	1 ใน 200 (0.02%)	4
4. ต่ำ : ความผิดพลาดอย่างเดียวที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน	1 ใน 15000 (0.0067%)	3
5. ต่ำมาก : ความผิดพลาดเพียงหนึ่งเดียวที่เกี่ยวเนื่องกับกระบวนกรที่เหมือนกัน	1 ใน 150000 (0.00067%)	2
6. น้อยนิด : ความผิดพลาดที่ไม่น่าจะเป็นไปได้	1 ใน 1500000 (0.000057%)	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.5 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนน ในการกำหนดโอกาสในการตรวจจับ (Detection : D) ข้อบกพร่องด้วยระบบการควบคุมกระบวนการ

กาตรวจจับ	กฎเกณฑ์ : โอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่องด้วยระบบการควบคุมกระบวนการก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ หรือก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะออกจากสายการผลิต	คะแนน
1. เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่ทราบถึงวิธีการควบคุม ที่จะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	10
2. ห่างไกลมาก	มีโอกาสห่างไกลมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	9
3. ห่างไกล	มีโอกาสห่างไกล ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	8
4. น้อยมาก	มีโอกาสน้อยมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	7
5. น้อย	มีโอกาสน้อย ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	6
6. ปานกลาง	มีโอกาสพอสมควร ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	5
7. ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูง ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	4
8. สูง	มีโอกาสสูง ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	3
9. สูงมาก	มีโอกาสสูงมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	2
10. เกือบแน่นอน	มีโอกาสเกือบ 100% ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง โดยวิธีการที่น่าไว้วางใจนี้ จะรับทราบจากกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.6 บันทึกการประชุม

Minute Meeting of Dust Reduction Improvement

Subject ประชุมการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้า

Date : 6 October 2008 **Time** : 9.00 - 11.30 am **Place** : 204 (Shop office)

Attendance:

RSB: Mr.T **QEB:** Mr.P **PE:**Mr.M

RSB: Mr.N **QEB:** Ms.A

RSB: Mr. S **QEB:** Ms.T

Discussion detail

Agenda

1) **ทีมงานในที่ประชุมได้เข้าไปดูหน้างานและนำข้อมูลการผลิตกันชนหน้ารถยนต์ตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนกันยายน 2008 มาศึกษาและได้ค้นหาถึงปัจจัยของการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่นโดยใช้แผนภูมิก้างปลา**

2) **ทีมงานในที่ประชุมได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล และค่าการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ**
ทีมสมาชิกได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังเอกสารแนบ

3) **การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล**
ทีมสมาชิกทำการให้คะแนนดังเอกสารแนบ พร้อมกับส่งเอกสารการลงคะแนนให้แผนกควบคุมคุณภาพ ภายในวันที่ 15 ตุลาคม 2551

Next Meeting : 20 October 2008

เรื่อง การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของสาเหตุที่ทำให้เกิดเม็ดฝุ่นที่กันชนหน้าพลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.7 ประวัติการทำงานของทีมงานดำเนินการตามแนวซิกซ์ ซิกม่า

ตำแหน่ง : **ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี**

คุณวุฒิทางการศึกษา : ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
ประวัติการทำงาน : มีประสบการณ์ทำงานฝ่ายผลิตกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก รวมถึงมีประสบการณ์ในการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ทั้งสิ้น 15 ปี เคยดำรงตำแหน่งเป็นวิศวกร 10 ปี ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี

ตำแหน่ง : **วิศวกรแผนกผลิตชิ้นส่วนรถยนต์พลาสติกพ่นสี**

คุณวุฒิทางการศึกษา : ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
ประวัติการทำงาน : มีประสบการณ์ทำงานฝ่ายผลิตกันชนหน้ารถยนต์พลาสติก 5 ปี มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการผลิตและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ปัจจุบันดำรงตำแหน่งวิศวกรอาวุโสฝ่ายรถยนต์พลาสติกพ่นสี

ตำแหน่ง : **ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมควบคุมคุณภาพ**

คุณวุฒิทางการศึกษา : ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
ประวัติการทำงาน : มีประสบการณ์ทำงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ 17 ปี มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เคยดำรงตำแหน่งเป็นวิศวกรควบคุมคุณภาพ 8 ปีและผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ 4 ปี

ตำแหน่ง : **วิศวกรรมควบคุมคุณภาพ**

คุณวุฒิทางการศึกษา : ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
ประวัติการทำงาน : มีประสบการณ์ทำงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ 4 ปี มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตกับชนหน้ารถยนต์พลาสติกพ่นสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ค่าผลการทดสอบการยืนยันผลการทดสอบ

ตาราง ข.2 ค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในขั้นตอนการยืนยันผลการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.2 ค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในขั้นตอนการยืนยันผลการทดลอง

กลุ่มย่อยที่	จำนวนที่ผลิต	จำนวนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น	p
1	199	18	0.090
2	178	14	0.079
3	178	15	0.084
4	178	11	0.062
5	178	17	0.096
6	212	11	0.052
7	212	21	0.099
8	212	19	0.090
9	212	16	0.075
10	212	17	0.080
11	212	26	0.123
12	178	13	0.073
13	178	18	0.101
14	178	14	0.079
15	199	18	0.090
16	199	14	0.070
17	199	17	0.085
18	199	16	0.080
19	212	11	0.052
20	212	18	0.085

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ค่าผลการควบคุมกระบวนการผลิต

ตาราง ค.1 ค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในขั้นตอนการควบคุมการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในขั้นตอนการควบคุมการผลิต

กลุ่มย่อยที่	จำนวนที่ผลิต	จำนวนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น	p	กลุ่มย่อยที่	จำนวนที่ผลิต	จำนวนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น	p
1	212	9	0.042	31	178	8	0.045
2	212	11	0.052	32	178	6	0.034
3	178	7	0.039	33	178	7	0.039
4	178	8	0.045	34	212	13	0.061
5	212	10	0.047	35	212	14	0.066
6	212	11	0.052	36	212	6	0.028
7	212	12	0.057	37	199	8	0.040
8	212	10	0.047	38	178	9	0.051
9	178	9	0.051	39	178	8	0.045
10	178	6	0.034	40	178	9	0.051
11	199	9	0.045	41	201	10	0.050
12	212	13	0.061	42	201	11	0.055
13	199	10	0.050	43	212	10	0.047
14	199	8	0.040	44	178	10	0.056
15	178	6	0.034	45	212	9	0.042
16	199	7	0.035	46	212	8	0.038
17	212	10	0.047	47	212	11	0.052
18	212	11	0.052	48	212	10	0.047
19	212	11	0.052	49	212	10	0.047
20	212	14	0.066	50	212	12	0.057
21	212	8	0.038	51	178	9	0.051
22	178	8	0.045	52	178	5	0.028
23	178	6	0.034	53	199	9	0.045
24	199	10	0.050	54	199	8	0.040
25	199	9	0.045	55	199	10	0.050
26	199	9	0.045	56	199	11	0.055
27	212	12	0.057	57	199	8	0.040
28	212	10	0.047	58	212	10	0.047
29	212	7	0.033	59	212	10	0.047
30	212	11	0.052	60	212	11	0.052

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การควบคุมการผลิต

ตาราง ง.1 แสดงแบบฟอร์มการตรวจสอบด้านคุณภาพ
ตาราง ง.2 แสดงแบบฟอร์มใบบันทึกงานซ่อม Repaint และงานซ่อม Polishing
ตาราง ง.3 แสดงแบบฟอร์มใบบันทึกงานของเสีย (Scrap)
ตาราง ง.4 มาตรฐานการทำงานการทำความสะอาดตัวจับชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.1 แบบฟอร์มการตรวจสอบด้านคุณภาพ

RESIN PRODUCTION

APPEARANCE QUALITY SAMPLING CHECK SHEET

APPROVED	ISSUED

MODEL : _____

AUDITOR NAME : _____

SHIFT : _____

DATE : _____

	CHECK NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	DAY SHIFT	8:00	9:00	10:00	11:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
	NIGHT SHIFT	20:00	21:00	22:00	23:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00

PART NO.	PART NAME	PICTURE

CHECKED NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
CHECKED (PCS.)												
DEFECT (PCS.)												
1. SEED (เม็ด)												
2. RUNNING (สีไหล)												
3. CRATERING (หลุมสี)												
4. BOILING (สีเดือด)												
5. BUBBLE (สีพอง)												
6. ROUGH (สีหยาบ)												
7. THIN PAINT (สีบาง)												
8. COLOR CHADE (เฉดสี)												
9. WAVE (คลื่น)												
10. DENT (บุบ)												
11. CONVEX (นูน)												
12. DIS COLOR (สีด่าง)												
13. SCRATCH (รอยขีด , รอยถลอก)												
14. GLOSS (ความเงา)												
15. OTHER (อื่น ๆ)												
TOTAL (PCS.)												

PART NO.	PART NAME	PICTURE

CHECKED NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
CHECKED (PCS.)												
DEFECT (PCS.)												
TOTAL (PCS.)												

PART NO.	PART NAME	PICTURE

CHECKED NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
CHECKED (PCS.)												
DEFECT (PCS.)												
TOTAL (PCS.)												

วันที่ตรวจพบ	PART NAME	จำนวนชิ้นงานที่พบ	การแก้ไข	ผู้ตรวจสอบ

ตาราง ง.2 แสดงแบบฟอร์มใบบันทึกงานซ่อม Repaint และงานซ่อม Polishing

PAINTING PART REPAINT AND POLISHING

APPROVED	CHECKED	ISSUED

MONTH.....

TARGET																													
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	AVG.
จำนวนที่ผลิต																																
จำนวนที่ Repaint																																
% Part Repaint																																

REMARK %REPAINT = จำนวนที่ REPAINT / จำนวนที่ผลิตทั้งหมด

TARGET																													
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	AVG.
จำนวนที่ผลิต																																
จำนวนที่ Polishing																																
% Part Polishing																																

REMARK % PART POLISHING = จำนวนที่ POLISHING / จำนวนที่ผลิตทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.3 แสดงแบบฟอร์มใบบันทึกงานของเสีย (Scrap)

PAINTING SCRAP PART RECORD

APPROVED	CHECKED	ISSUED

MONTH.....

TARGET

	DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	AVG.
	จำนวนที่ผลิต																																
ปัญหา Part Scrap																																	
	Total Part																																
	Total Part Scrap																																
	% PART SCRAP																																

REMARK % SCRAP = TOTAL PART SCRAP / จำนวนที่ผลิตทั้งหมด

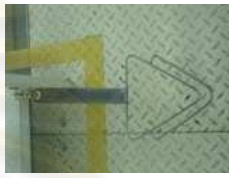
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.4 มาตรฐานการทำงานการทำความสะอาดตัวจับชิ้นงาน

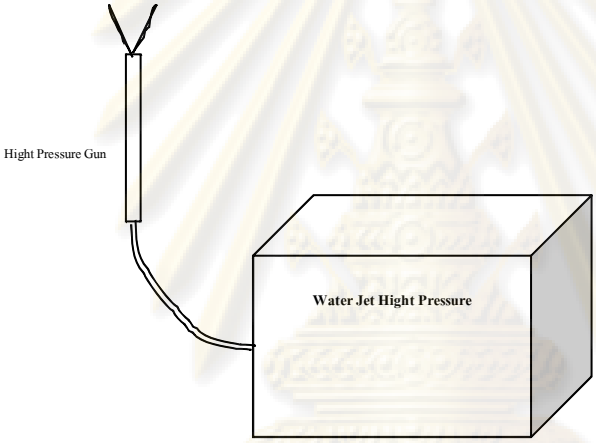
MODEL :	**มาตรฐานการทำงาน (OPERATION STANDARD)**
แผนก , หน่วยงาน	เลขที่ X-XXx-XXXXXXXX
RESIN	ชื่องาน : **การ Cleaning Jig**

Jig

Column



Anty Runing



ลำดับ	รายละเอียดการทำงาน	ข้อควรระวัง
1	ปรับแรงดันน้ำที่เครื่องฉีดให้มีความเหมาะสม (ประมาณ 20000-30000 PSI)	**S1:** สวมชุดพ่นสี Electro static เพื่อถ่ายประจุไฟฟ้ากระแสสถิตย์
2	เช็คความพร้องของเครื่องฉีดน้ำและ เปิดเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง	ป้องกันการเกิดประกายไฟ
3	นำตัวหัวฉีดมาทำการฉีดทำความสะอาด Jig , Column , Anty Runing Jig	**S2:** สวมรองเท้า Electro static เพื่อถ่ายประจุไฟฟ้ากระแสสถิตย์
	ให้สะอาด โดยการฉีดและกลับ Jig ไปมา โดยการฉีดจะต้องส่ายหัวฉีดน้ำไปมา	ป้องกันการเกิดประกายไฟ
	และจับตัวหัวฉีดให้มั่นคงเพื่อป้องกัน หัวฉีดน้ำหลุดมือ	**S3:** ใส่แว่นตาเพื่อป้องกันสี จากการฉีดล้างกระเด็นเข้าตา
4	เมื่อใช้งานเสร็จต้องเก็บอุปกรณ์ไว้ในจุดที่กำหนดเท่านั้น	**S4:** ใส่ที่อุดหูเพื่อป้องกันเสียง จากการฉีดล้าง JIG

การแก้ไข ครั้งที่	เอกสารอ้างอิง	หัวข้อการแก้ไข	วันที่ออก เอกสาร	วันที่มีผล บังคับใช้	Resin Production		
					Approved	Checked	Issued

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวทิชา แสนสม เกิดเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2547 และเมื่อปีการศึกษา พ.ศ. 2550 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย