การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเม็มอีเอ : กรณีศึกษา บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด

DEFECTIVES REDUCTION IN STEEL SPRAY PAINTING PROCESS USING FMEA TECHNIQUE: CASE STUDY OF GOLD PRESS INDUSTRY CO., LTD.

วีระเทพ ไตรรงค์รัตน์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอ : กรณีศึกษา บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด

วีระเทพ ไตรรงค์รัตน์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอ : กรณีศึกษา บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด Defectives Reduction in Steel Spray Painting Process Using FMEA Technique: Case Study of Gold Press Industry Co., Ltd.
ชื่อ - นามสกุล	นายวีระเทพ ไตรรงค์รัตน์
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.
ปีการศึกษา	2557

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ศุภกร พรหิรัญกุล, คอ.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์อภิรดา สุทธิสานนท์, บธ.ม.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.)

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะบริหารธุรกิจ
(รองศาสตราจารย์ชนงกรณ์ กุณฑลบุตร, D.B.A.)
วันที่ 18 เดือน มกราคม พ.ศ. 2558

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอ : กรณีศึกษา บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด
ชื่อ-นามสกุล	นายวีระเทพ ไตรรงค์รัตน์
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็ก ของบริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด โดยมีเป้าหมายเพื่อลดงานพ่นสีเสียปัญหาสีเดือด จากร้อยละ 10.90 ให้เหลือต่ำกว่า ร้อยละ 5.0 โดยใช้หลักการของพาเรโตในการจำแนกปัญหา แล้วทำการค้นหาต้นเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผลและวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ทำการการประเมินคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด

การวิเคราะห์หาสาเหตุซึ่งใช้การระดมสมองผ่านแผนภาพก้างปลาพบสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสีเดือดมีทั้งหมด 25 สาเหตุ และนำปัญหาทั้งหมดมาวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุลักษณะข้อบกพร่องแล้วการประเมินความรุนแรง คำนวณความเสี่ยงชี้นำกับมาตรการการควบคุมในปัจจุบัน ผลการคำนวณค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่องพบว่าค่า RPN ที่คำนวณได้มีค่าสูงสุดที่เกิน 100 คะแนน ต้องดำเนินปรับปรุงมี 6 เรื่องคือ ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด และปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม และได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงพร้อมทั้งคำนวณหาค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่องพบว่าค่า RPN ที่คำนวณได้มีค่าไม่เกิน 100 คะแนน จึงได้ทำมาตรฐานข้อกำหนดและนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน

ผลจากการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขการลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิค FMEA โดยเปรียบเทียบจากข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันของปี พบว่าทำให้ปัญหาสีเดือดลดลงจากร้อยละ 10.90 เหลือร้อยละ 4.83 สรุปได้ว่าการนำเทคนิค FMEA มาใช้ทำให้ปัญหาสีเดือดลดลงตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ : การลดของเสีย กระบวนการพ่นสี เทคนิคเอฟเอ็มอีเอ

Independent Study Title	Defectives Reduction in Steel Spray Painting Process Using FMEA Technique: Case Study of Gold Press Industry Co., Ltd.
Name-Surname	Mr. Weerathap Trirongrut
Major Subject	Business Engineering
Independent Study Advisor	Assistant Professor Daranee Pimchangthong, D.B.A.
Academic Year	2014

ABSTRACT

This study aimed to reduce the number of defectives in the steel spray painting process of the Gold Press Industry Co. Ltd. The goal was to reduce defective work pieces, caused by boil color problems, from 10.9% to less than 5.0%. The Pareto Principle was used to identify problems, identify the root cause of problems using cause and effect diagram, analyze and find causing trend of defects and their effects, evaluate by scoring the severity of the problems, score the opportunity of defect occurrences, and score on finding boil color problems.

Identifying root causes of problem by brainstorming using fishbone diagram found that there were 25 causes of boil color problems. All causes were analyzed to find causing trend of defects, evaluate the severity, and calculate indication risk against current standard. The results were used to calculate Risk Priority Number (RPN) for each defect. The defect that had RPN more than 100 and needed to improve were increasing temperature in the setting room, complicated work pieces, conveying speed faster than standard, work pieces temperature higher than standard, and improper adjustment of the painting viscosity. After adjusting process to collect problems, the RPN for each defect was reduced to less than 100 and the results were used to draw the standard and further used in the operation process.

The results from analyzing and improving defectives reduction in the steel spray painting process using FMEA technique by comparing data from the same period of the years found that boil color problems were decreased from 10.90% to 4.83%. It can be concluded that using FMEA technique was successful in defectives reduction from the boil color spray painting problem.

Key words: waste reduction, spray painting process, FMEA technique

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จเสร็จสมบูรณ์ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ดร.ศุภกร พรหิรัญกุล ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารณี พิมพ์ช่างทอง และรองศาสตราจารย์อภิรดา สุทธิสานนท์ กรรมการการสอบการค้นคว้าอิสระ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา ให้ความรู้และคำแนะนำในการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจนประสบความสำเร็จ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างยิ่ง ที่ได้อบรมสั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้จนสำเร็จการศึกษาไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่กรุณามอบวิชาความรู้อันมีค่าให้แก่ผู้ทำการศึกษาค้นคว้าอิสระ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำโครงการหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณและขอมอบความดีให้กับ บิดา มารดา พี่น้อง ครอบครัว เพื่อนร่วมชั้นเรียน ที่คอยช่วยเหลือเอาใจใส่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมาและขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามได้ทั้งหมดในที่นี้ ที่ได้มีส่วนส่งเสริมสนับสนุนส่งผลให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป หากการศึกษาในครั้งนี้มีบทความใดขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ในการศึกษา ผู้ทำการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้กราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

วีระเทพ ไตรรงค์รัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญภาพ ..... (9)
บทที่ 1 บทนำ 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 12
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 13
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 13
1.4 คำจำกัดความในการวิจัย 14
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
2.1 แนวคิดวิเคราะห์ปัญหา 18
2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ 23
2.3 ความรู้ในงานพ่นสี 32
2.4 หลักการพ่นสี 45
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 53
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 53
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 53
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 54
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุง 54
3.5 การสำรวจสภาพปัจจุบัน 54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63
4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล 63
4.2 การวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ 64
4.3 การประเมินความรุนแรง คำนวณความเสี่ยงชี้นำและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา 69
4.4 การวัดผลและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินงาน 83
4.5 สรุปผลการดำเนินงาน 86
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 87
5.1 สรุปผลการวิจัย 87
5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 89
5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย 89
5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องในอนาคต 90
บรรณานุกรม 91
ภาคผนวก ก ใบตรวจสอบ (Check Sheet) 93
ภาคผนวก ข คู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน Standard Operation Procedure (SOP) 95
ประวัติผู้เขียน 100

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: S)... 28
ตารางที่ 2.2 แสดงเกณฑ์การประเมินในหัวข้อความถี่ของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O).... 29
ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์การประเมินในหัวข้อความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง
ก่อนส่งถึงมือลูกค้า (Detection: D)..... 30
ตารางที่ 2.4 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเครื่องมือมาประยุกต์..... 52
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ ปัญหาสีเดือด 65
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการนำค่าคะแนน RPN มาเรียงลำดับ หัวข้อที่ต้องดำเนินการปรับปรุง
โดยพิจารณาจากค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนน..... 74
ตารางที่ 4.3 ผลการเสนอแนะเพื่อนำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด..... 75
ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่ หลังจากได้มีการปรับปรุง..... 81
ตารางที่ 5.1 การแก้ไขและมาตรการควบคุมป้องกันปัญหาสีเดือด 88

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดง Gant Chart ของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 14
ภาพที่ 2.1 แผนภาพพาเรโตสรุปงานเสีย 19
ภาพที่ 2.2 ผังแสดงเหตุและผล 21
ภาพที่ 2.3 ผังแสดงเหตุและผลของปัญหาสีเดือด 22
ภาพที่ 2.4 ใบ Check Sheet 23
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพโดย FMEA 26
ภาพที่ 2.6 แบบฟอร์มมาตรฐานเพื่อ การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA 26
ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบของสี 33
ภาพที่ 2.8 แสดงการเคลือบผิวโลหะทำให้คุณสมบัติในการยึดเกาะของสีดีขึ้น 34
ภาพที่ 2.9 แสดงผลเปรียบเทียบการทดสอบ Iron Phosphate และ Zinc Phosphate ด้วย ละอองเกลือ 34
ภาพที่ 2.10 แสดงข้อแตกต่างผลึก Zinc Phosphateระบบจุ่มกับแบบ Spray 35
ภาพที่ 2.11 แสดงกรรมวิธีของ Full Dip 36
ภาพที่ 2.12 แสดงกรรมวิธีของ Tact Type 36
ภาพที่ 2.13 แสดงข้อแตกต่าง Electro Deposition Primer ระหว่าง Anion EDP และ Cation EDP .. 38
ภาพที่ 2.14 Spray Booth (ห้องพ่นสี) 41
ภาพที่ 2.15 Spray Booth ใช้ Dry Filter และแบบ Flow Method 42
ภาพที่ 2.16 รูปภาพ Paint Supply Equipment 43
ภาพที่ 2.17 รูปภาพ Conventional Air Spraying 43
ภาพที่ 2.18 รูปภาพ Conventional Air Spraying 44
ภาพที่ 2.19 การเปรียบเทียบระยะห่างของปืนพ่นสีที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง 45
ภาพที่ 2.20 เทคนิคการพ่นสี 46
ภาพที่ 2.21 วิธีการพ่นสี ระยะห่างการเคลื่อนที่ปืนพ่นสีที่ไม่ถูกต้อง 46
ภาพที่ 2.22 ระยะห่างปืนพ่นสีกับชิ้นงานห่างกันคงที่ขณะเคลื่อนปืนพ่นสีถูกต้อง 47
ภาพที่ 2.23 แสดงความสัมพันธ์ระยะห่างปืนพ่น ปริมาณสีที่พ่นและความเร็วในการพ่น 47
ภาพที่ 3.1 แผนผังกระบวนการผลิตการพ่นสีที่ใช้ในการศึกษา 55

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.2 ผังแสดงการไหลของการผลิตการพ่นสีที่ใช้ในการศึกษา 56
ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการทำความสะอาดด้วยระบบเคมี (Pretreatment) 56
ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเป่าน้ำ (Air Blow) และ Masking ใส่อุปกรณ์ปิดบังไม่ให้สีติด 57
ภาพที่ 3.5 รูปขั้นตอนการพ่นสี (Painting) 57
ภาพที่ 3.6 รูปขั้นตอนการ อบสี (Baking Oven) และการตรวจสอบฟิล์มสี 58
ภาพที่ 3.7 แสดงปริมาณของเสียเทียบกับปริมาณผลผลิตทั้งหมดในแผนกพ่นสี 58
ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณของเสียในช่วงเดือนมกราคม–ธันวาคม 2556 59
ภาพที่ 3.9 แสดงข้อมูลจำนวนของเสียแต่ละปัญหา 60
ภาพที่ 3.10 ภาพแสดงลักษณะปัญหางานพ่นสีเสีย 61
ภาพที่ 3.11 สรุปภาพรวมของงานพ่นสีเสียแต่ละประเภท 61
ภาพที่ 3.12 ภาพงานพ่นสีเสียปัญหาสีเดือด 62
ภาพที่ 4.1 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ปัญหาสีเดือด 64
ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด 69
ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าความความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด 73
ภาพที่ 4.4 กราฟแท่งแสดงการจัดเรียงลำดับความสำคัญข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด 74
ภาพที่ 4.5 Balance ลมจากห้องอบสีไม่ดีทำให้ลมร้อนเข้ามาในห้อง Setting 76
ภาพที่ 4.6 Hood ดูดความร้อนจุดปากทางเข้าห้องอบสี 77
ภาพที่ 4.7 ระบบ Air Supplyและ Exhaust Fan Hood 77
ภาพที่ 4.8 ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลมเพื่อสังเกตด้วยสายตา (visual Control) 78
ภาพที่ 4.9 ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน เพิ่ม Process Touch up 78
ภาพที่ 4.10 ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด 79
ภาพที่ 4.11 ใช้ลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน 79
ภาพที่ 4.12 ใช้เบนซินขาวซึ่งเป็นสารที่ระเหยเร็วเช็ดทำความสะอาดชิ้นงาน 80
ภาพที่ 4.13 การควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี 81
ภาพที่ 4.14 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง 83

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.15 แผนภาพพาเรโตสรุปงานเสียก่อนการปรับปรุง 84
ภาพที่ 4.16 แผนภาพพาเรโตสรุปงานเสียหลังการปรับปรุง..... 85
ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงร้อยละของของเสีย ปัญหาสีเดือดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง
และหลังการปรับปรุง 85
ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงร้อยละของของเสียงานพ่นสีเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง
และหลังการปรับปรุง 86

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคโลกาภิวัตน์ธุรกิจอุตสาหกรรมทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการแข่งขันกันเพิ่มมากขึ้นและแต่ละประเทศต่างมีการลงทุนในเทคโนโลยีหรือนำเข้าเทคโนโลยีเพื่อความได้เปรียบทางการค้าหรือลดต้นทุนในการผลิต สำหรับประเทศไทยที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ สูงตลอดเวลาหลาย ๆ ปี ในปี 2556 มีอัตราอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ร้อยละ 3.6 สำนักงานเศรษฐกิจการคลังคาดการณ์ว่าในปี 2557 จะขยายตัวที่ ร้อยละ 5.1 (สมชัย สัจจพงษ์)โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการเติมโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบันองค์กรทั้งหลายต่างพยายามพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา กระบวนการผลิตต้องอาศัยพนักงานที่มีความชำนาญในการทำงานสูงมุ่งเน้นการผลิตเพื่อสนองความต้องการของลูกค้าโดยการกำหนดและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต ให้มีความแปรปรวนน้อยที่สุด เพื่อควบคุมต้นทุน ต้องใช้ทั้งด้านทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อปรับกระบวนการผลิตให้ได้ปัจจัยหรือองค์ประกอบที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้อยู่ภายใต้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับอีกทั้งเป็นการเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน และเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กรมากขึ้น (เปมิกา สุวรรณมณี, 2548, น. 1) และใช้กลยุทธ์ทางธุรกิจเพื่อความอยู่รอดหลาย ๆ อย่าง เช่นการเพิ่มมูลค่าเพิ่ม การเพิ่มยอดขาย การลดต้นทุน การเพิ่มประสิทธิภาพ การลดของเสีย และอุตสาหกรรมผลิตพ่นสีชิ้นส่วนโลหะก็เป็นหนึ่งที่พบกับปัญหานี้เช่นเดียวกันโดยมีการเพิ่มมูลค่าเพิ่มของวัสดุ ให้มีมูลค่ามากขึ้นด้วยการเพิ่มความสวยงามและความคงทน ผ่านกระบวนการพ่นสี ทำให้ในปัจจุบันธุรกิจด้านการพ่นสีมีคู่แข่งขันมากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแข่งขันด้านราคา ซึ่งตัวชี้วัดความอยู่รอดมีหลายประการ เช่นผลตอบแทน กำไร ประสิทธิภาพ ปริมาณงานเสีย ความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งแนวคิดเพื่อใช้ศึกษาครั้งนี้ คือการลดของเสียจากกระบวนการผลิตในการพ่นสีโดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA)

บริษัทตัวอย่างที่ทำนำศึกษาคือ บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด (GPI) ตั้งอยู่เลขที่ 24 หมู่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองใหญ่ อ.องครักษ์ จ.นครนายก ประกอบธุรกิจผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์การเกษตร และ พ่นสีชิ้นส่วนอุปกรณ์ยานยนต์และอื่น ๆ เป็นหน่วยงานที่มีเครื่องจักรขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก กระบวนการผลิตประกอบไปด้วยการปั๊มชิ้นส่วน การเชื่อมและการพ่นสี ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมหนัก และกระบวนการผลิตมีหลายผลิตภัณฑ์ทีต่อเนื่องกัน

ตั้งแต่กระบวนการปั๊ม เชื่อม พ่นสี สำหรับกระบวนการพ่นสีดำเนินการล้างทำความสะอาดชิ้นงานและพ่นสีชิ้นงานให้มีคุณภาพและสวยงามตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด แต่ในปัจจุบันพบปัญหาดังนี้

1. มีจำนวนงานเสียในกระบวนการพ่นสีเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีหลายสาเหตุและหลายปัจจัย ทำให้ขั้นตอนการดำเนินการแก้ไข ไม่มีการการจัดลำดับการแก้ปัญหา

2. ในกระบวนการพ่นสีมีขั้นตอนหลายขั้นตอนที่มีโอกาสทำให้เกิดงานเสีย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้สายพานลำเลียง (Conveyor) ทุกขั้นตอนต้องทำงานให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนดเท่านั้น

3. จากจำนวนงานเสียที่มาก ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม เช่น ค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า ค่าแรง ค่าเสียโอกาส เพื่อนำงานซ่อมแก้ไข การควบคุมงานเสียในอุตสาหกรรมพ่นสีเหล็ก โดยทั่วไปยอมรับที่ประมาณร้อยละ 5 เนื่องจากในอุตสาหกรรมพ่นสีมีการเสนอราคาที่ตั้งกำไรไว้ที่ร้อยละ 15 ของต้นทุน การที่จะให้มีกำไรมากที่สุดคือไม่มีของเสียเลย จากการเก็บข้อมูลของโรงงานในช่วงเวลาเดือนมกราคม-ธันวาคม 2556 มีของเสียเฉลี่ยต่อเดือนประมาณร้อยละ 22 ทำให้องค์กรอยู่ในภาวะที่ขาดทุน ดังนั้นควรทำการปรับปรุงเพื่อลดจำนวนงานเสียให้น้อยกว่าปัจจุบัน ซึ่งการปรับปรุงจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายนำไปสู่การเพิ่มกำไรขององค์กรและสามารถอยู่รอดในการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการพ่นสีในกระบวนการผลิต พ่นสีเหล็ก

1.2.2 เพื่อศึกษาสาเหตุปัญหาของเสีย ทางด้านสีเดือดในกระบวนการพ่นสีเหล็ก

1.2.3 เพื่อลดงานเสียจากปัญหาสีเดือด ในกระบวนการพ่นสีเหล็ก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้พื้นที่ศึกษา คือบริษัทโกลด์ เพรส อินดัสตรี จำกัด ประกอบธุรกิจประเภทผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรกลการเกษตรและชิ้นส่วนรถยนต์ โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยลดของเสียในการพ่นสี โดยกำหนดขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

- เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนธันวาคม 2556 จากใบบันทึกผลผลิตเพื่อรวบรวมข้อมูล ชนิดของเสียและจำนวนงานเสีย : ข้อมูลปัจจุบันก่อนการปรับปรุงพร้อมสำรวจสภาพปัจจุบัน สภาพเครื่องจักร สภาพงาน สภาพพนักงาน

- เดือนมกราคม 2557 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามทฤษฎีโดยใช้หลักการพาเรโต ผังแสดงเหตุและผล ใบวิเคราะห์ FMEA

- สรุปผลการวิจัยเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2557 ทำวิเคราะห์สาเหตุและปัญหาพร้อมกำหนดแนวทางแก้ไขปรับปรุง

- ดำเนินการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาในเดือนมีนาคม - กันยายน 2557

- สรุปผลการดำเนินงานและการวิจัย เดือนตุลาคม 2557

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ปี 2556	ปี 2557			
	ม.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.	ก.ค.-ก.ย.	ต.ค.-ธ.ค.
1.สำรวจสภาพปัจจุบัน	← →				
2.ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	← →				
3.เก็บรวบรวมข้อมูล	← →				
4.ทำการวิเคราะห์สาเหตุและปัญหา	← →				
5.การกำหนดแนวทางดำเนินแก้ไขปรับปรุง	← →				
6.ดำเนินกิจกรรมแก้ไขปรับปรุง	← →				
7.สรุปผลการวิจัย	← →				
8.จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	← →				

ภาพที่ 1.1 แสดง Gantt Chart ของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.4 คำกำจัดความในการวิจัย

สี (Paint) หมายถึง ของเหลวที่ไหลไปเคลือบบนผิววัสดุแล้วเกิดเป็นแผ่นฟิล์มขึ้น โดยการเปลี่ยนสภาพจากของเหลว (Liquid) ไปเป็นฟิล์มแข็ง (Solid Film) มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันสนิม ป้องกันสารเคมี ป้องกันความชื้น การทนต่อแสงแดด และเปลี่ยนแปลงสภาพผิวให้มีรูปลักษณะตามที่ต้องการ เช่นมีสีสัน มีความเงา มีความสวยงาม

สารทำละลาย (Solvent) หมายถึงของเหลวที่นำมาผสมกับ สีเพื่อให้ง่ายในการพ่นสีในอุตสาหกรรมพ่นสีเหล็กใช้ Thinner มีหน้าที่ช่วยปรับความหนืด เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิต หรือการใช้งาน เนื่องจากเนื้อสี และสารที่ประกอบส่วนใหญ่จะมีความหนืดค่อนข้างสูง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีตัวทำละลาย เข้าไปทำให้มันละลายและรวมตัวเข้าด้วยกันได้ดี แต่ตัวทำละลายนี้ จะระเหยออกไปหมด เมื่อสีแห้งตัว

สารปรับปรุงคุณสมบัติของสี (Additive) เป็นสารที่เติมลงไปในสี เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ ของสีที่ไม่มี ในสารที่ประกอบ เช่น การทำให้สีไหลตัวดีขึ้น หรือแห้งเร็วขึ้น ป้องกันการเกิดปัญหาสีเดือด สีไหล

การชุบเคลือบสีพื้นด้วยกระแสไฟฟ้า (Electro Deposition Primer หรือ E.D.P.) หมายถึง การชุบเคลือบผิวโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า เช่นการชุบนิเกิล เป็นต้น สีชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพในการเคลือบสูง สามารถให้ความหนาของฟิล์มสีได้สม่ำเสมอทั่วถึงกันหมด ส่งผลให้การป้องกันไม่ให้เกิดสนิมได้เป็นอย่างดีเยี่ยม

การนำชิ้นงานเข้ากระบวนการผลิต (Loading) หมายถึง การแขวนชิ้นงานเข้ากับชุดแขวน (Jig) เพื่อนำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนเตรียมผิวและพ่นสี

การเตรียมผิวชิ้นงาน (Pretreatment) หมายถึงกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานเพื่อขจัดคราบไขมัน สนิม และฝุ่นสกปรก โดยการนำชิ้นงานแขวนกับโซ่ลำเลียง (Conveyor) ผ่านบ่อล้างที่มีปั๊มระบบแบบฉีดสเปรย์หรือแบบจุ่ม ด้วยน้ำและสารเคมี

การเป่าน้ำออกจากชิ้นงาน (Air Blow) หมายถึง การใช้ลมเป่าหรือดูดน้ำที่ติดกับชิ้นงาน เนื่องจากงานที่ผ่านกระบวนการเตรียมผิวจะมีน้ำและสารเคมีตกค้าง

การอบน้ำ (Dry Off Oven) หมายถึงกระบวนการอบผิวชิ้นงานให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 10-25 นาที โดยนำชิ้นงานที่มีโซ่ลำเลียงผ่านเตาอบ

Masking หมายถึงใส่อุปกรณ์ปิดบังไม่ให้สีติดเนื่องจากชิ้นส่วนมีการระบุต้องสัมผัสหรือชิ้นส่วนที่มีเกลียว

ห้องพ่นสี (Spray Booth) คือห้องที่ใช้ปฏิบัติงานพ่นสี ที่มีการออกแบบพิเศษสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นสี ให้ได้ฟิล์มที่มีความเรียบปราศจากฝุ่นละอองหรือละอองสีที่ตกลงบนฟิล์มสีขณะที่ยังเปียกอยู่ และป้องกันละอองที่จะถูกดูดออกไปสู้บรรยากาศข้างนอกระบบการทำงานจะมีลมจ่ายเข้าไปในห้องพ่นผ่านจากเพดานห้อง โดยผ่านกรองอากาศให้สะอาดปราศจากฝุ่นสกปรก ปกติแล้วถูกดูดออกข้าง ๆ ผนังห้อง ละอองสีจะตกลงในน้ำ ซึ่งอยู่ข้างใต้ห้อง ส่วนอากาศที่อาจมีละอองสีติดไปด้วย แล้วถูกดูดผ่านตะแกรงกั้นพร้อมกับมีหัวฉีดน้ำ ฉีดให้ละอองสีกลับตกลงมาข้างใต้ห้อง ดังนั้น อากาศที่ปราศจากละอองสีจึงถูกดูดออกไปสู่บรรยากาศข้างนอก

ปืนพ่นสี (Spray Gun) เป็นอุปกรณ์นำสีที่เป็นของเหลวผ่านลมอัดให้สีแตกตัวเป็นละอองพุ่งเข้าสู่ชิ้นงานโดยชุดปืนพ่นสีจะมีปุ่มไกกดเพื่อพ่นสีและปุ่มปรับขนาดของแถบสี

เตาอบสี (Baking Oven) เป็นกระบวนการอบสีหลังจากผ่านการพ่น การออกแบบเตาให้สามารถป้องกันฝุ่นสกปรกมาเกาะบนผิวสีขณะที่ยังเปียกอยู่ จนกระทั่งผิวสีเริ่มแห้งจนฝุ่นเกาะ

ไม่ติด สีจะแห้งเป็นฟิล์มสีสมบูรณ์ โดยอาศัยความร้อนใช้เวลาในการอบ โดยวัดอุณหภูมิที่ตัวชิ้นงานควรจะประมาณ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที จึงจะแห้งเป็นฟิล์มสมบูรณ์

การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Check) หมายถึงกระบวนการตรวจสอบฟิล์มสีได้ตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

การระเหย (Solvent Evaporation) หมายถึงการเกิดฟิล์มแข็งเมื่อสารที่ผสมหรือสารละลายที่ผสมในเนื้อสี ระเหยออกเองตามปกติหรือถ้าต้องการการระเหยแบบรวดเร็วต้องใช้ความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยาเพื่อลดเวลาในกระบวนการ

การเกิดปฏิกิริยา (Oxidation) การแห้งตัวของฟิล์มสีโดยใช้สารช่วยเร่งทำปฏิกิริยากับเนื้อสีทำให้ฟิล์มสีสามารถแข็งตัวโดยไม่ใช้ความร้อน

สีเดือด (Crater) คือ ลักษณะฟิล์มสีมีรอยจุดคล้ายฟองอากาศที่ดันฟิล์มสีให้นูนออกมา โดยสามารถตรวจพบได้ในกรณีชิ้นงานผ่านการอบสีที่อุณหภูมิสูงแล้วเท่านั้น

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีจุดประสงค์เพื่อรับรู้และประเมินผลของข้อบกพร่อง ของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการหนึ่งและผลกระทบ จากข้อบกพร่องดังกล่าวและเป็นการบ่งชี้ถึงการทำงานที่สามารถลดโอกาสการเกิดของเสีย

SOP (Standard Operation Procedure) คือ เอกสารมาตรฐานหรือเอกสารคู่มือในการปฏิบัติงาน ที่พนักงานต้องปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอน เป็นเอกสารที่ติดไว้จุดปฏิบัติงาน

Setting Roomหมายถึง ตู้หรือห้องที่มีระบบระบายอากาศจ่ายเข้าและออกเพื่อต้องการควบคุมให้สารละลายระเหยออกจากเนื้อสีเองตามปกติ

Process Touch up หมายถึงการใช้ปืนลมที่มีขนาดเล็กพ่นเฉพาะซอกและมุมแคบให้ทั่วก่อน Process พ่นสีรองพื้นหรือสีจริง

Check Sheet หมายถึง เอกสารบันทึกควบคุมด้านคุณภาพเพื่อควบคุมและตรวจสอบกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการเกิดของเสียหรือเกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่มีผลต่อของเสีย ปัญหาสีเดือดในกระบวนการพ่นสีเหล็ก ทำให้สามารถลดสัดส่วนปัญหาคุณภาพงานสีเดือด

1.5.2 ได้แนวทางเพื่อประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีเหล็กที่มีปัญหาจากการพ่นสีสาเหตุอื่น ๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 ทำให้มีการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลง

1.5.4 เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้กับบริษัทที่ใช้ในกรณีศึกษา เพื่อผู้ที่สนใจทั่วไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาปัญหาในกระบวนการพ่นสีของบริษัท โกลด์ เพรส พบว่ามีของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสี เป็นจำนวนมากทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทางด้านพลังงานและทรัพยากรในการแก้ไขงานสาเหตุมาจากวิธีการพ่นสีที่ไม่ได้มาตรฐาน เครื่องจักรอุปกรณ์ขาดการบำรุงรักษา ซึ่งเป็นปัญหาที่คนส่วนใหญ่มักจะมองข้ามไป ดังนั้นการกำหนดเงื่อนไขที่ถูกต้องในการพ่นสี จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาและนำหลักวิชาการต่าง ๆ ดังกล่าวเหล่านี้มาใช้ในงานวิจัยโดยแบ่งสาระสำคัญตามลำดับดังนี้

2.1 แนวคิดการวิเคราะห์ปัญหา

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ

2.3 ความรู้ในงานพ่นสี

2.4 หลักการพ่นสี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการวิเคราะห์ปัญหา

แนวคิดการวิเคราะห์จำเป็นต้องเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตมาทำการวิเคราะห์และแปลความหมายเพื่อให้รู้ถึงสภาพการผลิตและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้แต่ก่อนการเก็บข้อมูลจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ให้แน่ชัดว่าต้องการเก็บข้อมูลเพื่ออะไรเพราะการทราบวัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูลจะทำให้เลือกเครื่องมือทางสถิติที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายและถูกต้องโดยเครื่องมือทางสถิติที่สำคัญที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย แผนภาพพาเรโต ผังแสดงเหตุและผลหรือ อิชิกาว่าไดอะแกรม ใบตรวจสอบ, FMEA และ PCA โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภาพพาเรโตคือ ผังหรือแผนภูมิหรือกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหรือขนาดหรือความถี่ในการตรวจพบปัญหาหรือหน่วยวัดหรือลักษณะจำเพาะควบคุมใด ๆ ที่มีการจำแนกประเภทออกจากกันและเขียนต่อกันโดยเรียงลำดับตามความสำคัญ (คะทซึยะ, 2546, น. 155) ได้อธิบายว่าเป็นเครื่องมือทางสถิติอีกตัวหนึ่งที่ใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงรายการ/จำนวนประเภทหรือชนิดต่าง ๆ ของเหตุการณ์หรือสถานการณ์อันพึงประสงค์ต่าง ๆ พร้อมกับระบุขนาดของความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่นำเสนอนั้นโดยแผนภาพดังกล่าวจะอาศัยหลักการพาเรโตที่ระบุไว้ถึง “สิ่งที่มี

ความสำคัญมากจำนวนเล็กน้อย (The Vital Few) และสิ่งที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจำนวนมากมาย (The Trivial Many)”

คมวิทย์ มีชิตสม (2554, น. 36) อธิบายว่า การสร้างแผนภาพพาเรโตมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

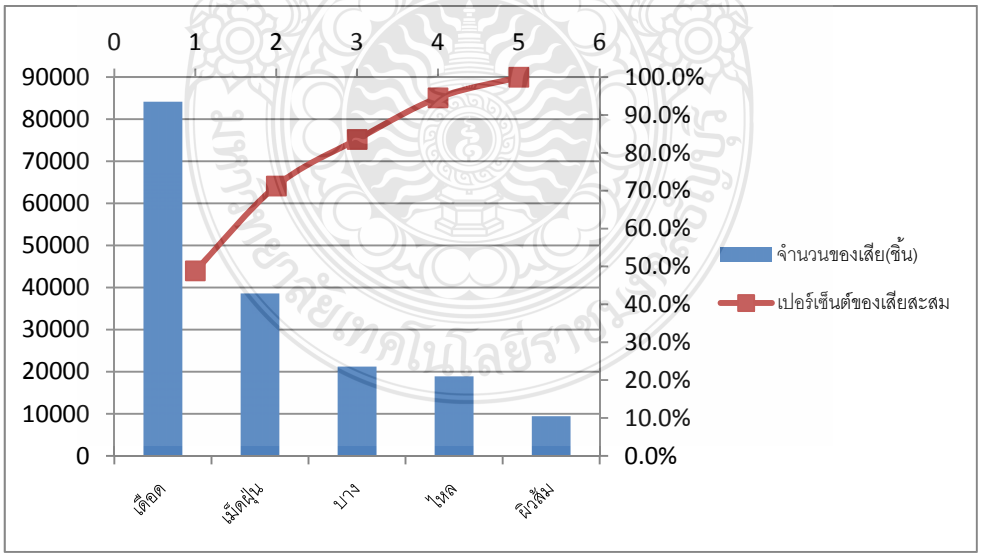
1. บ่งชี้ลักษณะสมบัติของกระบวนการที่จะใช้ในการสร้างแผนภาพซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของปัญหาที่ต้องการตัดสินใจ

2. กำหนดช่วงเวลาที่จะใช้เก็บรวบรวมข้อมูลและกำหนดช่วงเวลาควรเป็นไปหลังจากศึกษาธรรมชาติของปัญหาอย่างดีแล้วเนื่องจากในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไขปัญหาด้วยแผนภาพพาเรโตนั้นมีความจำเป็นจะต้องทำการเปรียบเทียบภายใต้ช่วงเวลาที่เท่ากัน

3. ทำการกำหนดสเกล x และ y สำหรับการเขียนกราฟโดยปกติแล้วสเกลของ y หมายถึงผลอันได้แก่ค่าที่ใช้วัดปัญหาสำหรับสเกล x หมายถึงการจำแนกสาเหตุหรือผล

4. ทำการลากกราฟแท่งและกราฟสะสมโดยต้องให้แท่ง “อื่น ๆ” อยู่ท้ายสุดมีข้อแนะนำว่าการเขียนแผนภาพพาเรโตควรให้มีกราฟแท่งที่ใช้จำแนกประเภทประมาณ 6-10 แท่งเท่านั้นและแท่งอื่น ๆ” ควรมีความสำคัญไม่เกิน 20% ของทั้งหมด

5. ทำการประยุกต์หลักการของพาเรโตกับแผนภาพดังกล่าวหากพบว่ากราฟดังกล่าวมิได้เป็นไปตามหลักการพาเรโตมีความจำเป็นต้องทำการทบทวนด้วยการเก็บข้อมูลใหม่และพิจารณาตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วอีกครั้ง



ภาพที่ 2.1 แผนภาพพาเรโตสรุปงานเสีย

ภาพที่ 2.1 แสดงแผนภาพพาเรโตสรุปงานพ่นสีเสียของบริษัทโกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด โดยมีช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนธันวาคม 2556 โดยกำหนดให้แกน X เป็นสาเหตุของเสียเป็นกราฟแท่งดังในภาพมีสาเหตุงานเสีย เช่น สีเดือด เม็ดฝุ่น สีบาง สีไหล ผิวส้ม และแกน Y เป็นจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นพร้อมมีกราฟเส้นสะสมเป็นเปอร์เซ็นต์

2.1.2 ผังแสดงเหตุและผลหรือ อิชิกา ว่าไดอะแกรม (Cause and Effect Diagram)

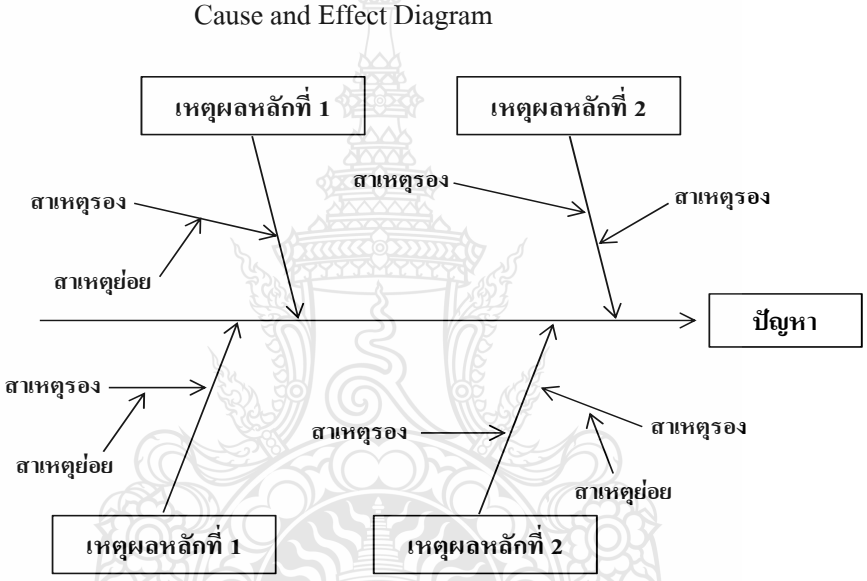
ผังแสดงเหตุและผลคือผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (มาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard : JIS)) ผังแสดงเหตุและผลเป็นแผนภาพที่มีประโยชน์อย่างมากในการนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล สำหรับปัญหาที่พิจารณาได้รับการพัฒนาครั้งแรกโดยศาสตราจารย์คาโอรุอิชิกาว่า (Kaoru Ishikawa) จากแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการสามารถแยกเป็นสาเหตุหลัก ๆ ได้ 4 ประการคือ คน เครื่องจักร วิธีการ และวัตถุดิบ ผังนี้จะแสดงความคิดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ที่รวบรวมมาเนื่องจากผังนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายก้างปลาอาจเรียกว่าผังก้างปลา (นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอื่น ๆ อีกเช่นผังรากไม้ (Tree-root Diagram), ผังต้นไม้ (Tree diagram), หรือผังลำน้ำ (River Diagram) ตลอดจนผังอิชิกาว่าไดอะแกรม (Ishikawa Diagram) เพื่อเป็นเกียรติแก่ Kaoru Ishikawa ผู้นำเอาผังชนิดนี้มาใช้

ยุทธชัย รักษ์ยศ (2548, น. 70) อธิบายว่า ผังนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือส่วนโครงกระดูกที่เป็นตัวปลาซึ่งได้รวบรวมปัจจัยอันเป็นสาเหตุของปัญหาและส่วนหัวปลาที่เป็นข้อสรุปของสาเหตุที่กลายเป็นตัวปัญหานอกจากจะสามารถใช้ได้ทั้งการนำเสนอข้อมูลในรูปความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลแล้วยังสามารถใช้กับกิจกรรมการแก้ปัญหาแบบกลุ่มในการจัดลำดับและความสัมพันธ์ของสาเหตุปัญหาในรูปของสมมติฐานของสาเหตุที่ได้มาจากการระดมสมองดังแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งแสดงในการสร้างผังเหตุและผลมีวิธีการดังนี้

1. เลือกคุณลักษณะที่เป็นปัญหามา1อย่างเขียนทางกรอบขวามือ
2. เขียนสาเหตุหลักเติมลงบนเส้นกระดูกทั้งด้านบนและด้านล่าง
3. เขียนสาเหตุรองของแต่ละสาเหตุหลัก
4. เขียนสาเหตุย่อยของสาเหตุรองนั้น

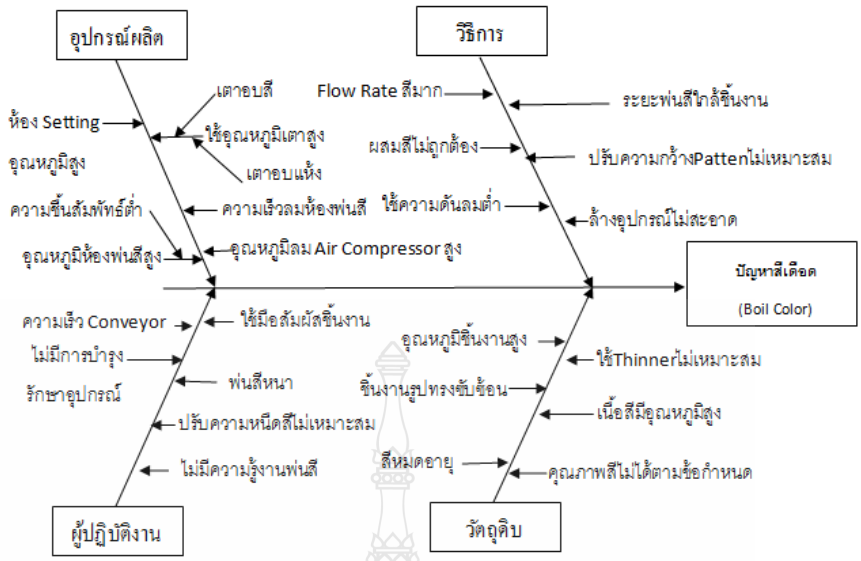
แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในการวิเคราะห์ความผันแปร เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของปัญหาแล้วทำการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริงสำหรับการแก้ไขต่อไป เมื่อทำการศึกษากระบวนการ โดยครบถ้วนแล้วจึงพอที่จะทำให้ทราบว่าตัวแปรที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้างและมีความจำเป็นต้องทำการระดม

สมอง เพื่อทำการค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด ในขั้นตอนการระดมสมองนั้นจะให้ผู้ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการผลิตเสนอความคิดเห็น โดยที่ผู้ร่วมแสดงความคิดเห็นนั้นจะเป็น วิศวกร หัวหน้างาน และผู้ชำนาญการปฏิบัติงาน ซึ่งมีความรู้ในกระบวนการที่ทำการศึกษา ซึ่งในการเสนอความคิดเห็นนี้จะไม่จำกัดปริมาณ และคุณภาพของความคิดเห็น เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา สุดท้ายก็จะนำความคิดเห็นที่ได้มาจัดเป็นหมวดหมู่ด้วยแผนภาพสาเหตุและผล โดยจำแนกตามกระบวนการผลิต 4M คือ กระบวนการ Man, Material, Method, Machine ของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์โดยมีสาเหตุหลัก คือ 4M และสาเหตุย่อย ๆ ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการระดมสมองนี้สามารถสรุปเป็นแผนภาพสาเหตุและผลได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ผังแสดงเหตุและผล

ผังแสดงเหตุและผล หรือ CE Diagrams หรือที่เรียกกันว่าผังก้างปลาเป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยเส้นตรงหลายลักษณะที่ประกอบกันแล้วมีรูปร่างคล้ายก้างปลา โดยส่วนโครงกระดูกที่เป็นตัวปลาจะบ่งบอกถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาและส่วนหัวปลาจะบ่งบอกข้อสรุปหรือผลของสาเหตุเพื่อผูกความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างต้นเหตุและผลของต้นเหตุเหล่านั้น ผังก้างปลานี้เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ หาสาเหตุหรือต้นตอของปัญหาซึ่งจะทำให้สามารถค้นหาแยกแยะสาเหตุหลักและสาเหตุรองอย่างเป็นระบบ โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพมักจะมาจากสาเหตุหลัก ๆ คือ วัตถุดิบ เครื่องจักรอุปกรณ์ วิธีการทำงานและคน ซึ่งสาเหตุเหล่านี้จะถูกนำมาเขียนเป็นองค์ประกอบหลักของผังก้างปลานี้



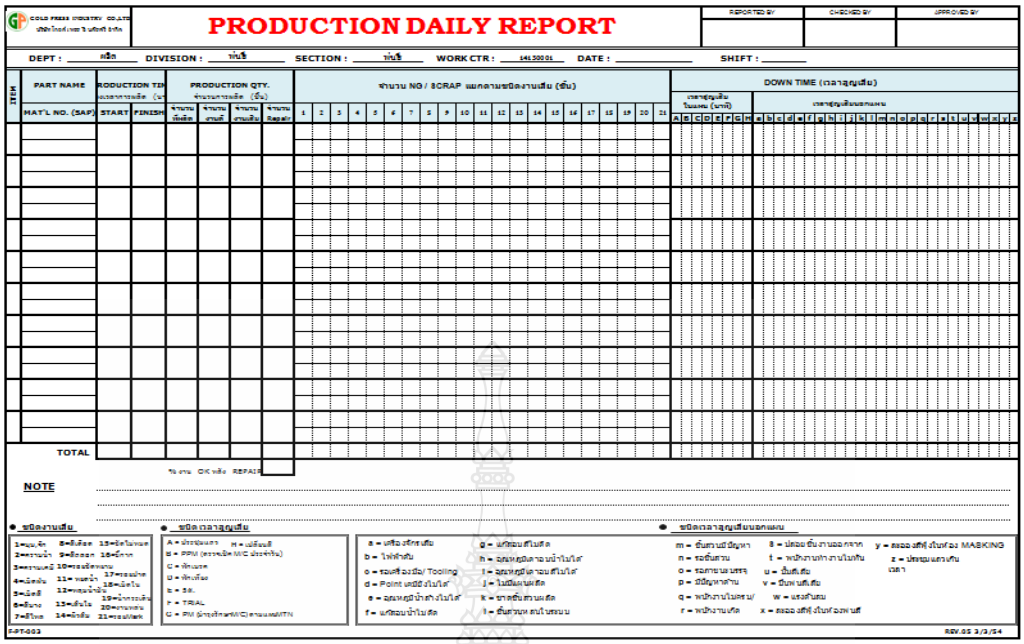
ภาพที่ 2.3 ผังแสดงเหตุและผลของปัญหาสีเดือด

การสร้างแผนภูมิก้างปลามักจะสร้างหลังแผนภูมิพาเรโตคือเมื่อวิเคราะห์จากแผนภูมิพาเรโตแล้วว่าจะเลือกแก้ไขข้อบกพร่องใด จะนำข้อบกพร่องที่เลือกแก้ไขมาเป็นปัญหาในแผนภูมิก้างปลาแล้วระดมความคิดจากบุคคลหลาย ๆ คนที่เกี่ยวข้องเพื่อแยกแยะสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่ทำให้เกิดปัญหาเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุดประโยชน์อีกประการหนึ่งของสาเหตุรอง สาเหตุย่อย แผนภูมิก้างปลานอกจากจะใช้ในการแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ ในปัญหาของผลิตภัณฑ์หรือการให้บริการแล้วยังใช้ในการแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาทั่ว ๆ ไปได้อีกด้วย

2.1.3 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

เป็นแบบฟอร์มที่ออกแบบมาเพื่อใช้เก็บข้อมูลโดยการบันทึกหรือทำเครื่องหมายลงในช่องที่จัดไว้ให้เท่านั้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาแปลผลหรือทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการเก็บ เช่น

- ข้อมูลจำนวนครั้งหรือจำนวนชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ
- จุดบกพร่อง ตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่อง
- สาเหตุของการเกิดของเสีย วันที่เกิดของเสีย
- แผนกที่เกิดของเสีย



ภาพที่ 2.4 ใบ Check Sheet

ภาพที่ 2.4 แสดงใบตรวจสอบของการสั่งผลิตและบันทึกผลผลิตการผลิตประจำวันของแผนกพ่นสีบริษัท โกล์ด เพรส อินดัสทรี จำกัด เพื่อจัดเก็บข้อมูลประจำวัน ประกอบด้วย วันที่ผลิต ชื่อชิ้นงาน หมายเลขชิ้นงาน จำนวนผลิต ผลผลิตงานดี ผลผลิตงานเสียและสาเหตุงานเสีย

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ

(Failure Mode and Effect Analysis)

Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้ และการขจัดปัญหา ความล้มเหลว และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงาน ของการออกแบบกระบวนการ และการบริการก่อนที่จะถึงมือลูกค้า มีจุดประสงค์เพื่อรับรู้และประเมินผลของข้อบกพร่อง ของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการหนึ่งและผลกระทบ จากข้อบกพร่องดังกล่าวและเป็นการบ่งชี้ถึงการทำงานที่สามารถลดโอกาสการเกิดของเสีย

ประเภทของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

1. ในงานระบบการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในงานระบบใช้ในการวิเคราะห์ระบบและระบบย่อยต่าง ๆ ในขั้นตอนการออกแบบแนวคิด (Concept Design) โดย FMEA ในงานระบบจะเน้นที่การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องแนวโน้มที่เกิดกับการทำงาน (Function) ของระบบเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของระบบทั้งนี้จะครอบคลุมถึงการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบด้วย

2. ในการออกแบบการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในการออกแบบใช้ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบได้ก่อน ให้ฝ่ายผลิตดำเนินการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่องอันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของการออกแบบ

3. ในกระบวนการผลิตการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในกระบวนการผลิตใช้ในการวิเคราะห์การผลิตกระบวนการประกอบ โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่องอันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและการประกอบ

4. ในงานบริการ.การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในงานบริการใช้ในการวิเคราะห์ถึงกระบวนการบริการก่อนที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่อง ความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อน อันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของระบบกระบวนการ

สุวิมล จันทร์แก้วและธรรมมา เจียรธราวานิช (2550) อธิบายถึง ประโยชน์ของการจัดทำ FMEA 5 ข้อดังต่อไปนี้

1. นำปัญหา/ข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องหรือเกิดขึ้นในอดีตมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างที่ทำการออกแบบหรือการผลิต

2. รู้จักและประเมินปัญหา/ข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นในการออกแบบและกระบวนการผลิต

3. ใช้แสดงสาเหตุหรือกลไกของปัญหา/ข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้น

4. เป็นการสร้างระบบ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงในการออกแบบกระบวนการผลิต

5. เป็นระบบป้องกันที่สร้างขึ้นเพื่อการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2539) อธิบายว่าการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลของข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ที่ใช้ในการนิยามบ่งชี้สาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแล้ว (Activate Cause) และมีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น (Potential Cause) โดยข้อบกพร่องดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของปัญหา การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ที่ดีชี้บ่งถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและมีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นชี้บ่งถึงสาเหตุและผลของแต่ละข้อบกพร่องจัดลำดับความสำคัญและชี้บ่งถึงข้อบกพร่องตามตัวเลขกำหนดก่อนหลังความเสียง (Risk Priority Number-RPN) ซึ่งพิจารณาจากความถี่ในการเกิดความรุนแรงและแนวโน้มที่ข้อบกพร่องจะเกิดกับลูกค้ากำหนดถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาและการแก้ไข ลักษณะสำคัญ 3 ประการของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

1. จะต้องมีการแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของความล้มเหลว ปัญหา และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นแล้ว จากระบบงาน การออกแบบ การผลิตและการบริการอย่างชัดเจนและมีการประเมินผล

2. จะต้องมีการบ่งชี้การกระทำ สำหรับการลด หรือขจัดโอกาสของความล้มเหลว ปัญหาและความผิดพลาดนั้น ๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก

3. จะต้องมีการบันทึกลงในแบบฟอร์มมาตรฐาน

ขั้นตอนการทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) กระบวนการสำหรับดำเนินการ FMEA ให้ประสบผลสำเร็จสามารถแบ่งแยกได้เป็นขั้นตอนการทำ FMEA ได้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดแผนผังการดำเนินงาน (Process Flow) เช่น การออกแบบ การบริการ การลิต

2. กำหนดหน้าที่ของผลิตภัณฑ์

3. วิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) ที่อาจจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์

4. หาสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (Cause of Failure Mode)

5. พิจารณาว่าลูกค้าจะรู้ได้อย่างไรถ้าเกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์

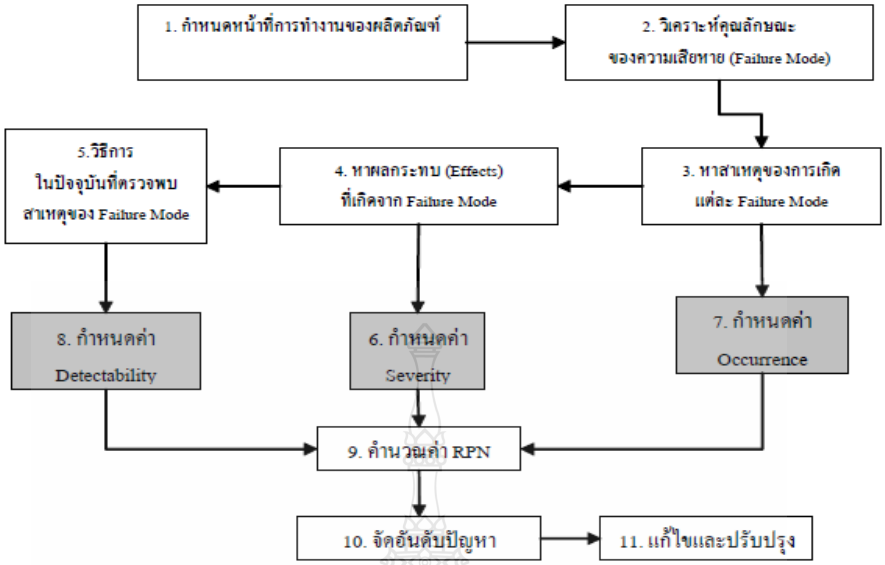
6. กำหนดระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (S=Severity)

7. พิจารณาถึงความถี่ของสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (O=Occurrence of Cause of Failure Mode)

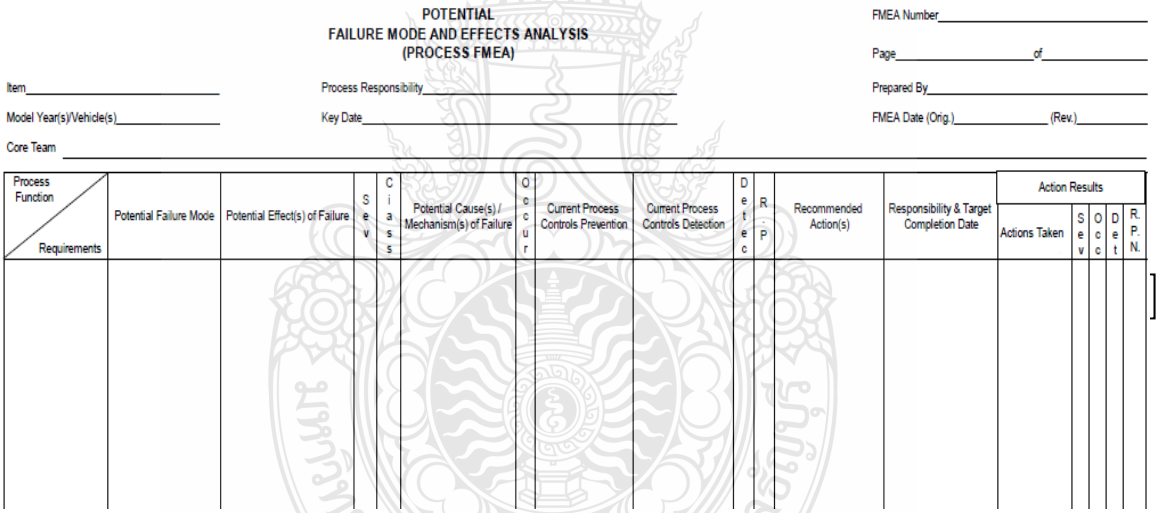
8. พิจารณาวิธีการในปัจจุบันที่ทำการตรวจสอบการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (D= Detect ability of Cause of Failure Mode)

9. คำนวณค่า Risk Priority Number (RPN) = S x O x D

10. จัดอันดับปัญหาว่าปัญหาใดมีค่า RPN สูงไปหาต่ำและดำเนินการแก้ไข



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพโดย FMEA (สมภพ ตลับแก้ว)



POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number_____
Page_____ of_____
Item_____
Process Responsibility_____
Prepared By_____
Model Year(s)/Vehicle(s)_____
Key Date_____
FMEA Date (Orig.)_____ (Rev.)_____
Core Team _____

Process Function / Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Class	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detec	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results				
													Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.

ภาพที่ 2.6 แบบฟอร์มมาตรฐานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA

วิธีการบันทึกข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1. หัวข้อ/หน้าที่การใช้งาน ให้ใส่ชื่อและสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องอื่น ๆ ของหัวข้อที่ต้องการจะวิเคราะห์ โดยให้ใส่ชื่อรวมถึงระดับของการออกแบบที่การระบุไว้ตาม Drawing ทางวิศวกรรม จากนั้นให้ระบุถึงหน้าที่การใช้งานของหัวข้อดังกล่าว โดยหน้าที่การงานอาจจะแสดงในรูปของผลที่ได้ หรือหน้าที่ทางกลหน้าที่ทางไฟฟ้าก็ได้

2. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง หมายถึง ลักษณะทางกายภาพที่ระบบ ระบบย่อย ตลอดจนชิ้นส่วนประกอบไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยลักษณะของข้อบกพร่องของ

ระบบหนึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องของอีกระบบหนึ่งที่สูงกว่าได้และอาจจะเป็นผลกระทบจากระบบหนึ่งที่ต่ำกว่าก็ได้

ในการประเมินลักษณะข้อบกพร่องของหัวข้อที่ทำการวิเคราะห์ จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับหน้าที่ใช้งานที่ระบุ ภายใต้ข้อสมมุติที่ว่าลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้แต่ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเสมอไป และการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง การระงับการส่งสินค้า การปฏิบัติการแก้ไข การทดสอบความไว้วางใจ ตลอดจนบันทึกการแก้ไขของแบบที่มีความใกล้เคียงกัน โดยผ่านการระดมสมองจากคณะทำงาน นอกจากนี้แล้วก็อาจจะพิจารณาจากลักษณะที่จะเกิดขึ้น ถ้าหน้าที่การใช้งานมิได้เป็นไปตามที่กำหนด

นอกจากนี้แล้วควรอธิบายถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องในลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะทางเทคนิค ที่ไม่จำเป็นลักษณะอาการที่สามารถรับรู้หรือสังเกตได้ด้วยลูกค้า เช่น รอยรั่ว การโค้ง การเสีย คับไป/หลวมไป วงจรเปิด/ปิด ปนเปื้อน มีรอยร้าว เป็นต้น

3. แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องในช่องนี้ของแบบฟอร์ม ให้แสดงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่หมายถึง ผลจากข้อบกพร่องของหน้าที่ที่กระทบต่อลูกค้า โดยผลกระทบนี้เป็นสิ่งที่ลูกค้าพบได้ง่าย และลูกค้าที่กล่าวถึงนี้จะหมายถึงกระบวนการถัดไปเรื่อยไปจนถึงลูกค้าที่เป็นผู้ใช้คนสุดท้าย

โดยทั่วไปแล้วอาจจะจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องตามระดับที่เกิดออกเป็น 3 ระดับ ด้วยกันดังนี้

- ผลกระทบที่จุดเกิดเหตุ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ชิ้นงานหรือระบบที่กำลังพิจารณา
- ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป หมายถึง ผลกระทบที่มีต่อระดับถัดไปที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างตามการกำหนดรายการวัสดุ
- ผลกระทบต่อผู้ใช้ หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตได้ง่าย

4. ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S) ในช่องนี้ของแบบฟอร์มการวิเคราะห์จะกำหนดถึงลำดับของความรุนแรงของผลกระทบ โดยลำดับของความรุนแรงจะอยู่ภายใต้ขอบเขตของ FMEA แต่ละกรณีที่วิเคราะห์ และการลดความรุนแรงนี้จะกระทำได้ด้วยการเปลี่ยนแบบหรือเปลี่ยนเงื่อนไขในการใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างนี้เท่านั้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: S)

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ	ลำดับ
อันตรายที่เกิดขึ้นโดยปราศจากการเตือน	เมื่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกระทบกับความปลอดภัยของพนักงานโดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายที่เกิดขึ้นโดยมีการเตือน	เมื่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกระทบกับความปลอดภัยของพนักงานโดยมีการเตือน	9
สูงมาก	เครื่องมือ/เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ : เสียในส่วนหรือหน่วยงานที่สำคัญที่สุด	8
สูง	เครื่องมือ/เครื่องจักรทำงานได้:แต่ผลงานลดลงไปเยอะมาก	7
ปานกลาง	เครื่องมือ/เครื่องจักรทำงานได้:แต่ผลงานลดลงไปปานกลาง	6
ต่ำ	เครื่องมือ/เครื่องจักรทำงานได้:แต่ผลงานลดลงไปเล็กน้อย	5
ต่ำมาก	เครื่องมือ/เครื่องจักรทำงานได้:แต่ส่วนมากพบปัญหาที่ลูกค้า	4
กระทบทางอ้อม	เครื่องมือ/เครื่องจักรทำงานได้:แต่ส่วนมากพบปัญหาที่ลูกค้าปานกลาง	3
กระทบทางอ้อมมาก ๆ	เครื่องมือ/เครื่องจักรทำงานไม่พบปัญหาที่ลูกค้าร้องเรียน	2
ไม่มีผลกระทบ	เกือบไม่มีผลกระทบ	1

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551, น. 25)

5. การจำแนกประเภท ช่องนี้อาจจะได้รับการใช้ในการจำแนกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษ (เช่น คุณลักษณะวิกฤต สำคัญมาก สำคัญ มีนัยสำคัญ) สำหรับชิ้นส่วนประกอบระดับย่อย หรือระบบที่อาจจะต้องการออกแบบหรือการควบคุมกระบวนการที่เพิ่มเติม

6. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่อง ในช่องนี้ของการวิเคราะห์จะระบุถึงแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องที่บ่งชี้ถึงจุดอ่อนของแบบที่ออกแบบไว้ในการกำหนดแนวโน้มของสามเหตุของข้อบกพร่องจะต้องมีความสอดคล้องกับแนวความคิดในการออกแบบและจะต้องการกำหนดถึงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องให้กับแต่ลักษณะของข้อบกพร่อง โดยสาเหตุอาจจะมาจากหลายประการที่ด้วยกันแต่ควรให้ความสนใจต่อสาเหตุที่มีความสำคัญที่สุด

การอธิบายถึงสาเหตุของข้อบกพร่องจะต้องแสดงถึงกลไกของการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เช่นความไม่คงที่ของวัสดุ สึกหรอ กร่อน ล้า เป็นต้น หรืออธิบายด้วยลักษณะของสาเหตุเช่นความ

ร้อนมากเกินไป กำหนดขนาดความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ไม่เหมาะสม คู่มือการบำรุงรักษาที่ไม่สม การกำหนดวัสดุที่ไม่ถูกต้อง ความสามารถของการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอเป็นต้น

7. โอกาสเกิดขึ้น (Occurrence: O) โอกาสการเกิดขั้น หมายถึง ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกหนึ่ง ๆ โดยความเป็นไปได้ในการเกิดขึ้นของข้อบกพร่องนี้จะมีคะแนนแสดงอันดับในเชิงสัมพันธ์มากกว่าเชิงสมบูรณ์ เชิงการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุ กลไก ของลักษณะข้อบกพร่องผ่านการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบ คำแนะนำในการออกแบบ จะเป็นแนวทางเดียวเท่านั้น การลดคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงเกณฑ์การประเมินในหัวข้อความถี่ของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O)

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	อัตราส่วนข้อบกพร่องที่เกิด	ลำดับ
สูงมาก : ข้อบกพร่องเกิดขึ้นแน่นอน	1ใน 2	10
	1 ใน 3	9
สูง : ข้อบกพร่องเกิดขึ้นซ้ำ ๆ	1 ใน 8	8
	1 ใน 20	7
ปานกลาง : ข้อบกพร่องเกิดขึ้นบางครั้ง	1 ใน 80	6
	1 ใน 400	5
ต่ำ : ข้อบกพร่องเกิดขึ้นน้อยมาก	1 ใน 2,000	4
	1 ใน 15,000	3
น้อยมาก ๆ : ข้อบกพร่องไม่น่าเกิดขึ้น	1 ใน 150,000	2
	1 ใน 1,500,000	**1**

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551, น. 27)

8. การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน ในช่องนี้ให้ใส่รายการของการป้องกัน การทวนสอบ/ตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบหรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดความมั่นใจว่ามีการออกแบบอย่างเพียงพอ การควบคุมการออกแบบในปัจจุบันเป็นต้นว่า การทวนสอบแบบ การทวนสอบความเป็นไปได้ การทดสอบต้นแบบฯลฯ จะเป็นกิจกรรมสำหรับการควบคุมการออกแบบที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีการควบคุมการออกแบบอยู่ 2 ประเภทด้วยกันคือ

- การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือการลดลงของอัตราการเกิดขึ้น

- การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องวิธีของก่อนการวิเคราะห์และวิธีการศึกษาทางกายภาพ ก่อนที่แบบจะถูกส่งต่อไปฝ่ายผลิต

9. การตรวจจับ (Detection: D) ในช่องของนี้จะใส่คะแนนตามลำดับของการควบคุมโดยการตรวจจับที่ดีที่สุดที่สรุปไว้ในช่วงการควบการออกแบบที่ได้วางแผนไว้ เช่น กิจกรรมการทวนสอบหรือกิจกรรมการตรวจสอบความถูกต้องฯลฯ นอกจากนี้แล้วจะถือว่าเป็นสิ่งที่ดีที่สุดที่จะมีการควบคุมโดยการตรวจจับในช่วงแรก ๆ ของกระบวนการพัฒนาการออกแบบและภายหลังจากการให้คะแนนการตรวจจับในช่วงแรก ๆ ของกระบวนการพัฒนาการออกแบบและภายหลังจากการให้คะแนนการตรวจจับแล้วคณะทำงาน FMEA ควรจะมีการทบทวนคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นอีกครั้งเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคะแนนสำหรับโอกาสการเกิดขึ้นนี้ยังมีความเหมาะสมอยู่ โดยสามารถใช้เกณฑ์การให้คะแนนการตรวจจับ

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์การประเมินในหัวข้อความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องก่อนส่งถึงมือลูกค้า (Detection: D)

ความยากง่ายในการตรวจจับ	**ความเป็นไปได้ของการตรวจจับด้วยการออกแบบการควบคุม**
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการออกแบบ, การทดสอบและการตรวจสอบ : ก่อนการผลิต	1 - 2
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการผลิต : ตรวจจับได้ก่อนหรือตรวจจับได้แน่นอน	3 - 4
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการผลิต : ตรวจจับได้ช้าหรือตรวจจับได้ไม่แน่นอน	5 - 6
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการผลิต : ตรวจจับได้ง่ายจากหน้างาน หรือตรวจจับได้จากการดูแลรักษาประจำ	7 - 8
มีโอกาสน้อยมากที่จะถูกตรวจจับได้จากหน้างาน	**9 - 10**

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551, น. 29)

10. ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง RPN คือ ผลลัพธ์ของความรุนแรงที่มีผลต่อการใช้งาน โอกาสในการเกิดบ่อย ๆ และการตรวจจับได้ง่ายหรือไม่ เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหา ในสมการที่ RPN = SxOxD

เมื่อ S หมายถึง เป็นความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากความล้มเหลว (Severity)

O หมายถึง เป็นโอกาสที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นว่าบ่อยเพียงใด (Occurrence)

D หมายถึง เป็นความสามารถในการตรวจจับและป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลวขึ้นได้ดีเพียงใด (Detection)

หมายเหตุ : ค่า RPN จะเป็นไปตามหลักเกณฑ์ของหลักการพาเรโต โดยมีคะแนนระหว่าง 1 ถึง 1,000 โดยค่า RPN ที่มีค่าสูง ๆ มีความจำเป็นต้องดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขเพื่อลดค่า RPN ให้ลดลงความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of the Effect) ถ้าหากลักษณะข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นแล้วจะมีความรุนแรงของผลกระทบมากน้อยเพียงไร ซึ่งต้องมีการให้คะแนนของความรุนแรงที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1

โอกาสในการเกิด (Occurrence) หมายถึงอัตราที่แสดงถึงจำนวนความถี่หรือจำนวนข้อบกพร่องสะสมที่ได้คาดหมายไว้ สำหรับสาเหตุหนึ่ง ๆ ภายใต้ระบบควบคุมที่มีอยู่ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.2

การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การประเมินถึงโอกาสที่มีการใช้การควบคุมกระบวนการแล้วจะตรวจพบแนวโน้มของสาเหตุ และกลไกข้อบกพร่อง (จุดอ่อนของกระบวนการ) หรือความน่าจะเป็นในการใช้การควบคุมกระบวนการแล้วจะตรวจพบลักษณะข้อบกพร่องก่อนที่จะมีชิ้นส่วนประกอบออกมาจากสายการประกอบหรือจุดปฏิบัติงาน

11. วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในการประเมินผลทางวิศวกรรมเพื่อการปฏิบัติการป้องกันหรือแก้ไขควรจะดำเนินกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงที่สูงที่สุดก่อนแล้วจึงพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN สูง ๆ รวมถึงลักษณะข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่กำหนดโดยคณะทำงานและโดยทั่วไปแล้วแนะนำให้ดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขเพื่อลดคะแนนอันดับตามลำดับดังนี้คือ ความรุนแรง โอกาสเกิดขึ้น การตรวจจับ โดยทั่วไปแล้วถ้าคะแนนความรุนแรงมีค่า 10 หรือ 9 จะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าได้มีการพิจารณาค่าความเสี่ยงผ่านการออกแบบการควบคุมหรือการปฏิบัติการแก้ไข /ป้องกัน โดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับ RPN และในกรณีที่ลักษณะของข้อบกพร่องอาจมีอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายแล้ว ก็มีความรุนแรงน้อยลงตลอดจนการควบคุมสาเหตุดังกล่าว

ในกรณีที่ประเมินผลทางวิศวกรรมนำไปสู่การไม่ต้องปฏิบัติการแก้ไขกับลักษณะของข้อบกพร่องที่กำหนดแล้ว ให้ใส่ข้อความว่าไม่มีในช่องนี้

12. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น ในช่องนี้ให้ใส่ชื่อองค์กรและบุคคลที่มีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติการแก้ไขนี้ รวมทั้งให้ระบุถึงวันที่กำหนดเสร็จสิ้นด้วย

13. การแก้ไขภายหลังจากการปฏิบัติการแก้ไขได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วให้ทำการสรุปสั้น ๆ ถึงการปฏิบัติการแก้ไขรวมถึงวันกำหนดเสร็จสิ้นด้วย

14. ผลการแก้ไข ภายหลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไข/ป้องกันแล้ว ให้ทำการประมาณค่าและบันทึกถึงผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้นและการตรวจจับ พร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้ง แต่ถ้ามิได้มีการกำหนดมาตรการใด ๆ เลย ให้ปล่อยคอลัมน์ นี้ว่างไว้

2.3 ความรู้ในงานพ่นสี

สี (Paint) หมายถึง ของเหลวที่ไหลไปเคลือบบนผิววัสดุแล้วเกิดเป็นแผ่นฟิล์มขึ้น โดยการเปลี่ยนสภาพจากของเหลว (Liquid) ไปเป็นฟิล์มแข็ง (Solid Film) เกิดจากการระเหยของตัวทำละลาย (Solvent Evaporation) การเกิดปฏิกิริยา Oxidation และการเกิด Polymerization โดยใช้ความร้อนเป็นตัวเร่ง

ฉัตรชัย พูลสวัสดิ์ (2552, น. 20-34) อธิบายว่า สีเป็นสารประเภท Thermosetting Resin เมื่อเกิดแข็ง เป็นฟิล์ม จะไม่สามารถคืนรูปเดิมได้สำหรับสีที่ใช้ในโรงงานประกอบรถยนต์นั้น การเกิดฟิล์มแข็ง เป็นแบบ Polymerization โดยใช้ความร้อนทั้งนั้น ซึ่งเรียกสีเหล่านี้ว่า สีอบ (Baking Paint) ส่วนสีรถยนต์ตามอู่ต่าง ๆ จะเป็นแบบสีแห้งเร็ว (Air Drying Paint) โดยไม่ต้องใช้ความร้อนช่วย ซึ่งคุณสมบัติของสีแห้งเร็วนี้ด้อยกว่าสีอบมาก

องค์ประกอบของกระบวนการพ่นสีต้องรู้และเข้าใจประกอบด้วย ส่วนประกอบของสี การเคลือบผิวโลหะ การเคลือบสีพื้น การเคลือบสีจริงกระบวนการพ่นสีเหล็กและอุปกรณ์การพ่นสี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 ส่วนประกอบของสี

ส่วนที่เกิดเป็นฟิล์มสี (Film Former) จะประกอบด้วย

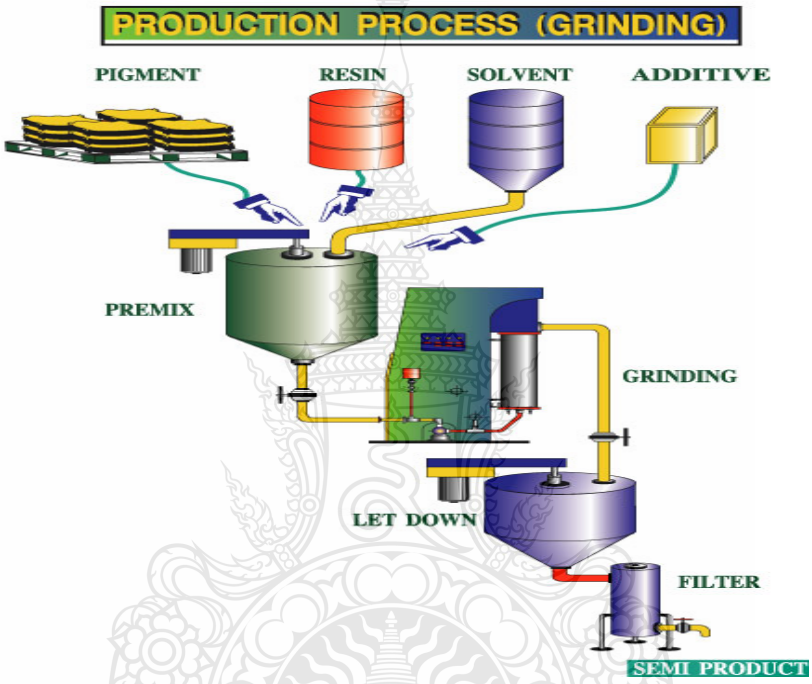
1. ผงสี (Pigment) คือสารที่ทำให้เกิดผงสี เช่น สีขาว สีแดง สีเหลือง ฯลฯ มีความสามารถปิดบังพื้นผิวที่เคลือบ ผงสีบางชนิดมีคุณสมบัติป้องกันไม่ให้เหล็กเกิดสนิมได้ (Anti Corrosive Pigment) เช่น Lead Oxide, Zinc Chromate

2. Vehicle หรือ Resin คือ สารที่ทำหน้าที่ ยึดประสานอนุภาคของผงสีเข้าไว้ด้วยกันพร้อมกับยึดเกาะกับพื้นผิวที่เคลือบเกิดเป็นฟิล์มสีขึ้น และเป็นส่วนแสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสีแต่ละประเภทตามชนิดของ Resin ที่ใช้ ซึ่ง Resin สีส่วนใหญ่จะเป็น Polymer ของสารพวกอนินทรีย์ เช่น Alkyd, Acrylic, Epoxy และ Nitrocellulose เป็นต้น

3. Additive เป็นสารที่เติมลงไปในสี เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ ของสีที่ไม่มี ใน Resin เช่น การทำให้สีไหลตัวดี หรือแห้งเร็วขึ้น สารพวกนี้ ได้แก่ พวก Plasticizer, Drier, Dispersing Agent เป็นต้น

4. ตัวทำละลาย (Solvent) มีหน้าที่ช่วยปรับความเหลว เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิต หรือการใช้งาน เนื่องจาก Pigment และ Resin ส่วนใหญ่จะมีความหนืดค่อนข้างสูง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีตัวทำละลาย เข้าไปทำให้มันละลาย และรวมตัวเข้าด้วยกันได้ดี สารเหล่านี้ได้แก่สาร Organic และ Inorganic บางตัว เช่น Benzene, Toluene, Xylem หรือน้ำ แต่ตัวทำละลายนี้ จะระเหยออกไปหมด เมื่อสีแห้งตัว ต่อไปจะอธิบายถึง การเคลือบสีสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ ในขั้นตอนถัดจากการเคลือบผิวโลหะ (Surface Treatment)

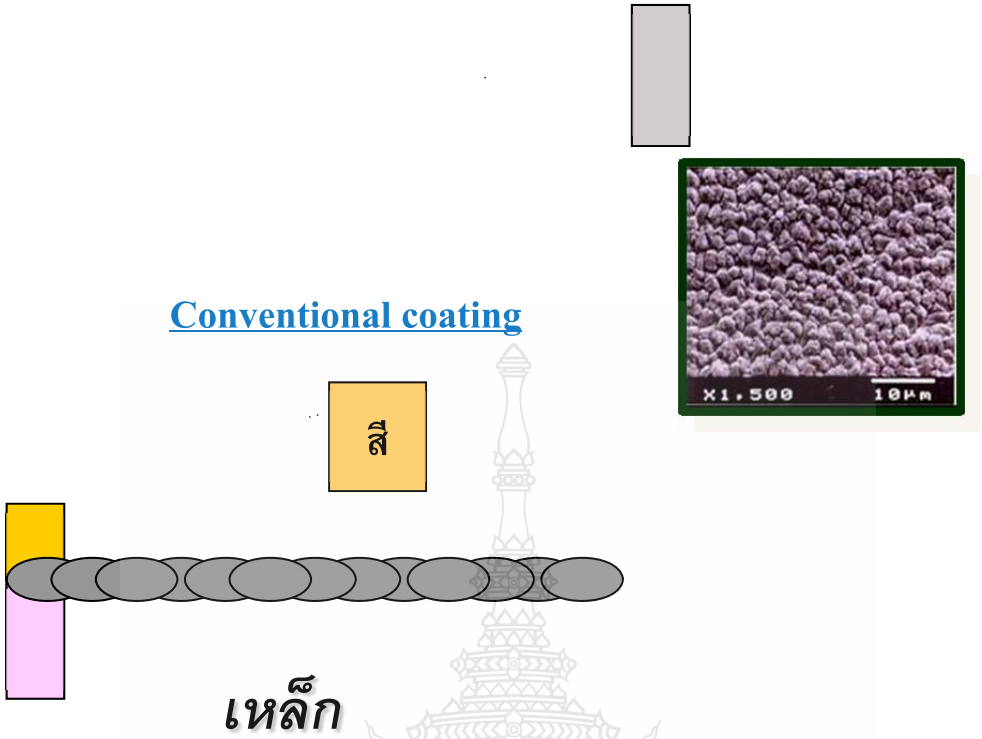
-



ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบของสี

2.3.2 การเคลือบผิวโลหะ (Surface Treatment)

เนื่องจากพื้นผิวที่จะถูกเคลือบสี เป็นตัวถังรถ เหล็กซึ่งมีความตึงผิวมาก ยิ่งกว่านั้นผิวของเหล็กก็มีความเรียบมาก ทำให้คุณสมบัติในการยึดเกาะของสีด้อยลง จึงจำเป็นต้องมีการเคลือบผิวโลหะด้วยสารเคมี ซึ่งสารเคมีนี้ จะทำปฏิกิริยากับผิวเหล็กเกิดเป็นสารประกอบขึ้น ซึ่งผิวของสารประกอบนี้ จะมีลักษณะเป็นผลึก คือ ขรุขระแต่เล็กมาก ทำให้สีที่จะมาเคลือบสามารถยึดเกาะกับผิวเหล็กได้ดีขึ้น รวมทั้งสามารถป้องกันไม่ให้เกิดสนิมได้ดีอีกด้วย



ภาพที่ 2.8 แสดงการเคลือบผิวโลหะทำให้คุณสมบัติในการยึดเกาะของสีดีขึ้น

สำหรับสารเคมีที่ใช้เคลือบผิวโลหะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ Zinc Phosphate และ Iron Phosphate

Zinc Phosphate จะให้ผลึกที่ละเอียด สม่ำเสมอ ช่วยในการยึดเกาะของสี รวมทั้งป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี แต่ราคาสูงใช้สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการความคงทนของสีมาก

Iron Phosphate ราคาถูกกว่า แต่คุณสมบัติจะด้อยกว่าแบบ Zinc Phosphate มาก เนื่องจากผลึกของมันหยาบ และไม่สม่ำเสมอ ทำให้คุณสมบัติในการยึดเกาะของชั้นสี และการป้องกันสนิมแตกต่างจาก Zinc Phosphate ดังตารางเปรียบเทียบข้างล่างนี้

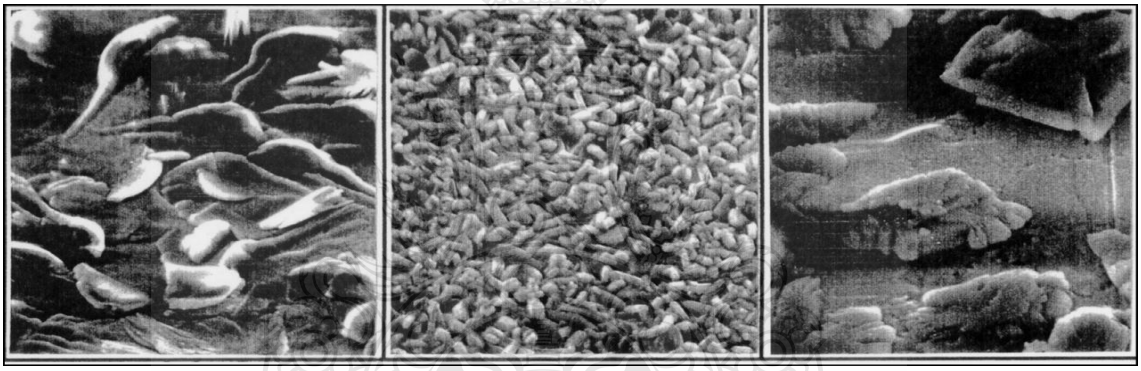
SALT SPRAY TEST	IRON PHOSPHATE	ZINC PHOSPHATE
80 Hrs	O	O
120 Hrs.	Δ	O
240 Hrs.	5	O
360 Hrs.	5	O

ภาพที่ 2.9 แสดงผลเปรียบเทียบการทดสอบ Iron Phosphate และ Zinc Phosphate ด้วย ละอองเกลือ

ดังนั้น Iron Phosphate จึงเหมาะกับอุปกรณ์เครื่องใช้โลหะ เช่น ตู้เก็บเอกสาร โต๊ะ เก้าอี้ เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ใช้ภายในอาคารบ้านเรือน ซึ่งไม่ต้องการความทนทานของสีมากนัก ส่วนกระบวนการเคลือบผิวโลหะด้วยสารเคมีนี้ มิใช่เพียงขั้นตอนเดียว มันมีขั้นตอนและกรรมวิธีที่ซับซ้อน วิธีในการเคลือบผิวโลหะ(Applica Method of Surface Treatment) ในปัจจุบันที่ใช้กันอยู่มี 3 วิธี คือ

1. Full Dip ให้ประสิทธิผลดีมาก เนื่องจากตัวถังรถยนต์ถูกจุ่มลงไปในบ่อน้ำยา หรือน้ำทั้งคัน อีกทั้งตัวรถยังมีการเคลื่อนไหว เมื่อภายในบ่อรวมทั้งการหมุนเวียนของน้ำยาโดยใช้ปั๊ม ทำให้ผิวโลหะสัมผัสกับน้ำยา และน้ำได้อย่างสม่ำเสมอ ทั่วถึงทุกซอกทุกมุม ตาม Box Section แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง

2. Spray ให้ประสิทธิผลดีเฉพาะภายนอก หรือชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อนจนเกินไป เพราะว่าน้ำยาหรือน้ำจะเข้าไปไม่ทั่วตามซอกมุมต่าง ๆ การลงทุนน้อย



ภาพที่ 2.10 แสดงข้อแตกต่างผลึก Zinc Phosphate ระบบจุ่มกับแบบ Spray

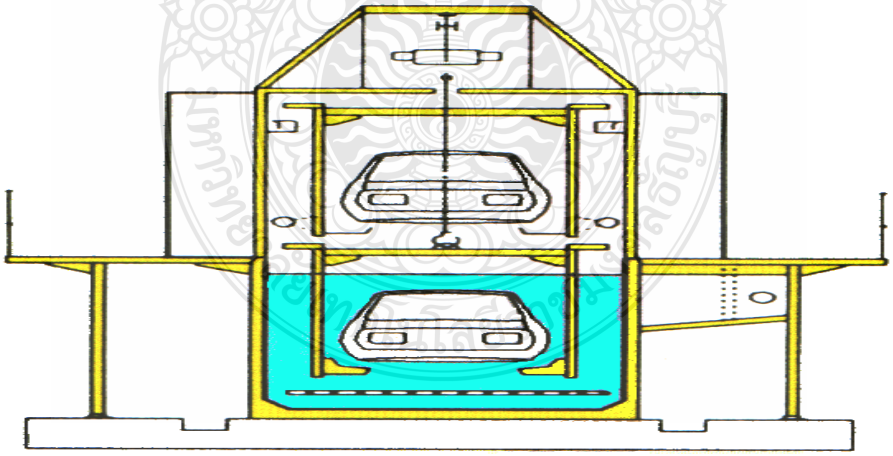
3. Half Dip & Half Spray ให้ประสิทธิผลปานกลาง นอกจากนี้ในกรรมวิธีของ Full Dip ระบบการเคลื่อนที่ของตัวถังรถยนต์ (Car Body Transportation System) ยังแยกออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Continuous Conveyor Type อุปกรณ์ประกอบด้วย Conveyor & Hanger กรณีนี้ ตัวถังรถจะเคลื่อนไปตามแนว Conveyor ที่วางไว้ รถจะถูกจุ่มลงในบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 แสดงกรรมวิธีของ Full Dip

วิธีนี้ต้องลงทุนสูง เนื่องจากราคา Conveyor และขนาดของบ่อจะต้องมีขนาดยาวมาก ทำให้ใช้เนื้อที่มากกว่าแบบ Tact Type ถึง 3 เท่า แต่สามารถให้กำลังการผลิตที่สูง (Cycle Time) ประมาณ 1.5 - 2 นาที/คัน)

2. Tact Type อุปกรณ์ประกอบด้วย Hanger & Hoist กรณีนี้ตัวถังรถจะถูกจุ่ม และยกในแนวดิ่ง โดยใช้การทำงานของ Hoist ทำให้ไม่ต้องใช้ขนาดของบ่อน้ำยาใหญ่มากนัก กำลังการผลิตและการลงทุนจะต่ำกว่าแบบ Continuous Conveyor Type มาก



ภาพที่ 2.12 แสดงกรรมวิธีของ Tact Type

2.3.3 การเคลือบสีพื้น (Primer Paint)

วัตถุประสงค์หลัก คือ ปกป้องและคุ้มครองผิวโลหะ ไม่ให้เกิดสนิม สีพื้นจะมีคุณสมบัติในการยึดเกาะกับผิวโลหะ และป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี Resin ที่มีคุณสมบัติดีเด่นใช้กับสีชนิดนี้ คือ Epoxy หรือ Poi yester ส่วน Pigment ของสีชนิดนี้ จะมีส่วนผสมของพวก Anti Corrosive Pigment อยู่ด้วย การเคลือบสีพื้นในอุตสาหกรรมรถยนต์ มีวิวัฒนาการความเป็นมาตามลำดับ ดังนี้

1. Spray Primer ชนิดของสีที่ใช้เป็น Solvent Type ซึ่งหมายถึงการใช้สาร Organic เป็นตัวทำละลายในการปรับหรือเจือจางสี เพื่อสะดวกต่อการใช้โดยวิธีการพ่น Resin ที่ใช้เป็นพวก Epoxy-Melamine ส่วน Pigment ได้แก่ Lead Oxide และ Iron Oxide ซึ่งเป็น Anti Corrosive Pigment แต่วิธีการพ่นสีพื้นแบบ Spray นี้ ผิวของตัวถังรถยนต์ จะถูกเคลือบสีพื้นได้เฉพาะภายนอกเท่านั้น ส่วนภายในไม่มีสีติด จึงทำให้สนิมเกิดจากภายใน แล้วลามทะลุออกมาภายนอกได้โดยง่าย

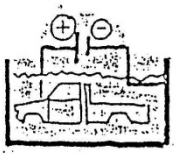
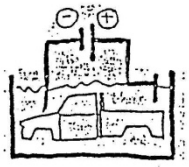
2. Water Born Primer ชนิดของสีนี้เป็น Water Base Type หมายถึง Resin ที่เป็นพวก Acrylic หรือ Alkyd Melamine ซึ่งถูกทำให้ละลายน้ำในรูปของ Emulsion วิธีการเคลือบชนิดนี้ คือ การนำตัวถังรถยนต์จุ่มลงทั้งคัน (Full Dipping) ทั้งนี้เพื่อให้สี Primer เข้าไปเคลือบผิวโลหะได้ทั่วถึง แต่ความหนาของฟิล์มสีไม่สม่ำเสมอ คือ จะหนามากในตอนล่าง และบางในตอนบน และยังสิ้นเปลืองสีมากอีกด้วย

3. Electro Deposition Primer (E.D.P.) หมายถึง การชุบเคลือบสีพื้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเช่นเดียวกับการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า เช่นการชุบนิเกิล เป็นต้น สีชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพในการเคลือบสูง สามารถให้ความหนาของฟิล์มสีได้สม่ำเสมอทั่วถึงกันหมด ส่งผลให้การป้องกันไม่ให้เกิดสนิมได้เป็นอย่างดีเยี่ยมกว่าสี Primer แบบ Spray และ Water Born มาก แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการควบคุมดูแลสูง

Electro Deposition Primer นั้นยังแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Anion EDP คือ ตัวถังเป็นขั้วบวก + เนื้อสีเป็นขั้วลบ -
2. Cation EDP คือตัวถังเป็นขั้วลบ - เนื้อสีเป็นขั้วบวก +

ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนั้น มีข้อแตกต่างกัน ดังนี้

ANION EDP	*CATION EDP*
	
1. ตัวถังเป็นขัวบวก + เนือสีเป็นขั้วลบ – *2. RESIN เป็น POLYESTER TYPE* *3. ความแข็งของฟิล์มสีอยู่ระหว่าง F – 3 ll* *4. อำนาจการแทรกซึมของสี (THROWING POWER) ประมาณ 15 CM* *5. ที่ตัวถังรถ ANODE เกิดปฏิกิริยา* *Fe (s) → Fe + 2e* *ทำให้ PHOSPHOPHELYTE ละลายออกมา*	*1. ตัวถังเป็นขั้วลบ - เนื็อสีเป็นขั้วบวก +* *2. RESIN เป็น EPOXY TYPE* *3. ความแข็งของฟิล์มสีมากกว่า 3 ll* *4. อำนาจการแทรกซึมของสี (THROWING POWER) ประมาณ 25 CM* *5. ที่ตัวถังรถ CATHODE ไม่เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ PHOSPHOPHELYTE ละลายออกมา*

ภาพที่ 2.13 แสดงข้อแตกต่าง Electro Deposition Primer ระหว่าง Anion EDP และ Cation EDP

จากข้อแตกต่างนี้เอง จะเห็นได้ว่า EDP ชนิด Cation จะให้คุณภาพของสี Primer ที่ดีกว่า Anion EDP ซึ่งถ้าพิจารณาถึงในด้านการป้องกันสนิมแล้ว (Corrosion Resistance) Cation EDP จะดีกว่า Anion EDP ถึง 3 เท่า ดังนั้นปัจจุบันโรงงานประกอบรถยนต์ จึงได้เปลี่ยนสี Primer เปลี่ยนจาก Anion EDP เป็น Cation EDP ด้วยสีรองพื้นก่อนสีจริง (Surface Paint) วัตถุประสงค์ที่ต้องเคลือบสีรองพื้นก็เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะระหว่างชั้นสี Primer กับ Top Coat อีกทั้งเพิ่มความเรียบของผิวชั้น Top Coat ซึ่ง Resin ของสี ที่ใช้กัน ได้แก่ Epoxy หรือ Polyester

ส่วนกรรมวิธีในการเคลือบสีชนิดนี้ มีเพียงวิธีเดียว คือ วิธีการ Spray นอกจากนั้นระหว่างขั้นตอนสีรองพื้น (Surface) กับสีจริง (Top Coat) ยังมีขั้นตอนเพิ่มขึ้นอีก ขั้นตอนหนึ่ง คือ การขัดน้ำ (Wet Sanding) ซึ่งเป็นการเพิ่มความเรียบผิวของสีรองพื้น ทำให้การเคลือบสีจริงในขั้นตอนถัดไปได้ผิวที่เรียบยิ่งขึ้น ส่งผลให้สีมีความเงางามมากขึ้นอีกด้วย

2.3.4 การเคลือบสีจริง (Top Coat)

เป็นการเคลือบสีชั้นบนสุด หรือชั้นสีที่เรามองเห็นบนตัวรถยนต์ เช่น สีแดง สีขาว สีเหลือง เป็นต้น ดังนั้น คุณสมบัติของสีจริงนี้ จะต้องแลดูสวยงาม พร้อมกับมีความคงทนเป็นเลิศ เนื่องจากมันจะต้องกระทบกับสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งสภาพแวดล้อม ที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพราะฉะนั้นสีจริงจึงต้องมีคุณสมบัติที่ต่อต้านหรือปกป้องสิ่งเหล่านั้นได้ เช่นคงทนต่อแสงแดด ซึ่งมีรังสีอัลตราไวโอเลต คงทนต่อการขูดขีด เหล่านี้เป็นต้น สำหรับ RESIN ของสีชนิดนี้ ได้แก่ Alkyd Melamine และ Acrylic

Melamine กรรมวิธีในการเคลือบสีจริงนั้น ใช้วิธีการ Spray เพราะให้ความเรียบของฟิล์มสีได้ดีที่สุด ในปัจจุบันสีจริงได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ด้วยกัน คือ สีธรรมดา (Solid Color) สีบรอนซ์ (Metallica Color และสีมุก (Mica Color) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สีธรรมดา (Solid Color) Resin ที่ใช้เป็น Alkyd Melamine ส่วนผสมของสีจะไม่มีผงอลูมิเนียม หรือ ผง Mica ประกอบอยู่ กรรมวิธีการเคลือบสีธรรมดาเหมือนกับสีรองพื้น คือ เคลือบชั้นเดียว เสร็จแล้วก็นำเข้าไปอบ ซึ่งลักษณะการเคลือบสีเช่นนี้ เรียกว่า 1 Coat 1 Bake

2. สีบรอนซ์ (Metallica Color) Resin ที่ใช้เป็น Acrylic Melamine เป็นสีที่มีผงอลูมิเนียมประกอบอยู่ด้วย ซึ่งผงอลูมิเนียมจะช่วยสะท้อนแสงได้ดี ทำให้แลดูสีมีความเงางามระยิบระยับมากกว่าสีธรรมดา (Solid Color) นอกจากนี้ กรรมวิธีในการเคลือบสี Metallica ยังแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

ชั้นแรก จะต้องพ่นสีที่มีผงอลูมิเนียมผสมอยู่ซึ่งเรียกว่า Base จนเสร็จก่อน

ชั้นสอง จะทิ้งห่างจากชั้นแรกประมาณ 3-5 นาที แล้วจึงพ่น Clear ซึ่งมีลักษณะใส ๆ ประกอบด้วย Resin, Additive และ Solvent เท่านั้น (ปราศจาก Pigment) การพ่น Clear ทับบน Base ในขณะที่ Base ยังไม่แห้งตัวนี้เรียกว่า Wet on Wet หลังจากนั้นจึงนำไปอบเพื่อให้สีแห้ง กรรมวิธีเคลือบสี Metallic ในลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า 2 Coat 1 Bake

3. สีมุก (Pearl Mica) Resin ที่ใช้เป็น Acrylic Melamine เช่นเดียวกับสี Metallic แต่ใช้ผง Mica แทนผงอลูมิเนียม ผงอลูมิเนียมซึ่งใช้กับสี Metallic จะสะท้อนแสงเฉพาะจากผิวหน้าเท่านั้น ขณะเดียวกันผง Mica จะสะท้อนแสงตั้งแต่ผิวหน้า ลงไปถึงจุดศูนย์กลางของ Mica จึงทำให้เกิดการหักเหของแสงออกมาเหมือนผิวไข่มุก ความเงางามของผิวจะลึกและใสกว่าสี Metallic

2.3.5 กระบวนการพ่นสีเหล็ก

สำหรับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของ Painting Process มี 11 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการล้างไขมัน (Degreasing) เป็นขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ใช้ในการปั๊มรูปโลหะ หรือน้ำมันกันสนิม ที่ติดอยู่กับตัวถังรถยนต์ออกอย่างสมบูรณ์ เพื่อทำให้การเคลือบฟอสเฟตได้ผลดีขึ้น โดยทั่วไป ตัวล้างไขมัน (Degreasing) มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

1.1 Solvent Degreasing เป็นพวกตัวทำละลายของสาร Organic ได้แก่ เบนซินขาว ทินเนอร์

1.2 Alkali Degreasing เป็นพวกสารประกอบ Inorganic ที่เป็นด่าง ได้แก่ Sodium Tripoli Phosphate

1.3 Vapor Degreasing เป็นไอของสาร Organic เช่น Tricolored THYLENE เหมาะสำหรับล้างไขมันชิ้นส่วนที่เป็นพลาสติก

2. ขั้นตอนการล้างน้ำ (Water Rinse) เป็นขั้นตอนการล้างน้ำยาสำหรับล้างไขมัน ซึ่งยังคงอยู่บนตัวถังรถยนต์ผิวชิ้นงานออกให้หมด

3. ขั้นตอนการปรับสภาพผิว (Surface Conditioning) เป็นขั้นตอนปรับสภาพของโลหะก่อนทำการเคลือบฟอสเฟต ทำให้ผิวโลหะเรียบสม่ำเสมอ เพื่อช่วยในการเคลือบฟอสเฟต ในขั้นตอนถัดไปได้ผลดียิ่งขึ้น

4. ขั้นตอนการเคลือบฟอสเฟต (Phosphate) เป็นขั้นตอนการเคลือบฟอสเฟตบนผิวของตัวถังรถยนต์ การเคลือบนี้จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex Compound) ที่เรียกว่า Phosphophylite (Zn, Fe, (Po1), 4H2O) เคลือบบนผิวของชิ้นงาน

5. ขั้นตอนการล้างน้ำ (Water Rinse) ขั้นตอนนี้เป็นการล้างน้ำยาฟอสเฟตที่ยังคงเหลืออยู่บนตัวชิ้นงาน ออกให้หมด

6. ขั้นตอนการล้างน้ำด้วยน้ำบริสุทธิ์ (Deionizer Water Rinse) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการเคลือบผิวโลหะ โดยเป็นการล้างผิวชิ้นงานด้วยน้ำบริสุทธิ์ ทั้งเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคเคมีอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำธรรมดาติดเข้าไปสู่กระบวนการชุบสีขั้นต่อไปนั่นเอง

7. ขั้นตอนการเป่าน้ำ (Air Blow) เป็นขั้นตอนการเป่าน้ำออกจากตัวชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานมีน้ำขังในตำแหน่งการแขวน

8. ขั้นตอนการอบน้ำ (Dry Off Oven) เป็นขั้นตอนการอบผิวชิ้นงานให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 10-25 นาทีโดยนำชิ้นงานที่มีโซ่ลำเลียงผ่านเตาอบ

9. ขั้นตอน Masking เป็นขั้นตอนการใส่อุปกรณ์ปิดบังไม่ให้สีติดเนื่องจากชิ้นส่วนมีการระบุต้องสัมผัสหรือชิ้นส่วนที่มีเกลียว

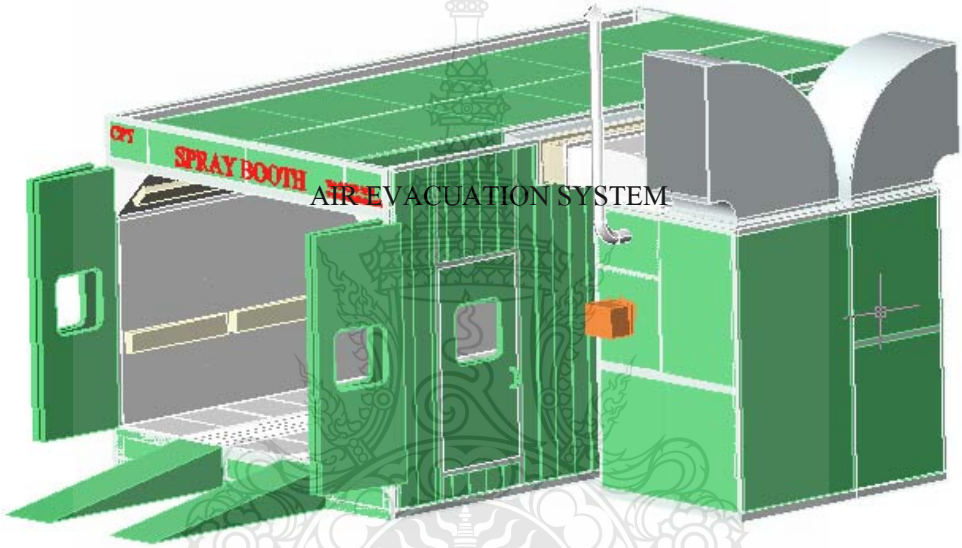
10. ขั้นตอนการพ่นสี (Painting) เป็นขั้นตอนพ่นสีเพื่อเคลือบผิวชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์ปืนพ่นสีเพื่อพ่นสีรองพื้นหรือพ่นสีจริง

11. ขั้นตอนการอบสี (Baking Oven) เป็นขั้นตอนการอบสีบนผิวชิ้นงานให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 140-160 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30-40 นาทีโดยนำชิ้นงานที่มีโซ่ลำเลียงผ่านเตาอบ

2.3.6 อุปกรณ์การพ่นสี

อุปกรณ์การพ่นสีภายในโรงงานจะประกอบด้วย Spray Booth, Paint Supply Equipment, Spray Gun, Baking Oven โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

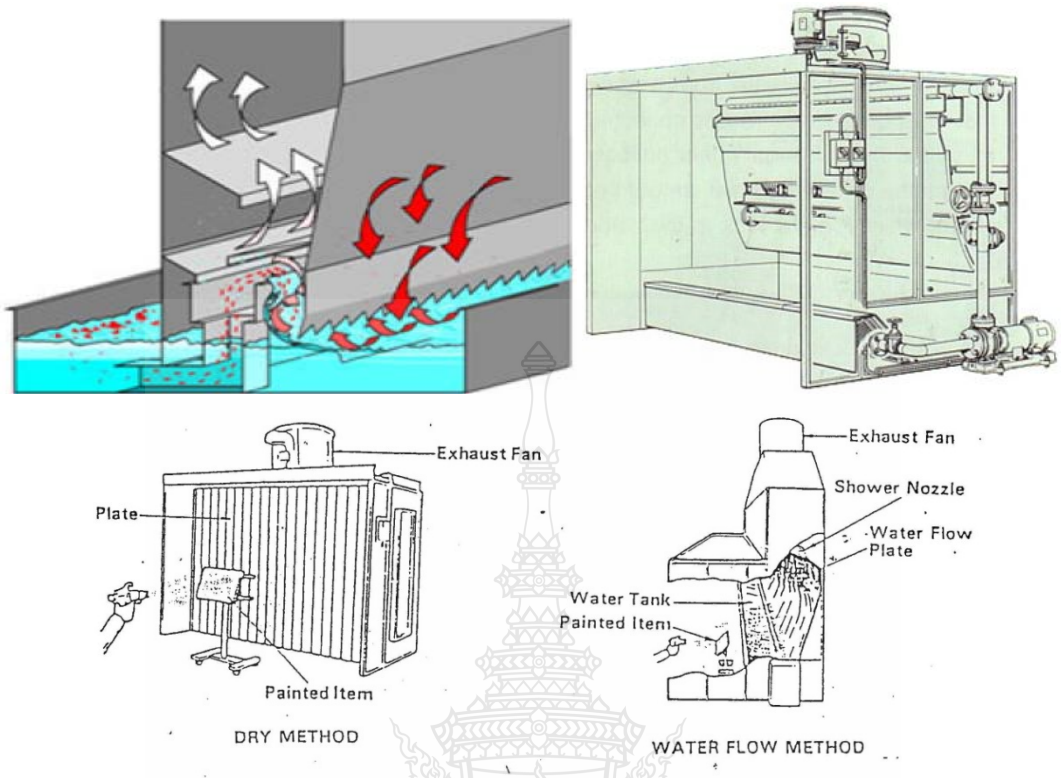
1. Spray Booth (ห้องพ่นสี) ซึ่งมีการออกแบบพิเศษ สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นสี ให้ได้ฟิล์มที่มีความเรียบปราศจากฝุ่นละอองหรือละอองสีที่ตกลงบนฟิล์มสี ขณะที่ยังเปียกอยู่ และป้องกันละอองที่จะถูกดูดออกไปสู้บรรยากาศข้างนอก ก่อให้เกิดปัญหา Air Pollution ด้วยการทำระบบ Water Jet Spray Type ระบบการทำงานจะเป็นดังนี้ คือ Air Supply เข้าไปในห้องพ่นสี ผ่านจากเพดานห้อง (โดยผ่าน Air Filter กรองอากาศให้สะอาดปราศจากฝุ่นสกรกปกติ) แล้วถูกดูดออกข้าง ๆ ผนังห้อง ละอองสีจะตกลงในน้ำ ซึ่งอยู่ข้างใต้ห้อง ส่วนอากาศที่อาจมีละอองสีติดไปด้วย แล้วถูกดูดผ่านตะแกรงกั้น Eliminator Baffle Board พร้อมกับมีหัว Nozzle ฉีดน้ำ ฉีดให้ละอองสีกลับตกลงมาข้างใต้ห้อง ดังนั้น อากาศที่ปราศจากละอองสีจึงถูกดูดออกไปสู่บรรยากาศข้างนอก



ภาพที่ 2.14 Spray Booth (ห้องพ่นสี)

เนื่องจากละอองสีที่ปะปนในอากาศมีขาดอนุภาคเล็กมาก ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกาย หากหายใจเข้าไป ดังนั้น ระบบการระบายอากาศเพื่อกำจัดละอองสีดังกล่าว มิให้ออกมาปะปนกับอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็น ดังนั้นจึงมีการออกแบบสำหรับที่พ่นสีขนาดเล็ก สำหรับพ่นชิ้นงานขยาดเล็ก สำหรับพ่นชิ้นงานเล็ก ๆ ไม่ต้องลงทุนมาก นอกเหนือจาก Spray Booth ที่กล่าวมาแล้ว

ในระบบดังกล่าว เนื่องจากทางเข้า Inlet ของอุปกรณ์ชุดนี้เป็นลักษณะเปิดโล่ง (ไม่เป็นห้อง) จึงไม่เหมาะกับการพ่นรถยนต์ เพราะว่าฝุ่นและสิ่งสกปรกอื่น ๆ อาจปลิวมาเกาะที่ผิวสีขณะพ่นได้ ระบบนี้แบ่งออกเป็น 2 Type คือ แบบ Dry Method โดยใช้ Dry Filter และแบบ Flow Method โดยผ่านม่านน้ำเป็นฟิล์มให้ละอองสีมาเกาะ แล้วถูกชะล้างออกไปด้วยน้ำ



ภาพที่ 2.15 Spray Booth ใช้ Dry Filter และแบบ Flow Method

2. Pant Supply Equipment สำหรับโรงงานประกอบรถยนต์ ถัง Supply สีไปยังหัวพ่นเป็นระบบ Circulation Tank ซึ่งมีขนาด 200 ลิตร ประกอบด้วย Pump ดูดสี Paint Filter กรองสี, Paint Regulator พร้อม Pressure Gauge ซึ่งจะบอกขนาดความดันของสีที่ใช้พ่น = 4.5 - 5 kg / cm 2 ระบบการทำงานจะเริ่มด้วย Pump ดูดสีส่งไปตามท่อ ซึ่งเดินต่อจาก Circulation Tank เข้าไปจนถึงห้องพ่นสี โดยเฉลี่ยมีระยะความยาว 50-100 m โดยสีจะไหลผ่าน Paint Regulator เพื่อปรับปริมาณสีที่เหมาะสมให้ไหลเข้าสู่ปืนพ่นสี เพื่อให้เกิดการ Atomization ที่ดี ปริมาณสีส่วนเกิน ก็จะไหลเข้าท่อ Return Pipe กลับเข้าสู่ Circulation Tank ตามเดิมสำหรับโรงงานที่มีการผลิตน้อย อาจจะใช้ Pressure Tank ธรรมดา เอาใส่ในห้องพ่นสีได้โดยตรงไม่ต้องมีการเดินท่อเป็นระยะทางไกล ๆ

ภาพที่ 2.16 รูปภาพ Paint Supply Equipment

3. Spray Gun แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. Conventional Air Spraying เป็นการใช้ลมอัด ทำให้สีที่ป้อนออกมาแตกตัวและมีรูปร่างของแถบสีตามที่เราต้องการ

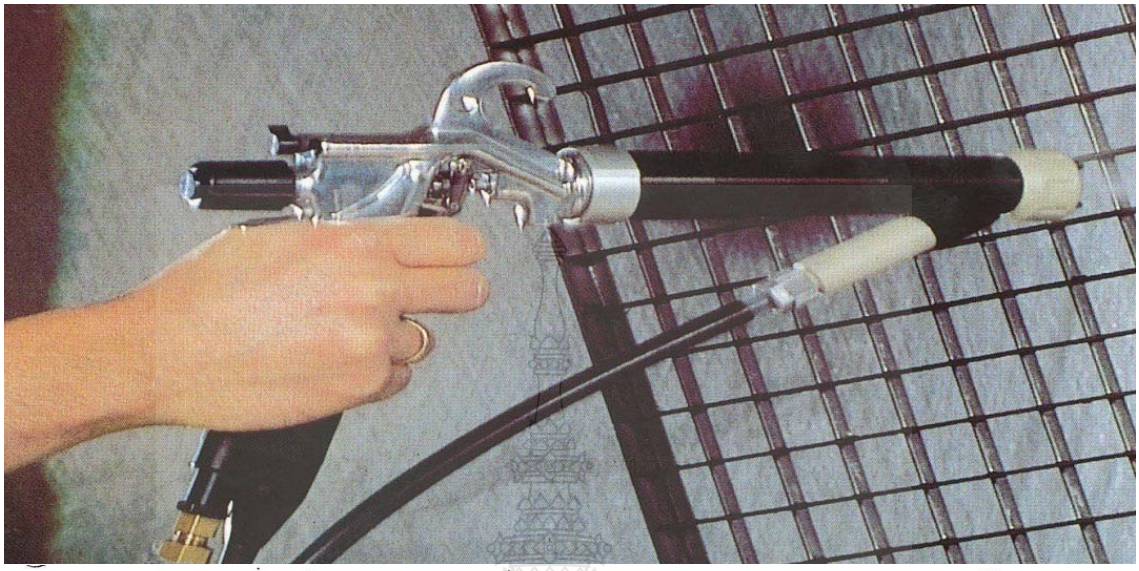
ภาพที่ 2.17 รูปภาพ Conventional Air Spraying

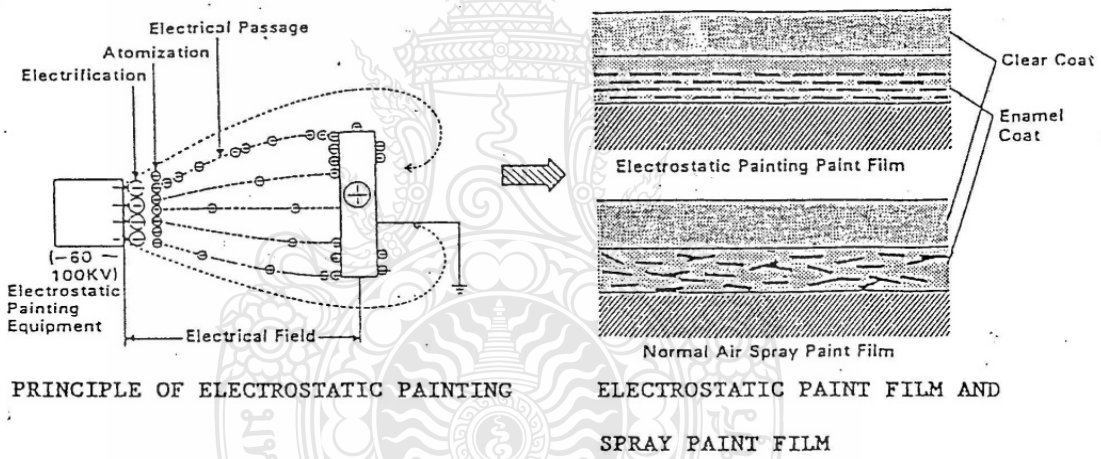
ลักษณะการทำงาน คือ ป้อนสีเข้าที่ปลายปืนพ่นสี ลมอัด (Atomized Air) จะทำหน้าที่แตก (Atomize) สีให้เป็นละอองพุ่งเข้าสู่ชิ้นงาน ในขณะเดียวกัน ลมอัดจะทำหน้าที่ปรับขนาดของแถบสี (Fan Pattern) ให้ได้รูปที่ต้องการ เนื่องจากการพ่นด้วยปืน ชนิดนี้จำเป็นต้องใช้ลมมาก (5 kg / cm) จึงทำให้เกิดการฟุ้งของเม็ดสี เป็นผลให้ Transfer Efficiency ต่ำ (ประมาณร้อยละ 30)

2. Air Less Spraying เป็นการใช้ High Pressure Pump ป้อนสีเข้าที่ปลายปืน โดยไม่ใช้ลม เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความหนาของสีมาก และไม่ต้องการความเรียบของผิวสีมากนัก

3. Electrostatic Air Spray เป็นการใช้ไฟฟ้าสถิต เข้าช่วยโดยการชาร์จไฟฟ้าลบเข้าที่ปลายปืนพ่นสี ใช้ศักดิ์ไฟฟ้าที่เหมาะสม เมื่อสีผ่าน Electrode ที่ปลายปืนสีจะถูกประจุอิเล็กตรอน

เข้าไปในเม็ดสี ทำให้เม็ดสีที่พ่นออกไปมีประจุลบ ซึ่งจะพยายามวิ่งเข้าหาชิ้นงานที่เป็นขั้วบวก ปืนชนิดนี้จะให้ Transfer Efficiency ประมาณ ร้อยละ 60-70



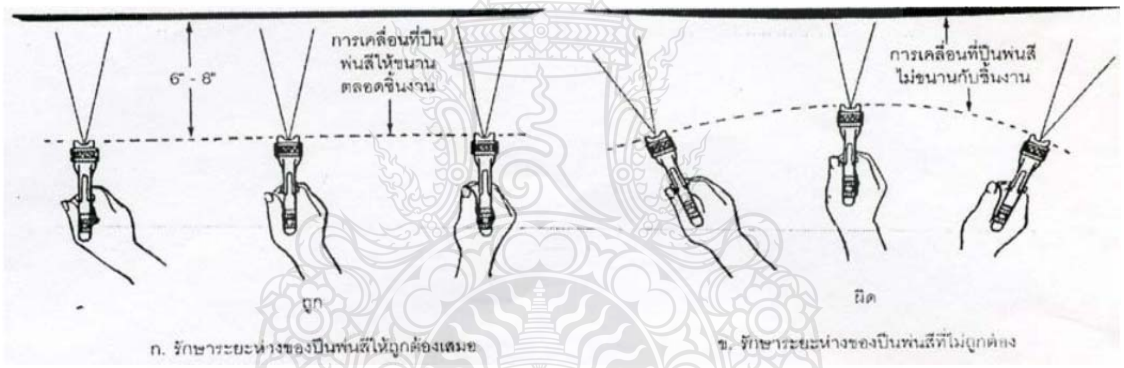


ภาพที่ 2.18 การเปรียบเทียบระยะห่างของปืนพ่นสีที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

รังสีอินฟราเรด ประมาณ ร้อยละ 90 ของพลังงานการแผ่รังสี คือ รังสีอินฟราเรด ที่เหลืออีก 10 % เป็นรังสีที่มองเห็นได้ ความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดเท่ากับ 0.77-400 μ และส่วนที่แผ่รังสีผ่านหลอดไฟเท่ากับ 4 อัตราการสะท้อนและการดูดซึมรังสีจะแตกต่างกัน ตามชนิดของวัสดุ รูปร่าง สีและอัตราการสะท้อนของสาร เตาอบชนิดรังสีอินฟราเรด แบ่งง่ายเป็นแบบเปิดและแบบปิด ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามรูปร่าง และขนาดของวัตถุที่อบ และปริมาณการผลิต สำหรับการอบที่ตัวถังรถจะใช้เตาอบชนิดนี้กับการผลิต จำนวนน้อย

2.4 หลักการพ่นสี

หลักการพ่นสีการเดินปืนพ่นสีต้องให้ขนานกับชิ้นงาน ไม่ควรเดินปืนพ่นสีเอียงขึ้น-ลง เพราะจะทำให้ฟิล์มสีจะจับชิ้นงานหนาไม่เท่ากัน การเดินปืนพ่นสีที่ไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดละอองสีบริเวณปลายสีที่ตกหากคว่ำปืนพ่นสีลงละอองสีที่เกิดขึ้นของส่วนที่ไกลเกินไปจะเป็นเม็ดหรือสีด้าน ในการพ่นสีนั้น หากระยะห่างของปืนพ่นสีใกล้เกินไปสีจะย้อย แต่ถ้าระยะห่างของปืนพ่นสีไกลเกินไปสีจะไม่ติดชิ้นงานเกิดละอองสีบริเวณที่สีตกด้าน หรือเป็นเม็ดปืนพ่นสีควรห่างจากขอบชิ้นงานประมาณ 4 นิ้ว (102 มิลิเมตร) ก่อนเดินปืนเที่ยวแรกที่ขอบของชิ้นงานและเดินปืนให้ตั้งฉากกับชิ้นงานจนพ้นขอบชิ้นงานของเที่ยวแรกประมาณ 4 นิ้ว จึงเป็นจุดปล่อยไกปืนพ่นสี จากนั้นเคลื่อนปืนต่ำที่ระยะ 1/3-1/2 ของความกว้างรูปร่างสีเดินปืนให้ตั้งฉากกับชิ้นงาน แล้วย้อนกลับทางแรก จากขวามือไปซ้ายมือ เหมือนเที่ยวแรกให้ความกว้างของรูปร่างสีซ้อนทับกัน (Overlap) ร้อยละ 50 ของแต่ละเที่ยว ปืนพ่นสีต้องตั้งฉากกับชิ้นงานเสมอ (ในแนวนอน)

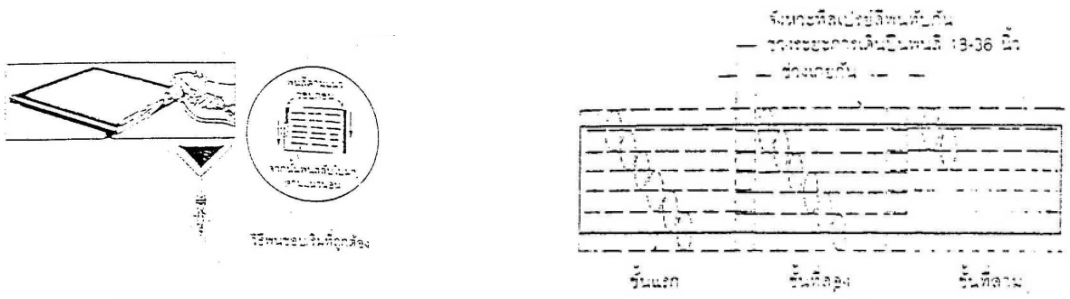


(ก) รักษาระยะห่างของปืนพ่นสีให้ถูกต้องเสมอ (ข) รักษาระยะห่างของปืนพ่นสีที่ไม่ถูกต้อง

ภาพที่ 2.19 การเปรียบเทียบระยะห่างของปืนพ่นสีที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

จากภาพที่ 2.19 เป็นการเปรียบเทียบระยะห่างของปืนพ่นสีที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง โดย (ก) เป็นการรักษาระยะห่างของปืนพ่นสีให้ถูกต้องเสมอ ส่วน (ข) รักษาระยะห่างของปืนพ่นสีไม่ถูกต้อง

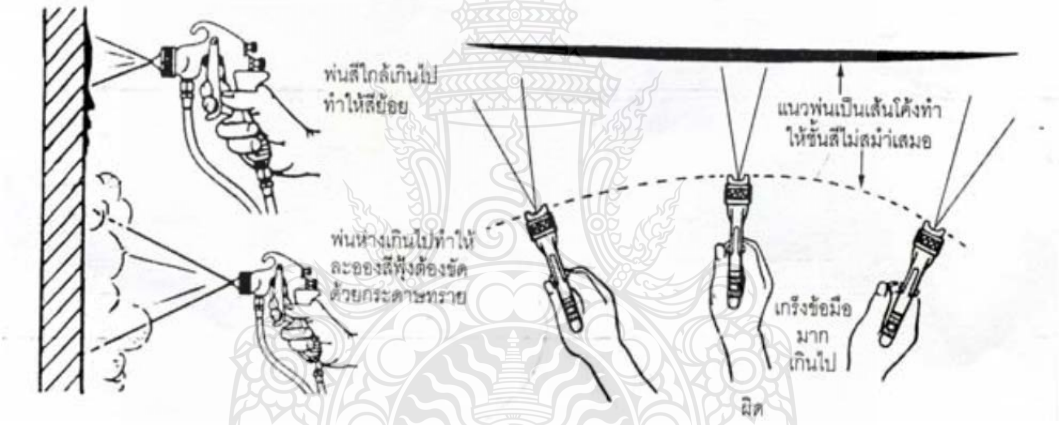
อภิชาต วงศ์สืบสกุล (2550, น. 24-27) อธิบายว่าในการพ่นสีนั้น หากระยะของปืนพ่นสีใกล้เกินไปสีจะย้อย แต่ถ้าระยะห่างของปืนพ่นสีไกลเกินไปสีจะไม่ติดชิ้นงาน เกิดละอองสีบริเวณสีที่ตกด้าน หรือเป็นเม็ด



การกดไกปืนพ่นสี การเดินปืนพ่นสีแต่ละเที่ยวควรทับกัน 50%

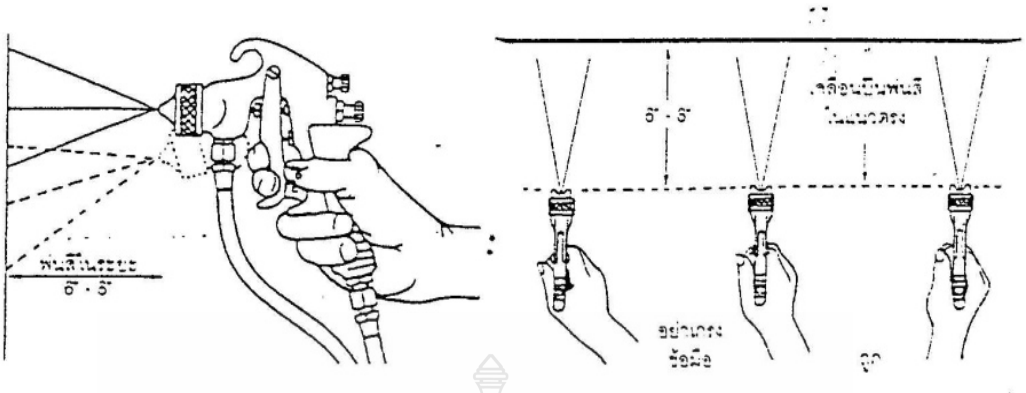
ภาพที่ 2.20 เทคนิคการพ่นสี

ชิ้นงานที่ยาว ๆ ควรแบ่งช่วงการพ่นสีออกเป็น 2-3 ช่วง การพ่นขอบตามแนวตั้งก่อน เพื่อป้องกันละอองสีช่วงที่เกยซ้อนกัน ระหว่างช่วงที่ 1, 2, 3 ประมาณ 4 นิ้ว จับเป็นเม็ด จากการพ่นในแนวนอน (102 ม.ม.)



ภาพที่ 2.21 วิธีการพ่นสี ระยะห่างการเคลื่อนที่ปืนพ่นสีที่ไม่ถูกต้อง

การเคลื่อนที่ของปืนพ่นสี ต้องมีระยะห่างจากชิ้นงานคงที่ประมาณ 6-8 นิ้ว (152-203 มิลลิเมตร) เส้นสีดำ คือความหนาของฟิล์มสี จากระยะห่างคงที่ และไม่คงที่ การเดินปืนพ่นสีต้องให้ขนานกับชิ้นงาน ไม่ควรเดินปืนพ่นสีเอียงขึ้น - ลง เพราะจะทำให้ฟิล์มสีจับชิ้นงานหนาไม่เท่ากัน การเดินปืนพ่นสีที่ไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดละอองสีบริเวณปลายสีที่ตก หากคว่ำปืนพ่นสีลง ละอองสีที่เกิดขึ้นของส่วนที่ไกลเกินไปจะเป็นเม็ดหรือด้าน จังหวะไกปืนพ่นสีมีสองจังหวะ จังหวะแรกเป็นการปล่อยลมออกไปที่หัวลม ส่วนจังหวะที่สอง เป็นจังหวะการปล่อยสี



ภาพที่ 2.22 ระยะห่างปืนพ่นสีกับชิ้นงานห่างกันคงที่ขณะเคลื่อนปืนพ่นสีถูกต้อง

จุดเริ่มกดไกปืนพ่นสีให้ห่างจากขอบชิ้นงานประมาณ 4 นิ้ว (102 มิลลิเมตร) ก่อนเดินปืนเที่ยวแรกที่ขอบของชิ้นงานและเดินปืนพ่นสีให้ตั้งฉากกับชิ้นงานจนเลยพ้นขอบชิ้นงานของเที่ยวแรกประมาณ 4 นิ้วจึงเป็นจุดปล่อยไกปืนพ่นสี จากนั้นเคลื่อนปืนลงต่ำมาที่ระยะ 1/3-1/2 ของความกว้างรูปร่างสี และกดไกปืนให้สุด เดินปืนให้ตั้งฉากกับชิ้นงานแล้วย้อนกลับทางแรก จากขวามือไปซ้ายมือ เหมือนเที่ยวแรก ให้ความกว้างของรูปร่างสีซ้อนทับกัน (Overlap) ร้อยละ 50 ของแต่ละเที่ยว ปืนพ่นสีต้องตั้งฉากกับชิ้นงานเสมอ (ในแนวนอน)

ความเร็วในการเคลื่อนปืนพ่นสีมาตรฐานความเร็วในการเคลื่อนปืนพ่นสี คือ 600-102 มิลลิเมตร / วินาที (11.81- 23.62 นิ้ว / วินาที)

ข้อควรจำความเร็วในการเคลื่อนที่ของปืนพ่นสีกับปริมาณสีที่พ่น

ปริมาณสีที่พ่น	ระยะปืนพ่น	ความเร็วในการพ่น
มาก	ไกล	ธรรมดา
น้อย	ไกล	ช้า
มาก	ใกล้	เร็ว
น้อย	ใกล้	ธรรมดา

ภาพที่ 2.23 แสดงความสัมพันธ์ระยะห่างปืนพ่น ปริมาณสีที่พ่นและความเร็วในการพ่น

การควบคุมเพื่อให้การพ่นสีสวยงามและพ่นสีให้ได้ตามมาตรฐานและมีคุณภาพ

1. ควบคุมสี ควบคุมความหนืด ปรับความหนืดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิการใช้งาน
2. ควบคุม ความหนาของฟิล์มสีประมาณ 25 - 40 ไมคอน (μ)
3. ควบคุม Flow Rate ของสี ประมาณ 200 มิลลิลิตร / นาที
4. ควบคุมความดันลม

- สีแห้งเร็ว ใช้ความดันต่ำ ประมาณ 3 - 3.5 kg / m2

- สีอบ ใช้ความดัน ประมาณ 4 - 4.5 kg / m2

- การใช้ความดันที่สูง จะทำให้ได้เม็ดสีที่ฝอย และสีแห้งเร็ว

5. ระยะห่างในการเดินปืน ควรเดินปืนห่างจากชิ้นงาน ประมาณ 1 ฟุต

6. ความเร็วในการเดินปืน ประมาณ 60 - 100 cm/s (ควรใช้อัตราความเร็วเท่ากัน และสม่ำเสมอ)

7. อุณหภูมิในห้องพ่น ควบคุมให้ได้ 28 - 32 องศาเซลเซียส

8. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในห้องพ่นสี ร้อยละ 60 - 85

9. ควบคุมความเร็วลมในห้องพ่นสีให้เหมาะสม 0.35 - 0.5 เมตร / วินาที

10. ควบคุมอุณหภูมิของลมที่ใช้กับปืนพ่นสี 28 - 32 องศาเซลเซียส

11. ควบคุมอุณหภูมิของเนื้อสี ประมาณ 25 - 30 องศาเซลเซียส

12. ควบคุมอุณหภูมิของผิวชิ้นงานไม่ให้เกิน 50 องศาเซลเซียสขณะพ่นสี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วุฒิชัย เจริญยิ่งวัฒนา (2546) ศึกษาเรื่อง การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ซิกม่าเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสีโดยได้นำหลักการและแนวคิดของซิกซ์ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ผลที่ได้จากขั้นตอนการกำหนดปัญหาพบว่าปัญหาสีเป็นสนิมเป็นปัญหาที่มีลูกค้าร้องเรียนมากที่สุดจึงนำปัญหานี้มาทำโครงงานวิจัยโดยตัววัดผลลัพธ์ของการวิจัยคือค่ารอยผุพองที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยน้ำเกลือที่จำนวน 500 ชั่วโมงซึ่งเป็นค่าที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานพ่นสีในส่วนของการเกิดสนิมโดยตรงจากการศึกษาพบว่าระบบการวัดของงานวิจัยนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และเมื่อทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุปัจจัยที่เป็นไปได้ทีละปัจจัยจะพบว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อค่ารอยผุพองที่เปลี่ยนไปคือค่าการนำไฟฟ้าของน้ำล้างก่อนพ่นสี ค่าความเข้มข้นของสารเคมี LK และ A1 ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของน้ำล้างก่อนพ่นสีเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่ารอยผุพองค่อนข้างมากแต่เนื่องจากในการปรับปรุงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำล้างก่อนพ่นสีจำเป็นต้นลงทุนเครื่องจักรที่มีราคาสูงและในโครงงานวิจัยนี้มิได้ทำการเผื่องบประมาณไว้จึงนำปัจจัยเฉพาะปัจจัยของค่าความเข้มข้นของสารเคมี LK และ A1 มาทำการปรับปรุงค่ารอยผุพองด้วยการออกแบบการทดลองและการหาพื้นที่ผลตอบสนองซึ่งจากการปรับปรุงด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมี LK และ A1 ในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองสามารถทำการลดค่ารอยผุพองจากค่าปัจจุบันคือ 7.14 มิลลิเมตรลดเหลือ 4.46 มิลลิเมตรและเมื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนองผลที่ได้จากการ

ดำเนินการการปรับตั้งค่าปัจจัยนำเข้าที่จุดที่เหมาะสมที่สุดให้ค่ารอยผุพองของการทดสอบด้วยน้ำเกลือที่จำนวน 500 ชั่วโมง เวลาปัจจุบันคือเฉลี่ย 3.60 มิลลิเมตร

ดำรงศักดิ์ วัชรเวชศฤงคาร (2548) ศึกษาเรื่อง การลดสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการพ่นสีฝุ่นโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมเพื่อหาปัจจัยและสภาวะควบคุมการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างการดำเนินงานเริ่มต้นด้วยการศึกษาต้นทุนคุณภาพในส่วนต่าง ๆ เพื่อสะท้อนถึงต้นทุนที่เกิดจากคุณภาพงานแก้ไขสีบางต่อจากนั้นได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสีบางโดยการศึกษาคำนึงถึงสภาพและขั้นตอนของกระบวนพ่นสีฝุ่นด้วยการระดมสมองวิเคราะห์ผ่านแผนภาพสาเหตุและผลแล้วทำการคัดเลือกปัจจัยโดยใช้หลักการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องผละผลกระทบ (FMEA) แล้วจึงนำปัจจัยที่ได้มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยเหล่านั้นจากการทดลองได้พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสีบางและจุดที่เหมาะสมในการควบคุมการผลิตคืออัตราความเร็วขึ้นลงของปืนพ่นสีควรจะอยู่ที่ 27 รอบต่อนาทีปริมาณประจุไฟฟ้าที่ปลายปืนอยู่ที่ 70 กิโลโวลต์และปริมาณพ่นเม็ดสีอยู่ที่ 1.5 บาร์ส่วนผลจากการนำค่าควบคุมการผลิตที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตจริงมีผลทำให้จำนวนผลิตภัณฑ์ตัวอย่างบกพร่องจากสีบางลดลงจากเดิมร้อยละ 11.99 เป็นร้อยละ 0.33 และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องรวมการแก้ไขคุณภาพงานพ่นสีลดลงจากเดิมร้อยละ 4.04 เป็นร้อยละ 2.5

ยุทธชัย รักษ์ยศ (2548) ศึกษาเรื่อง การลดผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการพ่นสีผลิตภัณฑ์หลังคากระบะเป็นการศึกษาค้นคว้าหาข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการพ่นสีในโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับธุรกิจยานยนต์และเสนอวิธีการแก้ไขซึ่งจากการศึกษาพบว่าเกิดข้อบกพร่องบนผลิตภัณฑ์หลังคากระบะเป็นจำนวนมากและพบว่าปัญหาของการเกิดสีเดือดเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดและควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรกซึ่งกระบวนการเตรียมงานเพื่อให้ผิวของชิ้นงานมีความเรียบก่อนการพ่นสีเป็นสาเหตุหลักของการเกิดปัญหาสีเดือดการดำเนินโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมในครั้งนี้เป็นการดำเนินการตามหลักการของคิวซีและวิธีทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาซึ่งผลที่ได้คือสามารถลดข้อบกพร่องที่เกิดจากปัญหาสีเดือดจากเดิมอยู่ที่ 1.7 ลดลงมาอยู่ที่ 0.82 DPU (Defect per Unit) ซึ่งเป็นไปตามเป้าที่กำหนด

อรรถโชติ ภูริพันธ์ (2550) ศึกษาเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นสีผงในกระบวนการผลิตเหล็กหล่อโดยใช้เทคนิคการออกแบบทดลองทางวิศวกรรมเพื่อหาสภาวะ การผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดยการนำปัจจัยที่ได้จากการทำ FMEA มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทการเกิด

เม็ดฟองอากาศมีปัจจัยหลักคือ อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบ และจากผลการวิจัยสามาวิเคราะห์ได้ว่าในการอบครั้งเดียวและตั้งอุณหภูมิในการอบที่ 255 องศาเซลเซียสและระยะเวลาในการอบ 65 นาที จะมีผลทำให้จำนวนผลิตภัณฑ์ประเภทเม็ดฟองอากาศนั้นไม่ตกต่างจากกระบวนการเดิม และทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเวลาการผลิตที่ลดลง และสามารถปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มเฉลี่ยต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น ได้ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์

โอภาส ศรีสังเกต (2550) ศึกษาเรื่อง การลดของเสียจากปัญหาสีเดือดในกระบวนการเคลือบสีแผงอลูมิเนียมสำหรับอาคารสูงได้ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดจุดบกพร่องในผลิตภัณฑ์จากปัญหาสีเดือดและหาแนวทางในการลดปัญหาสีเดือดในกระบวนพ่นเคลือบสี ซึ่งเกิดปัญหาสีเดือดบนผิวสีของชิ้นงานทำให้ต้องมีการซ่อมแซมผิวสีและเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะลดปัญหาสีเดือดลดลงร้อยละ 50 ของปริมาณสีเดือดทั้งหมด คือจากระดับปัญหาสีเดือดร้อยละ 13.82 ของปริมาณชิ้นงานผลิตต่อเดือนลงเหลือร้อยละ 6.91 ของปริมาณชิ้นงานผลิตต่อเดือน โดยขบวนการวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานของการพ่นสีเคลือบ จากนั้นทำการหาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสีเดือด ด้วยการออกแบบการทดลองและทดสอบความมีนัยสำคัญจากการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุหลักมาจากความกว้างของลำสีที่พ่น อัตราการไหลของสี และแรงดันลมของปืนพ่นสี จึงทำการปรับปรุงปัจจัยในการเคลือบสีใหม่ ซึ่งภายหลังการปรับปรุงสามารถการเกิดปัญหาสีเดือดลดลงเหลือร้อยละ 4.85 ของปริมาณชิ้นงานผลิตต่อเดือน ซึ่งลดลงมากกว่าเป้าหมายหรือประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 53,072 บาทต่อเดือน

ฉัตรชัย พูลสวัสดิ์ (2552) ศึกษาเรื่อง การลดสัดส่วนการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทฟิล์มสีเป็นผิวส้มจากกระบวนการพ่นสีโดยวิเคราะห์สาเหตุชิ้นงานฟิล์มสีเป็นผิวส้มผ่านทางแผนภาพสาเหตุและผลด้วยการระดมสมอง และทำการพิสูจน์สาเหตุด้วยการทดลองแบบ One Factor at a Time (OFAT) ตรวจสอบปัจจัยที่ให้จากการวิเคราะห์เหตุและผล พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ แรงดันลม อัตราการไหลสี และความหนืดสี หลังจากใช้หลักการออกแบบการทดลอง 2 แฟคทอเรียลเพื่อตรวจสอบอิทธิพลร่วมและหาค่าปรับที่เหมาะสมได้ผลดังนี้ แรงดันลมที่ 4Kg/cm อัตราการไหลของสีที่ 300 มิลลิลิตรต่อนาที ความหนืดสีที่ LSL ณ อุณหภูมินั้น ๆ เมื่อนำค่าดังกล่าวไปกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานทำให้ปัญหาการเกิดฟิล์มผิวส้มลดลง โดยก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 0.1022 ของจำนวนการผลิต หลังการปรับปรุงลดลงท่ากับ 0.034 ของจำนวนการผลิตหรือลดลง 66.73 เปอร์เซ็นต์

ธนิตพล จันทสม (2553) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟอกย้อมในโรงงานเพื่อลดสัดส่วนงานซ่อมรวมที่ผลิตในกระบวนการฟอกย้อมโดยการ

ประยุกต์ใช้ Failure Mode Effect Analysis (FMEA) และ Analytic Hierarchy Process (AHP) ในโรงงานสิ่งทอตัวอย่าง ซึ่งผลิตผืนผ้าสีเป็นผลิตภัณฑ์หลัก แต่ประสบปัญหาคุณภาพประเภทที่เกิดขึ้นประเภทนอกจากสีไม่เหมือน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาซ่อมในกระบวนการประมาณร้อยละ 7.49 ปัญหาหลักที่ส่งนำกลับมาซ่อม สามอันดับแรก ดังนี้ ผ้าเปื้อนสี ผ้ายับ และผ้าสีตก การดำเนินงานเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุโดยแผนภาพสาเหตุและผลในการวิเคราะห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าสัดส่วนงานซ่อมของบริษัทอยู่ที่ร้อยละ 7.49 ที่ผลิตทั้งหมด ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.76 ซึ่งเป้าหมายกำหนดไม่เกินร้อยละ 5 ผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้ จำนวนของเสียลดลงโดยเฉลี่ย 11,440 กิโลกรัม เหลือ 77,160 กิโลกรัม คิดเป็นเงินประมาณ 915,200 บาท และคุณภาพประเภทนอกจากสีไม่เหมือนเพิ่มขึ้นตามเป้าหมายคุณภาพ ณ ระดับ 95%

วิชาญ ทองไพรวรรณ (2554) ศึกษาเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของโรงงานกรณีศึกษา โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยเริ่มจากการออกแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา แล้วชี้บ่งแนวโน้มข้อบกพร่อง ผลกระทบและสาเหตุข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์จากนั้น ทำการประเมินความรุนแรงของข้อบกพร่อง โอกาสการเกิดข้อบกพร่องได้ดำเนินการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 คะแนนขึ้นไป ซึ่งพบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์จำนวน 33 ข้อที่ต้องได้รับการแก้ไขจากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่อง ทั้งหมด 65ข้อ ผลจากการปรับปรุงพบว่า ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้จึงส่งผลให้จำนวนครั้งการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจากเฉลี่ย 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ เหลือ 1 ครั้ง คิดเป็น 63.0% และระยะเวลานำตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์จนถึงการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจากเฉลี่ย 75 วัน เหลือ 45 วันคิดเป็น 40.0%

ตารางที่ 2.4 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเครื่องมือมาประยุกต์

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	เครื่องมือ
ฉัตรชัย พูลสวัสดิ์ (2552) การลดสัดส่วนการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทฟิล์มสีเป็นผิวส้มจากกระบวนการพ่นสี	โดยวิเคราะห์สาเหตุใช้แผนภาพสาเหตุและผลด้วยการระดมสมอง และทำการพิสูจน์สาเหตุด้วยการทดลองแบบ One Factor at a Time (OFAT)
ดำรงศักดิ์ วัชรเวชศฤงคาร (2548) การลดสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการพ่นสีฝุ่น	วิเคราะห์ผ่านแผนภาพสาเหตุและผล และคัดเลือกปัจจัยโดยใช้หลักการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องผลกระทบ (FMEA)
ธนิตพล จันทสม (2553) การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟอกย้อมในโรงงานเพื่อลดสัดส่วนงานซ่อม	โดยการประยุกต์ใช้ Failure Mode Effect Analysis (FMEA) และ Analytic Hierarchy Process (AHP)
ชาญ ทองไพรวรรณ (2554) การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว	โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)
อรรถโชติ ภูริพันธ์ (2550) การเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นสีผงในกระบวนการผลิตเหล็กหล่อ	การออกแบบทดลองทางวิศวกรรมเพื่อหาสภาวะ การผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดยการนำปัจจัยที่ได้จากการทำ FMEA
โอภาส ศรีสังเกต (2550) การลดของเสียจากปัญหาสีเดือดในกระบวนการเคลือบสีแผงอลูมิเนียมสำหรับอาคารสูง	โดยวิเคราะห์สาเหตุใช้แผนภาพสาเหตุและผลด้วยการระดมสมอง

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

กรณีศึกษาการลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิค FMEA บริษัทโกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด มีวิธีการดำเนินงานต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ ข้อมูลเพื่อการปรับปรุง

3.5 การสำรวจสภาพปัจจุบัน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิเคราะห์หาแนวทางแก้ปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการพ่นสีเหล็กได้กำหนดแผนการดำเนินงานในการวิจัยไว้ 7 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษากระบวนการพ่นสีเหล็กประกอบด้วยอะไรบ้าง และเกิดปัญหาของเสียมากน้อยเท่าไร

2. เก็บรวบรวมข้อมูลและสรุปจำนวนงานเสียทุกปัญหาในงานพ่นสี

3. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

4. หาแนวทางในการแก้ไขปัญหา

5. ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังจากทำการปรับปรุง

6. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง

7. สรุปผลการวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการวิเคราะห์ในรูปแบบของการทำแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) วิเคราะห์ข้อมูลและใช้ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram หรือ Fishbone Diagram) เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยย่อยที่ทำให้เกิดปัญหารวมทั้งใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

สำหรับกระบวนการผลิต (FMEA) เพื่อประเมินความรุนแรง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องและดำเนินการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้ใบ Check Sheet ใบตรวจสอบผลผลิตประจำวันโดยใบตรวจสอบจะประกอบไปด้วย วันที่ผลิต เวลาที่ผลิต จำนวนผลิตของดี จำนวนผลิตของเสีย แผนกที่ทำให้เกิดของเสียและรายละเอียดของงานเสีย ตั้งแต่เดือน มกราคม-ธันวาคม 2556

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุง

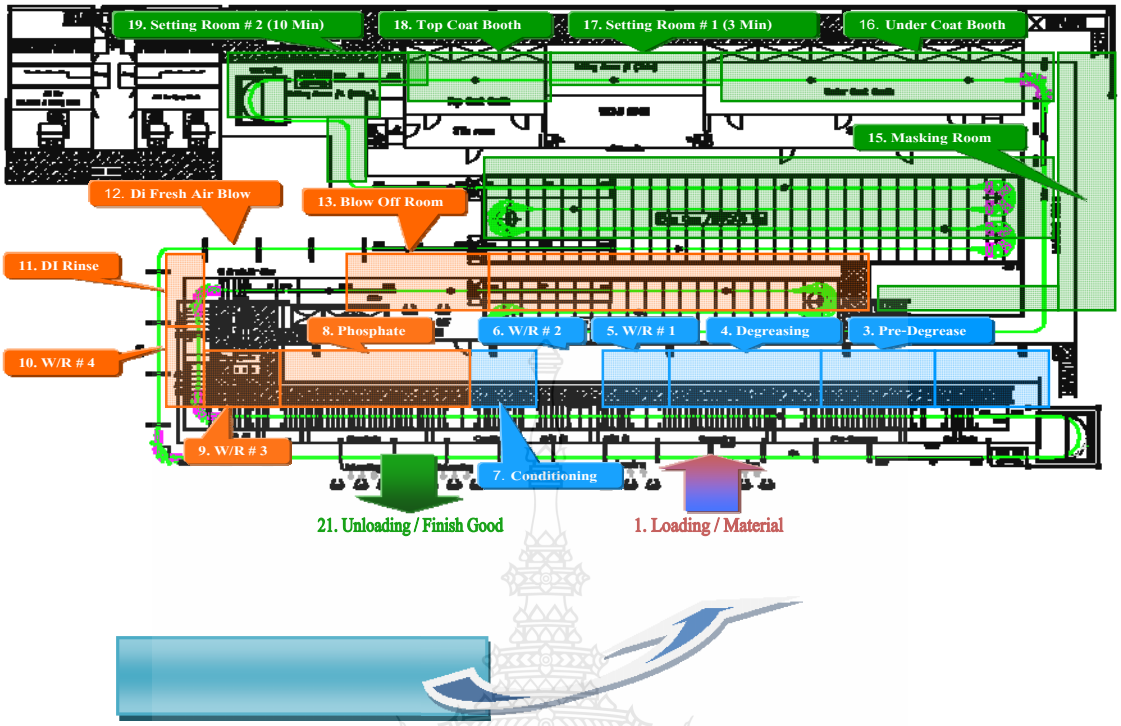
3.4.1 นำข้อมูลจาก check sheet ที่ได้ตามขอบเขตที่ตั้งไว้โดยใช้ 12 เดือน มาทำการวิเคราะห์ในรูปแบบของการทำแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อแสดงถึงลำดับและความถี่ของการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 12 เดือนที่ทำการศึกษาและเก็บข้อมูล

3.4.2 วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram หรือ Fishbone Diagram) เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยย่อยที่ทำให้เกิดปัญหาโดยการนำปัญหาอันดับหนึ่งมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับผู้ร่วมปฏิบัติงาน

3.4.3 ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต (FMEA) ด้วยวิธีการวิเคราะห์เพื่อประเมินความรุนแรง โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง เพื่อนำไปประเมินความเสี่ยงและดำเนินการแก้ไข

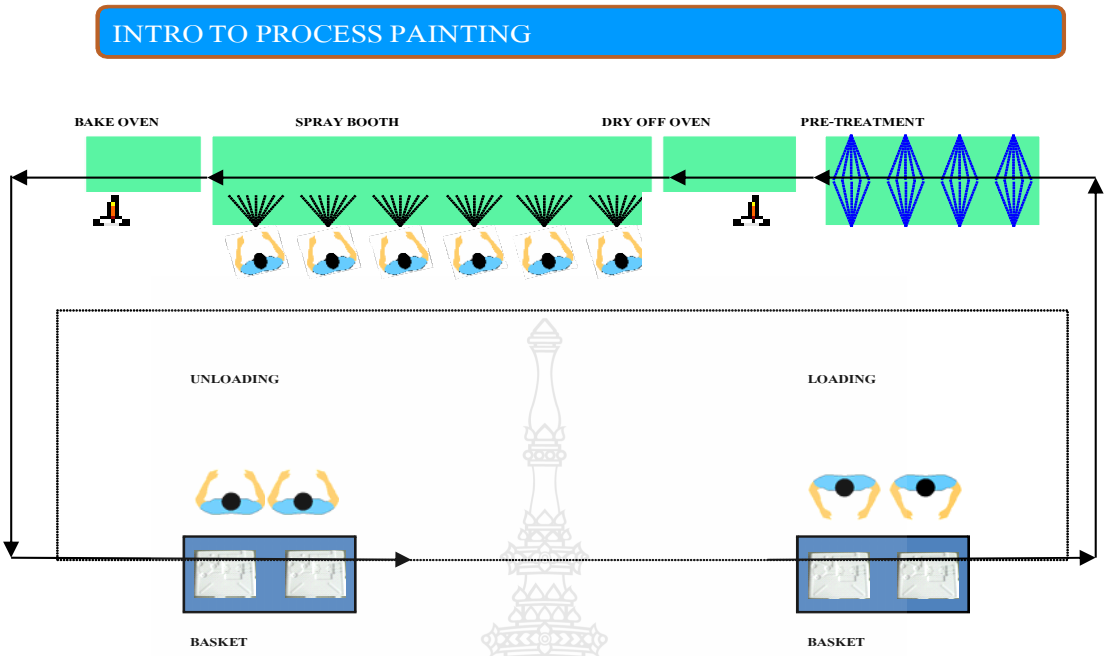
3.5 การสำรวจสภาพปัจจุบัน

3.5.1 ศึกษา Line Layout แสดงการไหลของกระบวนการทำงานพ่นสีของบริษัทตัวอย่าง ในกระบวนการผลิตของบริษัทตัวอย่างโดยเริ่มจากการนำชิ้นงานเข้าแผนก Buffing โดยแผนกดังกล่าวจะทำการตรวจสอบและทำความสะอาดเตรียมพื้นผิว เบื้องต้น หลังจากนั้นก็จะมีการย้ายชิ้นงานไปกระบวนการต่อไปคือ กระบวนการเตรียมล้างทำความสะอาดผิวชิ้นงาน โดยใช้ Conveyor ลำเลียงชิ้นงานเข้าระบบ ทำความสะอาดด้วยระบบเคมี (Pretreatment) และผ่านกระบวนการไปยังกระบวนการเป่าน้ำ (Air Blow) ผ่านกระบวนการอบน้ำ (Baking Oven) ผ่านกระบวนการตรวจสอบผิวก่อนพ่น (Masking) ไปห้องพ่นสี หลังจากพ่นสีเสร็จก็จะเข้าเตาอบสี และ Conveyor นำชิ้นงานไหลออกมาสู่ขั้นตอนการตรวจสอบดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังกระบวนการผลิตการพ่นสีที่ใช้ในการศึกษา

ชิ้นงานเข้าระบบ ทำความสะอาดด้วยระบบเคมี (Pretreatment) และผ่านกระบวนการไปยังกระบวนการเป่าน้ำ (Air Blow) ผ่านกระบวนการอบน้ำ (Dry of Oven) ผ่านกระบวนการตรวจสอบผิวก่อนพ่น (Masking) ไปห้องพ่นสี หลังจากพ่นสีเสร็จก็จะเข้าเตาอบสีและ conveyor นำชิ้นงานไหลออกมาสู่ขั้นตอนการตรวจสอบดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ผังแสดงการไหลของการผลิตการพ่นสีที่ใช้ในการศึกษา

ขั้นตอนการแขวนชิ้นงานพนักงานจะนำชิ้นงานใส่ Hanger เพื่อนำชิ้นงานเข้าสู่ขั้นตอนการทำความสะอาดด้วยระบบเคมี (Pretreatment) เพื่อกำจัดสิ่งปลอมปนฝุ่นผง บนผิวชิ้นงานเช่นน้ำมันที่ใช้ในการปั๊มรูปโลหะ หรือน้ำมันกันสนิมต่าง ๆ และเคลือบผิวเพื่อเพิ่มพื้นที่การยึดเกาะของสี การเคลือบของฟิล์มฟอสเฟตเพื่อประสิทธิภาพการยึดเกาะสีกับตัวชิ้นงานช่วยลดแรงตึงผิวที่ผิวชิ้นงาน

ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการทำความสะอาดด้วยระบบเคมี (Pretreatment)

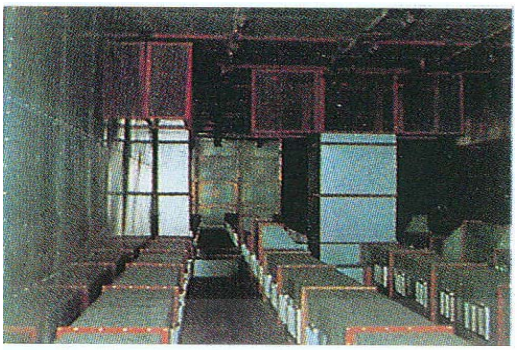
ขั้นตอนการเป่าน้ำ (Air Blow) เป็นขั้นตอนการเป่าน้ำออกจากตัวชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานมีน้ำขังในตำแหน่งการแขวน และผ่านไปยังกระบวนการอบน้ำ (Dry Off Oven) เป็นขั้นตอนการอบผิวชิ้นงานให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 10-25 นาทีโดยนำชิ้นงานที่มีโซ่ลำเลียงผ่านเตาอบ และนำไปสู่ห้อง Masking เป็นขั้นตอนการใส่อุปกรณ์ปิดบังไม่ให้สีติดเนื่องจากชิ้นส่วนมีการระบุต้องสัมผัสหรือชิ้นส่วนที่มีเกลียว

ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเป่าน้ำ (Air Blow) และ Masking ใส่อุปกรณ์ปิดบังไม่ให้สีติด

ขั้นตอนการพ่นสี (Painting) เป็นขั้นตอนพ่นสีเพื่อเคลือบผิวชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์ปืนพ่นสีเพื่อพ่นสีรองพื้นหรือพ่นสีจริง ขั้นตอนการพ่นสีเป็นกระบวนการที่เกิดงานเสียมากกว่ากระบวนการอื่น ๆ เนื่องจากมีปัจจัยจาก คน วิธีการ วัตถุดิบ และจากเครื่องจักรอุปกรณ์

ภาพที่ 3.5 รูปขั้นตอนการพ่นสี (Painting)

ขั้นตอนการอบสี (Baking Oven) เป็นขั้นตอนการอบสีบนผิวชิ้นงานให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 140-160 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30-40 นาทีโดยนำชิ้นงานที่มีโซ่ลำเลียงผ่านเตาอบและต่อไปยังกระบวนการตรวจสอบฟิล์มสี



ภาพที่ 3.6 รูปขั้นตอนการอบสี (Baking Oven) และการตรวจสอบฟิล์มสี

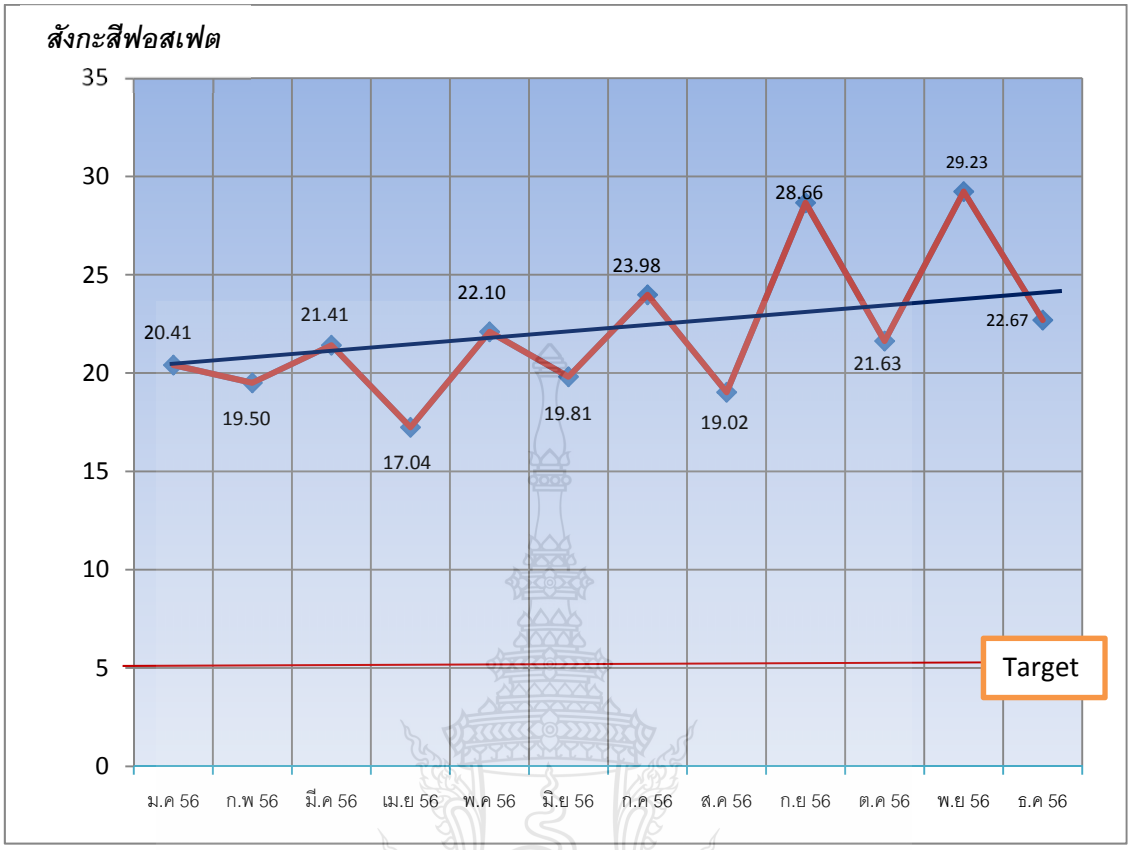
การสำรวจปัญหาของเสีย มีการเก็บข้อมูลปริมาณของเสียของแผนกพ่นสี เก็บข้อมูลของปี พ.ศ 2556 ตั้งแต่เดือน มกราคม - เดือนธันวาคม โดยมีรายระเอียดของข้อมูลงานเสียดังแสดงในภาพที่ 3.7

ลำดับ	จำนวนที่ผลิตทั้งหมด	ของเสีย	ร้อยละของของเสีย
ม.ค. 2556	92,789	18,935	20.41
ก.พ. 2556	87,382	17,039	19.50
มี.ค. 2556	89,549	19,164	21.41
เม.ย. 2556	63,862	11,009	17.04
พ.ค. 2556	62,541	13,822	22.10
มิ.ย. 2556	55,661	11,020	19.81
ก.ค. 2556	49,683	11,874	23.98
ส.ค. 2556	32,157	6,116	19.02
ก.ย. 2556	33,756	9,675	28.66
ต.ค. 2556	43,318	9,386	21.63
พ.ย. 2556	74,879	21,884	29.23
ธ.ค. 2556	86,293	19,561	22.67
รวม	**771,870**	**172,320**	**22.32**

ภาพที่ 3.7 แสดงปริมาณของเสียเทียบกับปริมาณผลผลิตทั้งหมดในแผนกพ่นสี

ที่มา : รายงานของเสียกระบวนผลิตพ่นสี บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด

จาก ภาพที่ 3.7 ข้อมูลที่ทำการผลิต ส่วนพ่นสี บริษัท โกลด์ เพรส จำกัด ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมปี 2556 มีจำนวนรวม 771,870 ชิ้น มีของเสียรวม 172,320 ชิ้น และมีร้อยละของของเสียเฉลี่ยรวม 22.32



ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณของเสียในช่วงเดือนมกราคม–ธันวาคม 2556

ที่มา : รายงานของเสียกระบวนผลิตพ่นสี บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด

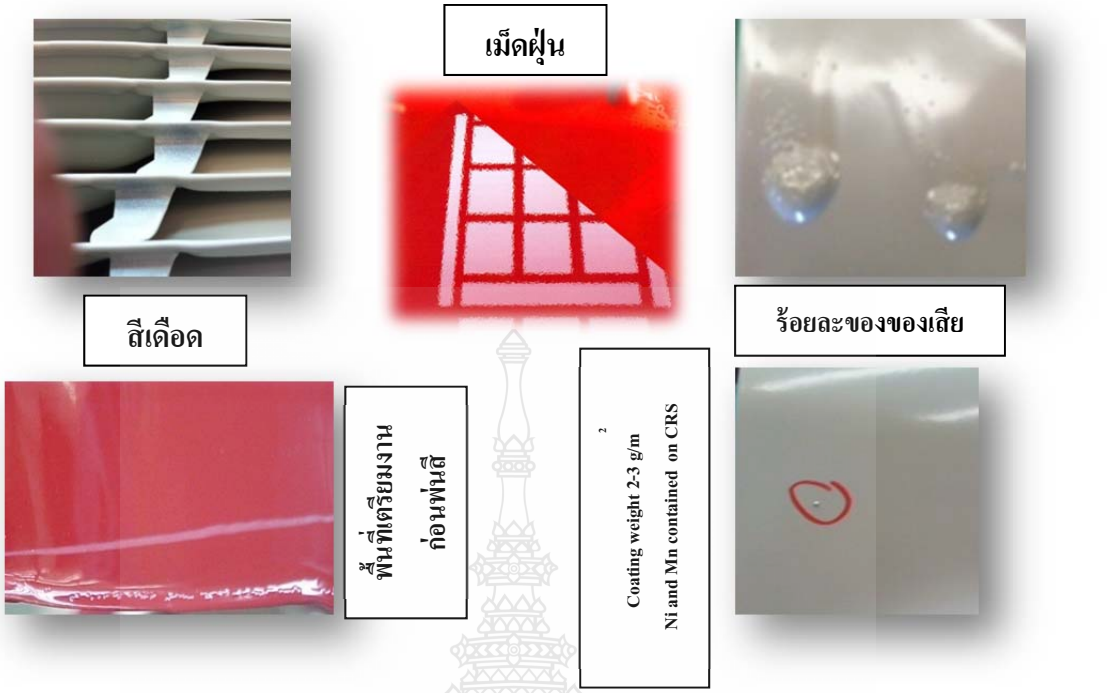
จากข้อมูลแสดงให้เห็นร้อยละของของงานเสียเฉลี่ยทั้งปีประมาณ ร้อยละ 22.32 และของเสียมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงเก็บข้อมูลของเสียแต่ละปัญหา เพื่อประเมินภาพรวมโดยสภาพของเสียที่เกิดขึ้นถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากเนื่องจากโดยมาตรฐานโดยทั่วไปของเสียที่ควรอยู่ในค่าที่ควบคุมไม่ควรเกินร้อยละ 5 เพราะถ้าเกิดมีของเสียเกินมาตรฐานจะทำให้บริษัทมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นมากต้องมีการจัดสรรพนักงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับงานเสียมีการใช้วัสดุสิ้นเปลือง วัตถุดิบเพื่อปรับเปลี่ยนสภาพงานที่เสียให้เป็นงานดีมีคุณภาพ

รายละเอียดการผลิต			ปัญหาคุณภาพ					รวม
เดือน	จำนวนผลิต	จำนวนเสีย	เดือด	เม็ดฝุ่น	สีบาง	สีไหล	ผิวส้ม	ร้อยละของของเสีย
ม.ค.	92,789	18,935	10,120	5,509	1,190	1,159	957	21.41
ก.พ.	87,382	17,039	8,347	4,770	1,789	1,341	862	19.5
มี.ค.	89,549	19,164	11,075	3,067	1,856	1,270	896	21.41
เม.ย.	63,862	11,009	5,438	2,721	1,051	1,001	798	17.04
พ.ค.	62,541	13,822	7,842	2,872	1,552	677	879	22.10
มิ.ย.	55,661	11,020	5,348	2,863	1,127	887	793	19.81
ก.ค.	49,683	11,874	4,981	3,132	1,431	1,236	1,094	23.98
ส.ค.	32,157	6,116	2,585	1,769	678	766	318	19.02
ก.ย.	33,756	9,675	4,538	1,838	975	958	428	28.66
ต.ค.	43,318	9,386	5,687	2,143	1,237	1,259	560	21.63
พ.ย.	74,879	21,884	8,352	4,260	1,769	2,178	812	29.23
ธ.ค.	86,293	19,561	9,849	4,659	1,894	2,218	941	22.67
รวม	**771,870**	**172,320**	**84,162**	**38,603**	**21,227**	**18,890**	**9,438**	**267.84**
เปอร์เซ็นต์		22.32	10.90	5.02	2.75	2.44	1.23	22.32

ภาพที่ 3.9 แสดงข้อมูลจำนวนของเสียแต่ละปัญหา

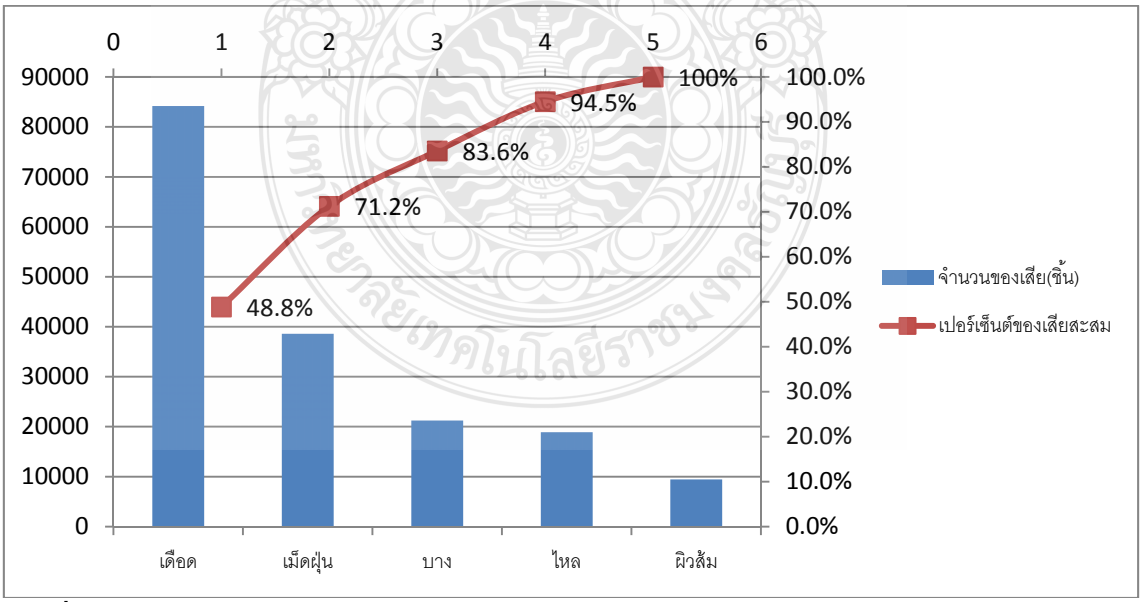
ที่มา : รายงานของเสียกระบวนผลิตพ่นสี บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด

ภาพที่ 3.9 แสดงข้อมูลงานพ่นสีเสียโดยเก็บบันทึกได้ดำเนินการวิเคราะห์ปัญญางานเสียแต่ละแผนกช่วงระยะเวลาเดือนมกราคม 2556 - ธันวาคม ปี 2556 จากการแยกปัญหาของเสียออกแต่ละประเภทสามารถระบุได้ 5 ปัญหาหลัก ๆ คือ สีเดือด เม็ดฝุ่น สีบาง สีไหล และผิวส้ม



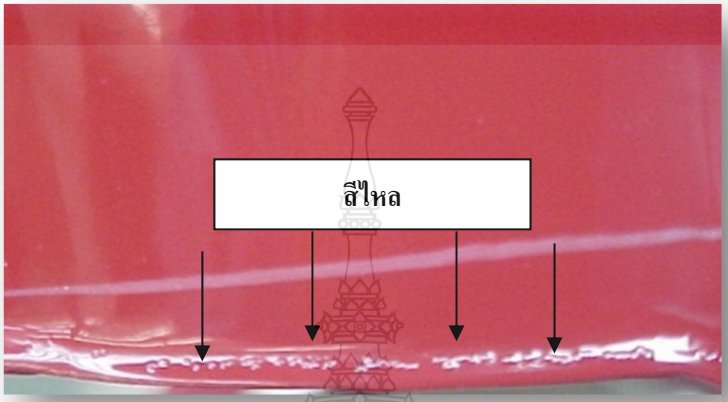
ภาพที่ 3.10 ภาพแสดงลักษณะปัญหางานพ่นสีเสีย

ได้ดำเนินการวิเคราะห์แยกปัญญางานเสียแต่ละประเภทปัญหาช่วงระยะเวลาเดือนมกราคม 2556-ธันวาคมปี 2556 จัดทำกราฟพาเรโตมีการแยกของเสียออกแต่ละประเภท และแสดงร้อยละของของเสียแต่ละประเภทดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.11 สรุปภาพรวมของงานพ่นสีเสียแต่ละประเภท

จากภาพที่ 3.11 ภาพรวมของงานพ่นสีเสียแต่ละประเภทข้อมูลงานเสียจากการพ่นสี โดยของเสียที่มีมากเป็นอันดับ 1 คือปัญหาสีเดือด และปัญหาอันดับ 2 คือสีเป็นเม็ดฝุ่นโดยของเสียที่เกิดปัญหาสีเดือดมีจำนวน 84,162 ชิ้น จากจำนวนของเสียรวม 172,320 ชิ้นหรือคิดเป็นร้อยละของของเสีย 48.8 ของปัญหาทั้งหมด



ภาพที่ 3.12 ภาพงานพ่นสีเสียปัญหาสีเดือด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิค เอฟเอ็มอีเอ บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด รวมถึงแนวทางการดำเนินการแก้ไข ได้ผลการดำเนินการตามขั้นตอนแสดงไว้ดังนี้

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

4.2 การวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

4.3 การประเมินความรุนแรง คำนวณความเสี่ยงชี้นำ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

4.4 การวัดผลและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินงาน

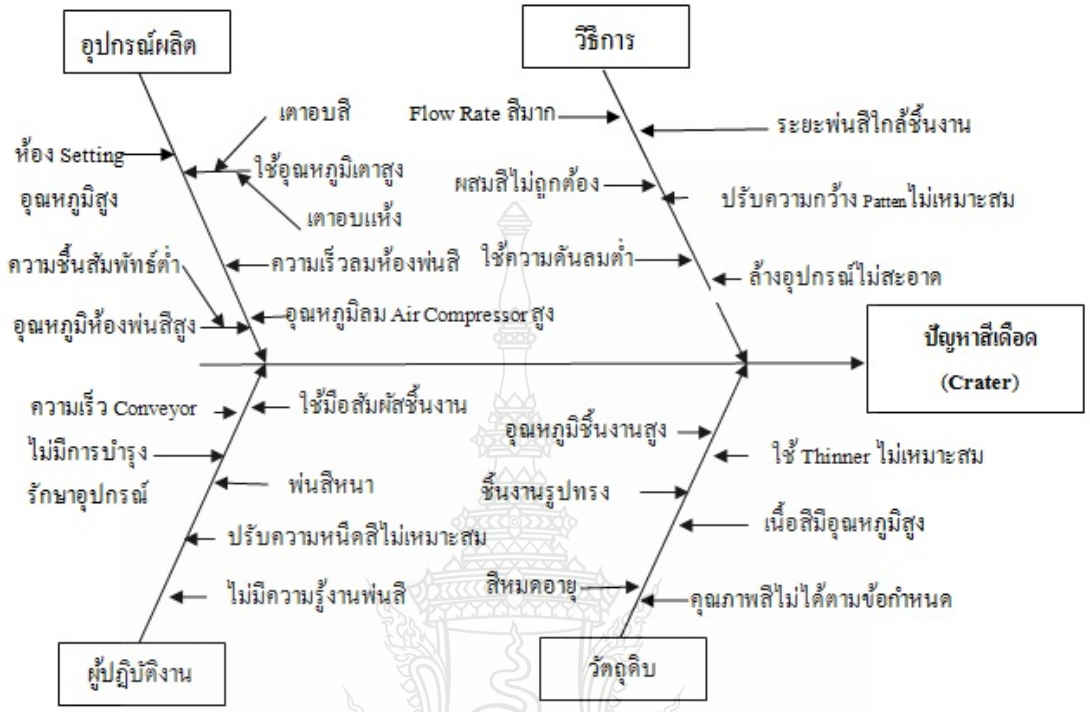
4.5 สรุปผลการดำเนินงาน

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

จากการศึกษาสภาพปัญหาสีเดือดในกระบวนการพ่นสีเหล็กในปัจจุบัน ซึ่งทีมงานพ่นสีพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาโดยตลอด และเนื่องด้วยปัญหาดังกล่าวมีที่มาหลายสาเหตุ จึงทำให้การวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาสีเดือดยังไม่ตรงกับสาเหตุที่แท้จริง ทำให้ปัญหาสีเดือดเป็นปัญหาอันดับ 1 จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขกำจัดต้นเหตุที่แท้จริงให้ได้ โดยการใช้เครื่องมือและวิธีการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ ในเบื้องต้นทางทีมงานได้มีการมีการประชุมทีมงาน เพื่อให้ได้ซึ่งสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด ในขั้นตอนการระดมสมองนั้นจะให้ผู้ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการผลิตเสนอความคิดเห็น โดยผู้ที่แสดงความคิดเห็นนั้นจะเป็น วิศวกร หัวหน้างาน และผู้ชำนาญการปฏิบัติงาน ซึ่งมีความรู้ในงานพ่นสีที่ทำการศึกษาและในการเสนอแนวความคิดนี้ จะไม่จำกัดปริมาณและคุณภาพของความคิดเห็น เพื่อป้องการตกหล่นของสาเหตุที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา สุดท้ายก็จะนำความคิดเห็นมาจัดเป็นหมวดหมู่ด้วยแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ใช้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลปัญหาที่ต้องศึกษา

จากภาพที่ 4.1 แผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ปัญหาสีเดือดของบริษัท โกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด โดยวิเคราะห์ตามกระบวนการผลิต 4M คือ กระบวนการ Man, Material, Method, Machine ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาสีเดือด ทางทีมงานได้มีการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อให้ได้ซึ่ง

สาเหตุหลัก ๆ เกิดจากวัตถุดิบ วิธีการ อุปกรณ์ผลิตและจากผู้ปฏิบัติงานและมีสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด 25 สาเหตุ เพื่อทำให้การแก้ไขปัญหามีแนวทางเป้าหมายที่ชัดเจน



ภาพที่ 4.1 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ปัญหาสีเดือด

4.2 การวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) เป็นวิธีการที่เป็นระบบในการตรวจหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ไม่ให้เกิดขึ้นทำให้สามารถคาดการณ์ปัญหาได้และมีระบบในการจัดความสำคัญก่อนหลังและยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหาให้กับวิศวกร หัวหน้างานให้มีลำดับความคิดที่เป็นระบบ ขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ จะใช้ผลจากการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ร่วมด้วย เพื่อวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบจากต้นเหตุที่แท้จริงซึ่งสามารถแสดงการหาความสำคัญในการเข้าไปแก้ไข

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ ปัญหาสีเดือด ได้ใช้ข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ด้วยการนำกระบวนการหลักจาก วัตถุดิบ วิธีการ อุปกรณ์ผลิตและจากผู้ปฏิบัติงาน ที่ทำให้เกิดปัญหาสีเดือดและมีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่อาจเกิดขึ้น

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ ปัญหาสีเดือด

ตัวแปรป้อนเข้า (Key Process in put)	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (Potential Effect of Mode)
1.อายุการใช้งานของสี	สีหมดอายุการใช้งาน	ทำให้สีเหนียวและผสมกับ Thinner ไม่เข้ากันเมื่อนำไปพ่นสีสารผสม ในเนื้อสีคุณภาพด้อยลงไปทำให้เกิดปัญหาสีเป็นเม็ด ผิวส้มและปัญหาสีเดือด
2.มาตรฐานการผลิตสีที่เป็นข้อกำหนดกับลูกค้า	คุณภาพของสีผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนด	สีที่นำใช้ในกระบวนการผลิตเมื่อตรวจสอบคุณภาพฟิล์มสีจะไม่ผ่านและในกระบวนการพ่นสีเกิดปัญหาในการพ่น สีเป็นเม็ด ผิวส้มและปัญหาสีเดือด
3.อุณหภูมิของสีขณะพ่นสี	ขณะพ่นสีมีอุณหภูมิของสีสูงเกินข้อกำหนด	เมื่ออุณหภูมิของสีสูงเกินข้อกำหนด ทำให้การระเหยของ Thinner หรือสารที่ผสมในเนื้อสีมีการระเหยเร็วกว่าปกติทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหยตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหยเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
4.รูปทรงชิ้นงาน	ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน	ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อนเมื่อพ่นสีเนื้อสีจะสัมผัสส่วนด้านหน้าและส่วนที่อยู่ด้านในสัมผัสเนื้อสีน้อยไม่ได้ความหนาตามข้อกำหนดเพื่อให้ได้ความหนาของด้านใน ทำให้ผิวด้านนอกมีความหนามากเกิดปัญหาสีไหลและเดือด
5.ปรับคุณสมบัติของ Thinnerให้เหมาะสมกับ กระบวนผลิต	ใช้Thinnerไม่เหมาะสมกับกระบวนผลิต	กระบวนผลิตพ่นสีเป็นการออกแบบที่แตกต่างกันสภาพการผลิต เวลา อุณหภูมิ และความเร็วการระเหยของ Thinner ต้องปรับให้เหมาะสมหากมีการใช้ Thinnerไม่เหมาะสมกับกระบวนผลิตทำให้เกิดปัญหาผิวส้ม สีไหล และสีเดือด
6.อุณหภูมิของชิ้นงาน	อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด	เมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานสูงเกินข้อกำหนด ทำให้การระเหยของ Thinner หรือสารที่ผสมในเนื้อสีมีการระเหยเร็วกว่าปกติทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหยตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหยเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ ปัญหาสีเดือด (ต่อ)

ตัวแปรป้อนเข้า (Key Process in put)	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (Potential Effect of Mode)
8.ความดันลมในการพ่นสี	ใช้ความดันลมต่ำ	การพ่นสีใช้ความดันลมต่ำมากเกินไปทำให้สีไม่แตกตัวและสีมีความหนาเกินมาตรฐาน ฟิล์มสีไม่เรียบเกิดเป็นเม็ดสี และเมื่อผ่านกระบวนการอบสีที่หนาเกินทำให้สารระเหยชั้นในระเหยไม่ทัน เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
9.ความกว้าง Patten ปืนพ่นสี	ปรับความกว้าง Patten ไม่เหมาะสม	การปรับความกว้าง Patten ปืนพ่นสี ถ้าปรับน้อยทำให้สีไม่แตกตัวและสีมีความหนาเกินมาตรฐาน ฟิล์มสีไม่เรียบเกิดเป็นเม็ดสีหรือปรับกว้างเกินไปตรงกลางของ Pattenจะมีปริมาณสีน้อยเมื่อพ่นชิ้นงานสีจะสัมผัสกับขอบของชิ้นงานเกิดความหนาสีเกินมาตรฐานและเมื่อผ่านกระบวนการอบ สีที่หนาเกินทำให้สารระเหยชั้นในระเหยไม่ทันเกิดปัญหาสีเดือด
10.การทำความสะอาดอุปกรณ์พ่นสี	ล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	การล้างอุปกรณ์ไม่สะอาดทำให้มีสารละลายตัวอื่น ๆ ปนไปในเนื้อสีทำให้เกิดปัญหาคุณภาพฟิล์มสีไม่เหมือนมาตรฐาน ผิวส้ม สีเป็นเม็ด สารระเหยปนในเนื้อสีเมื่อผ่านกระบวนการอบสีเกิดปัญหาสีเดือด
11.วิธีการผสมสีกับ Thinner	ผสมสีไม่ถูกต้อง	หากผสมสีไม่ถูกต้องไม่มีการผสมให้เข้ากันเมื่อผสมและนำไปพ่นสี บริเวณชั้นบนจะมี Thinner และก้นถังเป็นเนื้อสีทำให้พ่นสีในช่วงเริ่มต้นสีจะหนาและเกิดผิวไม่เรียบเมื่อผ่านกระบวนการอบสีเกิดปัญหาสีเดือด
12.การใช้ Flow Rate	ใช้ Flow Rate ในการพ่นสีมากเกินไป	การใช้Flow Rate ในการพ่นสีมากเกินไป ทำให้สีไม่แตกตัวและสีมีความหนาเกินมาตรฐาน ฟิล์มสีไม่เรียบเกิดเป็นเม็ดสีและเมื่อผ่านกระบวนการอบสีที่หนาเกินทำให้สารระเหยชั้นในระเหยไม่ทันเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
13.อุณหภูมิลมจาก Air Compressor	อุณหภูมิลม Air Compressor สูง	หากอุณหภูมิลมจาก Air Compressor สูงเมื่อผ่านสีทำให้สีที่พ่นมีอุณหภูมิสูงเกิดการแห้งตัวอย่างรวดเร็วทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหยตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหยเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ ปัญหาสีเดือด (ต่อ)

ตัวแปรป้อนเข้า (Key Process in put)	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (Potential Effect of Mode)
14.อุณหภูมิห้องพ่นสี	อุณหภูมิห้องพ่นสีสูง	อุณหภูมิห้องพ่นสีสูงทำให้สีที่พ่นมีการระเหยของ Thinner อย่างรวดเร็วทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหย Thinner ตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหย Thinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
15.ความชื้นสัมพัทธ์	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเป็นความชื้นที่ผสมในอากาศทำให้สีที่พ่นมีการระเหยของThinnerอย่างรวดเร็วทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหยThinnerตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหยThinnerเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
16.ความเร็วลมห้องพ่นสี	ความเร็วลมห้องพ่นสีไม่เหมาะสม	ความเร็วลมห้องพ่นสีไม่เหมาะสมหากความเร็วลมต่ำจะเกิดการฟุ้งกระจายของละอองสีเกิดปัญหาสีเป็นเม็ดหากความเร็วลมมากเกินไปทำให้ลมผ่านผิวชิ้นงานที่พ่นสีเกิด การระเหยของ Thinner อย่างรวดเร็วทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหย Thinner ตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหย Thinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
17.อุณหภูมิห้อง Setting	ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง	ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูงทำให้งานหลังจากพ่นสี และส่งต่อไปยังเตาอบสีโดยสายพานลำเลียง (Conveyor) ทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง สารระเหย Thinner ตกค้างอยู่ชั้นในเมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหย Thinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
18.เตาอบแห้ง (Dry of Oven)	ใช้อุณหภูมิเตาอบแห้งสูง	ใช้อุณหภูมิเตาอบแห้งสูงทำให้อุณหภูมิของชิ้นงานสูงเกินข้อกำหนด เมื่อทำการพ่นสีชิ้นงานที่มีอุณหภูมิสูงเกิดการแห้งตัวของสีอย่างรวดเร็ว ทำให้สีเป็นเม็ดและทำให้ฟิล์มสีมีอุณหภูมิสูง เกิดการระเหยของ Thinner หรือสารที่ผสมในเนื้อสีมีการระเหยเร็วกว่าปกติทำให้ผิวชั้นนอกแห้ง เมื่อชิ้นงานผ่านเข้าสู่กระบวนการอบสีที่มีอุณหภูมิสูงสารระเหยเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ ปัญหาสีเดือด (ต่อ)

ตัวแปรป้อนเข้า (Key Process in put)	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (Potential Effect of Mode)
19.เตาอบสี	ใช้อุณหภูมิเตาอบสูง	ใช้อุณหภูมิเตาอบสูงทำให้คุณภาพฟิล์มสีด้อยในการยึดเกาะกับตัวชิ้นงาน(Over Bake)และการใช้อุณหภูมิที่สูงมากทำให้สีได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว การระเหยของThinnerหรือสารที่ผสมระเหยออกไม่ทัน เกิดปัญหาสีเดือด
20.ความรู้งานพ่นสี	ไม่มีความรู้งานพ่นสี	ไม่มีความรู้งานพ่นสีทำให้การพ่นสีงานเสียละเกิดปัญหาในการผลิต การบำรุงรักษาอุปกรณ์รวมทั้งปัญหาสีเดือด
21.ปรับความหนืดสี	ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม	การปรับความหนืดสีไม่เหมาะสมหากใช้ความหนืดสีน้อย ปัญหาที่เกิด ความหนาสีไม่ได้ฟิล์มสีบาง สีไหล หากใช้ความหนืดมากเกินไปสีจะพ่นเป็นเม็ด สีหนา และเกิดปัญหาผิวส้ม และสีเดือด
22.พ่นสี	พ่นสีหนา	สีมีความหนาเกินมาตรฐาน การระเหยของThinner หรือสารที่ผสมระเหยออกไม่ทัน และเมื่อผ่านกระบวนการอบสี ทำให้สารระเหยชั้นในระเหยไม่ทันเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
23.สัมผัสชิ้นงาน	ใช้มือสัมผัสชิ้นงาน	ใช้มือสัมผัสชิ้นงานทำให้ผิวชิ้นงานปนเปื้อนคราบสกปรก หรือคราบน้ำมัน สารปนเปื้อนจะเดือดเมื่อผ่านอุณหภูมิที่สูง และเกิดเป็นปัญหาสีเดือด
24.ความเร็ว Conveyor	ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด	ใช้ความเร็ว Conveyorมากกว่าข้อกำหนดทำให้การใช้เวลาเพื่อการแห้งตัวของฟิล์มสีไม่พอ มีสาระเหยของ Thinnerหรือสารที่ผสมระเหยออกไม่ทัน และเมื่อผ่านกระบวนการอบสี ทำให้สารระเหยชั้นในระเหยไม่ทันเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน
25.การบำรุงรักษาอุปกรณ์	ไม่มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์	ไม่มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทำให้อุปกรณ์ชำรุดไม่สามารถควบคุม Condition ให้ได้ตามมาตรฐานทำให้เกิดปัญหางานพ่นสี

4.3 การประเมินความรุนแรง คำนวณความเสี่ยงชี้นำ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

ผลการประเมินความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับเมื่อทีมงานและผู้เชี่ยวชาญระบุตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง RPN คือ ผลลัพธ์ของความรุนแรงที่มีผลต่อการใช้งาน โอกาสในการเกิดบ่อย ๆ และการตรวจจับได้ง่ายหรือไม่ เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหาและในไปใส่ในช่อง S O และ D แล้วทำการคำนวณค่า RPN ในสมการที่ RPN = SxOxD

เมื่อ S หมายถึง เป็นความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากความล้มเหลว (Severity)

O หมายถึง เป็นโอกาสที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นว่าบ่อยเพียงใด (Occurrence)

D หมายถึง เป็นความสามารถในการตรวจจับและป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลวขึ้นได้ดีเพียงใด (Detection)

ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด โดยมีการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่เป็นไปได้และสาเหตุที่เป็นไปได้ในปัจจุบันมีการจัดการหรือควบคุมดูแลได้ระดับดีแค่ไหน และทำการบันทึกคะแนนพร้อมคำนวณผลคะแนนในช่อง RPN

กระบวนการ(Process)	ตัวแปรป้อนเข้า (Key Process in put)	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น(Potential (Failure Mode)	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (Potential Effect of Mode)	ความรุนแรง(Severity : S)	สาเหตุที่เป็นไปได้(Potential Cause Mechanism of Failure)	โอกาสการเกิด (Occurrence: O)	การควบคุมในปัจจุบัน(Current Process Control)	การตรวจจับ(Detection : D)	RPN=S x O x D
วัตถุดิบ	1.อายุการใช้งานของสี	สีหมดอายุการใช้งาน	เนื้อสีคุณภาพด้อยลงไปทำให้เกิดปัญหาสีเป็นเม็ด , ผิวส้มและปัญหาสีเดือด	10	สั่งซื้อสีเกินกว่าความต้องการของลูกค้า	5	มีการขอประมาณการสั่งซื้อของลูกค้าล่วงหน้า 1เดือน	2	100
	2ผลิตสีที่ได้มาตรฐานข้อกำหนดกับลูกค้า	คุณภาพของสีผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนด	เกิดปัญหาในการพ่น สีเป็นเม็ด ,ผิวส้มและปัญหาสีเดือด	10	Venderผลิตสีไม่ตรงกับคำสั่งซื้อ	3	มีใบยืนยัน Lotการผลิตและผลการตรวจสอบคุณภาพสีส่งให้กับ Maker	2	60
	3.อุณหภูมิของสีขณะพ่นสี	ขณะพ่นสีมีอุณหภูมิของสีสูงเกินข้อกำหนด	ทำให้สีเดือดผ่านฟิล์มสี เป็นรูพรุน	10	มีการจัดเก็บสีไว้ในสถานที่ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ	3	มีการเบิกสี มาเก็บไว้ในห้องผสมสีที่มีการควบคุมอุณหภูมิล่วงหน้า 1วัน	3	90

ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด

	4.รูปทรงชิ้นงาน	ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน	เกิดปัญหาสีไหลและเดือด	10	พื้นผิวชิ้นงานพ่นสีมีซอกและมุมแคบ	8	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS)	5	400
	5.คุณสมบัติของThinner	ใช้Thinnerไม่เหมาะสมกับกระบวนผลิต	ทำให้เกิดปัญหาผิวส้ม สีไหล และสีเดือด	10	Vender ผลิต Thinnerที่ไม่เหมาะสมกับกระบวนผลิต	3	มีการTrial และปรับ Condition ก่อนนำ Thinner มาใช้ในกระบวนการลิต	3	90
	6.อุณหภูมิของชิ้นงาน	อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด	สารระเหยเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	ชิ้นงานมีความหนามากเมื่อผ่านเตาอบแห้งยังมีความร้อนสะสม	4	ไม่มีมาตรฐานควบคุม ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวตามปกติ(15 นาที)	6	240
วิธีการ	7.ระยะพ่นสีกับชิ้นงาน	ระยะพ่นสีใกล้กับชิ้นงานมากเกินไป	สีมีความหนาเกินมาตรฐาน ฟิล์มสีเดือดเป็นรูพรุน	10	มีการพ่นสีใกล้กับชิ้นงาน	5	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS) ระยะพ่นสีใกล้ชิ้นงานที่เหมาะสม	2	100
	8.ความดันลมในการพ่นสี	ใช้ความดันลมต่ำ	สีไม่แตกตัวและสีมีความหนาเกินมาตรฐาน ฟิล์มสีเดือดเป็นรูพรุน	10	เครื่องAir Compressor ผลิตลมไม่เพียงพอ	3	มีการคำนวณขนาดของเครื่องAir Compressorที่เหมาะสมและมี SOP ใช้ความดันลมกับการพ่นสี	2	60
	9.ความกว้างPattenปืนพ่นสี	ปรับความกว้างPattenไม่เหมาะสม	สีจะสัมผัสกับขอบของชิ้นงานเกิดสีหนาบริเวณขอบเกิดปัญหาสีเดือด	10	ปรับความกว้างPatten ปืนพ่นสีแคบ	5	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS) ความกว้างPattenปืนพ่นสีเหมาะสม	2	100
	10ความสะอาดอุปกรณ์พ่นสี	ล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	สารละลายตัวอื่นๆ ปนไปในเนื้อสีทำให้เกิดปัญหาสีเดือด	10	ล้างอุปกรณ์ไม่ถูกวิธี	4	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS) วิธีการสะอาดอุปกรณ์พ่นสี	2	80
	11.วิธีการผสมสีกับThinner	ผสมสีไม่ถูกต้อง	บริเวณชั้นบนจะมีThinnerและก้นถังเป็นเนื้อสีทำให้พ่นสีในช่วงเริ่มต้นสีจะหนาและเกิดปัญหาสีเดือด	10	ไม่ใช้เครื่องปั่นสีในการผสมสี	5	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS) วิธีการผสมสีกับThinner	2	100

ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด (ต่อ)

	12.การใช้ Flow Rate	ใช้Flow Rate ในการพ่นสีมากเกินไป	ทำให้สีไม่แตกตัวและสีมีความหนาเกินมาตรฐาน ฟิล์มสีเดือดเป็นรูพรุน	10	ใช้Flow Rate ในการพ่นสีมาก	4	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS)	2	80
อุปกรณ์ผลิต	13.อุณหภูมิลมจาก Air Compressor	อุณหภูมิลม Air Compressor สูง	สารระเหยThinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	มีการใช้ลมเกินอัตรากำลังผลิตของเครื่อง Air Compressor	4	มีการติดตั้งถังพักลมพร้อม เครื่อง Air Dryer	2	80
	14.อุณหภูมิห้องพ่นสี	อุณหภูมิห้องพ่นสีสูง	สารระเหยThinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรู	10	ลมจ่ายจากชุด Air Supplyมีอุณหภูมิสูง	5	ชุด Air Supply มีระบบทำความเย็นและปรับอุณหภูมิให้สูงหรือต่ำได้	2	100
	15.ความชื้นสัมพัทธ์	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ	สารระเหยThinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	ลมจ่ายจากชุด Air Supplyมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ	3	ชุด Air Supply มีระบบ Spray น้ำและปรับความชื้นสัมพัทธ์ให้สูงหรือต่ำได้	2	60
	16.ความเร็วลมห้องพ่นสี	ความเร็วลมห้องพ่นสีไม่เหมาะสม	สารระเหยThinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	ลมจ่ายจากชุด Air Supply และลมดูดออกมีปริมาณมาก	3	ชุด Air Supply และ Exhaust Fan เป็นระบบ Inverter สามารถปรับเพิ่มหรือลดความเร็วรอบมอเตอร์ได้	2	60
	17.อุณหภูมิห้อง Setting	ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง	สารระเหยThinner เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	ลมจากเตาอบสีเข้ามาในห้อง Setting	6	ไม่มีการตรวจสอบและมาตรฐานควบคุม	7	420
	18.เตาอบแห้ง (Dry of Oven)	ใช้อุณหภูมิเตาอบแห้งสูง	สารระเหยเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิชำรุดทำให้ Burner ทำงานต่อเนื่อง	3	อุปกรณ์มีการสอบเทียบและมีระบบเตือนด้วยเสียงเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่ากำหนด	1	30
	19.เตาอบสี	ใช้อุณหภูมิเตาอบสูง	สารที่ผสมระเหยออกไม่ทัน เกิดปัญหาสีเดือด	10	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิชำรุดทำให้ Burner ทำงานต่อเนื่อง	3	อุปกรณ์มีการสอบเทียบและมีระบบเตือนด้วยเสียงเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่ากำหนด	1	30

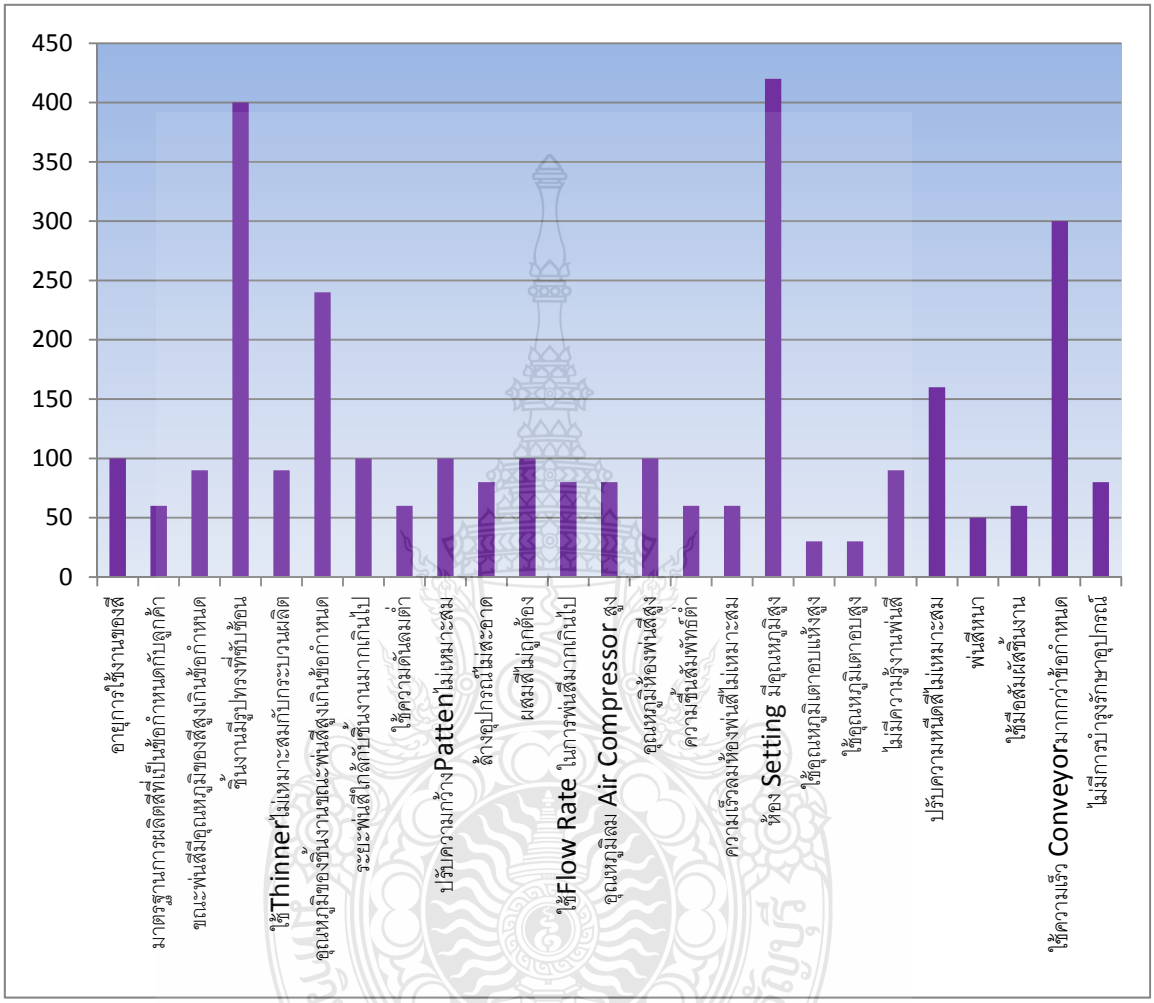
ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด (ต่อ)

ผู้ปฏิบัติงาน	20.ความรู้งานพ่นสี	ไม่มีความรู้งานพ่นสี	เกิดปัญหาในการผลิต การบำรุงรักษาอุปกรณ์ รวมทั้ง ปัญหาสีเดือด	10	พนักงานไม่มีความเชี่ยวชาญในงานพ่นสี	3	พนักงานพ่นสีผ่านหลักสูตรอบรมด้านทฤษฎีและปฏิบัติแล้วเท่านั้น	3	90
	21.ปรับความหนืดสี	ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม	ใช้ความหนืดมากเกินไปสีจะพ่นเป็นเม็ด สีหนาและเกิดปัญหาผิวส้ม และสีเดือด	10	ใช้ความหนืดสีไม่ตรงกับมาตรฐานกำหนด	4	ค่าควบคุมความหนืดสีระบุไว้กว้าง ไม่ควบคุมให้กระชับ	4	160
	22.พ่นสี	พ่นสีหนา	สีมีความหนาเกินสารระเหยชั้นในระเหยไม่ทัน เดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	จำนวนรอบในการพ่นสีมากเกินไป	5	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS) ระบุจำนวนรอบในการพ่นสีแต่ละรายการ	1	50
	23.สัมผัสชิ้นงาน	ใช้มือสัมผัสชิ้นงาน	คราบน้ำมัน สารปนเปื้อนจะเดือดเมื่อผ่านอุณหภูมิที่สูง และเกิดเป็นปัญหาสีเดือด	10	ใช้มือสัมผัสชิ้นงานโดยตรง	6	มีการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (OPS) การสวมใส่อุปกรณ์ส่วนบุคคล	1	60
	24.ความเร็ว Conveyor	ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด	ทำให้สารระเหยชั้นในระเหยไม่ทันเดือดผ่านฟิล์มสีเป็นรูพรุน	10	ต้องการทำให้งานเสร็จเร็วขึ้น	6	มีมาตรฐานกำหนดแต่ไม่มีเอกสารบันทึกและการควบคุม	5	300
	25.การบำรุงรักษาอุปกรณ์	ไม่มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์	ไม่สามารถควบคุม Condition ให้ได้ตามมาตรฐานทำให้เกิดปัญหางานพ่นสี	10	ไม่มีผู้มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์	4	มีมาตรฐานกำหนดวิธีการตรวจสอบประจำวัน ,สัปดาห์ ,เดือน	2	80

ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับของปัญหาสีเดือด (ต่อ)

4.3.1 ผลการคำนวณความเสี่ยงค่าชี้นำ (Risk Priority Number: RPN)

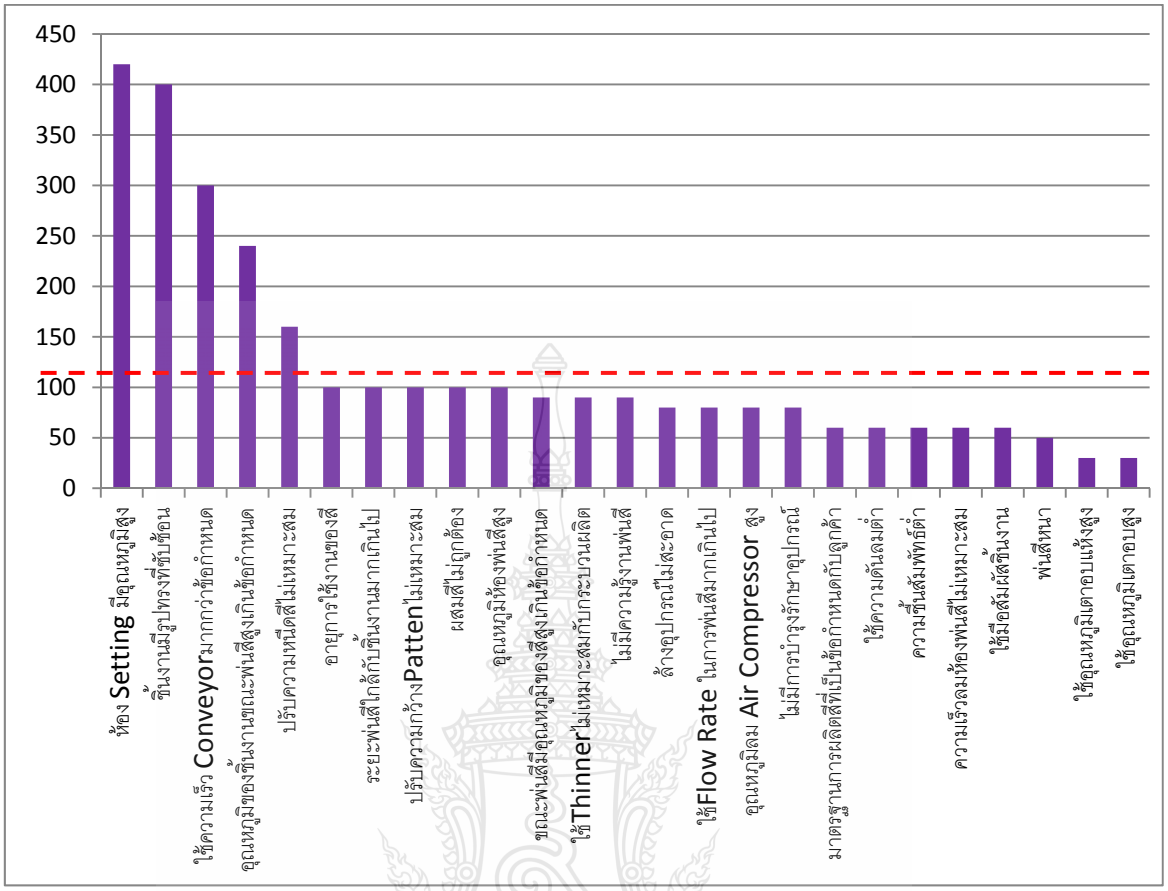
ผลการคำนวณ การประเมินความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับมาคูณเข้าด้วยกันเพื่อคำนวณหาค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่องพบว่าค่า RPN ที่คำนวณได้มีค่าสูงสุดที่ 420 คะแนนและคะแนนต่ำสุด 12 คะแนน ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด

4.3.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญข้อบกพร่อง

ผลการนำค่าคะแนน RPN มาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยด้วยแผนภูมิกราฟแท่ง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ในกรณีศึกษานี้ได้พิจารณาเลือกข้อบกพร่อง ตามหลักการ Requirement ของกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ ISO 16949 ค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนนมาทำการแก้ไข พบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขจำนวน 5 เรื่อง จากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่อง 25 เรื่อง จำนวนคะแนนข้อบกพร่องค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนนหัวข้อต้องดำเนินปรับปรุงเรื่อง ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนดและปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม



ภาพที่ 4.4 กราฟแท่งแสดงการจัดเรียงลำดับความสำคัญข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการนำค่าคะแนน RPN มาเรียงลำดับ หัวข้อที่ต้องดำเนินการปรับปรุง โดยพิจารณาจากค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนน

ลำดับ	RPN	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Potential Cause Mechanism of Failure)
1	420	ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง	Balanceลมจากเตาอบสีไม่ดีทำให้ลมร้อนเข้ามาในห้อง Setting
2	400	ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน	พื้นผิวชิ้นงานพ่นสีมีซอกและมุมแคบพ่นสียาก
3	300	ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด	ใช้ความเร็วเพิ่มขึ้นเพื่อต้องการทำให้งานเสร็จเร็วขึ้น
4	240	อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด	ชิ้นงานมีความหนามากเมื่อผ่านเตาอบ แห้งยังมีความร้อนสะสม
5	160	ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม	ค่าควบคุมความหนืดสีระบุไว้กว้าง ไม่ควบคุมให้กระชับ

4.3.3 ผลการเสนอแนะเพื่อนำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด

จากสาเหตุข้อบกพร่องและผลการคำนวณ การประเมินความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับ ได้พิจารณาเลือกข้อบกพร่องจากค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนน มาทำการแก้ไขโดยทีมงานได้นำสาเหตุข้อบกพร่องดังกล่าวมาประชุมร่วมกันได้ผลสรุปดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเสนอแนะเพื่อนำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	สาเหตุที่เป็นไปได้(Potential Cause Mechanism of Failure)	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข (Recommend Action)
ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง	- Balance ลมจากห้องอบสีไม่ดีทำให้ลมร้อนเข้ามาในห้อง Setting	1. ปรับ Damper จ่ายลม เพื่อควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับพัดลมดูดออก Exhaust Fan
	- Balance ลมในห้องพ่นสีไม่ดี Air Supply จ่ายลมน้อยกว่าพัดลมดูดออก ทำให้มีการดึงลมจากห้องอบสี	2. สร้าง Hood ดูดความร้อนจุดปากทางเข้าห้องอบสี 1. ปรับ Balance ระบบ Air Supply และExhaust Fan 2.ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลมเพื่อสังเกตด้วยสายตา (visual Control)
ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน	พื้นผิวชิ้นงานพ่นสีมีซอกและมุมแคบพ่นสียาก	1. เพิ่ม Process Touch up โดยการใช้ปืนลมที่มีขนาดเล็กพ่นเฉพาะซอกและมุมแคบให้ทั่วก่อน Process พ่นสี
ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด	ใช้ความเร็วเพิ่มขึ้นเพื่อต้องการทำให้งานเสร็จเร็วขึ้น	จัดทำมาตรฐานการปรับ Conveyor และ Check Sheet ควบคุมความเร็ว Conveyor
อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด	ชิ้นงานมีความหนามากเมื่อผ่านเตาอบ แห้งยังมีความร้อนสะสม	1.ลดอุณหภูมิของชิ้นงานโดยใช้ลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน 2.กำหนดมาตรฐานการผลิตให้ใช้เบนซินขาวซึ่งเป็นสารที่ระเหยเร็วเช็ดทำความสะอาดชิ้นงานและช่วยดูดความร้อนระเหยจากตัวชิ้นงาน

ตารางที่ 4.3 ผลการเสนอแนะเพื่อนำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องปัญหาสีเดือด (ต่อ)

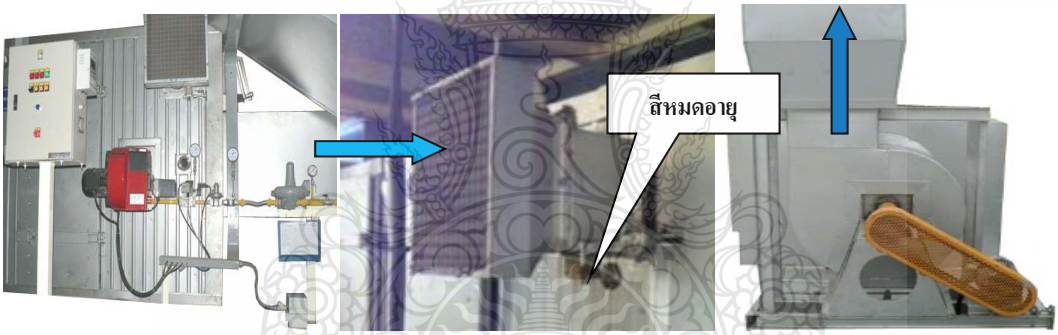
ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	สาเหตุที่เป็นไปได้(Potential Cause Mechanism of Failure)	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข (Recommend Action)
ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม	ค่าควบคุมความหนืดสีระบุไว้กว้าง ไม่ควบคุมให้กระชับ	จัดทำมาตรฐานการผสมสีโดยการควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี

4.3.4 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของปัญหาสีเดือด

เมื่อทางทีมงานได้พิจารณาสาเหตุที่เป็นไปได้และกำหนดแนวทางแก้ไขปรับปรุงโดยการปรับปรุงจากบุคลากรของส่วนพ่นสีเองและจากหน่วยงานอื่น ๆ แนวทางการแก้ไขและผลการปรับปรุง

1. ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง

1.1 Balance ลมจากห้องอบสีไม่ดีทำให้ลมร้อนเข้ามาในห้อง Settingโดยการปรับ Damper จ่ายลม เพื่อควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับพัดลมดูดออก (Exhaust Fan) ไม่ให้ลมจากภายนอกเข้ามาและควบคุมไม่ให้ลมร้อนจากเตาอบสีเข้าไปห้อง setting



ภาพที่ 4.5 Balance ลมจากห้องอบสีไม่ดีทำให้ลมร้อนเข้ามาในห้อง Setting

จากภาพที่ 4.5 ในกระบวนการให้ความร้อนเพื่ออบสีใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงจุดผ่าน Burner เผาไหม้ ในการเผาไหม้จะใช้อากาศผสมเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์โดยการนำอากาศเข้าทางท่อเข้าและสามารถควบคุมปริมาณอากาศเข้าโดยแผ่นปรับ (Damper) เพื่อให้ลมในเตาอบสมดุลอากาศที่ดูดออกต้องเท่ากับลมเข้า ด้วยในการออกแบบปริมาตรของเตาอบสีต่อปริมาณสารละเหยจะต้องมีการระบายออกที่ปริมาณ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีดังนั้นปริมาณลมที่ดูดเข้ามาต้องใกล้เคียงกับปริมาณดูดออก

1.2 สร้าง Hood ดูดความร้อนจุดปากทางเข้าห้องอบสี เพื่อให้ความร้อนจากเตาอบสีเข้าไปในห้อง Setting

ภาพที่ 4.6 Hood ดูดความร้อนจุดปากทางเข้าห้องอบสี

จากภาพที่ 4.6 เพื่อให้ห้อง Setting มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการระเหยของสารละลายและไม่ให้ฟิล์มชั้นบนแห้งเร็วก่อนสารทำละลายระเหยออกหมด จึงทำการติดตั้งตัวดูดอากาศปากทางเข้าเตาอบป้องกันอากาศที่มีอุณหภูมิสูงเข้าไปยังห้อง Setting

1.3 ปรับ Balance ระบบ Air Supply และ Exhaust Fan เพื่อรักษาสมดุลอากาศที่มีอัตราลมเข้ากับอัตราลมออกที่เหมาะสมและติดตั้ง เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในห้อง Setting

ภาพที่ 4.7 ระบบ Air SupplyและExhaust Fan Hood

จากภาพที่ 4.7 เพื่อให้ห้อง Setting คงสภาพอุณหภูมิที่ปกติไม่สูงเกินมาตรฐาน ในส่วนการปรับระบบ Air Supply และ Exhaust Fan Hood ต้องสมดุลด้วย หากระบบ Air Supply จ่ายลมน้อย และ Exhaust Fan ดูดลมมาก ต้องมีการดึงลมจากห้อง Setting ซึ่งระบบติดต่อเนื่องกับเตาอบสีทำให้อากาศร้อนเข้ามาในห้อง Setting และห้องพ่นสี โดยข้อกำหนดเหมาะสม ปริมาณลมจาก Air Supply ควรมากกว่า Exhaust Fan เล็กน้อยเพื่อไม่ให้มีการดึงอากาศจากภายนอกเข้ามา หาก Air Supply มากเกินไปอากาศจะเข้าไปในเตาอบสีและอบน้ำดันความร้อนออกจากระบบ ทำให้เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่าย LPG มากขึ้น

1.4 ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลมเพื่อสังเกตด้วยสายตา (visual Control) เพื่อตรวจสอบในการไหลของทิศทางลมมีเข้าในห้อง setting

ภาพที่ 4.8 ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลมเพื่อสังเกตด้วยสายตา (visual Control)

จากภาพที่ 4.8 เพื่อให้การรักษา สมดุลของลมได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจเช็คด้วยสายตาด้วยข้อกำหนดไม่ให้ลมจากเตาอบสีผ่านเข้ามาในห้องพ่นสีและห้อง setting การสังเกตจะทำอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเบา เช่นเชือกหรือด้าย เมื่อมีการเคลื่อนที่ของลม ด้ายหรือเชือกจะเคลื่อนไหวตามทิศทางลมทำให้สังเกตได้ง่ายขึ้นว่าลมผ่านไปทิศทางใด และจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ ทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบทิศทางลมด้วยการกำหมดไม่มีลมร้อนจากเตาอบสี เข้ามาในห้อง setting และห้องพ่นสี

2. ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน พื้นผิวชิ้นงานพ่นสีมีซอกและมุมแคบพ่นสียาก เพิ่ม Process Touch up โดยการใช้ปืนลมที่มีขนาดเล็กพ่นเฉพาะซอกและมุมแคบให้ทั่วก่อน Process พ่นสี

ภาพที่ 4.9 ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน เพิ่ม Process Touch up

จากภาพที่ 4.9 ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน เมื่อพ่นสีจะไม่สามารถพ่นได้ทั่วทำให้เกิดปัญหาสีบาง และเกิดปัญหาสีไหลบริเวณผิวชินงานที่เป็นผิวเรียบไม่มีมุม การแก้ไขโดยเพิ่ม Process Touch up โดยการใช้ปืนลมที่มีขนาดเล็กพ่นเฉพาะซอกและมุมแคบให้ทั่วก่อน พ่นสี Process Touch up จะ

พ่นเฉพาะในมุมอับหรือตำแหน่งที่พ่นสีได้ยาก ด้วยการควบคุมความกว้างของสีให้แคบ ใช้ปริมาณสีและแรงดันลมที่น้อย ๆ หลังจากสี Process Touch up จะเป็นกระบวนการพ่นสีตามปกติ

3. ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนดใช้ความเร็วเพิ่มขึ้นเพื่อต้องการทำให้งานเสร็จเร็วขึ้นหรือ ให้ได้ผลผลิตจบตามแผนผลิตด้วยการเพิ่มความเร็วเพื่อชดเชยเวลาสูญเสีย

ภาพที่ 4.10 ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด

จากภาพที่ 4.10 การเร่งความเร็ว Conveyor ด้วยการปรับปุ่มเร่งความเร็ว มาตรฐานความเร็วจะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับเวลาในการล้างไขมัน การอบน้ำ การพ่นสี การ Setting เพื่อให้สารละลายระเหยออกก่อนเข้าเตาอบและเวลาในการอบสี การเพิ่มความเร็วหรือลดความเร็ว Conveyor จะใช้ในกรณีทำความสะอาด Conveyor หรือทำความสะอาดห้องพ่นสีเท่านั้น การป้องกันโดยการทำมาตรฐานการควบคุมความเร็วและจัดทำ Check Sheet บันทึกค่าความเร็วที่ใช้งานทุก ๆ 2 ชั่วโมง

4. อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด

1. ลดอุณหภูมิของชิ้นงานโดยใช้ลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน ชิ้นงานมีความหนามากเมื่อผ่านเตาอบ แห้งยังมีความร้อนสะสม

ภาพที่ 4.11 ใช้ลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน

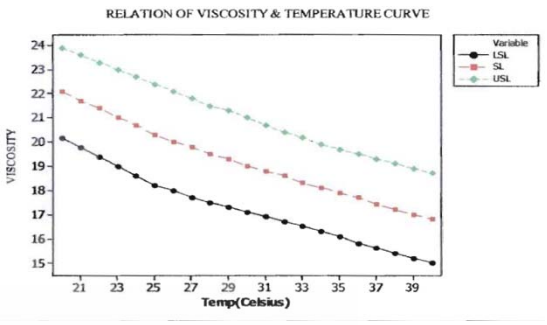
จากภาพที่ 4.11 เมื่อชิ้นงานออกจากเตาอบน้ำโดยระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) ตัวชิ้นงานมีอุณหภูมิสูงเนื่องจากผ่านการอบน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที มีความร้อนสะสมมาก ทำให้การเย็นตัวตามอุณหภูมิห้องปกติไม่สามารถเย็นตัวได้ทันก่อนเข้ากระบวนการพ่นสี ระยะเวลาที่ชิ้นงานออกจากเตาอบไปถึงห้องพ่นสีใช้เวลา 15 นาที หากชิ้นงานที่มีความหนาอุณหภูมิของผิวชิ้นงานเกิน 50 องศาเซลเซียส เมื่อพ่นสีจะทำให้ฟิล์มผิวชั้นบนห้องทันที การแก้ไขเพื่อลดอุณหภูมิผิวชิ้นงานโดยการใช้ลมจากระบบ Air Supply ที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เป่าชิ้นงานเพื่อช่วยลดความร้อนสะสมและติด Exhaust Fan ดูดความร้อนไม่ให้ห้อง Masking มีอุณหภูมิสะสม

2. กำหนดมาตรฐานการผลิตให้ใช้เบนซินขาวซึ่งเป็นสารที่ระเหยเร็วเช็ดทำความสะอาดชิ้นงานและช่วยดูดความร้อนระเหยจากตัวชิ้นงาน

ภาพที่ 4.12 ใช้เบนซินขาวซึ่งเป็นสารที่ระเหยเร็วเช็ดทำความสะอาดชิ้นงาน

จากภาพที่ 4.12 เนื่องจากเบนซินขาวเป็นสารที่มีการระเหยเร็วเมื่อนำไปเช็ดชิ้นงานสารระเหยจะช่วยดึงความร้อนที่ สะสมในตัวชิ้นงานออกไปบางส่วนทำให้ชิ้นงานมีอุณหภูมิลดลงเหมาะกับการพ่นสี

5. จัดทำมาตรฐานการผสมสีโดยการควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี



ภาพที่ 4.13 การควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี

จากภาพที่ 4.13 เนื่องจากมาตรฐานการควบคุมความหนืดสีมีการระบุไว้ ช่วงกว้างทำให้การพ่นสีมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากมีอุณหภูมิขณะพ่นสีเป็นตัวแปร เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจัดทำตารางใช้ความหนืดสีให้อ้างอิงกับอุณหภูมิห้องพ่นสี

4.3.5 การทบทวนและการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่

หลังจากได้กำหนดแนวทางแก้ไขปรับปรุงและมีการดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอแนะดังกล่าวเสร็จสิ้นแล้ว ให้ทีมงานดำเนินคะแนนความรุนแรงใหม่ ส่วนคะแนนข้อบกพร่องที่ไม่เกิน 100 คะแนนยังคงไว้สภาพเดิม

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่ หลังจากได้มีการปรับปรุง

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	RPN	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข (Recommend Action)	ผู้รับผิดชอบ (Responsibility)	ผลการปฏิบัติ (Action Results)				
				สิ่งที่ปรับปรุง (Action Taker)	S	O	D	RPN
ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง	420	1. ปรับ Damper จ่ายลมเพื่อควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับพัดลมดูดออก Exhaust Fan 2. สร้าง Hood ดูดความร้อนจุดปากทางเข้าห้องอบสี 3. ปรับ Balance ระบบ Air Supply และ Exhaust	ทีมงานและวิศวกร	1.ขันแน่นตำแหน่ง Damperและ Markสีเพื่อเป็น Visual Control 2.สร้าง Hood ดูดความร้อน 3.ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลม	10	4	2	80

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPNใหม่หลังจากได้มีการปรับปรุง (ต่อ)

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	RPN	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข (Recommend Action)	ผู้รับผิดชอบ (Responsibility)	ผลการปฏิบัติ (Action Results)				
				สิ่งที่ปรับปรุง (Action Taker)	S	O	D	RPN
		Fan 4.ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลมเพื่อสังเกตด้วยสายตา (visual Control)						
ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน	400	เพิ่ม Process Touch up โดยการใช้ปืนลมที่มีขนาดเล็กพ่นเฉพาะซอกและมุมแคบให้ทั่วก่อน Process พ่นสี	ทีมงาน	จัดทำ SOP	10	4	1	40
ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด	300	จัดทำมาตรฐานการปรับ Conveyor และCheck Sheet ควบคุมความเร็ว Conveyor	ทีมงานและวิศวกร	จัดทำ SOPและ Check Sheet	10	4	2	80
อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด	240	1.ลดอุณหภูมิของชิ้นงานโดยใช้ลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน 2.กำหนดมาตรฐานการผลิตให้ใช้เบนซินขาวซึ่งเป็นสารที่ระเหยเร็วเช็ดทำความสะอาดชิ้นงานและช่วยดูดความร้อนระเหยจากตัวชิ้นงาน	ทีมงานและวิศวกร	1.สร้างท่อลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน 2.จัดทำ SOPใช้เบนซินขาวทำความสะอาดชิ้นงาน	10	3	3	90
ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม	160	จัดทำมาตรฐานการผสมสีโดยการควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี	Venderและวิศวกร	จัดทำ SOPใช้ควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี	10	3	2	60

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่หลังจากได้มีการปรับปรุงแก้ไขตามแนวทางที่เสนอแนะจากผลการประเมินค่า RPN ใหม่ พบว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 100 คะแนนทุกข้อบกพร่อง ดังนั้นมาตรฐานและข้อกำหนดจะนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน

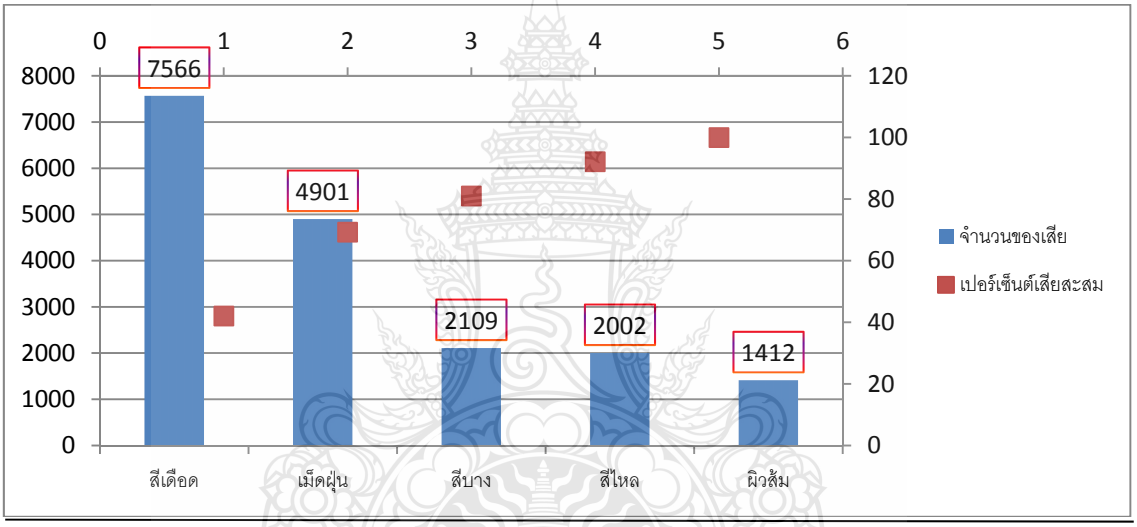
4.4 การวัดผลและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินงาน

การเปรียบเทียบผลการแก้ไขปัญหาสีเดือดก่อนและหลังปรับปรุง หลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงโดยการนำเทคนิค FMEA มาใช้เสร็จสิ้นแล้วได้มีการรวบรวมข้อมูลของการผลิตงานพ่นสีมาทำการเปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงโดยเปรียบเทียบข้อมูลก่อนปรับปรุง เดือน ม.ค. - ธ.ค. 2556 และเปรียบเทียบเดือน ก.ค. - ส.ค. 2556 กับปี 2557 ดังแสดงในภาพที่ 4.14

ก่อนการปรับปรุงข้อมูลปี 2556							
ปี	จำนวนผลิต	จำนวน เสีย	สีเดือด	เม็ดฝุ่น	สีบาง	สีไหล	ผิวส้ม
2556	711,870	172,320	84,162	38,603	21,227	18,890	9,438
ร้อยละของของเสีย	**22.32**		**10.90**	5.02	2.75	2.44	1.23
ก่อนการปรับปรุงข้อมูลเดือน ก.ค.-ส.ค. ปี 2556							
เดือน	จำนวนผลิต	จำนวน เสีย	สีเดือด	เม็ดฝุ่น	สีบาง	สีไหล	ผิวส้ม
ก.ค. 56	49,683	11,874	4,981	3,132	1,431	1,236	1,094
ส.ค. 56	32,157	6,116	2,585	1,769	678	766	318
รวม	81,840	17,990	7,566	4,901	2,109	2,002	1,412
ร้อยละของของเสีย	**21.98**		**9.24**	5.98	2.57	2.44	1.72
หลังการปรับปรุง							
เดือน	จำนวนผลิต	จำนวน เสีย	สีเดือด	เม็ดฝุ่น	สีบาง	สีไหล	ผิวส้ม
ก.ค. 57	61,320	8,972	3,152	2,985	1,203	904	728
ส.ค. 57	54,839	7,823	2,467	2,822	1,004	838	692
รวม	116,159	16.795	5,619	5,807	2,207	1,742	1,420
ร้อยละของของเสีย	**14.45**		**4.83**	4.99	1.89	1.47	1.22

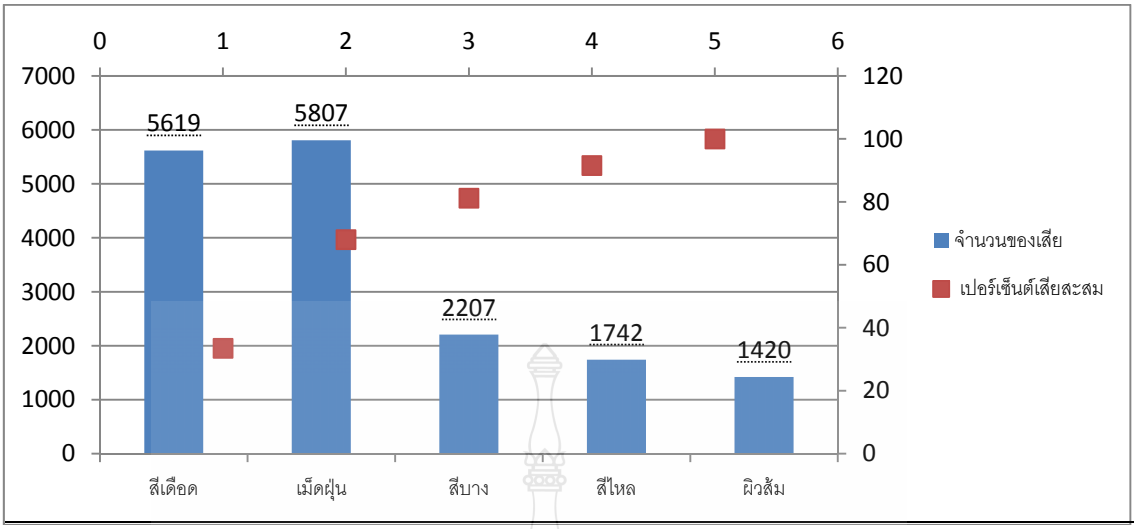
ภาพที่ 4.14 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.16 จะเห็นผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงโดยใช้ข้อมูลจากใบบันทึกผลผลิตของเดือนมกราคม-ธันวาคม 2556 ของเสียก่อนการปรับปรุงมีร้อยละขอของเสียรวมทุกปัญหาร้อยละ 22.32 และเกิดจากสาเหตุสีเดือดมากที่สุดคือ ร้อยละ 10.90 เพื่อให้การประมวลผลออกมาใกล้เคียงเพราะงานเสียมีผลต่อสภาวะอากาศช่วงฤดูร้อนมีโอกาสการเกิดปัญหาสีเดือดมากกว่าฤดูอื่น ๆ จึงได้นำข้อมูลการผลิตช่วงเดือนเดียวของเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2556 กันทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุง หลังจากมีการแก้แก้ไขปรับปรุงโดยการนำเทคนิค FMEA มาใช้เสร็จสิ้นแล้ว โดยใช้ข้อมูลจากใบบันทึกผลผลิตของเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2557 งานเสียลดลงเหลือ ร้อยละ 14.45 และปัญหาสีเดือด ลดลงเหลือร้อยละ 4.83



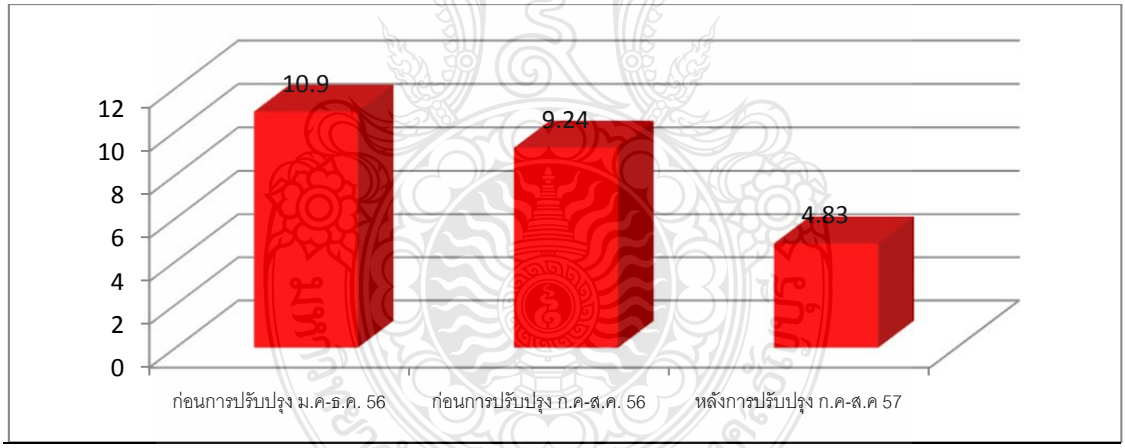
ภาพที่ 4.15 แผนภาพพาเรโตสรุปงานเสียก่อนการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.15 จะเห็นว่าปัญหาสีเดือดเป็นปัญหาอันดับ 1 ร้อยละ 42.05 จากปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมีปัญหาเม็ดฝุ่นเป็นปัญหาอันดับ 2 มีของเสีย ร้อยละ 27.27



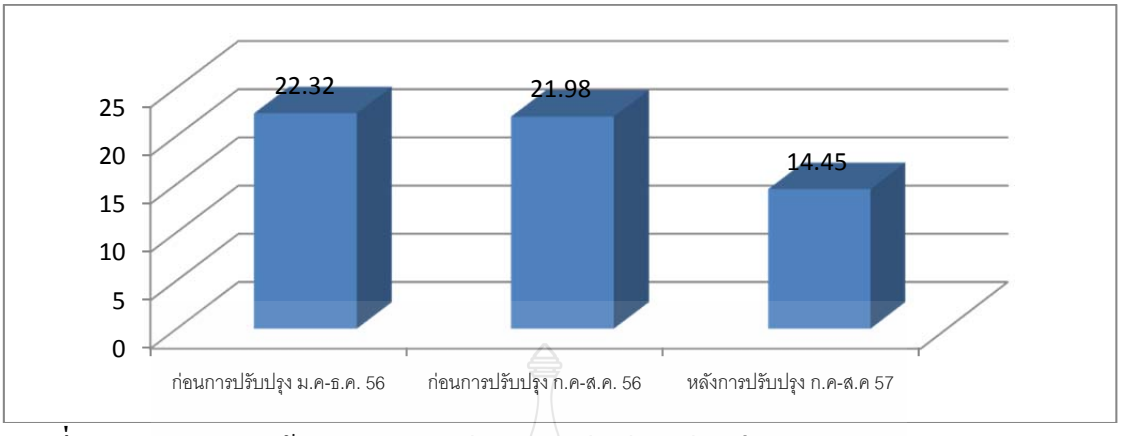
ภาพที่ 4.16 แผนภาพพาเรโตสรุปงานเสียหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.16 จะเห็นร้อยละของของเสียปัญหาสีเดือดลดลงไปเป็นปัญหาของเสียอันดับ 2 ของเสียร้อยละ 33.45



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงร้อยละของของเสีย ปัญหาสีเดือดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.17 จะเห็นว่าปัญหาสีเดือดช่วงเดือนเดียวกันก่อนการปรับปรุงมีปัญหาสีเดือดร้อยละ 9.24 หลังจากมีการปรับปรุงด้วยเทคนิค FMEA ทำให้ปัญหาสีเดือดลดลงเหลือร้อยละ 4.83 หรือลดลงไปร้อยละ 47.72 ของปัญหาสีเดือด



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงร้อยละของของเสียงานพ่นสีเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.18 จะเห็นว่างานพ่นสีเสียเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงช่วงเดือนเดียวกันก่อนการปรับปรุงมีปัญหางานพ่นสีเสียที่ร้อยละ 21.98 หลังจากมีการปรับปรุงด้วยเทคนิค FMEA ทำให้ปัญหางานพ่นสีเสีย ลดลงเหลือร้อยละ 14.45

4.5 สรุปผลการดำเนินงาน

หลังจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสีเดือดโดยเทคนิค FMEA โดยทางทีมงานได้มีการวิเคราะห์เพื่อหาเหตุและผลได้สาเหตุหลัก ๆ เกิดจากวัตถุดิบ วิธีการ อุปกรณ์ผลิตและจากผู้ปฏิบัติงาน และมีสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด 25 สาเหตุ เพื่อทำให้การแก้ไขปัญหามีแนวทางเป้าหมายที่ชัดเจน และคำนวณ การประเมินความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนตรวจจับ ได้พิจารณาเลือกข้อบกพร่องจากค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนนมาทำการแก้ไขโดยทีมงานได้นำสาเหตุข้อบกพร่องดังกล่าวมาประชุมร่วมกันพบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขจำนวน 5 เรื่องจากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่อง 25 เรื่อง จำนวนคะแนนข้อบกพร่องค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนนหัวข้อต้องดำเนินปรับปรุงเรื่อง ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนดและปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม จึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข และคำนวณค่า RPN ใหม่ หลังจากได้มีการปรับปรุงแก้ไขตามแนวทางที่เสนอแนะจากผลการประเมินค่า RPN ใหม่ พบว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 100 คะแนนทุกข้อบกพร่อง ดังนั้นมาตรฐานและข้อกำหนดจะนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการค้นคว้าอิสระนี้เป็นการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ และการใช้ผังสาเหตุและผล ให้บรรลุเป้าหมายในการลดของเสียงานพ่นสี โดยปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในงานพ่นสีเช่น สีเดือด สีบาง สีไหล เม็ดฝุ่นและผิวส้ม จากการศึกษาในกระบวนการพ่นสีเหล็กสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ในกระบวนการพ่นสีเหล็กประกอบด้วยกระบวนการแขวนชิ้นงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการล้างทำความสะอาดผิวชิ้นงาน โดยใช้ Conveyor ลำเลียงชิ้นงานเข้าระบบ ทำความสะอาดด้วยระบบเคมี (Pretreatment) และผ่านกระบวนการไปยังกระบวนการเป่าน้ำ (Air Blow) ผ่านกระบวนการอบน้ำ (Dry of Oven) ผ่านกระบวนการตรวจสอบผิวก่อนพ่นสี (Masking) ผ่านเข้าห้องพ่นสี (Paint Booth) หลังจากพ่นสีเสร็จก็จะเข้าเตาอบสี (Baking Oven) และ conveyor นำชิ้นงานไหลออกมาสู่ขั้นตอนการตรวจสอบ (final Check)

5.1.2 เพื่อต้องการลดปัญหาสีเดือดทีเกิดขึ้น ได้ทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจเกิดจาก คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการทำงาน หลังจากนั้นทำการแจกแจงปัจจัยหลักที่เป็นสาเหตุสีเดือดมีด้วยกันทั้งหมด 25 สาเหตุดังนี้ คุณภาพของสีผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนด ขณะพ่นสีมีอุณหภูมิของสีสูงเกินข้อกำหนด ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน ใช้ Thinner ไม่เหมาะสมกับกระบวนผลิต อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด ใช้ความดันลมต่ำ ปรับความกว้าง Patten ไม่เหมาะสม ล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด ผสมสีไม่ถูกต้อง ใช้ Flow Rate ในการพ่นสีมากเกินไป อุณหภูมิลม Air Compressor สูง อุณหภูมิห้องพ่นสีสูง ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ความเร็วลมห้องพ่นสีไม่เหมาะสม ใช้อุณหภูมิเตาอบแห้งสูง ใช้อุณหภูมิเตาอบสีสูง ไม่มีความรู้งานพ่นสี ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม พ่นสีหนา ใช้มือสัมผัสชิ้นงาน ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด และไม่มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์

5.1.3 ลดปัญหาสีเดือดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบและโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องแต่ละสาเหตุ และได้ดำเนินการแก้ไขสาเหตุที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) 100 คะแนนขึ้นไปซึ่งผลจากการวิเคราะห์และดำเนินการแก้ไขสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการดำเนินการแก้ไขสาเหตุปัญหาสีเดือดที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) 100 คะแนนและมาตรการควบคุมป้องกัน

ตารางที่ 5.1 การแก้ไขและมาตรการควบคุมป้องกันปัญหาสีเดือด

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข (Recommend Action)	สิ่งที่ปรับปรุง(Action Taker)
ห้อง Setting มีอุณหภูมิสูง	1.ปรับDamperจ่ายลม เพื่อควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับพัดลมดูดออก Exhaust Fan 2.สร้าง Hood ดูดความร้อนจุดปากทางเข้าห้องอบสี 3.ปรับ Balance ระบบ Air Supply และ Exhaust Fan 4.ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลมเพื่อสังเกตด้วยสายตา (visual Control)	1.ขันแน่นตำแหน่ง Damperและ Markสีเพื่อเป็น Visual Control 2.สร้าง Hood ดูดความร้อน 3.จัดทำ SOP 4.ติดอุปกรณ์วัดทิศทางการไหลของลม
ชิ้นงานมีรูปทรงที่ซับซ้อน	เพิ่ม Process Touch up โดยการใช้ปืนลมที่มีขนาดเล็กพ่นเฉพาะซอกและมุมแคบให้ทั่วก่อน Process พ่นสี	จัดทำ SOP
ใช้ความเร็ว Conveyor มากกว่าข้อกำหนด	จัดทำมาตรฐานการปรับ Conveyor และ Check Sheet ควบคุมความเร็ว Conveyor	จัดทำ SOP และ Check Sheet
อุณหภูมิของชิ้นงานขณะพ่นสีสูงเกินข้อกำหนด	1.ลดอุณหภูมิของชิ้นงานโดยใช้ลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน 2.กำหนดมาตรฐานการผลิตให้ใช้เบนซินขาวซึ่งเป็นสารที่ระเหยเร็วเช็ดทำความสะอาดชิ้นงานและช่วยดูดความร้อนระเหยจากตัวชิ้นงาน	1.สร้างท่อลมเป่าที่ตัวชิ้นงาน 2.จัดทำ SOPใช้เบนซินขาวทำความสะอาดชิ้นงาน
ปรับความหนืดสีไม่เหมาะสม	จัดทำมาตรฐานการผสมสีโดยการควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี	จัดทำ SOP ใช้ควบคุมความหนืดสีอ้างอิงกับอุณหภูมิของพ่นสี

2. ผลการศึกษาการค้นคว้าอิสระลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็ก จากการปรับปรุงแก้ไขโดยใช้เทคนิค การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ และการใช้ผังสาเหตุและผล สามารถลดของเสียภาพรวมเท่ากับร้อยละ 14.45 เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงมีของเสียรวมร้อยละ 21.98 คิดเป็น ของเสียที่ลดลงเท่ากับร้อยละ 34.25 และปัญหาสีเดือดก่อนการปรับปรุงแก้ไขมี

ของเสียร้อยละ 9.24 เมื่อเทียบกับหลังการปรับปรุงมีของเสียปัญหาสีเดือดลดลงเหลือร้อยละ 4.83 คิดเป็นของเสียที่ลดลงร้อยละ 47.72

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

การค้นคว้าอิสระ “การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอ กรณีศึกษา บริษัทโกล์ เพรส อินดัสทรี จำกัด” พบว่าแนวทางการแก้ไขปัญหาสีเดือดมีความยุ่งยาก เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้สีเดือดมีหลายสาเหตุ การนำเทคนิค การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบและการใช้ผังสาเหตุและผล จึงต้องอาศัยทีมงานที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ด้านงานพ่นสีช่วยกันระดมสมองและประเมินคะแนนความรุนแรงเพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง และจากแนวทางที่ดำเนินการแก้ไขกับผลการวิจัยสามารถลดปัญหาสีเดือด ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้ทั้งนี้เนื่องจาก การนำเทคนิค การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ทำให้สามารถช่วยลดปัญหางานพ่นสีเสียได้เป็นอย่างดี

จากการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ได้ทำการศึกษา ผลงานวิจัยของวิชาญ ทองไพรวรรณ เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร และผลงานวิจัยของโอภาส ศรีสังเกต เรื่องการลดของเสียจากปัญหาสีเดือดในกระบวนการเคลือบสีแผงอลูมิเนียมสำหรับอาคารสูง โดยใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและลดของเสียปัญหางานสีเดือด แต่มีความแตกต่างในด้านของผลิตภัณฑ์และวิธีการประเมินคะแนนความรุนแรงและยังพบว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ และการใช้ผังสาเหตุและผล ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ และองค์กรอื่น ๆ เพื่อแก้ไขปัญหา เพิ่มศักยภาพให้กับบุคลากรเพื่อให้องค์กรยั่งยืน

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอหลังจากการปรับปรุงแก้ไขทำให้ของเสียปัญหาสีเดือดลดลง เป็นปัญหาอันดับรองจากปัญหาเม็ดฝุ่น แต่เมื่อพิจารณาจะพบว่าปัญหาสีเดือดลดลงมาใกล้เคียงกับปัญหาเม็ดฝุ่น และของเสียโดยรวมมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงและปัญหาหลัก ๆ เกิดจากปัญหาสีเดือดและปัญหาจากเม็ดฝุ่น ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ดำเนินการปรับปรุงลดปัญหาสีเดือดอีกครั้ง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบและโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องโดยนำคะแนนที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำที่อันดับสูง ๆ 4-5 ปัญหามาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

2. ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบและโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง ดำเนินการปรับปรุงลดปัญหาเม็ดฝุ่น เนื่องจากปัญหาเม็ดฝุ่นเป็นปัญหาทำให้เกิดของเสียมากเป็นอันดับ 1

3. การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบและโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และประเมินคะแนนที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ เข้าใจและมีประสบการณ์ในงานพ่นสีเป็นอย่างดี

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องในอนาคต

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ได้ศึกษา “การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอ” ซึ่งมุ่งเน้นศึกษาเพื่อลดปัญหาสีเดือด โดยการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม หรือ TPM (Total Productive Maintenance) โดยมีเป้าหมายสูงสุดอยู่ที่การปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ขององค์กร หรือที่แสดงออกมาในรูปของคุณภาพของสินค้า (Product Quality) การลดและควบคุมต้นทุน (Cost Reduction & Control) การส่งมอบที่ตรงเวลา (On Time Delivery) การส่งเสริมสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (Safety and Environment) เป้าหมายสูงสุดของ TPM คือ เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์ หรือ Zero Breakdown ของเสียเป็นศูนย์ หรือ Zero Defect และอุบัติเหตุเป็นศูนย์ Zero Accident

2. การผลิตแบบ JIT คือ การที่ชิ้นส่วนที่จำเป็นเข้ามาถึงกระบวนการผลิตในเวลาที่จำเป็นและด้วยจำนวนที่จำเป็นหรืออาจกล่าวได้ว่า JIT คือ การผลิตหรือการส่งมอบ “สิ่งของที่ต้องการในเวลาที่ต้องการ ด้วยจำนวนที่ต้องการ” ใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นเครื่องกำหนดปริมาณการผลิตและการใช้วัตถุดิบ โดยใช้วิธีดึง (Pull Method of Material Flow) ควบคุมวัสดุคงคลังและการผลิต ณ สถานีที่ทำการผลิตนั้น ๆ

3. วิธีการลดของเสียด้วยเทคนิค Six Sigma สำหรับการปรับปรุงกระบวนการทั้งในภาคการผลิตและงานบริการ กระบวนการ DMAIC ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้ระบุสาเหตุหลักเพื่อลดความสูญเสียจากการดำเนินงาน หรืออาจเรียกว่า Problem Resolution ที่มุ่งแก้ปัญหาหลังจากปัญหาได้เกิดขึ้น

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชย์เจริญ. (2551). **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย -ญี่ปุ่น).

กิติศักดิ์ พลอยพานิชย์เจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ท.ท.

ฉัตรชัย พูลสวัสดิ์. (2552). **การลดข้อบกพร่องที่ชิ้นงานในกระบวนการพ่นสี**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

ดำรงศักดิ์ วัชรเวชศฤงคาร. (2548). **การลดสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการพ่นสีฝุ่น**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

ธนิตพล จันทสม. (2553). **การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟอกย้อมในโรงงานตัวอย่าง**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร).

วิชาญ ทองไพรวรรณ. (2554). **การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

วุฒิชัย เจริญยิ่งวัฒนา. (2546). **การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ซิกม่าเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสี**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

ยุทธชัย รักษ์ยศ. (2548). **การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการพ่นสีผลิตภัณฑ์หลังคากระบะ**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

อรรถโชติ ภูริพันธ์. (2550). **การเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นสีผงในกระบวนการผลิตวาล์วเหล็กหล่อ**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

โอภาส ศรีสังเกต. (2550). **การลดของเสียจากปัญหาสีเดือดในกระบวนการเคลือบสีแผงอลูมิเนียมสำหรับอาคารสูง**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

สมชัย สัจจพงษ์. “ภาวะเศรษฐกิจการคลัง”. สืบค้นจาก http//thaipublica.ong/2014/03fpo.gdp2014

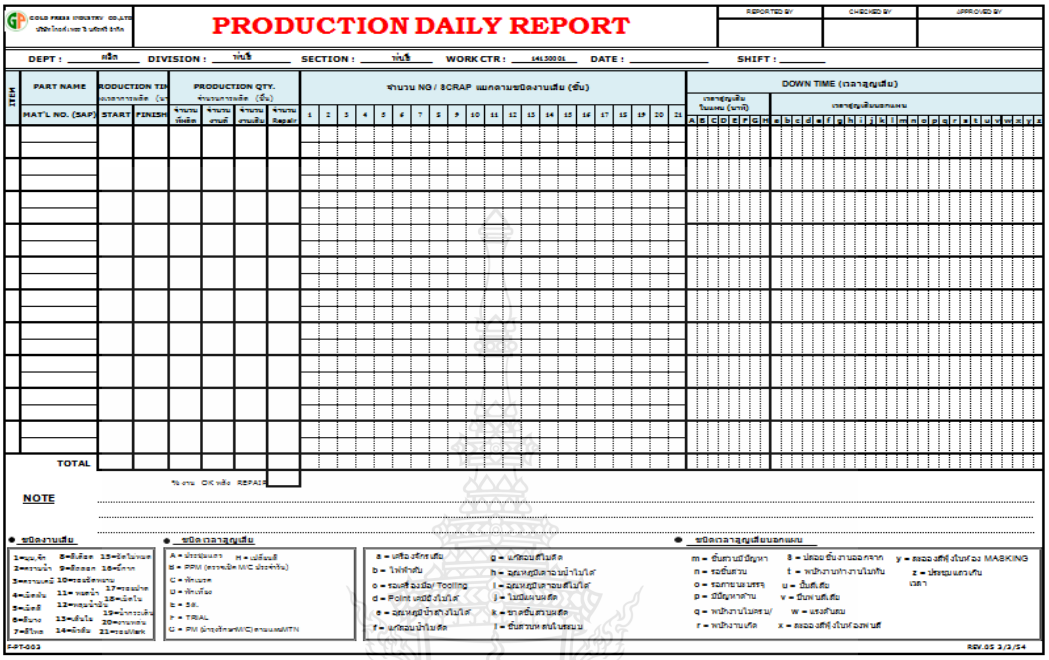
สมภพ ตลับแก้ว. “การประยุกต์ใช้วิธี FMEA เพื่อปรับปรุงความพึงพอใจลูกค้า”. สืบค้นจาก http//tpmconsulting.org/dwnld/article/tpm/fmea

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

ใบตรวจสอบ (Check Sheet)



PRODUCTION DAILY REPORT

REPORTED BY | CHECKED BY | APPROVED BY

DEPT : ผลิต DIVISION : ท่อน้ำ SECTION : ท่อน้ำ WORK CTR : 6413000L DATE : _____ SHIFT : _____

ITEM	PART NAME / MAT'L NO. (SAP)	PRODUCTION TIME (เวลาการผลิต) START	FINISH	PRODUCTION QTY. (จำนวนการผลิต (ชิ้น)) จำนวนที่ผลิต	จำนวนงานดี	จำนวนงานเสีย	จำนวน Repair	จำนวน NG / SCRAP แยกตามชนิดงานเสีย (ชิ้น) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	DOWN TIME (เวลาสูญเสีย) เวลาสูญเสียในเวลา (นาที) A B C D E F G H	เวลาสูญเสียนอกเวลา a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
TOTAL										

% งาน OK หลัง REPAIR

NOTE .....

● ชนิดงานเสีย

1=หนัง/ผ้า 2=ตามน้ำ 3=ตามเหงื่อ 4=มือสัมผัส 5=มือสี 6=สีไหม้ 7=สีไหล 8=สีเลือก 9=สีออกแก 10=รอยขีดขนาน 11= หยดน้ำ 12=หยดน้ำมัน 13=เส้นใย 14=อื่นๆ 15=ติดไม่หมด 16=อื่นๆ 17=รอยน้ำ 18=มือใน 19=น้ำยาเคลือบ 20=ตามขอบ 21=รอยไฟฟ้า

● ชนิดกลางสูญเสีย

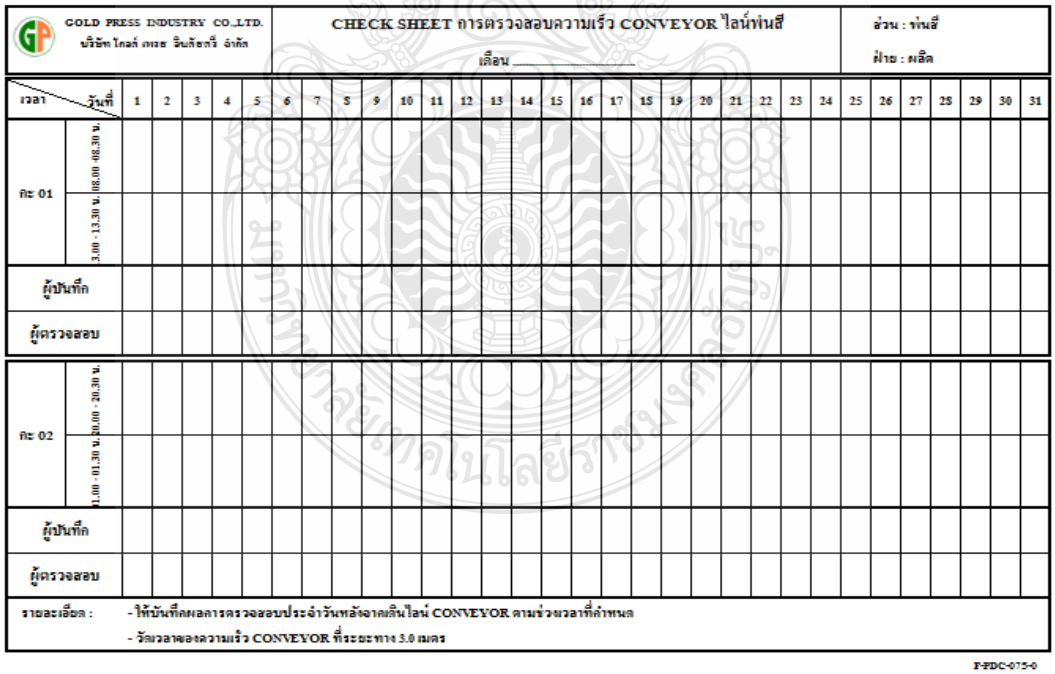
A = ปรับชุดงาน H = เปลี่ยนสี
B = PPM (ตรวจนับ M/C ประจำวัน)
C = ทำแบร
D = ทำเครื่อง
E = 5ส.
F = TRIAL
G = PM (ตามกำหนดM/C) ตามแผนMTN

a = เครื่อง/อัตราเสีย
b = ไฟฟ้าดับ
c = รอแต่งแม่พิมพ์/ Tooling
d = Point แม่พิมพ์ไม่ได้
e = อุปกรณ์ป้ายสำไม่ได้
f = แก้ไขแม่พิมพ์
g = แก้ไขแม่พิมพ์
h = อุปกรณ์ป้ายน้ำไม่ได้
i = อุปกรณ์ป้ายสีไม่ได้
j = ไม่มีแม่พิมพ์
k = ขาดชิ้นส่วนเครื่อง
l = ชิ้นส่วนหลุดในขณะ

m = ชิ้นงานมีปัญหา
n = รอชิ้นงาน
o = รอการตรวจสอบ
p = มีปัญหาด้าน
q = พนักงานไม่ครบ/
r = พนักงานขาด
s = ปล่อยชิ้นงานออกจาก
t = พนักงานทำงานไม่ทัน
u = ปิ้นที่เสีย
v = ปิ้นพนักงาน
w = แรงดันลม
x = ลองสลัดๆ ในห้องพนส์
y = ลองสลัดๆ ในห้อง MASKING
z = ประชุมแถวเช้า
เวลา

● ชนิดเวลาสูญเสียนอกแผน

F-PT-003 REV.05 2/2/54



GOLD PRESS INDUSTRY CO.,LTD.
บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสตรี้ จำกัด

CHECK SHEET การตรวจสอบความเร็ว CONVEYOR ไลน์ท่นสี

เดือน _____

ส่วน : ท่นสี
ฝ่าย : ผลิต

เวลา / วันที่		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
กะ 01	08.00 - 08.30 น.																															
	13.00 - 13.30 น.																															
ผู้ปันที่ก																																
ผู้ตรวจสอบ																																
กะ 02	20.00 - 20.30 น.																															
	01.00 - 01.30 น.																															
ผู้ปันที่ก																																
ผู้ตรวจสอบ																																

รายละเอียด : - ให้บันทึกผลการตรวจสอบประจำวันหลังจากสิ้นไลน์ CONVEYOR ตามช่วงเวลาที่กำหนด
- วัดเวลาของความเร็ว CONVEYOR ที่ระยะทาง 3.0 เมตร

F-PDC-075-0

ภาคผนวก ข

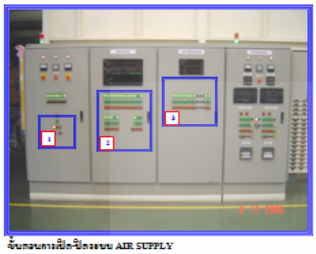
คู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน

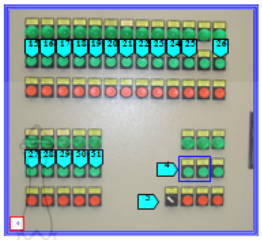
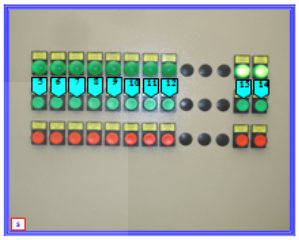
Standard Operation Procedure (SOP)

คู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (SOP)

STANDARD OPERATION PROCEDURE (SOP)

CUSTOMER: ALL	MODEL: ALL	REF.QCP NO: -	PAGE 1 OF 1
PART NUMBER: ALL		SOP NO. EN-PT-019	
PART NAME: ALL	PROCESS NAME (ชื่อกระบวนการผลิต): ขั้นตอนการเปิด-ปิด ระบบ AIR SUPPLY	PROCESS NO.(กระบวนการที่):	



ขั้นตอนการเปิด-ปิดระบบ AIR SUPPLY

1. บิลสวิทช์ 1 ตามเบอร์บนพิกัด เพื่อเปิดระบบทั้งหมดบนตู้ CONTROL
2. บิลสวิทช์ 2 เลือกการเดินระบบแบบ MANUAL
3. บิลสวิทช์ 3 เลือก PUMP 1 / PUMP 2
4. สวิทช์ 4 เปิด PUMP 1 / PUMP 2
5. สวิทช์ 9 เปิด ASU. SIDE/SETT.FAN 1
6. สวิทช์ 10 เปิด ASU. SIDE/SETT.FAN 2
7. สวิทช์ 11 เปิด AUS. PUMP 1
8. สวิทช์ 12 เปิด AUS. PUMP 2
9. สวิทช์ 13 เปิด AUS. MIXING ROOM
10. สวิทช์ 14 เปิด EXHAUST MIXING ROOM
11. สวิทช์ 15 เปิด EXHAUST FAN 1 MASKING ROOM
12. สวิทช์ 16 เปิด EXHAUST FAN 2 MASKING ROOM
13. สวิทช์ 17 เปิด EXHAUST FAN 3 MASKING ROOM
14. สวิทช์ 18 เปิด EXHAUST UNDER COAT SIDE ROOM 1.
15. สวิทช์ 19 เปิด EXHAUST UNDER COAT SIDE ROOM 2.
16. สวิทช์ 26 เปิด EXHAUST TOP COAT SIDE ROOM
17. สวิทช์ 30 เปิด EXHAUST FAN 1 SETTING ROOM 2
18. สวิทช์ 31 เปิด EXHAUST FAN 2 SETTING ROOM 2
19. สวิทช์ 5 เปิด ASU. FAN 1
20. สวิทช์ 6 เปิด ASU. FAN 2
21. สวิทช์ 7 เปิด PUMP 1
22. สวิทช์ 8 เปิด PUMP 2
23. สวิทช์ 20 เปิด EXHAUST FAN 1 UNDER COAT
24. สวิทช์ 21 เปิด EXHAUST FAN 2 UNDER COAT
25. สวิทช์ 22 เปิด EXHAUST FAN 3 UNDER COAT
26. สวิทช์ 23 เปิด EXHAUST FAN 4 UNDER COAT
27. สวิทช์ 24 เปิด EXHAUST FAN 5 UNDER COAT
28. สวิทช์ 25 เปิด EXHAUST FAN 6 UNDER COAT
29. สวิทช์ 27 เปิด EXHAUST FAN 1 TOP COAT
30. สวิทช์ 28 เปิด EXHAUST FAN 2 TOP COAT
31. สวิทช์ 29 เปิด EXHAUST FAN 3 TOP COAT

REMARK

การเปิดระบบ AIR SUPPLY ให้ทำย้อนกลับขั้นตอนที่ 31 ถึงข้อ 1

ลำดับ	บันทึกการแก้ไข	วันที่	ลงชื่อ	ลำดับ	บันทึกการแก้ไข	วันที่	ลงชื่อ
2				5			
1				4			
0	ประกาศใช้ครั้งแรก	12/01/07	ธาดินต์	3			

อุปกรณ์ที่ควรใช้ขณะปฏิบัติงาน : ถุงมือ, ที่ปิดจมูก, เสื้อผ้า, รองเท้า SAFETY

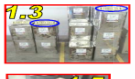
หน้าที่ที่ต้องปฏิบัติงานตามที่ SOP กำหนด	ISSUED	PRODUCTION MANAGER	QUALITY ASSURANCE MANAGER	ENGINEERING MANAGER
ถ้าปฏิบัติงานแล้วเกิดปัญหาให้แจ้งหัวหน้างาน				

F-EN-0141 REV. 01 25/02/04

STANDARD OPERATION PROCEDURE (SOP)

CUSTOMER: TOSHIBA CARRIER (THAILAND) CO.,LTD.	MODEL:	REF.QCP NO: EN-QP-0034PT	PAGE 1 OF 1
PART NUMBER: 1110000801-4	08GR	SOP NO. EN-PT-008	
PART NAME: ASM COAT C-PV	PROCESS NAME: (ชื่อกระบวนการผลิต) MIXING	PROCESS NO. (กระบวนการที่) 17 / 25	

1. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	2. วิธีการตรวจสอบ	3. ความถี่ในการตรวจสอบ	4. CHECK SHEET
1.1 จัดเตรียมสีและทินเนอร์ สำหรับ PAINT APPLICATION	2.1 ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	3.1 ตรวจสอบ 100%	F-PT-008
1.2 ตรวจดูอุณหภูมิสีและทินเนอร์ต้องไม่ร้อนเกินไป	2.2 ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	3.2 ตรวจสอบ 100%	F-PT-008
1.3 นำสีและทินเนอร์มาใช้ให้ควบคุม LOT No. มาก่อนใช้ก่อนเพื่อควบคุมการใช้ให้เป็น FIRST IN FIRST OUT	2.3 ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	3.3 ตรวจสอบ 100%	F-PT-008
1.4 นำสีที่ได้ผสมกันแล้วด้วย AGITATOR เพื่อให้สีและตัวโลหะที่ตกอยู่ก้นถังขึ้นมาผสมกันอย่างน้อย 5 นาที หรือจนกว่าสีจะเข้ากัน	2.4 ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	3.4 ตรวจสอบ 100%	
1.5 นำสีและทินเนอร์ผสมกันไปได้ความหนืดตามที่กำหนดในมาตรฐานถ้วย PAINT APPLICATION	2.5 ตรวจสอบด้วย ถ้วยวัดความหนืดสี NK CUP NO. 2 และนาฬิกาจับเวลา	3.5 ตรวจสอบ 100%	F-PT-008
1.6 ทินเนอร์ที่ปิดฝาทินเนอร์สังเกตุดูแล ให้ปิดฝาในพื้นที่ทินเนอร์รอผสมพร้อมปิดฝาให้เรียบร้อย	2.6 ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	3.6 ตรวจสอบ 100%	



REMARK : AGITATOR สำหรับปั่นสีที่ต้องการนำไปมีสีกลุ่มสีดำ
- ในกลุ่มสีที่มีความหนืดมากกว่าที่กำหนดให้เติมทินเนอร์และปั่นเติมทินเนอร์มากเพื่อค่าความหนืด ใกล้เคียงมาตรฐาน
- สีดำที่พ่นกลัวสี ต้องตรวจวัดความหนืดให้ได้ก่อน แล้วจึงนำไปพ่น

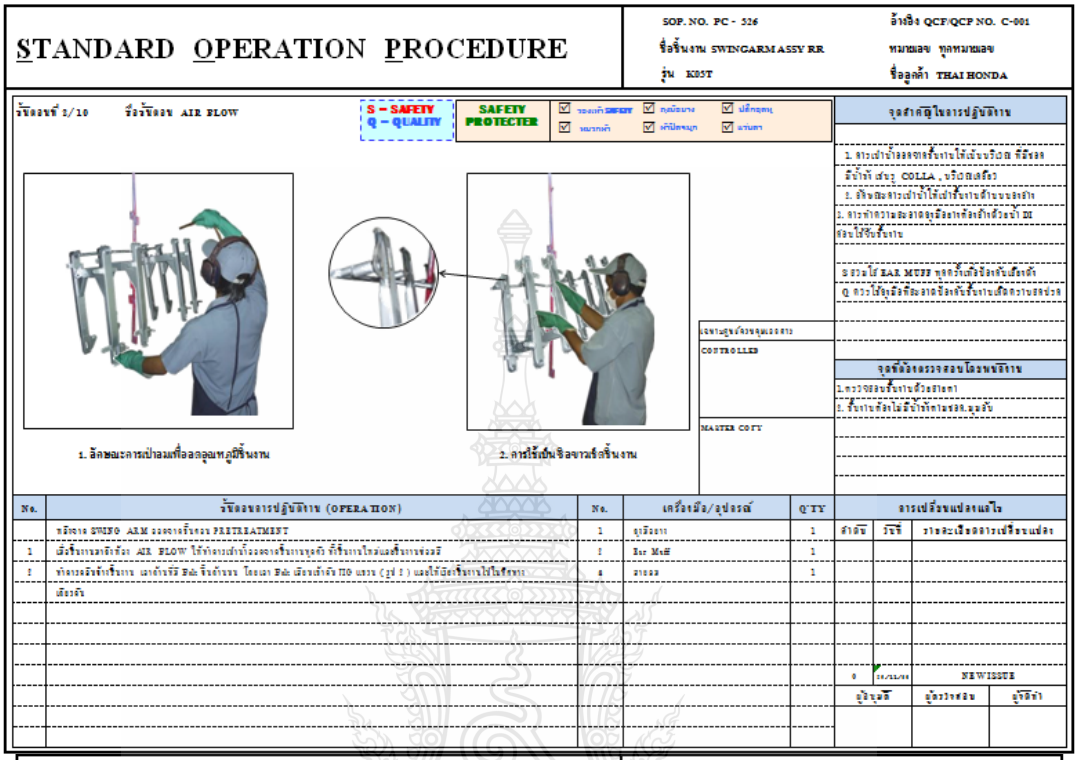
ลำดับ	บันทึกการแก้ไข	วันที่	ลงชื่อ	ลำดับ	บันทึกการแก้ไข	วันที่	ลงชื่อ
2				5			
1				4			
0	ประกาศใช้ครั้งแรก	30/11/2010	ธาดินต์	3			

อุปกรณ์ที่ควรใช้ขณะปฏิบัติงาน : ถุงมือ,ที่ปิดจมูก,เสื้อผ้า,รองเท้า SAFETY, ปลั๊กอุดหู,หมวก

หน้าที่ที่ต้องปฏิบัติงานตามที่ SOP กำหนด	ISSUED	PRODUCTION MANAGER	QUALITY ASSURANCE MANAGER	ENGINEERING MANAGER
ถ้าปฏิบัติงานแล้วเกิดปัญหาให้แจ้งหัวหน้างาน				

F-EN-0141 REV. 01 25/02/04

คู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (SOP)



STANDARD OPERATION PROCEDURE

SOP. NO. PC - 526 | อ้างอิง QCF/QCP NO. C-001
ชื่อชิ้นงาน SWINGARM ASSY RR | หมายเลข ทุกหมายเลข
รุ่น K85T | ชื่อลูกค้า THAI HONDA

ขั้นตอนที่ 2/10 | ชื่อขั้นตอน AIR FLOW

S – SAFETY
Q – QUALITY

SAFETY PROTECTER

จุดสำคัญในการปฏิบัติงาน

1. ตรวจเช็คน้ำลองทดขึ้นงานใช้เป็นระดับ ที่มีรอย
มีน้ำหก เช่น COLLA , ครีบ(เสี้ยน)
2. สิ่งผิดปกติระหว่างใช้เครื่องขึ้นงานที่ผิดปกติ
3. ตรวจทำความสะอาดอุปกรณ์จากขั้นตอนที่ผ่านมา
ขึ้นงานให้พร้อมใช้งาน
S สวมใส่ EAR MUFF ทุกครั้งเมื่อยืนอยู่ในพื้นที่ทำงาน
Q ตรวจสอบชิ้นงานก่อนขึ้นงานเพื่อให้งานมีคุณภาพ

CONTROLLED

MASTER COPY

จุดที่ต้องตรวจสอบโดยพนักงาน

1. ตรวจสอบขึ้นงานด้วยสายตา
2. ขึ้นงานต้องไม่มีน้ำหรือสิ่งสกปรกอยู่ในชิ้นงาน

1. ลักษณะการเป่าลมเพื่อลดอุณหภูมิชิ้นงาน

2. การใช้เป็น ซิลขวางขึ้นงาน

No.	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (OPERATION)	No.	เครื่องมือ/อุปกรณ์	Q'TY	การเปลี่ยนแปลงแก้ไข		
					ลำดับ	วันที่	รายละเอียดการเปลี่ยนแปลง
	จับชิ้นงาน SWING ARM บางตำแหน่งขึ้นงาน PRETREATMENT	1	อุปกรณ์	1			
1	เปิดขึ้นงานหลังขึ้นงาน AIR FLOW ให้ทำงานเข้าบริเวณตำแหน่งขึ้นงานช่วงนี้	1	Ear Muff	1			
2	ทำการนับชิ้นงานขึ้นงาน เอาด้านซีรี่ Side ขึ้นด้านบน โดยเอา Side เปิดเข้าหา FIX แขวน (รูป 2) และให้นับชิ้นงานไปในชิ้นงาน	2	แขวน	1			
	เสียงดัง						
					0	24/11/14	NEW ISSUE
					ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ

STANDARD OPERATION PROCEDURE

SOP. NO. PC - 526 | อ้างอิง QCF/QCP NO. C-001
ชื่อชิ้นงาน SWINGARM ASSY RR | หมายเลข ทุกหมายเลข
รุ่น K85T | ชื่อลูกค้า THAI HONDA

ขั้นตอนที่ 4/10 | ชื่อขั้นตอน การพ่นสีรองพื้น PRIMER

S – SAFETY
Q – QUALITY

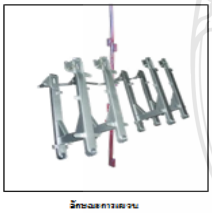
SAFETY PROTECTER

จุดสำคัญในการปฏิบัติงาน

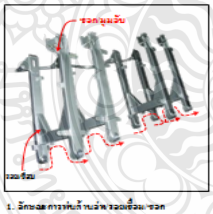
1. ตรวจสอบ CONDITION/วิธีการพ่นสีรองพื้น
เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด
2. ผสม ACLOSE # 4000 NE-364 M (TSA)
กับแลคเกอร์ ACLOSE THINNER M-4
อัตราผสมที่ดี 25-34 ปริมาตร
3. แรงดันน้ำ 6-7 Bar
4. แรงดันลม 2-3 Bar
5. PATTERN - ปืนห่าง 25 - 30 cm.
6. FLOWRATE - ปืนห่าง 75 - 85 mL/25 sec
7. ระยะห่างจากปืนถึงชิ้นงาน 20 - 25 cm.
8. ตรวจสอบความหนาสีที่พ่น 40 - 100 cm./s
S สวมใส่หน้ากากป้องกันสารเคมีในขณะปฏิบัติงาน
Q ตรวจสอบชิ้นงานก่อนขึ้นงานเพื่อให้งานมีคุณภาพ

CONTROLLED

MASTER COPY



ลักษณะการแขวน



1. ลักษณะการพ่นสีด้านล่างรอยขึ้นงาน-รอย

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (OPERATION)					No.	เครื่องมือ/อุปกรณ์	Q'TY	การเปลี่ยนแปลงแก้ไข		
พ่นสี PRIMER					1	ปืนพ่น	1	ลำดับ	วันที่	รายละเอียดการเปลี่ยนแปลง
No.	ชื่อสาร	วิธีใช้งาน	ค้นหาข้อกำหนด	ตำแหน่งจัดเก็บ						
1	ปืนพ่น	ACLOSE # 4000 NE-364 M (TSA)	พ่นสีรองพื้น/ระยะห่างพ่น (แขวนที่ รูป 2)	ตรวจสอบ						
								0	24/11/14	NEW ISSUE
								ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ

WX - 000 - 002 | F - ENG - 158 - 0

คู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (SOP)

STANDARD OPERATION PROCEDURE

SOP. NO. PC - 154
อ้างอิง QCF / C NO. 001
ชื่อลูกค้า ทุกรุ่นทุกลูกค้า

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืดที่ใช้พ่นงาน (RELUTION OF TEMPERATURE & VISCOSITY)

ลำดับ	ชื่อสี / หินเบอร์	อุณหภูมิ (°C)																			
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
		ความหนืด (sec)																				
1	ACLOSE #6100 R-150 / ACLOSE #6100 TSA THINNER	15.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	
2	ACLOSE #6000 NH-54481 (TSA) / ACLOSE THINNER RG-4	14.0	13.5	13.5	13.6	13.6	13.4	13.4	13.2	13.2	13.0	13.0	12.5	12.5	12.6	12.6	12.4	12.4	12.2	12.2	12.0	12.0
3	ACLOSE #6000 TSA CLEAR / DNT THINNER #505 (T/C)	19.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0
4	ACLOSE TS SUPER BLACK / ACLOSE TS SUPER THINNER	19.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0
5	ACLOSE TS BLACK / ACLOSE TS THINNER	19.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0
6	T-454 BRIGHT SILVER / ACLOSE COLOR THINNER	14.0	13.5	13.5	13.6	13.6	13.4	13.4	13.2	13.2	13.0	13.0	12.5	12.5	12.6	12.6	12.4	12.4	12.2	12.2	12.0	12.0
7	ACLOSE #6100 T-51 / ACLOSE #6100 TSA THINNER	23.0	22.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.0	19.0	19.0	19.0	15.0	15.0	15.0
8	ACLOSE #7400 GALAXY SILVER / ACLOSE COLOR THINNER	14.0	13.5	13.5	13.6	13.6	13.4	13.4	13.2	13.2	13.0	13.0	12.5	12.5	12.6	12.6	12.4	12.4	12.2	12.2	12.0	12.0
9	ACLOSE NORMAL CLEAR II / ACLOSE CLEAR THINNER EX-2	19.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0
10	ACLOSE AT KW-1 BLACK (TSA) / ACLOSE CLEAR THINNER	19.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0
11	ACLOSE #6100 TSA BLUE / ACLOSE #6100 TSA THINNER	19.0	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0
12	ACLOSE #6100 PRIMER GRAY / ACLOSE #6100 TSA THINNER	15.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.0	13.0

REMARK : วัดความหนืดที่ (VISCOSITY) ด้วย WATA CUP #1

การเปลี่ยนแปลงแก้ไข

ลำดับ	วันที่	รายละเอียดการเปลี่ยนแปลง
0		ISSUE NEW

ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ

WIX-090-002 F-ENG-159-0

STANDARD OPERATION PROCEDURE

SOP. NO. PC - 520
ชื่อขั้นงาน SHELL BAR RR IMPACT-RH ,LH
รุ่น RT50

อ้างอิง QCF/QCP NO. 001
ขนาดมอล ALL
ชื่อลูกค้า ISUZU

ขั้นตอนที่ 2 / 8 ชื่อขั้นตอน MASKING

S = SAFETY
Q = QUALITY
SAFETY PROTECTER

ลักษณะการยึดติดชิ้นงาน

อุปกรณ์ในการยึดชิ้นงาน

จุดสำคัญในขั้นตอนนี้ทำไม
- ทำความสะอาดบริเวณที่จะติดเทปกาวก่อน
- ทำความสะอาดบริเวณที่ทาสี 100 ซม จากขอบเทป
ข้อควรระวังพิเศษ
1) ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันเพื่อความปลอดภัยขณะทำงาน
2) ระมัดระวังการลงแรงดันเครื่องมือขณะทำงาน/ขูดขีด

COSTS OLLED

MASTER COPY

No.	ขั้นตอนการทำงาน (OPERATION)	No.	เครื่องมือ/อุปกรณ์	Q'TY	อ้างเปรียบเทียบแก้ไข		
					ลำดับ	วิธี	รายละเอียดการเปรียบเทียบ
	ขจัดสิ่งสกปรกออกจากบริเวณที่ (DRY OFF OVER)	1	อุปกรณ์	1			
	ใช้ผ้าสะอาดเช็ดบริเวณที่จะยึดเทป	2	ผ้า 5 M	1			
	ยึดเทปที่ตามแนวเส้นที่ต้องการพ่นสี , ถ้าไม่มีเส้นให้ยึดเทปตามแนวที่ ระยะห่างจากแนวเส้น 600 มิ	3	เทปกาว	1			
	และใช้ผ้า 2 M ชุบน้ำยาล้างสีจากนั้นเช็ดบริเวณที่ยึดเทปออกให้หมดก่อนพ่นสี	4	กระดาษกาวหมายเลข 600	1			
					1		
					0		ISSUE NEW

ผู้อนุมัติ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้จัดทำ

คู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (SOP)

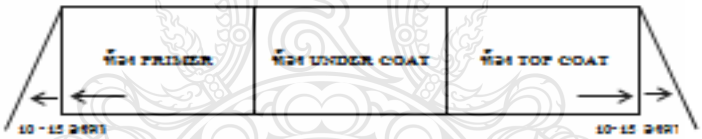
STANDARD OPERATION PROCEDURE	SOP. NO. PC-179 อ้างอิง QCF / C NO. 001 ชื่อลูกค้า ทุกรุ่น ทุกลูกค้า

เรื่อง : ข้อกำหนดในการ BALANCE ลมในห้องพ่นสี

1.การปรับ AIR SUPPLY ห้องพ่นสี

ลำดับ	เครื่องจักร	ความเร็วมอเตอร์
1	AIR SUPPLY No.1	15 - 50 HZ. (ต่ำสุด) (ห้ามเกินบี๊ดล่องลูดหมุน)
2	AIR SUPPLY No.2	15 - 50 HZ. (ต่ำสุด) (ห้ามเกินบี๊ดล่องลูดหมุน)
3	AIR SUPPLY No.3	15 - 50 HZ. (ต่ำสุด) (ห้ามเกินบี๊ดล่องลูดหมุน)
4	AIR SUPPLY No.4	15 - 50 HZ. (ต่ำสุด) (ห้ามเกินบี๊ดล่องลูดหมุน)

2.ลังเกตสิ้วลมปริเวณทางออกห้องพ่นสี(ห้อง PRIMER และห้อง TOP COAT) ต้องให้ลมดันออกล้านนอกห้องพ่นสี ประมาณ 10 - 15 องศา



3.กรณีวันที่มีฝนตกและอากาศชื้น

- ต้องปิด SPRAY น้ำ AIR SUPPLY ทุกครั้งป้องกันความชื้นเข้าห้องพ่นสี

การเปลี่ยนแปลงแก้ไข		
ลำดับ	วันที่	รายละเอียดการเปลี่ยนแปลง
1		แก้ไขขั้นตอนการทำงาน
0		NEW ISSUE

ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายวีระเทพ ไตรรงค์รัตน์
คุณวุฒิทางการศึกษา	
พ.ศ. 2538	คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทเวศร์
พ.ศ. 2558	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2538-2548	บริษัท ไทยซัมมิทออโตพาร์ท อินดัสทรี จำกัด
พ.ศ.2548-2557	บริษัท โกลด์ เพรส อินดัสทรี จำกัด
พ.ศ.2558-ปัจจุบัน	บริษัท เอส เค ที แลนด์ จำกัด
ที่ทำงาน	711/83 หมู่บ้านมัณฑนา ซอย 13 ตำบลประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130
โทรศัพท์	(+66)2996-0927
โทรสาร	(+66)2996-0927
อีเมล์	wee@sktland.com