การลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์

เจตนิพัทธ์ อารีราษฎร์พิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

การลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์

เจตนิพัทธ์ อารีราษฎร์พิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

DEFECT REDUCTION IN ZINC NICKEL COATING PROCESS: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE PART INDUSTRY COMPANY

JATENIPHAT AREERASPITAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
BURAPHA UNIVERSITY
2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ เจตนิพัทธ์ อารีราษฎร์พิทักษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรอุไร แสงสว่าง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัตถา อุทยารัตน์)

..... กรรมการ
(ดร.จักรวาล คุณะดิลก)

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

63920364: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การลดของเสีย / กระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล / เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) / ชิ้นส่วนท่อทำเลียงน้ำมันในรถยนต์

เจตนิพัทธ์ อารีราษฎร์พิทักษ์ : การลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์. (DEFECT REDUCTION IN ZINC NICKEL COATING PROCESS: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE PART INDUSTRY COMPANY) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ฤภูวัลย์ จันทรสา ปี พ.ศ. 2568.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียของชิ้นส่วนท่อลำเลียงน้ำมันสำหรับรถยนต์ในกระบวนการชุบซิงค์ – นิกเกิลของโรงงานกรณีศึกษาด้วยการประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) งานวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บรวมรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นสูงสุด 4 ปัญหา ได้แก่ 1.คราบดำบนชิ้นงาน 2.คราบสารเคมี 3.ความหนาผิวชุบไม่ได้ตามมาตราฐาน 4.สนิมบนชิ้นงาน จากนั้นได้วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงของข้อบกพร่องด้วย FMEA ซึ่งพบว่าข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูงกว่า 100 คะแนนและจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข ได้แก่ 1. Jig แขวนชิ้นงานชำรุด 2.โครง Jig เสื่อมสภาพ 3.หลังคาบ่อชุบรั่ว 4.น้ำยาเคมีไม่สมดุล 5.ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม หลังจากนั้นได้ดำเนินการแก้ไขโดยการกำหนดอายุการใช้งานของ Jig จากเดิม 4 เดือนลดลงเป็น 3 เดือน กำหนดรอบการเปลี่ยนจุดยึดทุกๆ 1 เดือนและเพิ่มอายุการใช้งานของแปรงถ่านเป็น 250 ครั้ง ทำการออกแบบหลังคาสำหรับที่แขวนชิ้นงานใหม่ กำหนดค่าความเข้มข้นของซิงค์ในบ่อชุบใหม่และจัดหาซัพพลายเออร์ก้อนซิงค์ใหม่โดยคัดเลือกจากอัตราการละลายสูงสุด ซึ่งก่อนการปรับปรุง ในปี พ.ศ. 2565 มีของเสียจำนวน 42,215 ชิ้น จากการผลิต 376,785 ชิ้น คิดเป็น 11.2 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากการปรับปรุงปริมาณของเสียลงลงเหลือ 6,759 ชิ้น จากการผลิต 439,427 ชิ้น คิดเป็น เป็น 1.6 เปอร์เซ็นต์และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการนำชิ้นงานกลับไปชุบใหม่เป็นเงิน 2,102,000 บาทต่อปี และ ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงหลังคาจากเดิมที่ต้องจ่าย 387,500 บาทต่อปีเหลือ 40,000 บาทต่อปี รวมถึงลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงหลังคาได้ 15 นาที จาก 30 นาทีต่อเครื่อง

63920364: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORDS: Defect reduction / Zinc nickel plating process / Failure mode and effect analysis (FMEA) / Automotive fuel rail

JATENIPHAT AREERASPITAK : DEFECT REDUCTION IN ZINC NICKEL COATING PROCESS: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE PART INDUSTRY COMPANY. ADVISORY COMMITTEE: RUEPHUWAN CHANTRASA, Ph.D. 2025.

The objective of this research is to reduce defects of an automotive fuel rail in the zinc-nickel electroplating process of the case study factory by the application of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. The research began with the collection of data related to defects in the process. It was found that the four most significant defects were 1. black stains on workpieces, 2. chemical stain, 3. coating thickness out of standard and 4. rust on workpieces. A root cause analysis was conducted using a cause-and-effect diagram and the identified causes were evaluated using FMEA to calculate the RPN values more than 100, indicating that corrective action was required. These factors were 1. damaged workpiece-hanging jigs, 2. deteriorated jig frame, 3. leaking plating tank roof, 4. imbalanced chemical solutions, 5. zinc-nickel concentration lower than the control specification. Corrective measures were implemented, including redefining the tool life of jigs from 4 months to 3 months, replacing fixture points jig parts on monthly, and setting new limiting used of carbon brushes to 250 cycles. Roofs for workpiece holders were also re-designed, a new standard zinc concentration for the plating bath was established, and a new zinc supplier was selected based on the highest dissolution rate. Before the improvements, in 2022, there were 42,215 defective pieces out of 376,785 total pieces produced, accounting for 11.2% defect rate. After the improvements, defects were decreased to 6,759 pieces from 439,427 produced, accounting for 1.6% defect rate. This led to an annual cost saving of 2,102,000 baht for rework and a reduction in maintenance costs for the plating tank roofs from 387,500 baht per year to 40,000 baht per year. Additionally, the roof maintenance time per machine was reduced from 30 minutes to just 15 minutes.

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ทรงเกียรติหลายท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำปรึกษา ให้แรงพลักดันและชี้แนะตลอดระยะเวลาการจัดทำ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรอุไร แสงสว่าง คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัตถา อุทยารัตน์และ ดร.จักรวาล คุณะดิลก ที่สละเวลามาช่วยเป็นประธานและกรรมการสอบ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ คุณวสุรี ฐิติวร ที่ช่วยให้คำแนะนำและการจัดการ ในการดำเนินการต่างๆ กราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่คอยมอบความรู้ให้ ตลอดจนพี่ น้อง ทุกคน ที่ร่วมศึกษาในสาขาและบุคลากรในที่ทำงาน คอยช่วยเหลือ สนับสนุนข้อมูลต่างๆ และให้คำปรึกษา ชี้แนะในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

เจตนิพัทธ์ อารีราษฎร์พิทักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 15
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 15
วัตถุประสงค์ 16
ขอบเขตการศึกษา 17
ระยะเวลาการดำเนินงาน 17
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 17
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการชุบ 18
ทฤษฎีแผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) 22
แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect diagram) 24
การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) 26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 36
ศึกษากระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลของโรงงานกรณีศึกษา 37
เก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย 46

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 47
ดำเนินการแก้ไขและติดตามผล.....61
เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง.....61
สรุปและอภิปรายผล 61
บทที่ 4 ดำเนินการแก้ไขและติดตามผล 62
การดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ 62
การเปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหา 77
สรุปการดำเนินกิจกรรม 79
บทที่ 5 80
สรุปผลการวิจัย 80
อภิปรายผลการวิจัย 82
ข้อเสนอแนะ 83
บรรณานุกรม 85
ภาคผนวก 86
ประวัติย่อของผู้วิจัย 96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ประเภทของเสียแผนกชุบซิงค์-นิกเกิล ช่วง กันยายน 2564 – มกราคม 2565 16
ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรง (S) 28
ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมิน โอกาสเกิด (O) 30
ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับ (D) 31
ตารางที่ 5 ค่าควบคุมสำหรับ Zn-Ni Plating 43
ตารางที่ 6 ปัญหาของเสียสูงที่สุด 4 อันดับแรกในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล 46
ตารางที่ 7 ลักษณะของเสีย 4 ประเภท 46
ตารางที่ 8 ลักษณะสิ่งผิดปกติและความเป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน 49
ตารางที่ 9 ลักษณะสิ่งผิดปกติและความเป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดปัญหาคราบสารเคมี 50
ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อชิ้นงาน 51
ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง(S) 54
ตารางที่ 12 เกณฑ์การประเมิน โอกาสเกิด(O) 55
ตารางที่ 13 เกณฑ์การประเมินการตวจจับ(D) 56
ตารางที่ 14 ผลการประเมินค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงก่อนการปรับปรุง 57
ตารางที่ 15 การสรุปค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน 60
ตารางที่ 16 การสรุปค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงปัญหาคราบสารเคมี 60
ตารางที่ 17 คะแนนการประเมินความเสี่ยงของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นตามปัจจัยต่างๆ 62
ตารางที่ 18 จำนวนของเสียตามการเปลี่ยนแปลงของขนาด bolt ของสถานีที่ *2* 65
ตารางที่ 19 จำนวนของเสียตามการเปลี่ยนแปลงของขนาด bolt ของสถานีที่ 3 65
ตารางที่ 20 สภาพซี่ลวดของตะขอแขวนชิ้นงานที่ส่งผลต่อชิ้นงานตามขนาดต่างๆ 70
ตารางที่ 21 ลักษณะหลังคา Hanger แบบเก่าและแบบใหม่ 72

ตารางที่ 22 การทดลองหาอัตราการละลายของก้อนซิงค์แต่ละแบรนด์ 74
ตารางที่ 23 ปัญหาของเสียสูงที่สุด 4 อันดับแรกในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในช่วง 78
ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรายปีในไลน์การผลิตของปีที่ผ่านมา(ปี พ.ศ.2567) 92
ตารางที่ 25 ค่าชุบชิ้นงานต่อตารางเดซิเมตร 93

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการชุบเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า 19
ภาพที่ 2 หลักการเบื้องต้นของการชุบเคลือบโลหะแบบไม่ใช้ไฟฟ้า 22
ภาพที่ 3 แผนภูมิพาเรโต 23
ภาพที่ 4 โครงสร้างการวิเคราห์ปัญหาของแผนผังเหตุและผล 24
ภาพที่ 5 โครงสร้างการวิเคราห์ปัญหาตามตัวแปร 4M1E 25
ภาพที่ 6 การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านต่างๆเพื่อลดความล้มเหลว 26
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการวิจัย 36
ภาพที่ 8 รายละเอียดของชิ้นงานตัวอย่าง 37
ภาพที่ 9 กระบวนการขึ้นรูปต่างๆและการประกอบชิ้นงานตัวอย่าง 38
ภาพที่ 10 กระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลแบบใช้ไฟฟ้า 40
ภาพที่ 11 การจัดเรียงชิ้นงานกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล 41
ภาพที่ 12 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในช่วงเดือน กันยายน 2564 – มกราคม 2565 47
ภาพที่ 13 แผนผังก้างปลาปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน 48
ภาพที่ 14 แผนผังก้างปลาปัญหาคราบสารเคมีบนชิ้นงาน 48
ภาพที่ 15 จุดที่ต้องปรับปรุงของ Jig แขวนชิ้นงาน 63
ภาพที่ 16 การตรวจวัด Bolt ระยะต่างๆที่อยู่บน Jig 63
ภาพที่ 17 ระยะการใช้งานของ Bolt ในระยะต่างๆ 64
ภาพที่ 18 การบันทึกการเปลี่ยนแปลงของ Bolt เมื่อผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 1.5 เดือน 64
ภาพที่ 19 สภาพแปรงถ่านที่หมดสภาพจากการใช้งาน 66
ภาพที่ 20 ใบบันทึกการใช้งานของแปรงถ่าน 67

ภาพที่ 21 โปรแกรมบันทึกอายุการใช้งานของแปรงถ่าน 68
ภาพที่ 22 ลักษณะซี่ลวดที่เสื่อมสภาพจากการใช้งานและซี่ลวดใหม่ 69
ภาพที่ 23 การวัดความหนาของผิวชุบบริเวณที่เกิดปัญหา 69
ภาพที่ 24 โครงสร้างหลังคาของ Hanger 71
ภาพที่ 25 การกัดกร่อนน็อตยึดบนหลังคา Hanger (ซ้ายมือ) และ ภาพจำลองการหยดน้ำยา(ขวามือ) 71
ภาพที่ 26 ปริมาณน้ำที่คงเหลือบนหลังคาระหว่าง PVC กับ SUS 72
ภาพที่ 27 กราฟแสดงความเข้มข้นของซิงค์เทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการผลิตช่วง 73
ภาพที่ 28 ระบบน้ำหมุนวน เกิดการอุดตัน 74
ภาพที่ 29 วิธีการทดลองเปรียบเทียบอัตราการละลายของก้อนซิงค์แต่ละแบรนด์.....74
ภาพที่ 30โครงสร้างอุปกรณ์ในขณะอยู่ในกระบวนการชุบซิงค์ - นิกเกิล(บ่อชุบ).....87
ภาพที่ 31 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า.....87
ภาพที่ 32 บาร์ทองแดง(คาบาร์) 87
ภาพที่ 33 แผ่น Anode.....88
ภาพที่ 34 เฟรม 88
ภาพที่ 35 การประกอบ Jig เข้ากับ Frame 88
ภาพที่ 36 โบลท์.....89
ภาพที่ 37 น็อต 89
ภาพที่ 38 Jig แขวนชิ้นงาน 89
ภาพที่ 39 Jig แขนบาร์เรล.....89
ภาพที่ 40 แปรงถ่าน 89
ภาพที่ 41 ซี่ลวดสำหรับการยึดจับชิ้นงานบน Jig.....90
ภาพที่ 42 ลักษณะการยึดจับชิ้นงานเข้ากับ Jig.....90
ภาพที่ 43 ข้อควรระวังในการนำอุปกรณ์มาใช้งานกรณีที่พนักงานพบเห็นอุปกรณ์ที่น่าสงสัย 90

ภาพที่ 44 ชิ้นงานผิดปรกติ.....91
ภาพที่ 45 การหาพื้นที่ผิวโดยโปรแกรม Catia.....94

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทย นับเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สามารถสร้างรายได้เป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ ประเทศไทยมีพื้นฐานในการผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์เป็นระยะเวลาหลายสิบปี มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนสามารถเป็นแหล่งผลิตรถยนต์ระดับโลกที่มีกำลังการส่งออก กว่า 1 ล้านคันต่อปี คิดเป็นมูลค่าการส่งออกมากกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี และอาจจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต แต่ในปัจจุบันขณะที่จุดเปลี่ยนกระแสของผู้บริโภคและมาตรการจากทั่วโลกที่ห่วงใยสิ่งแวดล้อมประกอบกับการเกิดขึ้นของยานยนต์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยอาศัยแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่แทนที่เครื่องยนต์สันดาป คาดการณ์ว่าส่วนแบ่งทางการตลาดของรถยนต์สันดาปจะลดลงถึง 30% โดยมีผลกระทบที่ตามมา คือ ยอดขายของรถยนต์สันดาปน้อยลงและผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานของชิ้นส่วนต่างๆ ที่หายไปตามความต้องการที่ลดลง ทำให้ผู้ผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศต้องมีการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์หรือปรับปรุงการผลิตเพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินต่อไปได้ เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค

โรงงานกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนประเภทท่อสำหรับยานยนต์ขนาดใหญ่ ทำการผลิตให้กับลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ มียอดขายประมาณ 6,000 ล้านบาทต่อปี ดำเนินการผลิตด้วยกระบวนการผลิตภายในโรงงานทั้งหมดเริ่มจากนำท่อมาตัด แปรรูป ประกอบโดยการเชื่อมจนถึงการชุบผิวชิ้นงานด้วยปฏิกิริยาเคมีและไฟฟ้า จากการศึกษาข้อมูลการผลิตตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีชิ้นงานเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยปัญหาที่ของเสียที่พบมีจำนวน 15 ปัญหา แสดงดังตารางที่ 1.1 และมีการจัดอันดับปัญหาที่มีปริมาณของเสียมากที่สุด คือ ปัญหาคราบดำบนชิ้นงานคิดเป็น 4.47% และปัญหาคราบสารเคมีบนชิ้นงานคิดเป็น 3.36% รองลงมาคือ ปัญหาความหนาผิวชุบ บนชิ้นงาน คิดเป็น 1.80% และปัญหาสนิมบนชิ้นงานคิดเป็น 1.58% โดยคิดเปอร์เซ็นต์จากยอดการผลิตจำนวน 376,785 ชิ้น โดยชิ้นงานที่เกิดปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ต้องมีการนำชิ้นงานไปลอกผิวแล้วชุบใหม่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในกระบวนการและเวลาการผลิตที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ประเภทของเสียแผนกชุบซิงค์-นิกเกิล ช่วง กันยายน 2564 – มกราคม 2565

ประเภทของเสีย	จำนวน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
1.คราบดำบนชิ้นงาน	16,832	4.47%
2.คราบสารเคมี	12,647	3.36%
3.ความหนาผิวชุบ	6,787	1.80%
4.สนิมบนชิ้นงาน	5,949	1.58%
5.เฉดสีไม่ได้	2,193	0.58%
6.จุดดำ	1,519	0.40%
7.Zn-Ni ต่ำ	1,448	0.38%
8.รอยขีดข่วน	1,045	0.28%
9.จุดเงา	977	0.26%
10.เม็ดทราย	502	0.13%
11.ซิงค์ลอก	270	0.07%
12.รอยบุบ	170	0.05%
13.งานไม่ได้ป้อนกระแสไฟ	121	0.03%
14.งานไม่แห้ง	116	0.03%
15.ผิวไม่เรียบ	63	0.02%
รวม	50,639	13.44%

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิศวกรรมอุตสาหการและความรู้ด้านการชุบวัสดุในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงและดำเนินการแก้ไขปัญหาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นให้มีปริมาณของเสียอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงนี้จะช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์สร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าได้

วัตถุประสงค์

เพื่อลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์นิกเกิล ของโรงงานกรณีศึกษา

ขอบเขตการศึกษา

1. มุ่งเน้นศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิลของบริษัทกรณีศึกษา

2. ประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ตลอดจนทฤษฎีการชุบโลหะในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น

ระยะเวลาการดำเนินงาน

1. ศึกษากระบวนการผลิตและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. เก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นงานที่เสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล

3. วิเคราะห์เพื่อแยกสาเหตุของปัญหา โดยการใช้หลักการพาเรโตทำการเลือกหัวข้อที่จะนำมาวิจัย แล้วนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาประเมินความรุนแรงและจัดลำดับสำคัญของปัญหา

4. ค้นหาแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุง

5. ดำเนินการแก้ไขและติดตามผล

6. สรุปผลการดำเนินงาน

7. จัดทำรายงานเพื่อนำเสนอ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการคราบสารเคมีบนผิวชิ้นงาน จากการศึกษากระบวนการผลิต

2. สามารถลดปริมาณชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

3. ได้มาตรฐานการปฏิบัติงานในการควบคุมการชุบผิวชิ้นงาน

4. สามารถนำแนวทางการลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์นิกเกิล กับ ชิ้นงานอื่นๆได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการลดปัญหาชิ้นงานเสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล ของโรงงานกรณีศึกษา ประกอบด้วย

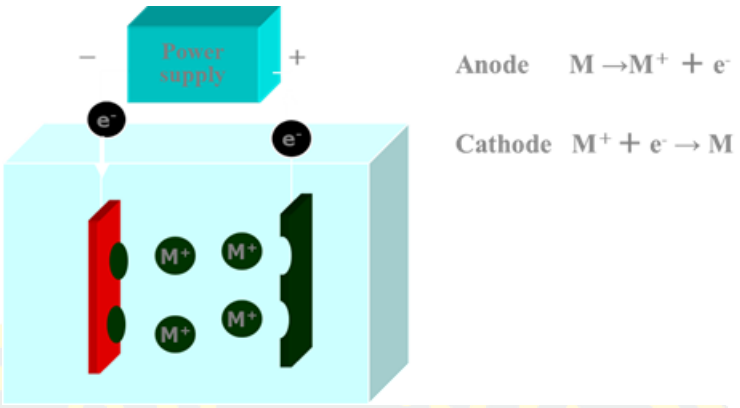
1. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการชุบ
2. ทฤษฎีแผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)
3. ทฤษฎีแผนผังเหตุและผล (Cause & Effect diagram)
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการชุบ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยซิงค์ นิกเกิล และ นิกเกิล ฟอสฟอรัส ในรางท่อลำเลียงน้ำมันเป็นกระบวนการที่ช่วยให้โลหะทนต่อการกัดกร่อนหรือการสึกหรอจากน้ำมันเชื้อเพลิง(ดีเซล) และสภาพแวดล้อมจากการทำงานของเครื่องยนต์ได้ดี ซึ่งการชุบซิงค์ นิกเกิล เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการชุบเคลือบผิวเท่าไหร่นัก ซึ่งจะมีเทคนิคการชุบทั้งแบบใช้ไฟฟ้าและไม่ใช้ไฟฟ้า

1. การชุบเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้าในอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นการทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงป้องกันสนิม ทนต่อการสึกกร่อนตามชนิดของสารและความหนาจากการชุบชิ้นงาน โดยอาศัยตัวนำไฟฟ้า ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยตัวเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นเพียงสะพานเพื่อให้ไฟฟ้าผ่านได้เท่านั้น อีกชนิด คือ เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยตัวเองแยกสลายออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวของมันเอง พวกน้ำเจือจางกรดและสารละลายเกลือต่างๆ เป็นต้น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า “อิเล็กโทรไลต์ “ เมื่อเราผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายของอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้แผ่นแพลทินัมเป็นขั้วอิเล็กโทรดจะทำให้เกิดอนุภาคที่มีประจุ เรียกประจุที่วิ่งไปยังขั้วบวก ว่าแอนไอออน ซึ่งจะมีประจุลบประจำตัว เรียกไอออนที่วิ่งไปยังขั้วลบ ว่าแคตไอออน ซึ่งจะมีประจุบวกประจำตัว เราจะสามารถเห็นปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ขั้วลบและขั้วบวกดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการชุบเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า

ค่าความกรด ด่าง (pH) มีอิทธิพลต่อน้ำยาชุบโลหะมาก คือถ้า pH น้อยแสดงว่าน้ำยานั้นมีสภาพเป็นกรดมากเกินไป จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของแคโทดลดต่ำลง ถ้า pH มากแสดงว่าน้ำยานั้นมีสภาพเป็นด่างมากเกินไป จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของแอโนดลดต่ำลง เช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้การควบคุมค่าของ pH จึงสำคัญมาก น้ำยาทุกชนิดจะมีค่า pH ที่เหมาะสม อยู่โดยเฉพาะที่ค่าหนึ่ง ฉะนั้นจึงควรพยายามควบคุมให้ค่า pH อยู่ในขอบเขตตามที่กำหนดให้ได้ ตามคู่มือการใช้น้ำยาชนิดนั้นๆ

ความหนาแน่นของกระแส ความหนาแน่นของกระแสของขั้ว ลบคือกระแสที่ช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ขั้วลบต่อหนึ่งหน่วยเนื้อที่ ปกติมักจะใช้แอมแปร์ต่อตาราง ฟุตหรือแอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร การคำนวณหาพื้นที่ของแคโทด เพื่อทราบว่าจะจ่ายความ หนาแน่นของกระแสแตกต่างกันออกไปและงานแต่ละชิ้นก็มีเนื้อที่ต่าง ๆ กัน ด้วยเหตุนี้กระแส และเนื้อที่จึงควรพิจารณาเป็นอันดับแรกเสมอก่อนที่จะจุ่มชิ้นงานลงในถังเพื่อทำการชุบตามคู่มือการใช้น้ำยาแต่ละชนิด

กระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงาน

ในกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการชุบเป็นสิ่งที่จำเป็นมากต่อผิวของชิ้นงาน ก่อนทำกาวชุบเคลือบผิวโลหะจะต้องอยู่ในสภาพที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรก เช่น คราบสนิมรอยขีดข่วน หรือคราบน้ำมัน และรอยเปรอะเปื้อนอื่นๆ ที่ติดมาจากกรรมวิธีการผลิต เพราะประสิทธิภาพของ

การชุบชิ้นอยู่กับการเกาะติดแน่นของเนื้อโลหะกับชิ้นงานที่ทำการทุบ การชุบบนชิ้นงานที่สกปรกหรือมีไขมันจะทำให้ผิวงานที่ผ่านการชุบนั้นพองหรือหลุดลอกได้ง่าย ขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการชุบ มีดังนี้

1.1 การขัดชิ้นงาน เป็นการเตรียมผิวงานขั้นตอนแรก ก่อนที่จะนำไปล้างทำความสะอาด เพราะชิ้นงานก่อนที่จะนำมาทำการชุบมักมีผิวหยาบขรุขระ มีรอยขีดข่วนหรือเป็นสนิม ถ้าชิ้นงานผ่านการขัดผิวจนเรียบ จะทำให้ผลการชุบออกมาดีตามที่ต้องการ การเลือกอุปกรณ์ในการขัดชิ้นงานต้องเลือกให้เหมาะสมกับขนาด ชนิด และรูปร่างของโลหะที่เป็นชิ้นงาน วิธีการขัดชิ้นงานก็มีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. การขัดหยาบ เป็นขั้นตอนแรกๆ โดยขัดเอารอยขูดขีดลึกๆ หรือบริเวณที่ไม่สม่ำเสมอออก จะใช้ขัดที่เคลือบด้วยทรายหยาบการขัดละเอียด เป็นขั้นตอนต่อจากการขัดหยาบ การขัดในชั้นตอนนี้เพื่อลบรอยทรายที่เกิดจากการขัดหยาบ ทำให้ผิวงานเรียบและมีริ้วรอยที่เล็กลงการขัดเงาเป็นการขัดชั้นสุดท้ายที่ต้องการให้งานมีความเงาและเรียบ โดยทั่วไปใช้ผ้าหยาบร่วมกับยาขัดการเลือกขัดแบบใดก็ขึ้นกับลักษณะผิวของชิ้นงาน ถ้าผิวงานขรุขระหรือมีสนิมมาก ก็เริ่ม จากการขัดหยาบ, ขัดละเอียด และขัดเงา ตามลำดับ แต่ถ้าผิวชิ้นงานค่อนข้างเรียบ ก็เริ่มจากการขัดละเอียด และขัดเงาได้เลย หรือถ้าผิวชิ้นงานเรียบอยู่แล้วก็ควรขัดเงาเพียงอย่างเดียว

2. การทำความสะอาดเบื้องต้น เป็นการล้างเอาคราบไขมัน, ยาขัด, ขี้ผึ้ง หรือพวกสะเก็ดของแข็งที่ติดอยู่บนผิวชิ้นงาน โดยเฉพาะที่เกิดจากผงขัด วิธีการทั่วไปที่ใช้ในการทำความสะอาดเพื่อขจัดคราบไขมัน การสเปรย์หรือจุ่มในน้ำยาขจัดไขมันที่ร้อน, การต้มในสารละลายสบู่ หรือผงซักฟอก การสเปรย์ด้วยละลายด่าง, การต้มด้วยสารละลายด่าง3 การทำความสะอาดด้วยด่าง เป็นขั้นตอนการล้างทำความสะอาดชิ้นงานให้สะอาดขึ้น จะช่วยให้คราบหรือรอยเปื้อนที่ติดขึ้นงานหลุดออกไป โดยปรกติใช้วิธีการจุ่มหรือสเปรย์การทำความสะอาดด้วยวิธีการจุ่มจะใช้สารทำความสะอาด 30-120 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ถึงจุดเดือด เป็นเวลา 3-15 นาที การทำความสะอาดด้วยวิธีสเปรย์ จะใช้สารเคมีเป็นองค์ประกอบเหมือนแบบจุ่ม ยกเว้นตัวเซอร์แฟคแตนท์ สำหรับน้ำยาที่สเปรย์นั้น จะผสมสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบลงไป 4-16 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 68-74 องศาเซลเซียส โดยใช้ความดันในการสเปรย์ 0.7-3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า เป็นการขจัดสิ่งสกปรกเล็กๆ น้อยๆ ที่เหลือติดอยู่บนผิวชิ้นงาน โดยทำให้เกิดฟองก๊าซบนชั้นงาน ซึ่งฟองก๊าซเหล่านี้จะเป็นตัวขจัดสิ่งสกปรกที่ติด อยู่บนผิวชิ้นงาน การล้างด้วยไฟฟ้าแห่งเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 Anodic Cleaning เป็นการล้างด้วยไฟฟ้าโดยการนำชิ้นงานต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งยาล้างและออกซิเจนจะเข้าไปทำความสะอาดชิ้นงาน

3.2 Cathodic Cleaning เป็นการล้างด้วยไฟฟ้าโดยการนำชิ้นงานต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งยาล้างและก๊าซไฮโดรเจนจะเข้าไปทำความสะอาดชิ้นงาน

4. การทำความสะอาดด้วยกรดหรือการจุ่มกรด เป็นการทำผิวชิ้นงานให้เป็นกลาง เพราะการทำความสะอาดด้วยไฟฟ้านั้นสภาพน้ำยามีฤทธิ์เป็นด่าง พวกสนิมที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานจะหลุดออกไป และยังเป็นการกระตุ้นผิวให้ว่องไวต่อการชุบด้วย

5. การทำความสะอาดผิวด้วยอัลตร้าโซนิคเป็นการทำความสะอาด ด้วยระบบความถี่สูง เหมาะสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก ผิวที่ได้จากการทำความสะอาด แบบนี้จะสะอาดมาก

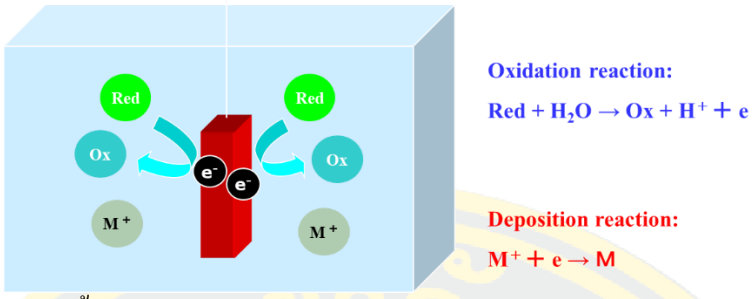
การชุบเคลือบโลหะแบบไม่ใช้ไฟฟ้า

การชุบเคลือบผิวโลหะแบบไม่ใช้ไฟฟ้า เป็นกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติผิวชิ้นงานด้วยการเคลือบผิวโลหะตามโลหะธาตุที่เข้าเคลือบ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางคุณสมบัติ เช่น ความมันวาวของพื้นผิวเพื่อเพิ่มความสวยงาม การทนทานต่อการกัดกร่อน ความแข็งแรง สำหรับกระบวนการชุบจำเป็นต้องทำการทำความสะอาดผิวชิ้นงานเพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกให้หมดแล้วเผยให้เห็นถึงเนื้อโลหะทำให้โลหะธาตุที่เข้าไปเคลือบสามารถเข้าไปแทรกในผิวโลหะโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรง นั่นคืออาศัยอิเล็กตรอนจากตัวรีดิวซ์ทำให้กระบวนการชุบเคลือบผิวมีความสม่ำเสมอตลอดชิ้นงาน เหมาะกับงานที่มีรูพรุนน้อย สามารถเข้าถึงได้ทุกส่วนของชิ้นงานแม้จะเป็นงานที่มีรูปทรงสลับซับซ้อน และสามารถชุบได้บนเนื้อโลหะได้เกือบทุกชนิด ส่งผลให้สมบัติด้านความต้านทานการกัดกร่อนของผิวเคลือบสูงขึ้น ซึ่งจุดประสงค์หลัก คือ นำมาใช้เพื่อชุบภายในท่อรำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเพราะเป็นสภาพแวดล้อมปิดทำให้ไม่สามารถสำรวจสิ่งผิดปกติที่อยู่ภายในได้

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการเตรียมผิวชุบเคลือบแบบไม่ใช้ไฟฟ้าที่มีนิกเกิลเป็นธาตุหลักในการเคลือบผิวชิ้นงาน เนื่องจากนิกเกิลมีคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนของน้ำมันสูง ผิวมีความเรียบและลื่น เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าที่กำหนดไว้บน แบบแปรนการผลิตชิ้นงาน และใช้ฟอสฟอรัสในการเป็นตัวช่วยสำหรับการเคลือบผิว

การชุบเคลือบผิวโลหะด้วยนิกเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้าอาศัยกระบวนการทางเคมีเกิดปฏิกิริยารีดักชันระหว่างไอออนของนิกเกิลในน้ำยาชุบที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายและมีตัวรีดิวซ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนดังสมการ 2-1

$$Red^{2+} \xrightarrow{\text{Catalytic Surface}} Red^{(z+n)+} + ne^{-} \qquad 2\text{-}1$$



ภาพที่ 2 หลักการเบื้องต้นของการชุบเคลือบโลหะแบบไม่ใช้ไฟฟ้า

โลหะนิกเกิล(Nickel)

นิกเกิลทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการเคลือบผิวโลหะนิยมใช้ นิกเกิลซัลเฟต ($NiSO_4$) และนิกเกิลคลอไรด์ ($NiCl_2$) และนิกเกิลอะซิเตต ($Ni(CH3COO)_2$) แต่ส่วนใหญ่นิยมใช้ นิกเกิลซัลเฟต เพราะมีต้นทุนที่ต่ำ คงสภาพน้ำยาชุบไว้ได้นานกว่าและไม่ส่งผลต่อการกัดกร่อนของผิวเคลือบ

ตัวรีดิวซ์(Reducing agent)

ตัวรีดิวซ์มีหน้าที่ในการเป็นแหล่งกำเนิดของอิเล็กตรอนที่ใช้ในกระบวนการชุบเคลือบผิว ประกอบไปด้วย โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์โมโนไฮเดรต($NaH_2PO_2.H_2O$) , โซเดียมโบโรไฮไดรด์ ($NaBH_4$) , ไดเมทิลเอมีนบอเรต ($(CH_3)_2NHBH_3$) , และ ไฮดราซีน ($N_2H_4.H_2O$) ดังแสดงรายละเอียดของตัวรีดิวซ์ทั้ง 4 ชนิด

สารก่อไอออนเชิงซ้อน (Complexing agent)

สารก่อไอออนเชิงซ้อนเป็นตัวหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเคลือบผิวโลหะนิกเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้า เช่น มีหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เพื่อป้องกันไม่ใช้ pH เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วจนเกินไป ป้องกันการตกตะกอนของเกลือนิกเกิลในรูปของนิกเกิลซัลไฟด์และลดความเข้มข้นของไอออนนิกเกิลอิสระในน้ำยาชุบ

ทฤษฎีแผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)

แผนภูมิพาเรโตหรืออีกชื่อหนึ่งว่า กฎ 80: 20 เป็นเครื่องมือพัฒนาคุณภาพ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของการเกิดของเสีย ปริมาณของเสีย และ เปอร์เซ็นต์ร้อยละสะสมของเสียมาพล็อตลงกราฟแท่ง เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ทำให้ง่ายต่อการตัดสินใจและนำไปแก้ไขปัญหา ส่วนกฎ 80:20 นั้นคือการบ่งบอกถึง สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียเพียง 20% แต่กับส่งผลให้เกิดผลลัพธ์คือปริมาณของเสียถึง 80% แต่ผู้นำกฎ 80: 20 ไปใช้สามารถที่จะพิจารณาจากค่าอื่น ได้ เช่น 70:30 , 60:40 ตามความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้รับมา ทาง

ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จึงนำเครื่องมือดังกล่าวมาใช้สำหรับการตรวจสอบปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยนำข้อมูลของเสียมาแบ่งแยกประเภทแล้วเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูล

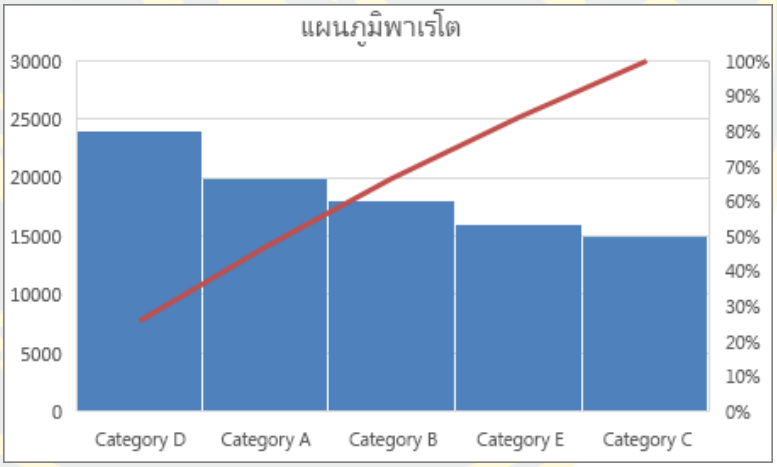
วิธีการสร้างแผนภูมิ

1. สำรวจปัญหาและความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วเขียนออกมาเป็นรายการ

2. สร้างตารางเพื่อรวบรวมข้อมูลและแบ่งปัญหาแต่ละประเภท โดยเรียงลำดับจากจำนวนของเสียมากที่สุด ไปหาจำนวนของเสียน้อยที่สุด แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมของสาเหตุการเกิด

3. สร้างกราฟแท่ง โดยกำหนดแกนแนวตั้งด้านซ้ายเป็นจำนวนชิ้นงานที่เสียหาย แกนแนวตั้งด้านขวาเป็นเปอร์เซ็นต์ แกนแนวนอนเป็นสาเหตุของเสีย และให้เรียงลำดับของเสียมากสุดอยู่ด้านซ้ายมือและเรียงไปทางด้านขวาสุดเป็นจำนวนของเสียน้อยที่สุด

4. สร้างกราฟเส้นตรงจากกราฟแท่งด้านซ้าย ตามเปอร์เซ็นต์สะสมของแต่ละสาเหตุไปจนครบทุกสาเหตุ ดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 3 แผนภูมิพาเรโต

ประโยชน์ของแผนภูมิพาเรโต

1. ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญได้อย่างชัดเจน

2. เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคัดเลือกปัญหาหลักเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขได้อย่างตรงประเด็น

3. ทำให้การปรับปรุงกระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect diagram)

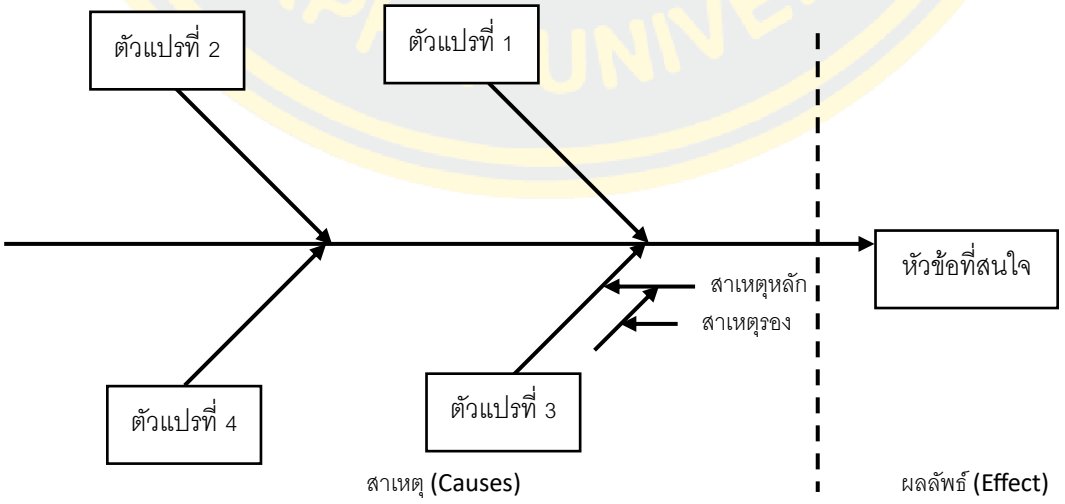
แผนผังเหตุและผลหรือเรียกอีกอย่างว่าแผนผังก้างปลา(Fish Bone Diagram) เป็นหนึ่งในเครื่องมือของ 7 Quality Control Tools ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านคุณภาพ ที่นำไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ โดยแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับ สาเหตุ (Cause) ที่มีความเป็นไปได้และก่อให้เกิดปัญหา เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุเชิงระบบ

แผนผังเหตุและผล ถูกพัฒนามาจากศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว ในปี ค.ศ.1943 โดยได้ให้แนวทางไว้ว่าเมื่อไรจึงจะใช้แผนผังสาเหตุและผล

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุหรือต้นตอการเกิดปัญหา
2. เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่นๆ เพื่อให้สามารถเรียนรู้กระบวนการต่างๆที่อาจจะเป็นสาเหตุที่เกิดปัญหา
3. เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมองจากทุกคน จะช่วยให้ทุกๆคนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ว่าที่หัวปลา

วิธีการสร้างแผนผังเหตุและผลมีดังนี้

1. กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น



ภาพที่ 4 โครงสร้างการวิเคราห์ปัญหาของแผนผังเหตุและผล

โครงสร้างการวิเคราะห์ปัญหาของแผนผังก้างปลามีดังนี้

1. หัวข้อที่สนใจ เป็นสิ่งที่นำไปไว้อยู่ด้านหัวปลา

2. ตัวแปรต่างๆจะเป็นส่วนประกอบของตัวปลาที่จะส่งผลกระทบไปถึงหัวปลา โดยจะแบ่งย่อยดังนี้

2.1 สาเหตุหลัก

ในแต่ละตัวแปรที่ส่งผลกระทบไปยังหัวข้อที่เราสนใจ ล้วนแล้วแต่มีสาเหตุหรือที่มาที่ไปของตัวแปรนั้นๆเสมอ โดยจะเขียนไว้บนก้างปลาของตัวแปร

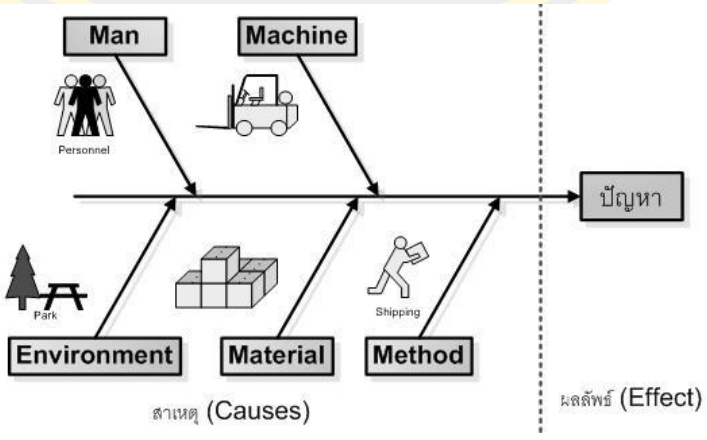
2.2 สาเหตุรอง

เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ไม่อาจมองข้าม แม้จะไม่ได้ส่งผลกระทบโดยตรงไปที่ประเด็นหลักแต่อาจจะส่งผลกระทบต่อสาเหตุหลักก็ได้ โดยจะเขียนไว้บนก้างปลาของสาเหตุหลัก

การกำหนดปัจจัยบนแผนผังเหตุและผล

การกำหนดปัจจัยต่างๆลงบนแผนผังควรจะเป็นปัจจัยที่จะช่วยให้เราสามารถนำมาวิเคราะห์ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผล โดยอาจจะกำหนดเป็นวงกว้างเพื่อให้ครอบคลุมทุกตัวแปรแล้วจากนั้นค่อยใส่รายละเอียดลึกลงไปในแต่ละตัวแปร โดยในงานวิจัยนี้จะนำหลักการ 4 M 1 E เป็นตัวแปรหลัก เพื่อนำไปสู่การหาสาเหตุต่อๆไป ดังนี้

1. Man คือ พนักงานหรือบุคลากรในกระบวนการ
2. Machine คือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ
3. Material คือ วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการ
4. Method คือ กระบวนการทำงาน
5. Environment คือ สภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละกระบวนการ



ภาพที่ 5 โครงสร้าง*การวิเคราะห์ปัญหาตามตัวแปร 4*M1E

ประโยชน์ของแผนผังเหตุและผล

1.ใช้ในการคัดหาสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยของปัญหาและรวบรวมความคิดเห็นจากสมาชิกทุกคนมาไว้ในแผนเดียวกัน โดยมีเป้าหมายเดียวกัน

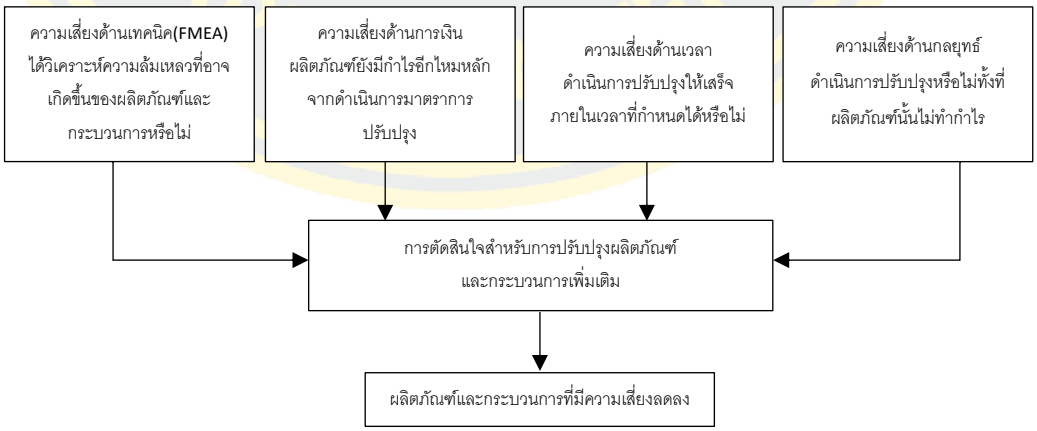
2. ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของการเกิดปัญหาได้อย่างตรงประเด็นเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)

ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ต้องพบเจอกับความท้าทายทั้งจากลูกค้าและคู่แข่งทำให้ต้องทำการปรับปรุงต้นทุนของผลิตภัณฑ์และกระบวนการให้เหมาะสม ดังนั้น FMEA จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อลดความเสี่ยงในเชิงวิเคราะห์ลักษณะและผลกระทบของความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1. ประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ
2. วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความล้มเหลวเหล่านั้น
3. บันทึกมาตรการในการป้องกันและการตรวจจับ
4. กำหนดมาตรการเพื่อลดความเสี่ยง

ผู้ผลิตต้องมีการคำนึงถึงความเสี่ยงหลากหลายประเภท ซึ่งรวมถึงด้านเทคนิค ด้านการเงิน ด้านเวลา และด้านกลยุทธ์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านต่างๆเพื่อลดความล้มเหลว

เป้าหมายของ FMEA คือ การระบุหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์หรือขั้นตอนต่างๆของกระบวนการและลักษณะ ผลกระทบและสาเหตุของความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้น พร้อมนำข้อมูลดังกล่าวไปประเมินมาตรการควบคุมเชิงป้องกันและเชิงตรวจจับเพื่อลดความเสี่ยงของกระบวนการเพื่อให้วิศวกรสามารถจัดลำดับความสำคัญและมุ่งเน้นการป้องกันการเกิดปัญหา

FMEA สำหรับกระบวนการจะวิเคราะห์ความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต กระบวนการประกอบ และกระบวนการโลจิสติกส์เพื่อผลิตสินค้าที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะวิเคราะห์จากการผันแปรของกระบวนการ และปัจจัยต่างๆ แล้วจัดลำดับความสำคัญเพื่อป้องกันความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้นและปรับปรุงมาตรการของกระบวนการให้สูงขึ้น โดยมีขั้นตอนการจัดทำ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผนและการเตรียมการ

ขั้นตอนการวางแผนและการเตรียมการจะเป็นการกำหนดว่าจะวิเคราะห์หรือไม่วิเคราะห์ในกระบวนการใด โดยจะนำกระบวนการทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ใหม่ ซึ่งจะเป็นการทบทวนกระบวนการทั้งหมดและตัดสินใจวิเคราะห์ในกระบวนการใด โดยมีเป้าหมายหลักคือ การกำหนดโครงการ การวางแผนโครงการ ขอบเขตการวิเคราะห์ การระบุ FMEA พื้นฐานที่จะนำมาใช้และเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง

2. การวิเคราะห์โครงสร้าง

การวิเคราะห์โครงสร้างของกระบวนการ คือ การระบุและแยกระบบการผลิตออกเป็นสิ่งที่ได้จากกระบวนการ ขั้นตอนของกระบวนการ ขั้นตอนการทำงานโดยมีเป้าหมาย คือ กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ให้เป็นแผนภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายกับกระบวนการที่มีความสำคัญควบคู่กับเครื่องมือแผนผังก้างปลาหรือ Why Why Why analysis ที่นำมาจำกัดขอบเขตของการวิเคราะห์ให้แคบลง สร้างแผนผังการไหลของกระบวนการหรือแผนผังโครงสร้างแบบต้นไม้มาจัดเรียงองค์ประกอบของระบบเป็นลำดับขั้นโดยแสดงความสัมพันธ์ต่อกันด้วยการเชื่อมโยงแบบโครงข่ายมาช่วยในการกำหนดกระบวนการและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยตัวแปรของกระบวนการจะแปรเปลี่ยนไปตามแต่ละบริษัท เช่น 4M1E , 5M1E ฯลฯ (ประเภทของ 4M1E / 5M1E : Machine = เครื่องจักร , Man = คน , Material = วัตถุดิบ , Method = วิธีการ , Measurement = การวัด , Environment = สิ่งแวดล้อม)

3. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน คือการทำให้มั่นใจว่าได้กำหนดหน้าที่/การทำงานของผลิตภัณฑ์/กระบวนการได้อย่างเหมาะสม โดยข้อมูลก่อนจะเริ่มการวิเคราะห์ควรมี หน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ สภาพ

สิ่งแวดล้อม รอบเวลาการผลิต ข้อกำหนดเกี่ยวกับความปลอดภัยของพนักงานหรือผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญในการกำหนดหน้าที่การทำงานและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน

4. การวิเคราะห์ความล้มเหลว

การวิเคราะห์ความล้มเหลว คือ การระบุสาเหตุ ลักษณะและผลกระทบของความล้มเหลวเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของลักษณะเหล่านั้นเพื่อให้ประเมินความล้มเหลวได้ โดยมีเป้าหมายหลัก คือ การสร้างหรือจำลองห่วงโซ่ความล้มเหลว โดยเป็นการเชื่อมโยงระหว่าง ผลกระทบความล้มเหลว ลักษณะความล้มเหลว และสาเหตุของความล้มเหลว

5. การวิเคราะห์ความเสี่ยง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงของกระบวนการ คือ การคาดการณ์ความเสี่ยงโดยการประเมินความรุนแรง โอกาสเกิด และความสามารถในการตรวจจับ เพื่อนำไปจัดลำดับในการปรับปรุงและแก้ไข โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อระบุการควบคุมที่มีอยู่ ระบุมาตรการเชิงป้องกัน ระบุมาตรการการตรวจจับ เพื่อนำไปประเมินคะแนนระดับความรุนแรง โอกาสเกิด และความสามารถในการตรวจจับตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรง (S)

ระดับคะแนน	ผลกระทบ	ผลกระทบต่อโรงงานของคุณ	ผลกระทบต่อโรงงานที่ส่งมอบ(เมื่อรู้)	ผลกระทบต่อผู้ใช้รถ (เมื่อรู้)
10	สูง	ความล้มเหลวอาจส่งผลให้พนักงานที่ทำการผลิตหรือทำการประกอบมีความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพ และ/หรือความปลอดภัยที่รุนแรงเฉียบพลัน	ความล้มเหลวอาจส่งผลให้พนักงานที่ทำการผลิตหรือประกอบมีความเสี่ยงด้านสุขภาพและ/หรือความปลอดภัยที่รุนแรงเฉียบพลัน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของยานยนต์คันที่ใช้อยู่ และ/หรือยานยนต์คันอื่นๆมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ขับขี่ ผู้โดยสาร ผู้ใช้ถนน หรือผู้เดินเท้า
9		ความล้มเหลวอาจส่งผลให้ไม่สอดคล้องตามกฎหมายที่เกี่ยวกับโรงงาน	ความล้มเหลวอาจส่งผลให้ไม่สอดคล้องตามกฎหมายที่เกี่ยวกับโรงงาน	ไม่สอดคล้องตามกฎหมาย
8	ค่อนข้างสูง	ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับผลกระทบอาจต้องถูกทำลายทิ้งทั้งหมด 100% ความล้มเหลวอาจส่งผล	สายการผลิตหยุดนานกว่า 1 กะของการผลิต มีความเป็นไปได้ที่จะหยุดการส่งมอบสินค้า	สูญเสียฟังก์ชันการทำงานหลักของยานยนต์ที่จำเป็นสำหรับ

		ให้ไม่สอดคล้องตามกฎหมายที่เกี่ยวกับโรงงานหรือพนักงานที่ทำการผลิตการประกอบ มีความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพหรือความปลอดภัยที่เรื้อรัง	ต้องซ่อมหรือเปลี่ยนทดแทนสินค้าให้กับผู้ใช้รถ(ตั้งแต่โรงงานประกอบถึงผู้ใช้รถ)แต่ไม่ใช่เรื่องความไม่สอดคล้องตามกฎหมายความล้มเหลวอาจส่งผลให้ไม่สอดคล้องตามกฎหมายที่เกี่ยวกับโรงงานหรือพนักงานที่ทำการผลิตหรือประกอบ มีความเสี่ยงด้านสุขภาพและ/หรือความปลอดภัยเรื้อรัง	การขับขี่ในสภาวะปกติในช่วงอายุการใช้งานที่คาดการณ์ไว้
7		อาจต้องคัดแยกผลิตภัณฑ์และทำลายผลิตภัณฑ์จากการผลิตบางส่วน กระบวนการหลักมีการเบี่ยงเบนไปจากเดิม ความเร็วของสายการผลิตลดลงหรือกำลังคนเพิ่มขึ้น	สายการผลิตหยุดตั้งแต่ 1 ชั่วโมงถึงหนึ่งกะของการผลิตมีความเป็นไปได้ที่จะหยุดการส่งมอบสินค้า ต้องซ่อมหรือเปลี่ยนทดแทนสินค้าให้ผู้ใช้รถ(ตั้งแต่โรงงานประกอบถึงผู้ใช้รถ)แต่ไม่ใช่เรื่องความไม่สอดคล้องตามกฎหมาย	ฟังก์ชันการทำงานหลักของยานยนต์ที่จำเป็นสำหรับการขับขี่ในสภาวะปกติด้อยลงในช่วงอายุการใช้งานที่คาดการณ์ไว้
6	ค่อนข้างต่ำ	อาจต้องรีเวิร์คผลิตภัณฑ์จากการผลิตทั้งหมด 100% นอกสายการผลิต จนกว่าจะยอมรับได้	สายการผลิตหยุดนานถึงหนึ่งชั่วโมง	สูญเสียฟังก์ชันการทำงานรองของยานยนต์
5		อาจต้องรีเวิร์คผลิตภัณฑ์จากการผลิตบางส่วน นอกสายการผลิต จนกว่าจะยอมรับได้	ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับผลกระทบน้อยกว่า 100% มีความเป็นไปได้สูงที่พบผลิตภัณฑ์เสียเพิ่มขึ้น ต้องดำเนินการคัดแยกผลิตภัณฑ์ ไม่มีการหยุดสายการผลิต	ฟังก์ชันการทำงานรองของยานยนต์ด้อยลง
4		อาจต้องรีเวิร์คผลิตภัณฑ์จากการผลิตทั้งหมด 100% ณ จุดปฏิบัติงาน ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป	ผลิตภัณฑ์เสียนั้นกระตุ้นให้ต้องดำเนินการแก้ไขที่สำคัญ ไม่น่าจะมีผลิตภัณฑ์เสียเพิ่มเติม ไม่ต้องคัดแยกผลิตภัณฑ์	ไม่พอใจอย่างมากต่อรูปลักษณ์ภายนอก เสียงการสั่นสะเทือน ความกระด้างหรือคุณลักษณะที่สัมผัสได้

3	ต่ำ	อาจต้องรีเวิร์คผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตบางส่วน ณ จุดปฏิบัติงาน ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป	ผลิตภัณฑ์เสียนั้นกระตุ้นให้ต้องดำเนินการแก้ไขเล็กน้อย ไม่น่าจะมีผลิตภัณฑ์เสียเพิ่มเติม ไม่ต้องคัดแยกผลิตภัณฑ์	ไม่พอใจอย่างมากต่อรูปลักษณ์ภายนอก เสียงการสั่นสะเทือน ความกระด้างหรือคุณลักษณะที่สัมผัสได้
2		เกิดความไม่สะดวกเล็กน้อยต่อกระบวนการ การปฏิบัติงานหรือผู้ปฏิบัติงาน	ผลิตภัณฑ์เสียนั้นไม่ได้กระตุ้นให้ต้องดำเนินการแผนการแก้ไข ไม่น่าจะมีผลิตภัณฑ์เสียเพิ่มเติม ไม่ต้องคัดแยกผลิตภัณฑ์ ต้องแจ้งกลับไปยังผู้ส่งมอบ	ไม่พอใจเล็กน้อยต่อรูปลักษณ์ภายนอก เสียงการสั่นสะเทือน ความกระด้างหรือคุณลักษณะที่สัมผัสได้
1	ต่ำมาก	ไม่มีผลกระทบที่รู้สึกถึงได้	ไม่มีผลกระทบที่รู้สึกถึงได้หรือไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่รู้สึกถึงได้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินโอกาสเกิด (O)

ระดับคะแนน	การคาดการณ์ของโอกาสเกิดของสาเหตุความล้มเหลว	ประเภทของการควบคุม	การควบคุมเชิงป้องกัน
10	สูงสุด	ไม่มี	ไม่มีการควบคุมเชิงป้องกัน
9	สูงมาก	เชิงพฤติกรรม	การควบคุมเชิงป้องกันได้ผลเล็กน้อยในการป้องกันสาเหตุของความล้มเหลว
8			
7	สูง	เชิงพฤติกรรมหรือเทคนิค	การควบคุมเชิงป้องกันที่ค่อนข้างได้ผลในการป้องกันสาเหตุของความล้มเหลว
6			
5	ปานกลาง		การควบคุมเชิงป้องกันที่ได้ผลในการป้องกันสาเหตุของความล้มเหลว
4			
3	ต่ำ	แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดเชิงพฤติกรรมหรือเทคนิค	การควบคุมเชิงป้องกันที่ได้ผลมากในการป้องกันสาเหตุของความล้มเหลว
2	ต่ำมาก		
1	ต่ำสุด	เชิงเทคนิค	การควบคุมเชิงป้องกันที่ได้ผลสูงสุดในการป้องกันการเกิดสาเหตุของความล้มเหลวด้วยการออกแบบ หรือกระบวนการ จุดมุ่งหมายของการควบคุมเชิงป้องกัน – ทำให้ลักษณะของความล้มเหลวไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในทางกายภาพจากสาเหตุของความล้มเหลว

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับ (D)

ระดับคะแนน	ความสามารถในการตรวจจับ	ความสมบูรณ์ของวิธีการตรวจจับ	โอกาสสำหรับการตรวจจับ
10	ต่ำมาก	ไม่ได้กำหนดหรือไม่รู้วิธีการทดสอบหรือวิธีตรวจสอบ	ไม่มีการตรวจจับหรือไม่สามารถตรวจจับได้
9		วิธีการทดสอบหรือตรวจสอบไม่น่าจะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	ตรวจจับข้อผิดพลาดได้ยากด้วยการตรวจแบบสุ่มหรือตรวจเป็นระยะๆ
8	ต่ำ	วิธีการทดสอบหรือตรวจสอบยังไม่ได้รับการพิสูจน์ว่ามีประสิทธิผลหรือน่าเชื่อถือ	การตรวจสอบด้วยคน(ด้วยสายตา สัมผัส ฟัง เสียง) หรือใช้เครื่องมือวัดที่ต้องใช้คนวัดตัดสินใจ ที่ควรจะตรวจจับลักษณะของความล้มเหลวหรือสาเหตุของความล้มเหลวได้
7			ตรวจจับโดยใช้เครื่องจักร(อัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ ที่มีการแจ้งเตือนด้วยแสงหรือเสียง) หรือใช้อุปกรณ์ตรวจสอบแบบ CMM ที่ควรจะตรวจจับลักษณะของความล้มเหลวหรือสาเหตุของความล้มเหลวได้
6	ปานกลาง	วิธีการทดสอบหรือตรวจสอบได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิผลหรือน่าเชื่อถือ	การตรวจสอบด้วยคน(ด้วยสายตา สัมผัส ฟัง เสียง) หรือใช้เครื่องมือวัดที่ต้องใช้คนวัดตัดสินใจ ที่ควรจะตรวจจับลักษณะของความล้มเหลวหรือสาเหตุของความล้มเหลวได้
5			ตรวจจับโดยใช้เครื่องจักร(กึ่งอัตโนมัติ ที่มีการแจ้งเตือนด้วยแสงหรือเสียง) หรือใช้อุปกรณ์ตรวจสอบแบบ CMM ที่ควรจะตรวจจับลักษณะของความล้มเหลวหรือสาเหตุของความล้มเหลวได้
4	สูง	ระบบได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิผลหรือน่าเชื่อถือ	วิธีการตรวจจับอัตโนมัติโดยใช้เครื่องจักรที่จะตรวจพบลักษณะของความล้มเหลวได้ในขั้นตอนต่อไปป้องกันไม่ให้ดำเนินการต่อกับผลิตภัณฑ์เสียนั้น หรือมีระบบบ่งชี้ผลิตภัณฑ์เสียแล้วปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไหลตามกระบวนการอัตโนมัติจนกระทั่งถึงพื้นที่ที่กำหนดให้แยกของเสียออกไป ผลิตภัณฑ์เสียเหล่านั้นจะถูกควบคุมโดยระบบที่สมบูรณ์ ซึ่งจะป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เสียดังกล่าวหลุด

			รอดออกจากสายการผลิต
3			วิธีการตรวจจับอัตโนมัติโดยใช้เครื่องจักรที่จะตรวจพบลักษณะของความล้มเหลวได้ในสถานีงาน ป้องกันไม่ให้ดำเนินการต่อกับผลิตภัณฑ์เสียนั้น หรือมีระบบบ่งชี้ผลิตภัณฑ์เสียแล้วปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไหลตามกระบวนการอัตโนมัติจนกระทั่งถึงพื้นที่ที่กำหนดให้แยกของเสียออกไป ผลิตภัณฑ์เสียเหล่านั้นจะถูกควบคุมโดยระบบที่สมบูรณ์ ซึ่งจะป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เสียดังกล่าวหลุดรอดออกจากสายการผลิต
2		วิธีการตรวจจับได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิผลหรือน่าเชื่อถือ	วิธีการตรวจจับโดยใช้เครื่องจักรที่จะตรวจจับสาเหตุและป้องกันไม่ให้เกิดลักษณะความล้มเหลว(ชิ้นงานเสีย
1	สูงมาก	ลักษณะความล้มเหลวไม่สามารถเกิดขึ้นได้เชิงกายภาพจากการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือการออกแบบกระบวนการ หรือวิธีการตรวจจับได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถตรวจจับลักษณะของความล้มเหลวหรือสาเหตุของความล้มเหลวได้เสมอ	

เมื่อทีมงานได้วิเคราะห์ข้อมูลครบถ้วนรวมถึงการประเมินคะแนนระดับความรุนแรง โอกาสเกิดและความสามารถในการตรวจจับครบถ้วน จะเข้าสู่การจัดลำดับความสำคัญตามดัชนีความเสี่ยง (RPN) คือ ผลคูณของ ระดับความรุนแรง โอกาสเกิดและความสามารถในการตรวจจับ (SxOxD) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 1,000 โดยการดำเนินการจะมุ่งเน้นที่ค่าดัชนีความเสี่ยงมีค่ามากกว่า 100 คะแนน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปองพล อุดมชัยเดช และอรรถกร เก่งพล (2561) ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการชุบเคลือบผิวของบรรจุภัณฑ์ จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าสาเหตุของปัญหาได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามข้อกำหนดโดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบคือความเข้มข้นของสีและค่า pH ของน้ำซีลผิว งานวิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ 3^k เพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยและหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการชุบเคลือบผิววัสดุ ผลการทดลองพบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมได้แก่ 1.ความเข้มข้นของบ่อซีลผิวอยู่ในระดับความเข้มข้นที่ไม่ต่ำกว่า 1

g/L 2. ค่าความเป็นกรดด่างของบ่อซีลผิวอยู่ในระดับที่ไม่ต่ำกว่า 5 ซึ่งสภาวะดังกล่าวสามารถลดของเสียในกระบวนการชุบเคลือบผิวได้จากสัดส่วนของเสียร้อยละ 46.84 ลงเหลือร้อยละ 10.55

ฤทธิรงค์ ไชยรัตน์ (2561) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนกระบวนการหลอมเม็ดโลหะเงินในอุตสาหกรรมเครื่องประดับด้วยวิธี ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งได้ดำเนินการตาม 5 ขั้นตอนของ DMAIC จากการศึกษากระบวนการพบว่าเครื่องประดับที่ผลิตมีการเผื่อสัดส่วนโลหะเงินมากเกินไปไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้วิธี ซิกซ์ ซิกม่าเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ โดยปรับสูตรการผลิตเม็ดโลหะเงินผสม และนำต้นโลหะเงินผสมมาหลอมใช้ใหม่ นอกจากนั้นได้ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโลหะเงินผสมโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ ผลการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนต่อหน่วยของกระบวนการได้ 199 บาทต่อกิโลกรัมเม็ดโลหะเงินผสม หรือ ประมาณ 106 ล้านบาทต่อปี

สุพิชฌาย์ ทองอ่อน (2557) โครงการลดอัตราของเสียในกระบวนการชุบโลหะ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุการเกิดของเสียที่ชิ้นงานจากกระบวนการชุบโลหะ ของ Model : PIPE ASSY ในขั้นตอนการชุบซิงค์ จากการเก็บข้อมูลด้วยใบบันทึกการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ชิ้น และทำการเลือกปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโต แล้วทำการค้นหาสาเหตุการเกิดของเสียโดยใช้ Why-Why Analysis และใช้หลักการของ ECRS เพื่อแก้ไขปัญหา โดยมีขั้นตอนการทำงานทั้งหมดตามหลักการ 7 ขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแนวทางของ QC Story สรุปผลการแก้ไขปัญหาสามารถลดจำนวนของเสียจาก 68 ชิ้น ในชิ้นงาน 300 ชิ้น เหลือ 48 ชิ้น

วสันต์ พุกผาสุก (2549) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงผิวงานชุบโครเมี่ยม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ตามหลักการ DMAIC โดยมีเป้าหมาย คือ การลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นลดลง 70 เปอร์เซ็นต์ การดำเนินงานจะเริ่มจากขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุถึงขอบเขตปัญหาที่จะทำการแก้ไขและกำหนดตัวชี้วัดการปรับปรุงกระบวนการโดยอาศัยการวัดความสามารถกระบวนการ โดยพบว่าการเกิดเม็ดหรือตามดบนผิวชิ้นงานเป็นเหตุทำให้เกิดของเสียมากที่สุด จึงนำปัญหานี้มาทำการแก้ไข ขั้นตอนที่สองเป็นการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาโดยการสร้างแผนกระบวนการทำให้ทราบความสัมพันธ์ของกระบวนการแล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยสร้างแผนภาพสาเหตุและผลแล้วนำมาเชื่อมโยงกับค่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากเกิดความผิดพลาดในกระบวนการเพื่อค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหามากที่สุด และมีการตรวจสอบระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบเพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้องในระบบการตรวจสอบ ขั้นตอนที่สามเป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่มีผลกระทบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน แล้วนำค่ามาหาปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลองและการหา

พื้นที่ตอบสนอง ในขั้นตอนสุดท้ายจะดำเนินการควบคุมตัวแปรต่างๆ โดยอาศัยคู่มือการปฏิบัติงานและเทคนิคการควบคุมกระบวนการทางสถิติ สรุปผลการปรับปรุง พบว่าค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก 146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM และทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียจาก 774,714 เหลือ 128,648 บาทต่อเดือน โดยสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 82 เปอร์เซ็นต์

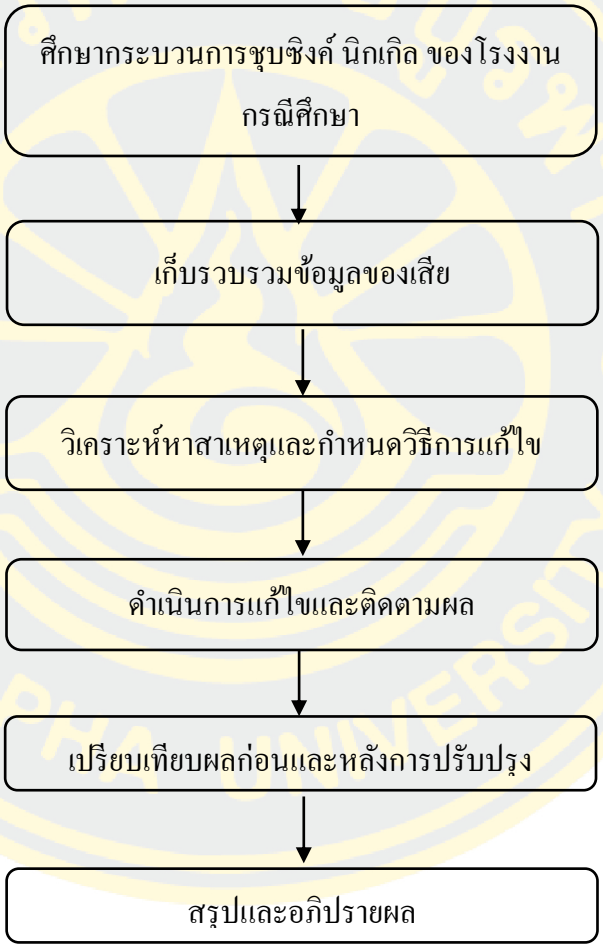
มัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ (2547) วิทยานิพนธ์เป็นงานวิจัยที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุของข้อบกพร่องที่พบจากในกระบวนการชุบเครื่องประดับ ได้แก่ ชิ้นงานเป็นรอย คราบมัวเป็นขนแมว มีผื่นเม็ดๆเป็นขี้เตย ขี้กลาก เป็นเส้นพาด ชุบติดไม่ทั่ว ไหม้ เป็นตามด และทองลอกง่าย ทำให้ต้องกลับส่งไปซ่อมยังแผนกต่างๆ ซึ่งเสียทั้งเวลา ทรัพยากร วัตถุดิบและแรงงาน จึงจำเป็นต้องค้นหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการชุบเครื่องประดับ หลังจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่า สาเหตุมาจากการขาดการตรวจสอบในกระบวนการผลิต วิธีการทำงานไม่เหมาะสม ขาดการควบคุมการทำงาน(ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการทำงาน) และ มีสาเหตุจากชิ้นงาน น้ำยาชุบ และน้ำล้างในกระบวนการจึงได้ทำการปรับปรุง โดยการใช้แนวทางของ Fault Tree Diagram ในการหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องของการเกิดข้อบกพร่องลักษณะต่างๆ แล้วทำการวิเคราะห์สาเหตุของแต่ละปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จากนั้นจึงทำการปรับปรุงการทำงานให้มีมาตรฐานโดยจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน และควบคุมกระบวนการทำงานของพนักงานให้มีมาตรฐานเดียวกันโดยการประยุกต์ใช้แนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด MSA (Measurement System Analysis) ซึ่งหลังจากแก้ไขปรับปรุงกระบวนการส่งผลให้ปริมาณงานซ่อมแซมของแผนกชุบตัวเรือนจากเดิมที่มี 0.591% ลดลงเป็น 0.184%

อรรถพล ฤทธิภักดี (2544) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis. FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนของโรงงานตัวอย่าง ในเบื้องต้นพบปัญหาที่เกิดจากความบกพร่องของกระบวนการพ่นสี ที่ส่งผลต่อผิวของชิ้นงานเป็นส่วนมาก และปัญหาคุณภาพที่เกิดจาก การขาดการวางแผนการตรวจสอบทางด้านคุณภาพของชิ้นงาน ขาดการบำรุงรักษาความสะอาดในกระบวนการพ่นสี และการขาดประสบการณ์ในการทำงานของพนักงาน งานวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการและค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องและส่งผลกระทบต่อกระบวนการ โดยอาศัยการระดมสมองด้วยการใช้แผนภาพต้นไม้ แผนผังเหตุและผล แผนภาพความสัมพันธ์ และ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการการผลิตและมีการนำการคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เข้ามาใช้ในการบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น สรุปผลหลังการดำเนินการแก้ไข พบว่า เปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดการ

ผลิตลดลงจาก 16.37% เหลือ 9.37% (ลดลง 7%) สำหรับปัญหางานเคลมจากลูกค้ามีเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดส่งให้ลูกค้า ลดลงจาก 1.52% เหลือ 1.10% (ลดลง 0.42%) และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่าคะแนนบ่งชี้ความเสี่ยง (RPN) ลดลง 20.00% ถึง 78.57% จากค่า RPN ของกระบวนการก่อนดำเนินการแก้ไข

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล ในการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ มีขั้นตอนหลักในการดำเนินงาน 6 ขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 7



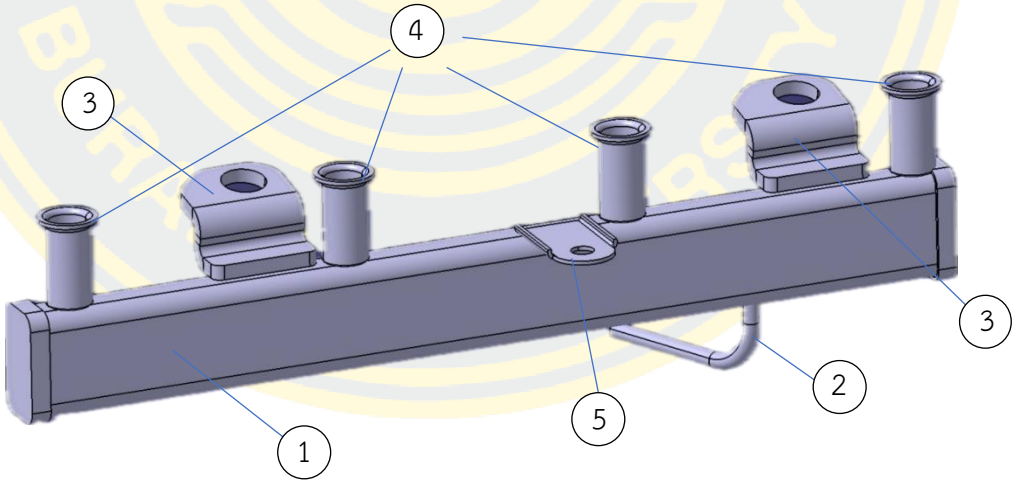
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการวิจัย

ศึกษากระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลของโรงงานกรณีศึกษา

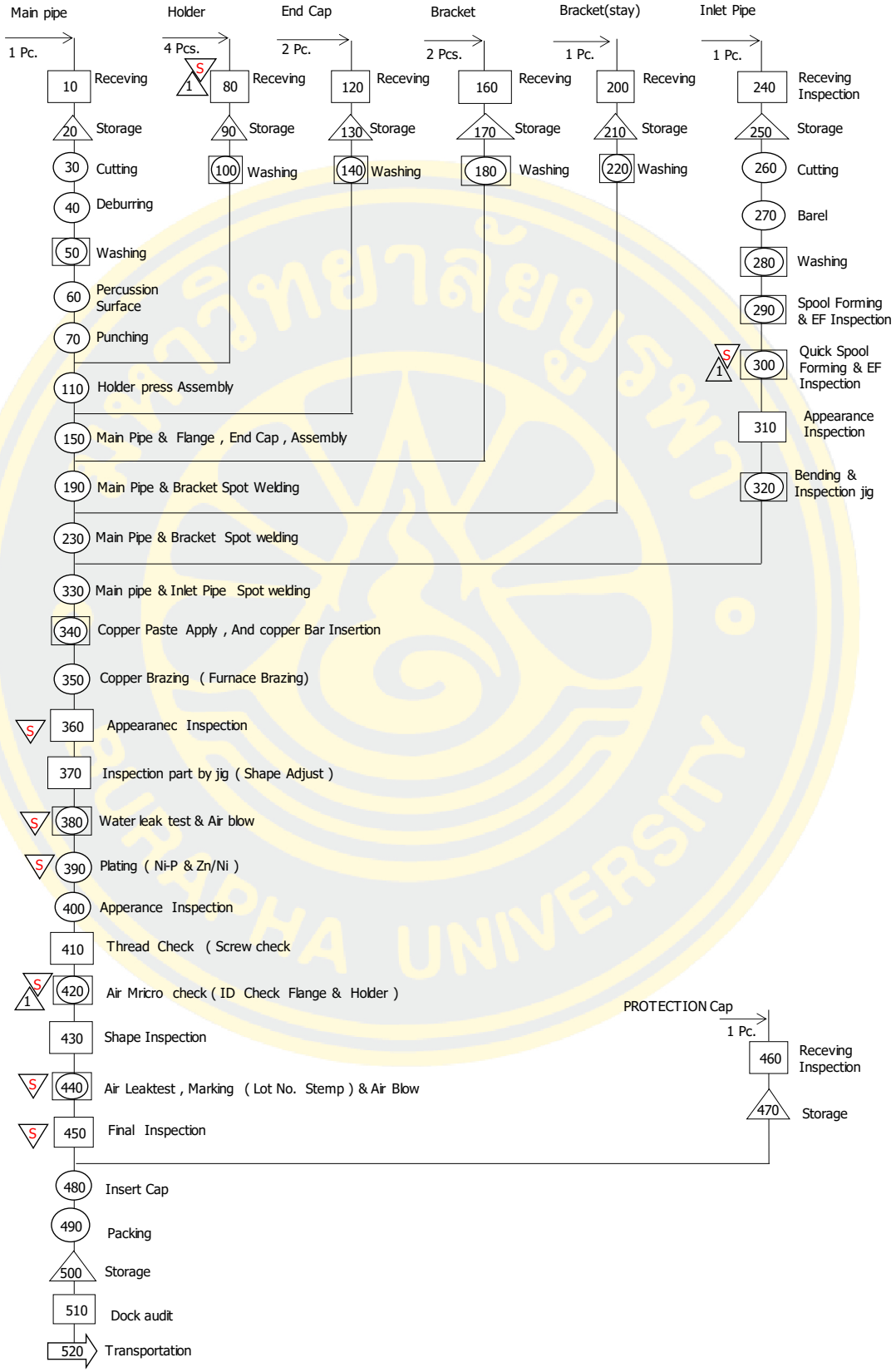
ในการศึกษากระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล จะศึกษาจาก Process flow chart ในระบบและสอบถามหัวหน้างานหรือพนักงานที่อยู่หน้างาน และเข้าไปสังเกตการทำงานในพื้นที่ แล้วจึงนำมาสรุปเป็นภาพรวมของกระบวนการ ได้แก่ จำนวนการผลิตและปริมาณของเสียต่อวัน การทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในกระบวนการ อุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหาย ตารางการดำเนินการของกิจกรรมต่างๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการชุบชิ้นงาน

ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาเป็นวัสดุที่ทำมาจากเหล็กทั้งหมด โดยมีชิ้นส่วนประกอบไปด้วย < ① > ท่อลำเลียงน้ำมันหลัก < ② > ท่อเรียงน้ำมันขาเข้า< ③ > และชิ้นส่วนสำหรับจับยึดชิ้นงานกับเครื่องยนต์< ④ > ท่อเรียงน้ำมันออก < ⑤ > ตัวยึดสายไฟ ดังแสดงในภาพที่ 8 แล้วนำมาผ่านกระบวนการขึ้นรูปปลายท่อ เจาะรู ก่อนจะนำไปประกอบเป็นรวมเป็นชิ้นงานด้วยการเชื่อมแบบประสานหลังจากนั้นจึงนำเข้าสู่กระบวนการชุบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องดูแลเป็นพิเศษ เนื่องจากชิ้นงานที่มีความซับซ้อนและมีส่วนประกอบหลากหลายรูปทรง จึงทำให้ทำการชุบยากและมีตัวแปรต่างๆที่ต้องควบคุมเพื่อให้เกิดงานเสียให้น้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 9 ที่แสดงลำดับการทำงานของกระบวนการ



ภาพที่ 8 รายละเอียดของชิ้นงานตัวอย่าง



ภาพที่ 9 กระบวนการขึ้นรูปต่างๆและการประกอบชิ้นงานตัวอย่าง

กระบวนการชุบ

กระบวนการชุบจะทำตามใบสั่งการผลิต (Production order sheet) ที่ได้รับมาจากกระบวนการประกอบก่อนหน้า ซึ่งจะระบุชนิดของการชุบโดยจะแบ่งเป็น 2 อย่างที่ต่อเนื่องกัน คือ

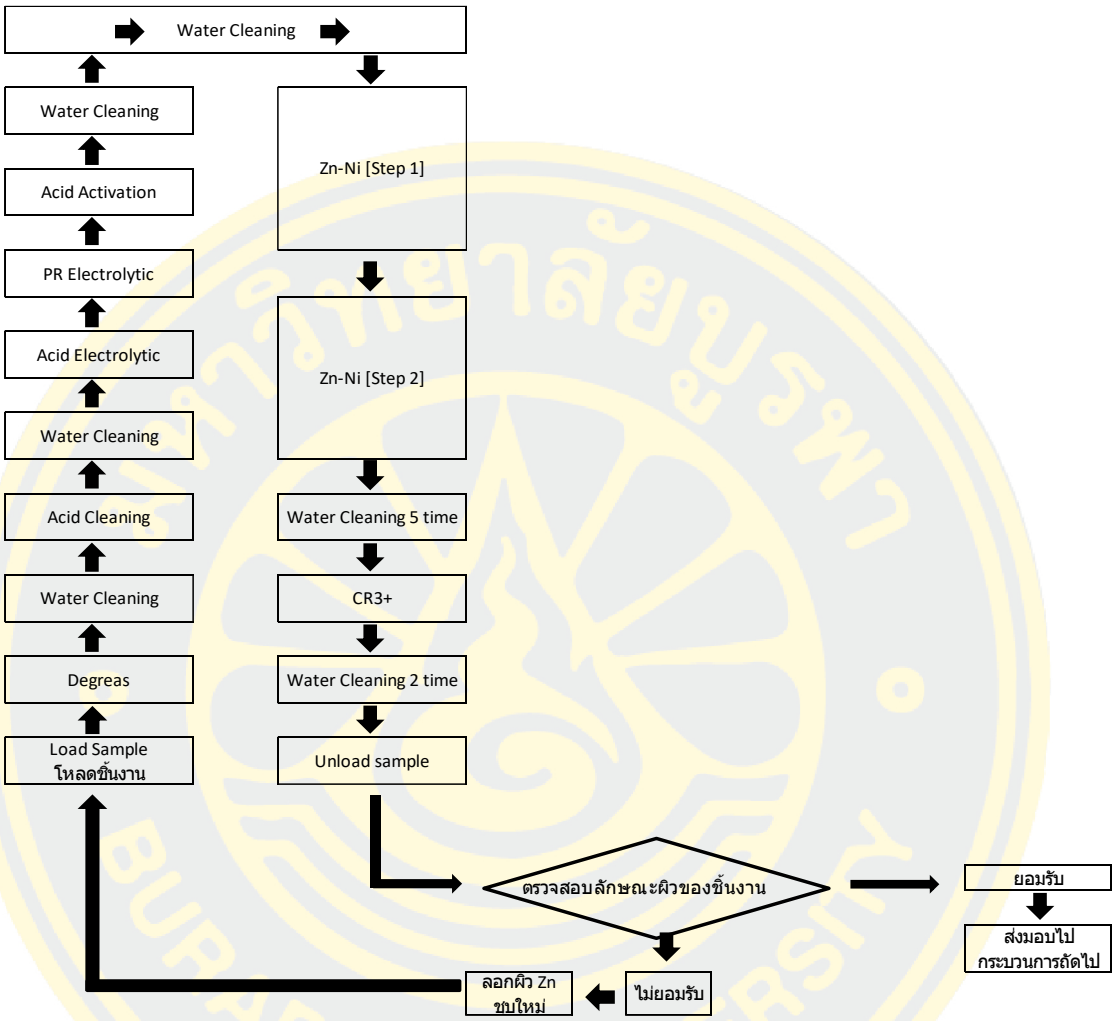
1. Electroless Nickel Plating หรือ การชุบ นิกเกิล-ฟอสฟอรัส แบบไม่ใช้ไฟฟ้า

2. Electrolytic Zinc-Nickel plating การชุบแบบใช้ไฟฟ้า สำหรับ ซิงค์-นิกเกิล (Zinc-Nickel) ภาพที่ 10

ชิ้นงานจะเข้าสู่กระบวนการชุบนิกเกิล ฟอสฟอรัสก่อน เนื่องจากเป็นวิธีการชุบแบบใช้ปฏิกิริยาเคมี ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเนื้อโลหะของชิ้นงานกับนิกเกิล ซึ่งต้องการให้นิกเกิลซึมเข้าชั้นผิวเหล็กจะเหมาะสำหรับการชุบชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนหรือต้องการชุบภายในที่ไม่สามารถมองเห็นสิ่งผิดปรกติได้ด้วยตา เพื่อเพิ่มความทนการกัดกร่อนโดยชุบที่ผิวชิ้นงานด้วยชั้นนิกเกิลบางๆประมาณ 3-5 ไมครอน(m)แล้วจึงส่งต่อไปยังกระบวนการชุบโดย ซิงค์ นิกเกิล ที่เป็นวิธีการชุบแบบใช้กระแสไฟฟ้าเข้ามาเป็นตัวเร่งการเหนี่ยวนำซิงค์ ที่มีประจุ + เข้าไปยึดเกาะกับตัวชิ้นงานที่ใส่ประจุลบเข้าไป เพื่อเพิ่มความสามารถในการทนการกัดกร่อนและการสึกหรอเป็นกระบวนการสุดท้ายก่อนจะส่งไปยังกระบวนการถัดไป

สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาเฉพาะกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิลเท่านั้น เพราะว่าชิ้นงานที่เสียหายเกิดขึ้นเฉพาะที่กระบวนการนี้ โดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการชุบ นิกเกิลฟอสฟอรัส

กระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล (Zinc Nickel)



ภาพที่ 10 กระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลแบบใช้ไฟฟ้า

- การลำเลียงชิ้นงาน(Load sample)

ชิ้นงานจากกระบวนการชุบนิกเกิล-ฟอสฟอรัสจะถูกส่งมาแล้วจึงจัดเรียงชิ้นงานโดยการยึดด้วยลวดที่ทำมาจากสเตนเลส 304 (SUS304) บน Jig ที่อยู่บน Loader ของเครื่องจักรจนครบหลังจากนั้นทำการป้อนคำสั่งการผลิตโดยการใช้บาร์โค้ด แล้วกดปุ่มเริ่มการทำงานให้เครื่องจักรทำการไหลชิ้นงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ตามสายการผลิตแบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 11 การจัดเรียงชิ้นงานกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล

- กระบวนการล้างคราบไขมัน (Degrease)

กระบวนการล้างคราบไขมันเป็นกระบวนการแรกที่จะทำความสะอาดชิ้นงาน เพื่อทำการล้างคราบไขมันหรือน้ำมันที่มาจากกระบวนการก่อนหน้า เช่น น้ำมันกันสนิม โดยจะใช้น้ำยาที่มีฤทธิ์เป็นด่างในการล้าง และควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส

- กระบวนการล้างน้ำยาด้วยน้ำเปล่า (Water Cleaning)

กระบวนการทำความสะอาดเพื่อล้างน้ำยาที่ใช้ในการล้างคราบไขมันด้วยน้ำสะอาดเพื่อไม่ให้ปนกับน้ำยาในบ่อถัดไป

- กระบวนการทำความสะอาดด้วยกรด (Acid cleaning)

กระบวนการล้างสิ่งสกปรกบนชิ้นงานด้วยกรด เพื่อใช้ กำจัดสนิม ตะกรัน และสารปนเปื้อนอนินทรีย์

- กระบวนการล้างด้วยน้ำเปล่า (Water Cleaning)

กระบวนการทำความสะอาดเพื่อล้างกรดบนชิ้นงานด้วยน้ำสะอาด

- กระบวนการกำจัดประจุบนชิ้นงาน(Acid electrolytic)

กระบวนการที่ช่วยให้การเคลือบพื้นผิวด้วยชั้นโลหะผ่านอิเล็กโทรลิซิสง่ายขึ้น มีความสำคัญต่อการควบคุมความหนา การยึดเกาะ และความเรียบของพื้นผิวของชิ้นงาน

- กระบวนการล้างชิ้นงานด้วยไฟฟ้า (PR Electroless)

กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสแบบ PR (Periodic Reverse) เป็นวิธีหนึ่งในการทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าด้วยด่าง การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าจะขจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับผลิตภัณฑ์โดยฟองออกซิเจนหรือฟองไฮโดรเจนที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์เมื่อกระแสตรงไหลไปยังงานในอิเล็กโทร

ไลต์โดยสลับทิศทางของกระแสเป็นระยะ วิธีการอิเล็กโทรลิซิสแบบ PR จะเปลี่ยนรูปคลื่นของกระแสโดยการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของกระแสตรงและกระแสย้อนกลับและไม่มีกระแส กระบวนการล้างสิ่งสกปรกบนชิ้นงานด้วยไฟฟ้าโดยควบคุมแรงดันไฟฟ้า 5-15 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 200-1,400แอมแปร์ พร้อมกำจัดประจุบนชิ้นงานและล้างสิ่งสกปรกที่ไม่สามารถชะล้างออกได้ โดยต่อขั้วบวกเข้ากับชิ้นงานและต่อขั้วลบเข้ากับแผ่นล่อ ซึ่งใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

- กระบวนการล้างด้วยน้ำเปล่า (Water Cleaning)

กระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำสะอาด

- กระบวนการกระตุ้นผิวชิ้นงานด้วยกรด (Acid activation)

กระบวนการเตรียมพื้นผิวโลหะเพื่อกำจัดออกไซด์บนพื้นผิว สิ่งปนเปื้อน เพื่อให้แน่ใจว่าพื้นผิวที่สะอาดและใช้งานได้สำหรับกระบวนการชุบด้วยกรดก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล

- กระบวนการล้างด้วยน้ำเปล่า (Water Cleaning)

กระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดกรดออก

- กระบวนการชุบ ซิงค์-นิกเกิล 1-2 (Zn-Ni plating)

กระบวนการชุบ ซิงค์-นิกเกิล โดยการแช่ชิ้นงานลงแล้วทำการปล่อยกระแสไฟฟ้า 2.5 แอมป์/ตารางเดซิเมตร และแรงดันไฟฟ้า 1-8.5 โวลต์ ภายใต้อุณหภูมิ 24.5-30.5 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 10 นาที แล้วทำการยกชิ้นงานขึ้นเพื่อลำเลียงไปยังบ่อถัดไป

- กระบวนการล้างด้วยน้ำเปล่า (Water Cleaning)

กระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดคราบน้ำยาที่เกาะอยู่บนชิ้นงานออก

- กระบวนการเคลือบผิวด้วยโครเมต (CR^{3+})

กระบวนการชุบโครเมต เป็นการชุบเพื่อเพิ่มการทนทานการกัดกร่อน การกระแทก และให้เฉดสีกับชิ้นงาน

- กระบวนการล้างด้วยน้ำเปล่า (Water Cleaning)

กระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดคราบน้ำยาที่เกาะอยู่บนชิ้นงานออก

- กระบวนการไล่ความชื้นจากชิ้นงาน(Dyer)

กระบวนการอบชิ้นงานหลังชุบเสร็จโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที ทำการเป่าเพื่อกำจัดน้ำยาที่ชุบที่เกาะอยู่บนตัวชิ้นงานออกไม่ให้ชิ้นงานเกิดคราบน้ำ

- กระบวนการนำชิ้นงานออก(Unload Sample)

นำชิ้นงานออกจาก Jig แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป

ตารางที่ 5 ค่าควบคุมสำหรับ Zn-Ni Plating

ลำดับ	ขบวนการ	ควบคุมพิเศษ	ค่าควบคุม	ค่าเป้าหมาย
1	DEGREASING	อุณหภูมิน้ำยา (℃)	30±5℃	28~32℃
		มีระบบการไหลเวียน	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		สภาพการกวน	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา
2	WATER RINSE-1	ระดับน้ำยา	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที
3	ACID CLEANING	ระดับน้ำยา	140-150 มม. จากขอบบ่อ	140-150 มม. จากขอบบ่อ
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
4	WATER RINSE-2~3	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที
5	ACID ELECTROLYTIC	อุณหภูมิน้ำยา (℃)	35±7℃	30~40℃
		กระแสไฟ	2.0-6.0	2.5
		แรงดัน	1-8.5	4.5
		ระดับน้ำยา	140-150 มม. จากขอบบ่อ	140-150 มม. จากขอบบ่อ
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		น้ำหล่อเลี้ยง Bar Catcher	ตามระดับที่กำหนด	ตามระดับที่กำหนด
		สภาพการกวน	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา
6	WATER RINSE-4~5	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที

ลำดับ	ขบวนการ	ควบคุมพิเศษ	ค่าควบคุม	ค่าเป้าหมาย
7	PR ELECTROLYTIC	กระแสไฟ	17-19	18
		แรงดัน	10	10
		ระดับน้ำยา	140-150 มม. จากขอบบ่อ	140-150 มม. จากขอบบ่อ
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		น้ำหล่อเลี้ยง Bar Catcher	ตามระดับที่กำหนด	ตามระดับที่กำหนด
		สภาพการกวน	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา
8	WATER RINSE-6~7	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที
9	ACID ACTIVATION	ระดับน้ำ	140-150 มม. จากขอบบ่อ	140-150 มม. จากขอบบ่อ
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
10	WATER RINSE-8	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที
11	WR/TRAVERSER	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที
12	Zn-Ni PLATING	เวลาการชุบ	6 นาที/บ่อ	6 นาที/บ่อ
		อุณหภูมิน้ำยา (℃)	27.5±3℃	25~30℃
		ระดับน้ำยา	อยู่ในระดับ Electrode	อยู่ในระดับ Electrode
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		สภาพการกวน	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา
		กระแส	2.0-6.0	6.0
		แรงดัน	1-8.5	8.0
		น้ำหล่อเลี้ยง Bar Catcher	ตามระดับที่กำหนด	ตามระดับที่กำหนด

ลำดับ	ขบวนการ	ควบคุมพิเศษ	ค่าควบคุม	ค่าเป้าหมาย
13	WATER RINSE-9~11	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	12-15 ลิตร/นาที
14	ACID ACTIVATION	ระดับน้ำ	140-150 มม. จากขอบบ่อ	140-150 มม. จากขอบบ่อ
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
15	WATER RINSE-12	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพการกวน	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	~15 ลิตร/นาที
16	CR3+	อุณหภูมิน้ำยา (℃)	35±5℃	~35℃
		ความเป็นกรด-ด่าง	2.9±4.0	2.7~3.0
		ระดับน้ำยา	อยู่ในระดับ Electrode	อยู่ในระดับ Electrode
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		สภาพการกวน	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา	มีการไหลวนอยู่ตลอดเวลา
17	WATER RINSE-13~14	ระดับน้ำ	มีน้ำล้นตลอด	มีน้ำล้นตลอด
		สภาพผิวน้ำยา	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
		สภาพการกวน	มีฟองอากาศออก	มีฟองอากาศออก
		อัตราการไหล	12-15 ลิตร/นาที	15 ลิตร/นาที
18	DRYER 1	อุณหภูมิน้ำยา (℃)	80±10℃	80℃
19	AIR BLOW TRANVERSER	แรงดันลม	0.5±0.2 Mpa.	0.5 Mpa.
20	DRYER 2-4	อุณหภูมิ	80±10 ℃	80℃

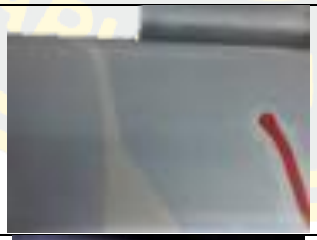
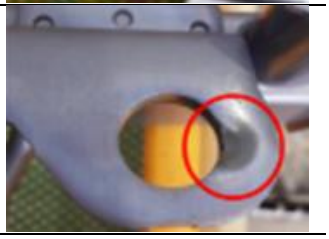
เก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย

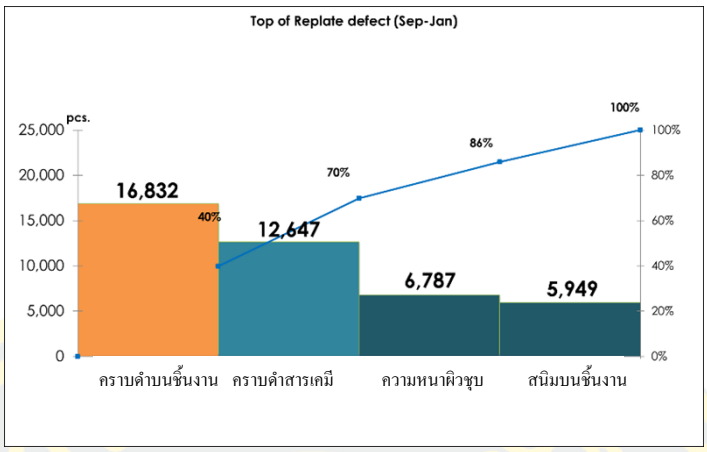
การเก็บรวบรวมข้อมูลของชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 เป็นระยะเวลาประมาณ 5 เดือน แสดงโดยแบ่งแยกตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้นสูงสุด 4 ลำดับแรก ได้ดังตารางที่ 6 โดยลักษณะของเสียทั้ง 4 ประเภทได้แก่ 1. คราบสารเคมีบนชิ้นงาน 2.สนิมบนชิ้นงาน 3.ความหนาผิวชุบ 4. คราบดำบนชิ้นงาน แสดงได้ดังตารางที่ 3.2 ปัญหาของเสีย 4 ประเภทนี้ได้จัดลำดับความสำคัญโดยแสดงเป็นกราฟพาเรโต ได้ดังภาพที่12

ตารางที่ 6 ปัญหาของเสียสูงที่สุด 4 อันดับแรกในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในช่วงกันยายน 2564 – มกราคม 2565

ลำดับ	ปัญหา	จำนวน (ชิ้น)	จำนวนที่ผลิต (ชิ้น) (ก.ย.-ม.ค.)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
1	คราบดำบนชิ้นงาน	16,832	376,785	4.47%
2	คราบสารเคมีบนชิ้นงาน	12,647		3.36%
3	ความหนาผิวชุบ	6,787		1.80%
4	สนิมบนชิ้นงาน	5,949		1.58%

ตารางที่ 7 ลักษณะของเสีย 4 ประเภท

ปัญหาที่พบ	ลักษณะชิ้นงานเสีย	ปัญหาที่พบ	ลักษณะชิ้นงานเสีย
คราบสารเคมี		ความหนาผิวชุบ	
สนิมบนชิ้นงาน		คราบดำบนชิ้นงาน	



ภาพที่ 12 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในช่วงเดือน กันยายน 2564 – มกราคม 2565

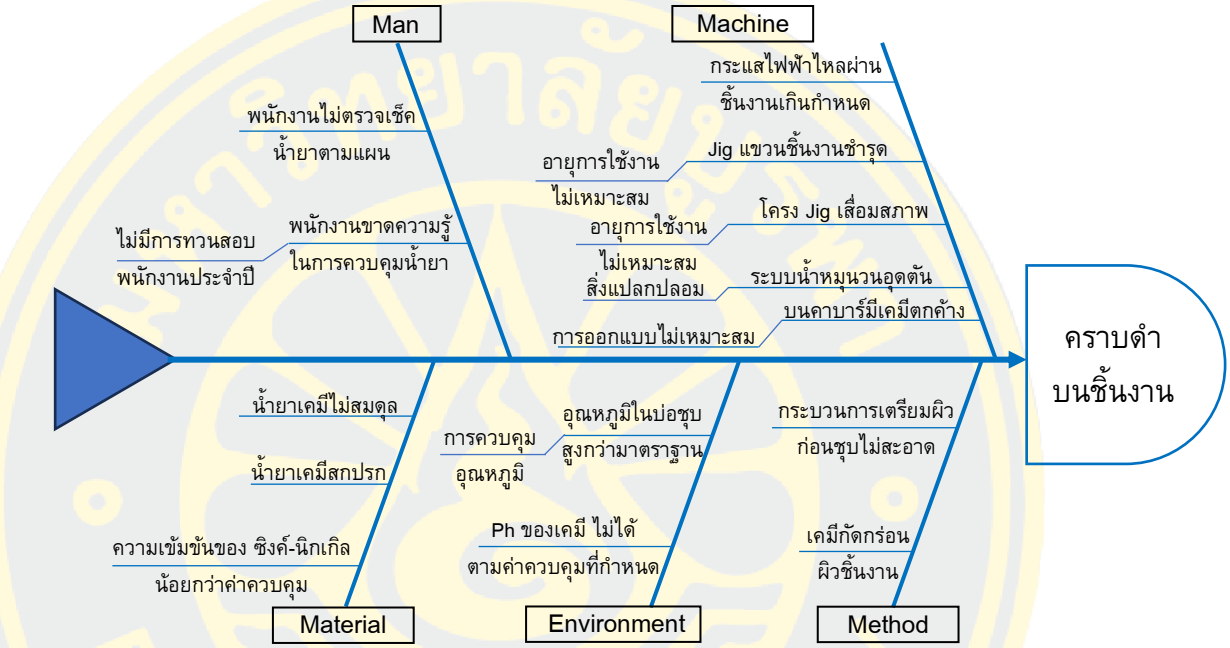
จากแผนผังพาเรโต(ภาพที่ 12) แสดงให้เห็นว่า ปัญหาทั้ง 4 ประเภทนั้น ปัญหาที่มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นสูงสุด 2 ลำดับแรก ได้แก่ คือ ปัญหา คราบดำบนผิวชิ้นงานและปัญหาคราบสารเคมีซึ่งเป็นปัญหาการผลิตที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานของลูกค้าจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทนการกัดกร่อนของชิ้นงานที่ภายนอก ก่อให้เกิดสนิมได้ง่ายในบริเวณที่เกิดปัญหา จำเป็นต้องทำการนำชิ้นงานมาลอกผิวแล้วชุบอีกครั้งเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพแต่ก็ต้องแบกรับค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการทำการชุบซ้ำ คิดเป็นจำนวนเงินต่อการชุบชิ้นงาน 1 ชิ้นเท่ากับ 30 บาท ต่อครั้ง โดยในเบื้องต้นจะทำการจำกัดขอบเขตเพื่อหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาที่ผ่านการระดมความคิดจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง แล้วทำการวิเคราะห์แต่ละกระบวนการเพื่อหาจุดเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ด้วยการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ(FMEA)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

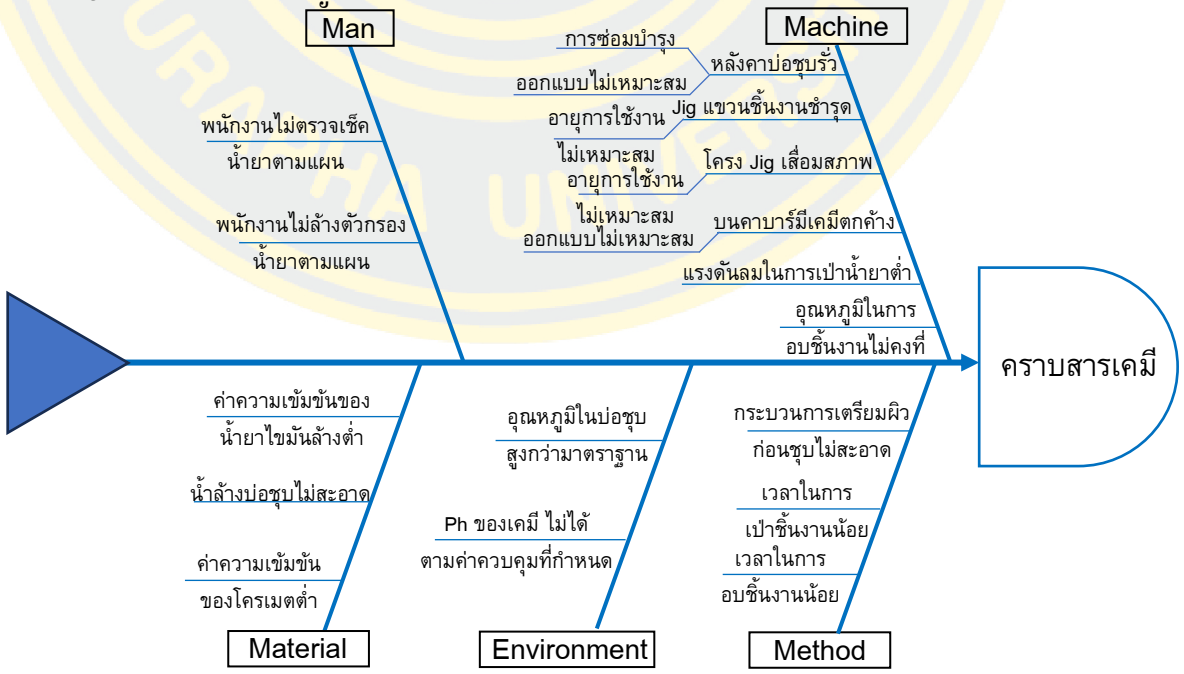
การวิเคราะห์เพื่อคัดกรองสาเหตุของปัญหาได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานหรือสิ่งผิดปกติ โดยใช้เครื่อง X-RAY ตรวจวัดความหนาของผิวชุบ ค่าเปอร์เซ็นต์นิกเกิล และ ซิงค์ เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาพิจารณาและนำปัจจัยต่างๆที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้ามาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ “Cause and Effect Diagram” หรือแผนผังก้างปลามาระดมความคิดจากเพื่อจำกัดขอบเขตปัจจัยของปัญหาด้วยหลักการ 4M 1E คือ Machine (เครื่องจักร) Man (บุคลากร) Material (วัสดุ) Method (วิธีการ) Environment (สภาพแวดล้อม) แล้วนำมาจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยเทคนิค FMEA (Failure Mode and Effect Analyze

process) โดยจะใช้ค่าผลรวมของระดับความเสี่ยง (Risks Priority Number : RPN) ที่มาจากการประเมินเบื้องต้นเป็นเกณฑ์พิจารณาเพื่อทำการคัดเลือกสาเหตุในการที่จะปรับปรุงเป็นอันดับแรก

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา สำหรับปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 13 และปัญหาคราบสารเคมีแสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 13 แผนผังก้างปลาปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน



ภาพที่ 14 แผนผังก้างปลาปัญหาคราบสารเคมีบนชิ้นงาน

จากการระดมความคิดของทางทีมงานจึงสรุปถึงสิ่งผิดปกติและความเป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดคราบดำบนชิ้นงาน ทั้งหมด 14 ข้อ และปัญหาคราบสารเคมี 16 ข้อ ตามหมวดหมู่ ดังตารางที่ 8-9

ตารางที่ 8 ลักษณะสิ่งผิดปกติและความเป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน

Machine	Method	Man	Material	Environment
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเกินกำหนด	กระบวนการเตรียมผิวก่อนชุบไม่สะอาด	พนักงานไม่ตรวจเช็คน้ำยาตามแผน	น้ำยาเคมีไม่สมดุล	อุณหภูมิในบ่อชุบสูงกว่ามาตราฐาน
Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	เคมีกัดกร่อนผิวชิ้นงาน	พนักงานขาดความรู้ในการควบคุมน้ำยา	น้ำยาเคมีสกปรก	Ph ของเคมีไม่ได้ตามค่าควบคุมที่กำหนด
โครง Jig เสื่อมสภาพ	-	-	ความเข้มข้นของ ซิงค์-นิกเกิล น้อยกว่าค่าควบคุม	-
บนคาบาร์มีเคมีตกค้าง	-	-	-	-
ระบบน้ำหมุนวนอุดตัน	-	-	-	-

ตารางที่ 9 ลักษณะสิ่งผิดปกติและความเป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดปัญหาคราบสารเคมี

Machine	Method	Man	Material	Environment
หลังคาบ่อชุบรั่ว	กระบวนการเตรียมผิวก่อนชุบไม่สะอาด	พนักงานไม่ตรวจเช็คน้ำยาตามแผน	ค่าความเข้มข้นของน้ำยาไขมันล้างต่ำ	อุณหภูมิในบ่อชุบสูงกว่ามาตราฐาน
Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	เวลาในการเป่าชิ้นงานน้อย	พนักงานไม่ล้างตัวกรองน้ำยาตามแผน	น้ำล้างบ่อชุบไม่สะอาด	Ph ของเคมีไม่ได้ตามค่าควบคุมที่กำหนด
โครง Jig เสื่อมสภาพ	เวลาในการอบชิ้นงานน้อย	-	ค่าความเข้มข้นของโครเมตต่ำ	-
บนคาบาร์มีเคมีตกค้าง	-	-	-	-
แรงดันลมในการเป่าน้ำยาต่ำ	-	-	-	-
อุณหภูมิในการอบชิ้นงานไม่คงที่	-	-	-	-

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) สามารถแสดงข้อบกพร่องและผลกระทบ ของสาเหตุของเสียทั้งหมด ได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อชิ้นงาน

ตัวแปร	ลักษณะของเสีย	ผลกระทบต่อชิ้นงาน
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเกินกำหนด	ผิวชุบชิ้นงานไหม้และมีคราบสีดำที่เกิดจากความร้อนของกระแสไฟที่มากเกินไปและที่ผิวมีความหนากับเปอร์เซ็นต์ซิงค์มากกว่าที่กำหนดไว้	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตรฐานของลูกค้าและอาจทำให้ไม่สามารถประกอบชิ้นงานกับชิ้นส่วนของลูกค้าได้
Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	ผิวชุบชิ้นงานไหม้และมีคราบสีดำที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตรฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงเนื่องจากความหนาของผิวชุบไม่ถึงค่ามาตราฐาน ทำให้มีโอกาสเกิดสนิม
โครง Jig เสื่อมสภาพ	ผิวชุบชิ้นงานไหม้และมีคราบสีดำที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงเนื่องจากความหนาของผิวชุบไม่ถึงค่ามาตราฐาน ทำให้มีโอกาสเกิดสนิม
บนคาบาร์มีเคมีตกค้าง	ชิ้นงานมีคราบสารเคมีที่หยดลงมาจากคาบาร์	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและอาจทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม
กระบวนการเตรียมผิวก่อนชุบไม่สะอาด	ชิ้นงานเป็นคราบและหลุดร่อนออกมาเนื่องจากการชุบไม่สมบูร์เพราะมีสิ่งสกปรกขัดขวางระหว่างผิวชิ้นงานและ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้

	สารเคมี	เกิดสนิมบริเวณนั้น
เคมีกัดกร่อนผิวชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดรอยกัดกร่อน เนื่องจากใช้เวลาในการแช่ล้าง	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้า
พนักงานไม่ล้างตัวกรองน้ำยาตามแผน	ผิวชุบชิ้นมีคราบที่เกิดจากสิ่งสกปรกในน้ำยาไปขัดขวางระหว่างผิวชิ้นงานและสารเคมี	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมบริเวณนั้น
พนักงานไม่ตรวจเช็คน้ำยาตามแผน	ความหนาผิวชุบของชิ้นงานต่ำและเปอร์เซ็นต์ซิงค์ต่ำ	ความสามารถทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิม
พนักงานขาดความรู้ในการควบคุมน้ำยา	มีโอกาสที่ความหนาของผิวชุบของชิ้นงานต่ำและสูงเนื่องจากไม่มีการควบคุมน้ำยาชุบ	ความสามารถทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมหรือลูกค้าประกอบชิ้นงานไม่ได้
น้ำยาเคมีไม่สมดุล	มีโอกาสที่ความหนาของผิวชุบของชิ้นงานต่ำและสูงเนื่องจากไม่มีการควบคุมน้ำยาชุบ	ความสามารถทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมหรือลูกค้าประกอบชิ้นงานไม่ได้
น้ำยาเคมีสกปรก	ผิวชุบชิ้นมีคราบที่เกิดจากสิ่งสกปรกในน้ำยาไปขัดขวางระหว่างผิวชิ้นงานและสารเคมี	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมบริเวณนั้น
ความเข้มข้นของ ซิงค์-นิกเกิล น้อยกว่าค่าควบคุม	ความหนาของชิ้นงานต่ำและเปอร์เซ็นต์ซิงค์ต่ำ	ความสามารถทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิม
อุณหภูมิในบ่อชุบสูงกว่ามาตราฐาน	ผิวชุบชิ้นงานมีคราบสีดำที่เกิดจากการเร่งปฏิกิริยาของความ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของ

	ร้อน	ลูกค้า
Ph ของเคมี ไม่ได้ตามค่าควบคุมที่กำหนด	ชิ้นงานสีจางหรือเข้มกว่าที่กำหนดทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้า

การประเมินความเสี่ยงของปัญหาด้วยค่า RPN ก่อนการปรับปรุง

หลังจากที่ทีมงานได้ทำการระบุตัวแปรที่ส่งผลต่อชิ้นงานที่เป็นสาเหตุเบื้องต้น ลำดับต่อไปจะเป็นการจัดลำดับความสำคัญหรือค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยง(Risk priority number: RPN) เพื่อทำการประเมินว่าต้องเข้าไปวิเคราะห์ แก้ไขตัวแปรใดก่อนตามค่าความเสี่ยงของกระบวนการที่ได้จากผลคูณ ความรุนแรง(Severity: S) โอกาสเกิด(Occurrence: O) และความสามารถในการตรวจจับ(Detection: D) ดังสมการที่ 2 โดยสามารถหาได้จากการประเมิณตามเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของบทที่ 2-1

(Risk priority number: RPN) = Severity (S) x Occurrence (O) x Detection (D) 2-1

Severity (S) คือ ระดับความรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อชิ้นงาน

Occurrence (O) คือ โอกาสในการเกิดความล้มเหลวในกระบวนการ

Detection (D) คือ ความสามารถในการตรวจจับจากการคาดการณ์วิธีการควบคุมของกระบวนการ

เกณฑ์ในการจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง(RPN)

ความรุนแรงของผลกระบท(Severity : S) เป็นเกณฑ์การวิเคราะห์ลำดับความรุนแรงของผลกระทบต่อชิ้นงาน โรงงานที่ส่งมอบไปจนถึงผู้ใช้รถที่เป็นลำดับสุดท้าย ภายใต้เงื่อนไขของ FMEA ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง(S)

ผลกระทบ	ผลกระทบความรุนแรง	คะแนน
ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเรื่องความปลอดภัย	ส่งผลต่อความปลอดภัยของพนักงาน โดยปราศจากสัญญาณเตือน	10
	อาจทำให้พนักงานได้รับอันตราย แต่มีสัญญาณเตือนพนักงานให้ทราบก่อน	9
ผลกระทบมาก	ผลิตภัณฑ์อาจถูกทำลายทิ้งทั้งหมด สายการผลิตหยุด หรือ ส่งผลิตภัณฑ์ไม่ทันตามกำหนด	8
ผลกระทบค่อนข้างมาก	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาบางตัวอาจต้องถูกทำลาย ทำให้กระบวนการผลิตถูกเบี่ยงเบนไปเช่น ทำให้ความเร็วของสายการผลิตลดลง หรือต้องเพิ่มคน	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาทั้งหมดอาจถูก rework นอกสายการผลิต และยอมรับได้	6
	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาบางตัวอาจถูก rework นอกสายการผลิต และยอมรับได้	5
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาทั้งหมดอาจถูก rework ได้ในสถานีการผลิตก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไป	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาบางส่วนอาจถูก rework ได้ในสถานีการผลิตก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไป	3
ผลกระทบเพียงเล็กน้อย	ทำให้การทำงานของพนักงานทำงานได้ไม่สะดวกเล็กน้อย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่รับรู้ได้เลย	1

โอกาสเกิด(Occurrence : O) เป็นการวิเคราะห์โอกาสเกิดข้อบกพร่อง ภายในกระบวนการ การที่จะบ่งบอกถึงการควบคุมหรือการป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง รวมถึงศักยภาพของการป้องกัน เครื่องมือ วิธีการที่ใช้เพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบต่อชิ้นงานที่ผลิตในกระบวนการนั้น ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เกณฑ์การประเมินโอกาสเกิด(O)

โอกาสเกิด	อัตราการเกิดข้อบกพร่อง	คะแนน
สูงสุด	เกิดของเสียมากกว่า100 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	10
สูงมาก	เกิดของเสีย 50 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	9
	เกิดของเสีย 20 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	8
สูง	เกิดของเสีย 10 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	7
	เกิดของเสีย 5 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	6
ปานกลาง	เกิดของเสีย 2 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	5
	เกิดของเสีย 1 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	4
ต่ำ	เกิดของเสีย 0.5 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	3
ต่ำมาก	เกิดของเสีย 0.1 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	2
ต่ำสุด	เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.01 ชิ้นต่อการผลิต 1,000 ชิ้น	1

การตรวจจับ(Detection: D) เป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการตรวจจับของเสียในกระบวนการจากการควบคุมในกระบวนการ โดยจะแบ่งระดับความสามารถของการตรวจจับจากวิธีการตรวจจับหรือควบคุมในกระบวนการ เครื่องมือที่ใช้ เพื่อป้องกันของเสียในกระบวนการหลุดไปยังกระบวนการถัดไปหรือหลุดไปหาโรงประกอบ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบความต่อความปลอดภัยของผู้ใช้รถ ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เกณฑ์การประเมินการตวจจับ(D)

ความสามารถในการตรวจจับ	โอกาสในการตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ	คะแนน
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีการตรวจจับหรือทำได้ยาก, ไม่มีการควบคุม	10
ห่างไกลมาก	ใช้การสุ่มตรวจแต่ไม่สามารถตรวจจับได้โดยง่าย	9
ห่างไกล	ข้อบกพร่องของการออกแบบถูกตรวจจับได้บางส่วนโดยสถานีงานถัดไป ตรวจสอบด้วยสายตา(ความรู้สึก)	8
ต่ำมาก	ใช้การตรวจจับโดยเครื่องจักรแบบกึ่งอัตโนมัติ	7
ต่ำ	ใช้การตรวจจับด้วยเครื่องมือวัดค่าได้	6
ปานกลาง	ใช้การตรวจจับด้วยเครื่องมือวัดค่าได้หรือระบบการควบคุมอัตโนมัติที่ตรวจจับแล้วส่งสัญญาณบอกให้ผู้ปฏิบัติงานรู้ได้	5
ค่อนข้างสูง	ใช้การตรวจจับด้วยเครื่องจักรแบบอัตโนมัติตรวจจับแล้วส่งสัญญาณบอกให้ผู้ปฏิบัติงานรู้ได้	4
สูง	ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ถูกตรวจจับที่สถานีงานโดยทันที และผลิตภัณฑ์นี้จะถูกล็อกไว้ที่สถานีงาน	3
สูงมาก	ข้อบกพร่องถูกตรวจจับที่สถานีงานโดยการควบคุมแบบอัตโนมัติและผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจะไม่ถูกทำขึ้นมา	2
แทบไม่มีโอกาสเกิด	ข้อบกพร่องถูกป้องกันโดย การออกแบบ	1

การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง(RPN) มีค่าตั้งแต่ 1-1,000 โดยจะทำการดำเนินการในทันทีสำหรับตัวแปรที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 100 คะแนน ซึ่งจะพิจารณาวิธีการแก้ไขป้องกัน อาจจะทำการออกแบบขั้นตอนใหม่ เพิ่มความสามารถหรือมาตรการในการควบคุมเพื่อลดความรุนแรงและโอกาสเกิดต่างๆ ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการประเมินค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงก่อนการปรับปรุง

องค์ประกอบของขั้นตอนการทำงาน (4M1E)	ข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้น	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	ความรุนแรง(S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	โอกาสเกิด(O)	การควบคุมเชิงป้องกัน	การตรวจจับ(D)	RPN(SxOxD)
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเกินกำหนด	ผิวชุบชิ้นงานไหม้และมีคราบสีดำ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและอาจทำให้ไม่สามารถประกอบชิ้นงานกับชิ้นส่วนของลูกค้าได้	5	เกิดจากความร้อนของกระแสไฟที่มากเกินไปและที่ผิวมีความหนากับเปอร์เซ็นต์ซิงค์มากกว่าที่กำหนดไว้	1	กำหนดรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร 1 ครั้งต่อปี	8	40
Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	สีผิวชุบไม่สม่ำเสมอ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	5	ชี่ลวดใช้แขวนชิ้นงานเสื่อมสภาพ	8	กำหนดการเปลี่ยน Jig ทุกๆ 4 เดือน	3	120
โครง Jig เสื่อมสภาพ	น้ำยาหยดลงบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเป็นคราบน้ำยา	5	น้ำยาขังอยู่ในบริเวณ Jig ที่ชำรุด	8	ไม่มีการกำหนดการเปลี่ยน Jig	3	120
บนคาบาร์มีเคมีตกค้าง	ชิ้นงานมีคราบสารเคมี	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและอาจทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	5	น้ำยาขังอยู่ในบริเวณคาบาร์ที่เกิดจากการออกแบบให้มีน้ำยาขังอยู่แล้วหยดลงมาจากคาบาร์	2	กำหนดรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร 1 ครั้งต่อปี	8	80

กระบวนการเตรียมผิวก่อนชุบไม่สะอาด	ชิ้นงานเป็นคราบและหลุดร่อนออกมา	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมบริเวณนั้น	2	เกิดจากการชุบไม่สมบูรณ์เพราะมีสิ่งสกปรกขัดขวางระหว่างผิวชิ้นงานและสารเคมี	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	7	28
เคมีกัดกร่อนผิวชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดรอยกัดกร่อน	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้า	6	สารเคมีเข้มข้นซึ่งไม่เหมาะสมกับการใช้เวลาในการแช่ล้าง	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	8	96
พนักงานไม่ตรวจเช็คน้ำยาตามแผน	ความหนาผิวชุบของชิ้นงานต่ำและเปอร์เซ็นต์ซิงค์ต่ำ	ความสามารถทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิม	5	เกิดจากปริมาณน้ำยาต่ำกว่ามาตราฐาน	2	มีการตรวจดูลักษณะตัวกรองน้ำยา 2 ครั้งต่อวัน	5	50
พนักงานขาดความรู้ในการควบคุมน้ำยา	มีโอกาสที่ความหนาของผิวชุบของชิ้นงานต่ำและสูง	ความสามารถทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมหรือลูกค้าประกอบชิ้นงานไม่ได้	5	ไม่มีการควบคุมน้ำยาชุบ	2	ไม่มีการประเมิณความเข้าใจของพนักงานงาน	5	50
น้ำยาเคมีไม่สมดุล	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำใหการทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	สีผิวชุบไม่สม่ำเสมอ	5	ปริมาณซิงค์ในบ่อชุบมีมาก	8	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	3	120
น้ำยาเคมีสกปรก	ผิวชุบชิ้นมีคราบ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมบริเวณนั้น	2	เกิดจากสิ่งสกปรกในน้ำยาไปขัดขวางระหว่างผิวชิ้นงานและสารเคมี	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	7	28

ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม	สีผิวชุบเป็นคราบดำและไม่สม่ำเสมอ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	5	อัตราการละลายของก้อนซิงค์ต่ำ	8	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	3	120
อุณหภูมิในบ่อชุบสูงกว่ามาตราฐาน	ผิวชุบชิ้นงานมีคราบสีดำ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้า	5	น้ำยาเกิดจากเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเร่งปฏิกิริยาของความร้อน	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	3	30
Ph ของเคมี ไม่ได้ตามค่าควบคุมที่กำหนด	ชิ้นงานสีจางหรือเข้มกว่าที่กำหนดทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้า	2	ค่า Ph ไม่อยู่ในค่าควบคุม	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	8	32
หลังคาบ่อชุบรั่ว	น้ำยาหยดลงบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเป็นคราบน้ำยา	5	เกิดช่องว่างระหว่างน็อตกับหลักคาเนื่องจากถูกสารเคมีกัดกร่อน	8	กำหนดรอบการบำรุงรักษา 4 เดือนต่อครั้ง	3	120
พนักงานไม่ล้างตัวกรองน้ำยาตามแผน	ผิวชุบชิ้นงานมีคราบ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้เกิดสนิมบริเวณนั้น	3	เกิดจากสิ่งสกปรกในน้ำยาไปขัดขวางระหว่างผิวชิ้นงานและสารเคมี	3	มีการตรวจดูลักษณะตัวกรองน้ำยา 2 ครั้งต่อวัน	8	72

ค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยง(RPN) ที่ได้จากการจากการประเมินดังตารางที่ 14 ได้นำมาทำการเรียงอันดับใหม่ โดยเริ่มจากค่ามากไปหาน้อยดังตารางที่ 15-16

ตารางที่ 15 การสรุปค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
คราบดำบนชิ้นงาน	Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	120	กำหนดอายุการใช้งานใหม่และตรวจสอบสภาพ Jig ก่อนใช้งาน
	โครง Jig เสื่อมสภาพ	120	กำหนดอายุการใช้งานใหม่และตรวจสอบสภาพ Jig ก่อนใช้งาน
	น้ำยาเคมีไม่สมดุล	120	กำหนดรอบการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำยาใหม่
	ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม	120	กำหนดรอบการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำยาใหม่
	เคมีกัดกร่อนผิวชิ้นงาน	96	กำหนดรอบการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำยาใหม่
	พนักงานขาดความรู้ในการควบคุมน้ำยา	50	ทวนสอบพนักงานปีละครั้งเพื่อทดสอบความเข้าใจของพนักงาน
	กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเกินกำหนด	40	กำหนดอายุการใช้งานใหม่และตรวจสอบสภาพJig ก่อนใช้งาน
	Ph ของเคมี ไม่ได้ตามค่าควบคุมที่กำหนด	32	กำหนดรอบการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำยาใหม่
	อุณหภูมิในบ่อชุบสูงกว่ามาตรฐาน	30	เพิ่มรอบการตรวจเช็คสภาพน้ำยากและ Thermostat ใหม่

ตารางที่ 16 การสรุปค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงปัญหาคราบสารเคมี

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
คราบสารเคมี	หลังคาบ่อชุบรั่ว	120	กำหนดรอบการบำรุงรักษาและเพิ่มการตรวจเช็คโครงสร้างต่อปีใหม่
	บนคาบาร์มีเคมีตกค้าง	80	กำหนดรอบการบำรุงรักษาและเพิ่มการตรวจเช็คโครงสร้างต่อปีใหม่
	พนักงานไม่ล้างตัวกรอง	72	เพิ่มการตรวจเช็คความสะอาดของน้ำยา

	น้ำยาตามแผน		
	พนักงานไม่ตรวจเช็คน้ำยาตามแผน	50	เพิ่มรอบการวิเคราะห์ความเข้มข้นน้ำยา
	กระบวนการเตรียมผิวก่อนชุบไม่สะอาด	28	เพิ่มการตรวจเช็คความสะอาดของน้ำยา
	น้ำยาเคมีสกปรก	28	เพิ่มการตรวจเช็คความสะอาดของน้ำยา

ดำเนินการแก้ไขและติดตามผล

ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานตามแนวทางการแก้ไขที่ได้กำหนดไว้ ตรวจติดตาม ประเมินผลการปรับปรุง

เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

นำข้อมูลของเสียก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขมาเปรียบเทียบเพื่อดูแนวโน้มเพื่อควบคุมปริมาณของเสียในระยะยาว และจัดทำมาตรฐานการทำงานใหม่

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย อภิปรายผลการปรับปรุง จุดเด่นและข้อจำกัดของงานวิจัย พร้อมทั้งข้อเสนอแนะและงานวิจัยต่อยอดในอนาคต

บทที่ 4
ดำเนินการแก้ไขและติดตามผล

จากขั้นตอนการดำเนินงานที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อลดชิ้นงานเสียในกระบวนการให้น้อยที่สุด โดยนำแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาวิเคราะห์หาปัจจัยต่างตามหลัก 4M 1E แล้วนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ด้วย หลักการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อประเมินความรุนแรงของแต่ละปัญหาที่ส่งผลต่อการผลิต จากคะแนนการประเมินค่าความเสี่ยง (RPN) ที่มีคะแนนสูงกว่า 100 จำแนกออกได้เป็น 2 ประเด็นหลัก คือ 1.เครื่องจักรและอุปกรณ์ 2.วัตถุดิบ ที่เป็นปัญหาต้องดำเนินการแก้ไข ดังตารางที่ 17

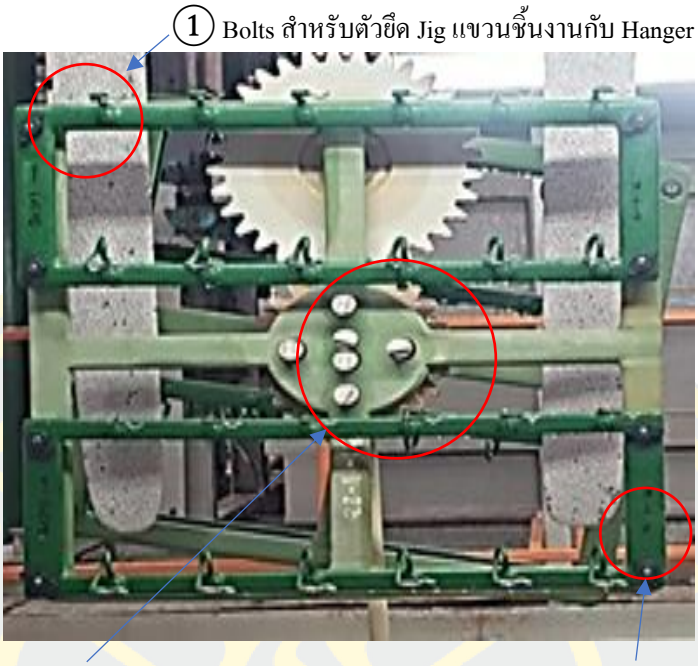
ตารางที่ 17 คะแนนการประเมิณความเสี่ยงของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นตามปัจจัยต่างๆ

ปัจจัย	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	ค่าความเสี่ยง (RPN)
เครื่องจักรและอุปกรณ์	4.1.1.Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	120
	4.1.2.โครง Jig เสื่อมสภาพ	120
	4.1.3.หลังคาบ่อชุบรั่ว	120
วัตถุดิบ	4.1.4.น้ำยาเคมีไม่สมดุล	120
	4.1.5.ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม	120

การดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์

1. ปัญหา Jig แขวนชิ้นงานชำรุด

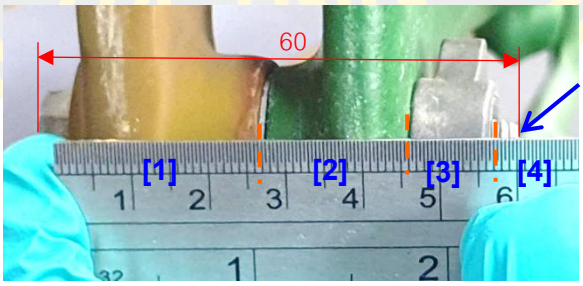
แนวทางสำหรับการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ มีการปรับปรุง Jig แขวนชิ้นงาน โดยทำการแยกส่วนประกอบของ Jig ออกมาเพื่อดูส่วนที่เสียหาย ซึ่งพบว่าส่วนที่ชำรุดนั้นมีทั้งหมด 4 ส่วน คือ 1.น็อตยึด Jig แขวนชิ้นงานกับเฟลมและเครื่องจักร 2.แปรงถ่าน 3.ตะขอแขวนชิ้นงาน ซึ่งส่งผลต่อการนำของกระแสไฟฟ้าไปยังตัวชิ้นงาน และ 4.หลังคาของที่แขวนชิ้นงานกับเครื่องจักร โดยทางทีมงานมีการแก้ไขดังนี้



ภาพที่ 15 จุดที่ต้องปรับปรุงของ Jig แขวนชิ้นงาน

1.1 น็อตยึด Jig แขวนชิ้นงานกับเฟลมและเครื่องจักร

น็อตยึด Jig แขวนชิ้นงานกับเฟลมและเครื่องจักรมีหน้าที่เป็นตัวนำพากระแสไฟฟ้าไปยังชิ้นงาน จากการแยกส่วนประกอบออกพบว่าน็อตยึดมีการสึกหรอจากการใช้งานโดยเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับบ่อชุบทำให้การยึดจับ Jig แขวนงานและเฟรมไม่แน่นทำให้หน้าสัมผัสระหว่างเฟรมและ Jig ไม่สัมผัสกันตลอดเวลาส่งผลให้กระนำกระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ จึงดำเนินการหาอายุการใช้งานใหม่จากการจดบันทึกการเปลี่ยนแปลงจากการผลิตทุกๆ 15 วัน ดังภาพที่ 16-18



ภาพที่ 16 การตรวจวัด Bolt ระยะต่างๆที่อยู่บน Jig

ทำการตรวจวัดระยะของน๊อตขนาด M6x1.25 Pt ความยาว 60 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้นต่อ Jig โดยแบ่งเป็นระยะต่างๆที่อยู่บน Jig แขวนชิ้นงานเพื่อดูการเสื่อมสภาพของน๊อต ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 ระยะ ด้วยกัน ดังนี้

No.	Distance	Description	New bolt.	Old bolt after use
[1]	0 mm.	ระยะเฟรม	7.83 mm	7.81 mm.
[2]	26 mm.	ระยะเฟรมถึง Jig	7.83 mm	7.24 mm.
[3]	46 mm	ระยะน็อตล็อคให้เฟรมไม่ให้หลุดจากเฟรม	7.83 mm	7.65 mm.
[4]	57 mm	ระยะที่สัมผัสกับบ่อชุบ	7.83 mm	6.11 mm.

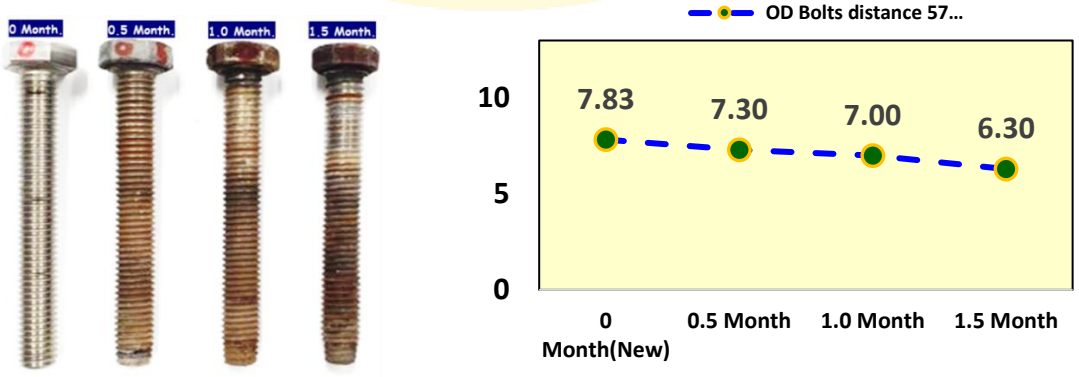
ภาพที่ 17 ระยะการใช้งานของ Bolt ในระยะต่างๆ

[1] ระยะ 26 มิลลิเมตร เป็นระยะใช้ในการยึดเฟรมกับ Jig แขวนชิ้นงาน

[2] ระยะ46 มิลลิเมตร เป็นระยะยึด Jig กับเฟรม

[3] ระยะ 57 มิลลิเมตร เป็นระยะยึดน๊อตเพื่อไม่ให้หลุดจากเฟรม

[4] ระยะ 60 มิลลิเมตร เป็นระยะที่สัมผัสกับบ่อชุบ



ภาพที่ 18 การบันทึกการเปลี่ยนแปลงของ Bolt เมื่อผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 1.5 เดือน

จากภาพที่ 17-18 จะเห็นว่าตำแหน่งที่โดนกัดกร่อนมากที่สุดคือระยะที่ 57-60 มิลลิเมตร โดยมีการกัดกร่อนจากการสัมผัสกับบ่อเคมีและเกิดการสั่นสะเทือนและการเสียดสี จากขนาดเกลียว 7.83 มิลลิเมตร เป็น 7.30 ,7.00 และ 6.30 มิลลิเมตร จากการใช้งาน 15 วัน 30 วัน และ 45 วัน ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดของเสียตามการทดลองดังตารางที่ 18-19

ตารางที่ 18 จำนวนของเสียตามการเปลี่ยนแปลงของขนาด bolt ของสถานีที่ *2*

ระยะเวลา (วัน)	ขนาด Bolt ตามการใช้งาน (เซนติเมตร)	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง (ชิ้น) / สถานี	จำนวนชิ้นงานเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
0	7.83	48	0	0%
15	7.30	48	0	0%
30	7.00	48	1	~ 2%
45	6.30	48	3	~ 5%

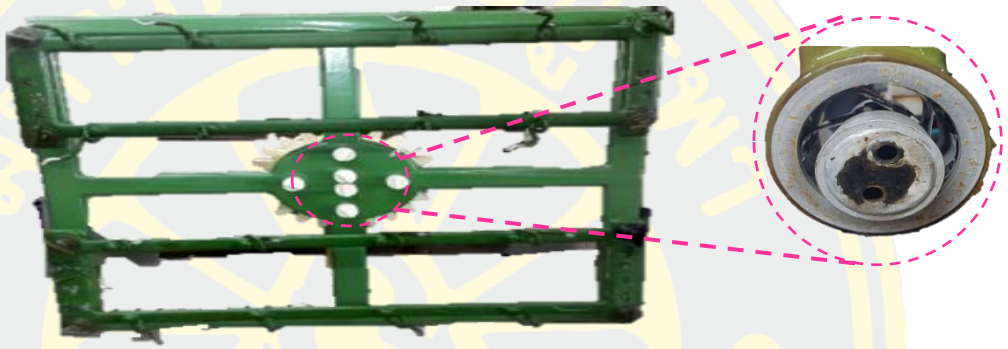
ตารางที่ 19 จำนวนของเสียตามการเปลี่ยนแปลงของขนาด bolt ของสถานีที่ 3

ระยะเวลา (วัน)	ขนาด Bolt ตามการใช้งาน (เซนติเมตร)	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง (ชิ้น) / สถานี	จำนวนชิ้นงานเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
0	7.83	48	0	0%
15	7.30	48	0	0%
30	7.00	48	2	~ 4%
45	6.30	48	3	~ 5%

จากตารางที่ 18-19 ที่แสดงจำวนเสียและเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการทดลองของสถานีที่ 2 และ 3 พบว่าระยะที่เริ่มมีผลต่อชิ้นงานคือระยะที่น็อตมีขนาดลดลงเหลือ 7.00 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีของเสียอยู่ที่ 2-4% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ทางโรงงานยอมรับได้($\leq$ 4%) ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนน๊อตยึดทุกๆ 1 เดือนและลดความยาว น็อตจากเดิมที่ยาว 60 มิลลิเมตร เป็น 57 มิลลิเมตรเพื่อลดการสัมผัสกับบ่อชุบเพื่อไม่ทำให้การยึดจับหลวมส่งผลให้การยึด Jig แขวนชิ้นงานไม่แน่น

1.2 แปรงถ่าน

แปรงถ่านที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายและจ่ายไปยังมอเตอร์ที่หมุน Jig แขวนชิ้นงาน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านครบวงจรเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน ซึ่งตรวจพบว่า มีการนำไฟฟ้าที่ไม่ดีจึงทำการถอดมาเช็คดูแล้วพบว่า แปรงถ่านหมดสภาพจากการใช้งานทำให้ Jig ไม่หมุน ดังภาพที่ 19



Spring bush NG	Spring bush OK

ภาพที่ 19 สภาพแปรงถ่านที่หมดสภาพจากการใช้งาน

ปัญหาแปรงถ่านหมดสภาพจากการใช้งานเกิดจากไม่มีการตั้งค่ามาตรฐานจำนวนรอบการใช้งานโดย ปัจจุบันจะเปลี่ยนแปรงถ่านก็ต่อเมื่อมอเตอร์ไม่หมุนซึ่งมีโอกาสเกิดค่าผิดพลาดจากการตรวจวัดที่หน้างานโดยใช้บุคลากรได้ จึงทำการตั้งค่าจำนวนครั้งที่ใช้งานจนกว่าแปรงถ่านจะหมดสภาพจนไม่สามารถใช้งานต่อได้

แนวทางการแก้ไข : ศึกษาขีดจำกัดการใช้งานแปรงถ่าน

ทำการศึกษาขีดจำกัดการใช้งานของแปรงถ่านโดยการจดบันทึกจำนวนการใช้งาน Jig แขวนชิ้นงานในการผลิตแต่ละวัน โดยจะทำการบันทึกแบบสะสมจากวันแรกจนถึงวันที่แปรงถ่าน

หมดสภาพ คือ มอเตอร์ไม่หมุน ดังภาพที่ 20 เป็นใบบันทึกจำนวนการใช้ Jig แขวนชิ้นงานของสถานีที่ 4 และ 16

Tool life after check.

Hanger No. H04		Hanger No. A16		Hanger No.	
Date instal. 1/2/24		Date instal. 5/2/24		Date instal.	
Date	Stroke count	Date	Stroke count	Date	Stroke count
1/2/24	0	5/2/24	0		
2/2/24	8	6/2/24	8		
3/2/24	17	7/2/24	16		
4/2/24	22	8/2/24	24		
5/2/24	25	9/2/24	33		
6/2/24	33	10/2/24	42		
7/2/24	41	12/2/24	50		
8/2/24	49	13/2/24	55		
9/2/24	58	14/2/24	62		
10/2/24	67	15/2/24	69		
12/2/24	75	16/2/24	79		
13/2/24	80	17/2/24	83		
14/2/24	87	19/2/24	91		
15/2/24	96	20/2/24	99		
16/2/24	104	21/2/24	107		
17/2/24	111	22/2/24	116		
19/2/24	119	23/2/24	125		
20/2/24	127	26/2/24	133		
21/2/24	135	26/2/24	138		
22/2/24	144	27/2/24	147		
23/2/24	153	28/2/24	155		
26/2/24	161	29/2/24	165		
26/2/24	166	1/3/24	175		
27/2/24	175	2/3/24	187		
28/2/24	183	4/3/24	195		
29/2/24	193	5/3/24	200		
1/3/24	203	6/3/24	205		
2/3/24	215	7/3/24	214		
4/3/24	223	8/3/24	223		
5/3/24	228	9/3/24	233		
6/3/24	237	11/3/24	239		
7/3/24	246	12/3/24	246		
8/3/24	257	13/3/24	260		

ภาพที่ 20 ใบบันทึกการใช้งานของแปรงถ่าน

จากบันทึกการใช้งานของแปรงถ่านโดยดูจากจำนวนรอบการใช้งานต่อวันสะสมระหว่างสถานีที่ 4 และ สถานีที่ 16 โดยสถานีที่ 4 จะมีรอบการใช้งานที่ 257 ครั้ง ส่วนสถานีที่ 16 มีรอบการใช้งานที่260 ครั้ง แปรงถ่านจึงเสื่อมสภาพจึงทำให้การนำไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ที่ทำให้ Jig หมุนหยุด

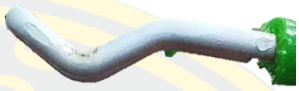
ทำงาน ส่งผลการชุบไม่สมบูรณ์ในบางตำแหน่งบนชิ้นงานเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านชิ้นงานไม่ดีและน้ำยาชุบไหลผ่านชิ้นงานไม่ทั่วถึง

ตามข้อมูลการบันทึกอายุการใช้งานของแปรงถ่าน โดยกำหนดการเปลี่ยนทุกๆ 250 รอบการทำงานแล้วจะไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดคราบดำหรือรอยไหม้ จึงทำการตั้งค่าโปรแกรมใหม่เพื่อให้แสดงรอบการทำงานสอดคล้องกับการผลิตในแต่ละครั้ง โดยทำการเลือกโปรแกรมแปรงถ่านสปริงแล้วจะแสดงสถานะของแปรงถ่าน ซึ่งจะเป็นการบันทึกการใช้งาน ถ้าไม่เกินจำนวน 250 รอบไฟแสดงสถานะจะเป็นสีเขียว คือ สามารถใช้งานได้ปกติ แต่ถ้าถึง 250 รอบ ไฟแสดงสถานะจะเป็นสีแดง คือ ต้องทำการเปลี่ยนแปรงถ่านตามจำนวนรอบที่ได้ตั้งมาตรฐานไว้ ดังภาพที่ 21

ภาพที่ 21 โปรแกรมบันทึกอายุการใช้งานของแปรงถ่าน

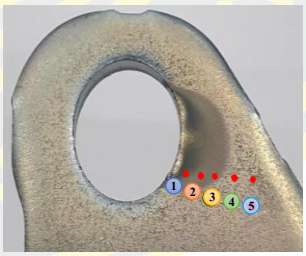
1.3 โครง Jig เสื่อมสภาพ

ซี่ลวดแขวนชิ้นงานมีหน้าที่เป็นตัวกลางนำพากระแสไฟฟ้าจาก Jig แขวนชิ้นงานไปยังชิ้นงานโดยตรง จากการสำรวจหน้างานพบว่า ซี่ลวดบน Jig ที่เป็นตะขอทำหน้าที่ยึดจับชิ้นงานมีขนาดเล็กลงและเสื่อมสภาพจากจากการกัดกร่อนของสารเคมีและความร้อนจากกระแสไฟที่ไหลผ่านไปสู่ชิ้นงาน ดังภาพที่ 22 ส่งผลให้การนำไฟฟ้าไปยังตัวชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ จึงได้เก็บข้อมูลการผลิตเพื่อหาอายุการใช้งานของซี่ลวดให้เหมาะสม จากอายุการใช้งานเดิมอยู่ที่ 4 เดือน ตามมาตราฐานของ Jig แขวนชิ้นงานของชิ้นงานอื่นแต่พบว่าอายุการใช้งานของชิ้นงานนี้ไม่เหมาะสมมีความเสื่อมสภาพเร็วก่อนกำหนด ส่งผลให้พนักงานนำ Jig ที่เสื่อมสภาพไปใช้งานในกระบวนการผลิต ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการกำหนดอายุการใช้งานของ Jig แขวนชิ้นงานใหม่ แล้วนำส่งไปซ่อมเพื่อให้พร้อมใช้งาน

ซี่ลวดเสื่อมสภาพ	ซี่ลวดใหม่
	

ภาพที่ 22 ลักษณะซี่ลวดที่เสื่อมสภาพจากการใช้งานและซี่ลวดใหม่

นำชิ้นงานที่เกิดปัญหาไปทำการตรวจวัดความหนาผิวชุบซิงค์และนิกเกิลด้วยเครื่องเอกซเรย์ โดยทำการวัดความทั้งหมด 5 ตำแหน่งโดยเริ่มจากด้านที่ชิดรูของ Bracket ซึ่งได้ผลการวัดว่าบริเวณที่ใกล้กับรูจะมีความหนาซิงค์ต่ำที่สุด กำหนดเป็นจุดวัดที่ 1-5 จุด มีค่าความหนาเท่ากับ 0.59 , 1.51 , 2.65 , 3.48 และ 5.17 ไมครอนมิลลิเมตรตามลำดับ ดังภาพที่ 23 ทางทีมงานจึงหาวิธีการในการแก้ไขด้วยการบันทึกขนาดของซี่ลวดที่เปลี่ยนไปจะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานเมื่อไหร่เพื่อนำไปกำหนดมาตรฐานสำหรับการควบคุมอายุการใช้งานหรือขนาดที่เหมาะสมสำหรับการผลิตงานต่อไป



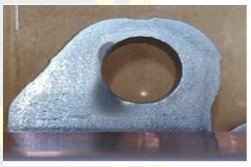
ภาพที่ 23 การวัดความหนาของผิวชุบบริเวณที่เกิดปัญหา

แนวทางการแก้ไข : การกำหนดขนาดซี่ลวดของตะขอแขวนชิ้นงาน

ทีมงานเริ่มทำการเก็บข้อมูลโดยเริ่มจากการวัดขนาดของซี่ลวดเทียบกับสภาพของชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิล แล้วทำการเก็บข้อมูลทุกๆวันที่มีการผลิตเพื่อหาอายุการใช้งานของซี่ลวดใหม่ ซึ่งจากการบันทึก พบว่า ขนาดของซี่ลวดโดยเริ่มต้นจากเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มิลลิเมตร ถูกกัดกร่อนจากความร้อนและความเป็นกด-ด่างของสารเคมีในกระบวนการชุบ จนซี่ลวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8 มิลลิเมตรจะเริ่มส่งผลต่อชิ้นงาน

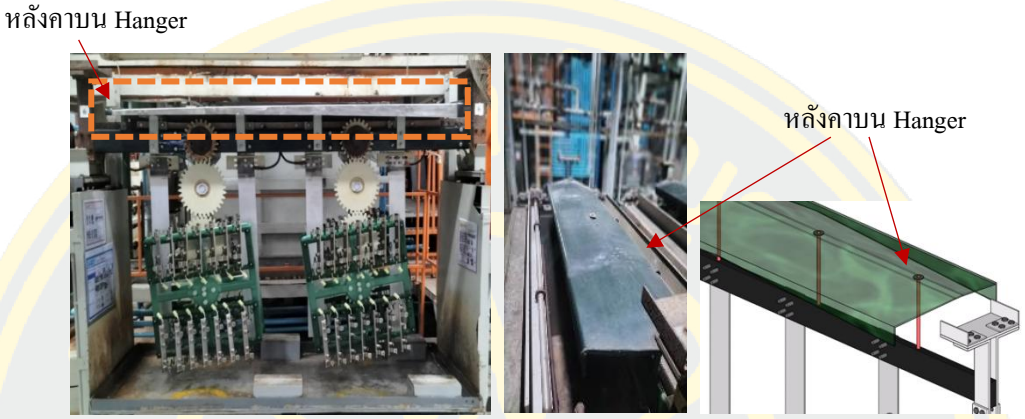
ให้เกิดคราบดำบริเวณที่มีการสัมผัสกับลวด แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร จะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดคราบดำและความหนาของผิวชุบต่ำกว่ามาตรฐาน ภายในระยะเวลา 2 เดือน ดังตารางที่ 18 ดังนั้นทางทีมงานจึงทำการเพิ่มขนาดของซี่ลวดจากเดิมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มิลลิเมตร เป็นขนาด 3.0 มิลลิเมตร ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานจาก 2 เดือนเป็น 3 เดือน โดยที่ชิ้นงานยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

ตารางที่ 20 สภาพซี่ลวดของตะขอแขวนชิ้นงานที่ส่งผลต่อชิ้นงานตามขนาดต่างๆ

Sample		Measurement	Result
ลวดยึดชิ้นงานใหม่ (Ø2.5 ~ Ø2.7 mm) ชิ้นงาน OK			
ลวดยึดชิ้นงานที่ใช้งาน (~Ø1.81 mm) ชิ้นงาน OK(ยอมรับได้)			
ลวดยึดชิ้นงานที่ใช้งาน (~Ø1.49 mm) ชิ้นงาน NG(ยอมรับไม่ได้)			

1.4 หลังคาบ่อชุบรั่ว

Hanger สำหรับการแขวนชิ้นงานจะมีหลังคาซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสารเคมีจาก Hanger หยดลงบนชิ้นงานในขณะทำการเคลื่อนย้ายชิ้นงานไปยังแต่ละกระบวนการ และจำเป็นต้องมีการทำความสะอาดหลังคาเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและลดการกัดกร่อนของสารเคมี จากการสำรวจหน้างานพบว่า น็อตที่ใช้ยึดระหว่างแผ่นหลังคากับที่แขวนชิ้นงานมีการสึกหรอจากการกัดกร่อนโดยสารเคมีและน้ำยาจะซึมผ่านรูน็อตลงไปสัมผัสชิ้นงานจนเกิดเป็นคราบ ดังรูปที่ 24-25



ภาพที่ 24 โครงสร้างหลังคาของ Hanger

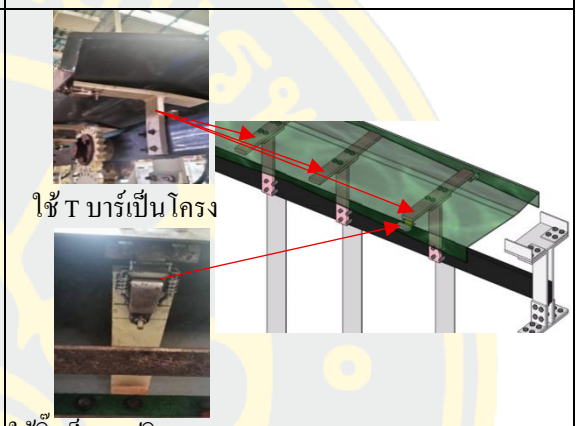
ภาพที่ 25 การกัดกร่อนน็อตยึดบนหลังคา Hanger (ซ้ายมือ) และ ภาพจำลองการหยดน้ำยา(ขวามือ)

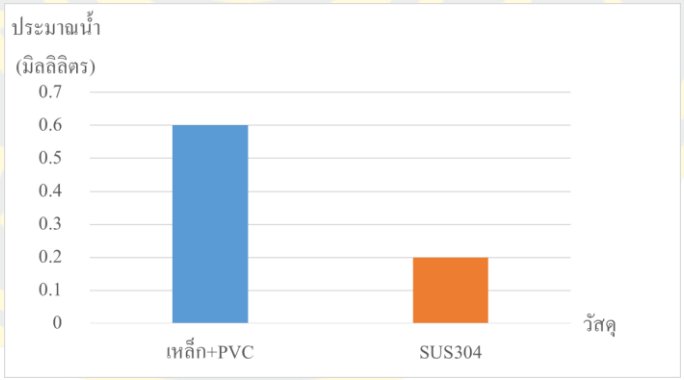
ทางทีมงานจึงทำการออกแบบทรงหลังคาใหม่จากแบบเรียบตรงเป็นหลังคาแบบจั่ว ครอบด้านบนเพื่อให้คราบน้ำยาที่เกาะอยู่ด้านบนไม่มีการตกค้าง เปลี่ยนวิธีการยึดจับหลังคากับบาร์ใหม่โดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นวิธีการใช้กิ๊บล็อคสปริง ดังตารางที่ 19 และเปลี่ยนวัสดุหลังคาของตัวแขวน Jig กับเครื่องจักรจากเหล็กที่เคลือบ PVC เป็นสแตนเลส 304ตามรูปแบบการออกแบบดังนี้

รูปแบบการออกแบบที่ 1. ล้างคราบน้ำออกง่าย

ทำการเปรียบเทียบ แรงเสียดทานของวัสดุบนผิวหลังคาระหว่าง หลังคาเดิมที่เป็นเหล็กเคลือบ PVC กับหลังคาใหม่ที่เป็น SUS304 โดยเปรียบเทียบปริมาตรน้ำที่อยู่บนหลังคาซึ่ง พบว่าน้ำที่อยู่บนหลังคา PVC มีปริมาตรเหลืออยู่ 0.6 มิลลิลิตรและน้ำที่อยู่บนหลังคา SUS304 มีปริมาตรเหลืออยู่ 0.2 มิลลิลิตร แสดงว่า การระเหยของน้ำล้างหลังคาแบบเดิมมากกว่าหลังคาแบบ SUS304 ดังภาพที่ 26

ตารางที่ 21 ลักษณะหลังคา Hanger แบบเก่าและแบบใหม่

หลังคาแบบเก่า	หลังคาแบบใหม่
	



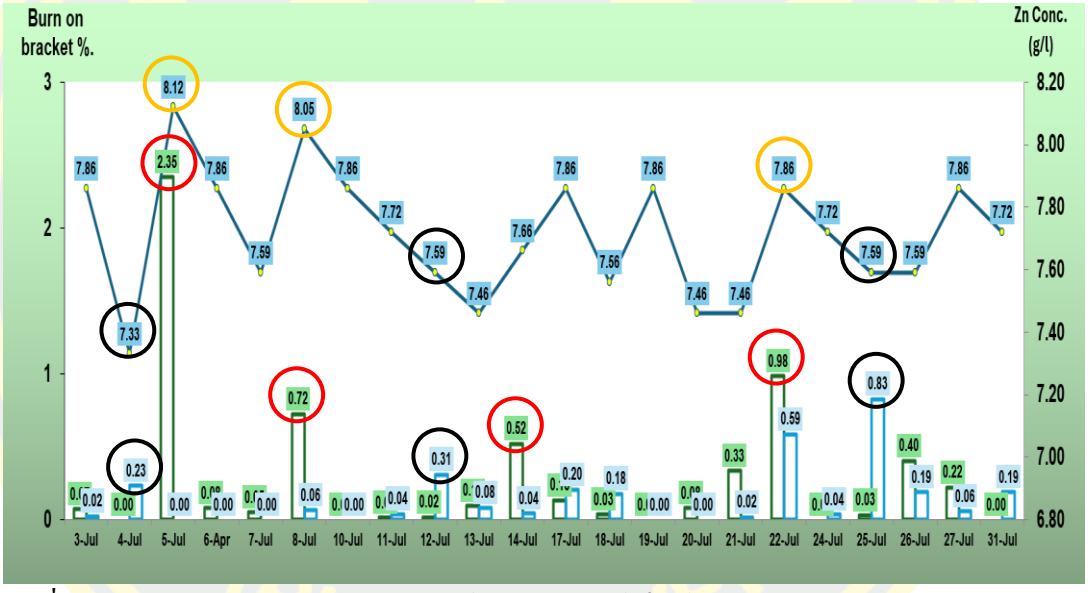
ภาพที่ 26 ปริมาณน้ำที่คงเหลือบนหลังคาระหว่าง PVC กับ SUS

1.5 น้ำยาเคมีไม่สมดุล

อีกหนึ่งปัจจัยหลักๆสำหรับกระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลก็ คือ สารเคมีหรือน้ำยาสำหรับชุบโลหะซึ่งประกอบไปด้วย ซิงค์ , โซเดียมไฮดรอกไซด์ , น้ำยาเงา 208A/208B , 208N/208T และโซเดียมคาร์บอเนต หรือเรียกอีกอย่างว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ประเภทที่ทางโรงงานศึกษาได้ใช้อยู่จะเป็นประเภทสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบกรดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นยังส่งผล

ต่อประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าต่อชิ้นงาน ความเร็วในกระชุบ ความหนา การเคลือบพื้นผิว ซึ่งต้องมีการควบคุมดูและเป็นพิเศษเพื่อไม่ให้กระทบต่อชิ้นงาน

จากการสำรวจน้ำยาเคมีที่หน้างานพบว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่ส่งผลต่องานชิ้นนี้ทำให้มีปัญหาคราบดำ คือ ซิงค์ ยิ่งซิงค์มีความเข้มข้นมากเท่าไหร่ก็จะยิ่งส่งผลให้เกิดของเสียในปริมาณมากตามกัน จากมาตรฐานเดิมกำหนดความเข้มข้นไว้ที่ 7.86-8.0 กรัมต่อลิตร แต่สิ่งที่พบคือจำนวนของเสียที่เพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มข้นที่ตั้งไว้ ทำให้ทราบได้ว่าความสมดุลของน้ำยาเคมีไม่เหมาะสม ตามภาพที่ 27 ดังนั้น ทางทีมงานจึงทำการหาค่าความเข้มข้นของ ซิงค์ใหม่ เพื่อปรับความสมดุลของน้ำยาเคมีไม่ให้เกิดของเสีย

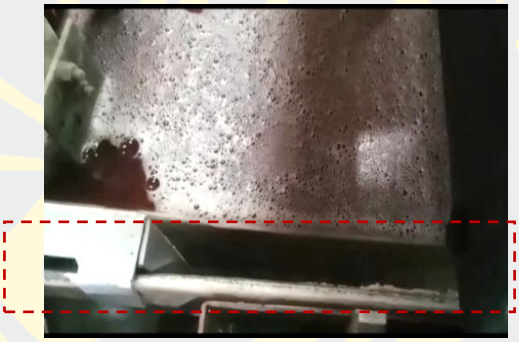


ภาพที่ 27 กราฟแสดงความเข้มข้นของซิงค์เทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการผลิตช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2567

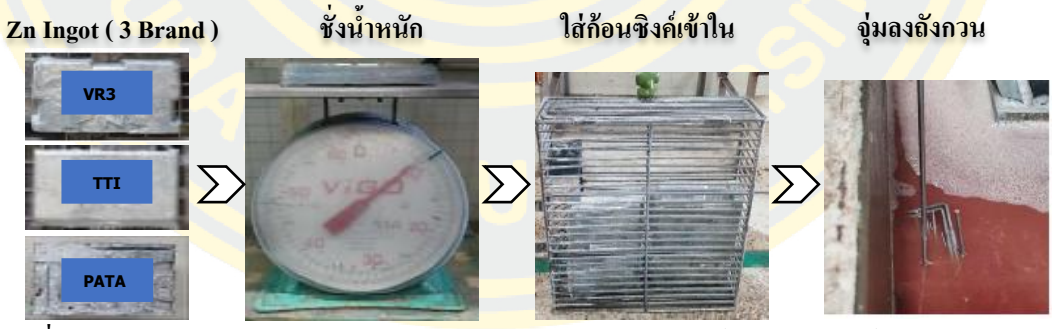
จากภาพที่ 27 จะเห็นว่า เมื่อค่าความเข้มข้นของ ซิงค์เท่ากับ 8.12 , 8.05 และ 7.86 จะเกิดเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 2.35 , 0.72 และ 0.98 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเข้มข้นของซิงค์มากกว่าหรือเท่ากับ 7.86 ทั้งหมด ดังนั้นเราจึงทำการหามาตรฐานความเข้มข้นของซิงค์ใหม่ โดยกำหนดค่าเป็น 7.10-7.50 กรัมต่อลิตรเป็นค่าสูงสุด ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ก่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุดและไม่ทำให้ผิวชุบชิ้นงานหลุดออกจากมาตรฐานของลูกค้า

1.6 **ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม**

จากการสำรวจหน้างานพบสิ่งผิดปกติที่บ่อน้ำยามีความสกปรกเนื่องจาก บ่อที่ใช้ในการหมุนวนสำหรับน้ำส่วนเกินเพื่อทำการกรองสิ่งสกปรกไม่มีน้ำยาเคมีอยู่แสดงว่าระบบน้ำหมุนวน เกิดการอุดตัน ดังภาพที่ 28 เมื่อทำการเช็คที่ทางปลายท่อสำหรับปล่อยน้ำพบว่า มีโซดาไฟเกาะเป็นจำนวนมาก สาเหตุเกิดจากตรวจพบค่าความเข้มข้นของซิงค์ ต่ำ จึงสั่งให้หน้างานทำการเติมซิงค์เพิ่ม ซึ่งทางโรงงานได้ใช้สารตั้งต้นเป็นซิงค์แบบก้อนแล้วนำมาละลายด้วยตัวทำละลาย (โซดาไฟ) ทีมงานจึงเติม โซดาไฟที่เป็นตัวทำละลายลงไปเพิ่มเพื่อเพิ่มอัตราส่วนในการละลายก้อนซิงค์ก่อให้เกิดโซดาไฟตกค้างเป็นจำนวนมากในบริเวณก้นบ่อซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ตัวกรองน้ำยาเกิดการอุดตัน ซึ่งมีแนวทางในการแก้ไขด้วยการเปลี่ยนแบรนด์ซิงค์โดยเลือกจากการละลายของซิงค์กับโซดาไฟ ว่าแบรนด์ไหนละลายกับโซดาไฟได้ดีกว่า ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 28 ระบบน้ำหมุนวน เกิดการอุดตัน



ภาพที่ 29 วิธีการทดลองเปรียบเทียบอัตราการละลายของก้อนซิงค์แต่ละแบรนด์

จากการทดลองเปรียบเทียบอัตราการละลายของก้อนซิงค์แต่ละแบรนด์ ประกอบไปด้วย 1.Zn-Ni1 ingot(VR3) , 2. Zn-Ni2 ingot (TTI) และ 3. New supplier pata ได้ข้อสรุปว่า แบรนด์ New supplier pata มีอัตราการละลายที่สูงกว่า 2 แบรนด์ที่เหลือ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 22 การทดลองหาอัตราการละลายของก้อนซิงค์แต่ละแบรนด์

แบรนด์ก้อนซิงค์	อัตราการละลาย (กรัม/ชั่วโมง) (ระยะเวลา 94 ชั่วโมง)
1. Zn-Ni1 ingot(VR3).	10.64.
2. Zn-Ni2 ingot(TTI).	10.70
3. New supplier pata	10.91

จากตารางที่แสดงการเปรียบเทียบอัตราการละลายก้อนซิงค์ พบว่า แบรนด์ที่ 3 New supplier pata มีอัตราการละลายดีกว่า 2 แบรนด์ที่เหลือ จึงทำการเลือกแบรนด์นี้มาใช้ในการผลิต และทำการสังเกตุลักษณะของบ่อใช้ในการหมุนวนสำหรับน้ำส่วนเกินต่อไป

จากการดำเนินการเปลี่ยนแปลงดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ข้างต้น ทางทีมงานจึงทำการประเมิณค่าความเสี่ยงหลังจากดำเนินการแก้ไขมีค่า RPN ดังตารางที่ ตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการประเมิณค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงหลังดำเนินการแก้ไข

องค์ประกอบของขั้นตอนการทำงาน (4M1E)	ข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้น	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	ความรุนแรง(S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	โอกาสเกิด(O)	การควบคุมเชิงป้องกัน	การตรวจจับ(D)	RPN(SxOxD)
Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	สีผิวชุบไม่สม่ำเสมอ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้า และทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	5	ชี่ลวดใช้แขวนชิ้นงานเสื่อมสภาพ	2	เพิ่มขนาดชี่ลวดจาก Ø2.6 เป็น Ø3.0 และกำหนดการเปลี่ยน Jig จาก 4 เดือน เป็น 3 เดือน	3	30
โครง Jig เสื่อมสภาพ	น้ำยาหยดลงบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเป็นคราบน้ำยา	5	น้ำยาขังอยู่ในบริเวณ Jig ที่ชำรุด	2	กำหนดการบำรุง 1 ครั้ง/เดือน	3	30

น้ำยาเคมีไม่สมดุล	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	สีผิวชุบไม่สม่ำเสมอ	5	ปริมาณซิงค์ในบ่อชุบมีมาก	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 2 ครั้ง/วัน	3	30
ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม	สีผิวชุบเป็นคราบดำและไม่สม่ำเสมอ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	5	อัตราการละลายของก้อนซิงค์ต่ำ	2	มีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 1 ครั้ง/วัน	3	30
หลังคาบ่อชุบรั่ว	น้ำยาหยดลงบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเป็นคราบน้ำยา	5	เกิดช่องว่างระหว่างน็อตกับหลักคาเนื่องจากถูกสารเคมีกัดกร่อน	2	กำหนดรอบการบำรุงรักษา 1เดือนต่อครั้ง	3	30

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับ	สาเหตุ	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	RPN(ก่อนปรับปรุง)	วิธีดำเนินการแก้ไข	RPN(หลังการปรับปรุง)
1	Jig แขวนชิ้นงานชำรุดเนื่องจากซี่ลวดใช้แขวนชิ้นงานเสื่อมสภาพ	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	120	เพิ่มขนาดซี่ลวดจาก Ø2.6 เป็น Ø3.0 และกำหนดการเปลี่ยน Jig จาก 4 เดือน เป็น 3 เดือน	30
2	โครง Jig เสื่อมสภาพเนื่องจากไม่มีมาตราการการบำรุงรักษา	ชิ้นงานเป็นคราบน้ำยาและสีผิวชุบไม่สม่ำเสมอ	120	กำหนดการเปลี่ยนน็อตทุกๆ 1 เดือน ลดความยาวน็อตจาก 60 มิลลิเมตรเป็น 57 มิลลิเมตรและกำหนดการเปลี่ยนแปรงถ่านทุกๆการ	30

				ใช้งานครบ 250 ครั้ง	
3	น้ำยาเคมีไม่สมดุล	สีผิวชุบไม่สม่ำเสมอ	120	กำหนดช่วงค่าควบคุมความเข้มข้นซิงค์ใหม่ จาก 7.86-8.00 เป็น 7.10-7.50 กรัมต่อลิตร	30
4	ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม	ไม่ผ่านการตรวจสภาพผิวชิ้นงานตามมาตราฐานของลูกค้าและทำให้การทนการกัดกร่อนของชิ้นงานลดลงทำให้มีโอกาสเกิดสนิม	120	จัดหาก้อนซิงค์ที่มีอัตราการละลายกับโซดาไฟสูงเพื่อลดการเติมโซดาไฟจนทำให้ตัวกรองน้ำยาอุดตัน	30
5	หลังคาบ่อชุบรั่ว	ชิ้นงานเป็นคราบน้ำยา	120	ออกแบบโครงหลังคาใหม่เป็นแบบจั่วมาครอบด้านบนเปลี่ยนวิธีการยึดจับจากการใช้น็อตเป็นกิ๊บสปริงและเปลี่ยนวัสดุหลังคาจาก PVC เป็น SUS304	30

จากการดำเนินการแก้ไขเพื่อลดปัญหาคราบดำบน Bracket และ คราบสารเคมีบนชิ้นงาน พบว่าผลการประเมิณค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยงจาก 120 คะแนน ลดลงเหลือ 30 คะแนน ทางทีมงานจึงทำการกำหนดมาตราฐานใหม่พร้อมทั้งคอยสังเกตุปริมาณของเสียหลังจากนำไปปฏิบัติจริงต่อไป

การเปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหา

การวัดผลหลังจากทางทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาคราบดำบน Bracket และ คราบสารเคมีบนชิ้นงาน โดยการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) มาประยุกต์ใช้ จึงทำการนำข้อมูลการผลิตในกระบวนการชุบซิงค์ นิกเกิลก่อนการปรับปรุงในช่วงเวลา กันยายน 2564-มกราคม 2565 และหลังการปรับปรุงในช่วงเวลา กรกฎาคม 2567-ธันวาคม 2567 มาทำการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 22-23

ตารางที่ 22 ปัญหาของเสียสูงที่สุด 4 อันดับแรกในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในช่วง กันยายน พ.ศ.2564 – มกราคม พ.ศ.2565

ลำดับ	ปัญหา	จำนวน (ชิ้น)	จำนวนที่ผลิต (ชิ้น) (ก.ย.-ม.ค.)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
1	คราบดำบนชิ้นงาน	16,832	376,785	4.47%
2	คราบสารเคมีบนชิ้นงาน	12,647		3.36%

3	ความหนาผิวชุบ	6,787		1.80%
4	สนิมบนชิ้นงาน	5,949		1.58%

ตารางที่ 23 ปัญหาของเสียสูงที่สุด 4 อันดับแรกในกระบวนการชุบ ซิงค์ นิกเกิล ในช่วง กรกฎาคม พ.ศ.2567 – ธันวาคม พ.ศ.2567

ลำดับ	ปัญหา	จำนวน (ชิ้น)	จำนวนที่ผลิต (ชิ้น) (ก.ค.-ธ.ค.)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
1	ความหนาผิวชุบ	5,690	439,427	1.29%
2	สนิมบนชิ้นงาน	904		0.2%
3	คราบสารเคมีบนชิ้นงาน	105		0.02%
4	คราบดำบนชิ้นงาน	60		0.01%

จากตารางที่ 22-23 เป็นการแสดงเพื่อเปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานที่เสียหายก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ช่วง เดือน กันยายน พ.ศ.2564 – มกราคม พ.ศ.2565 จำนวนของเสียที่เกิดปัญหาคราบเคมีมีจำนวน 12,647 ชิ้น ปัญหาสนิมบนชิ้นงาน 5,949 ชิ้น ปัญหาความหนาผิวชุบ 6,787 ชิ้น ปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน มีจำนวน 16,832 ชิ้น จากการผลิตทั้งหมด 376,785 ชิ้น คิดเป็น 3.36 เปอร์เซ็นต์ 1.58 เปอร์เซ็นต์ 1.80 เปอร์เซ็นต์ และ 4.47 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 22

หลังจากได้ทำการปรับปรุง มีจำนวนของเสียลดลงจากปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น ดังนี้ ปัญหาคราบเคมี มีจำนวน 105 ชิ้น ปัญหาสนิมบนชิ้นงาน 904 ชิ้น ปัญหาความหนาผิวชุบ 5,690 ชิ้น ปัญหาคราบดำบนชิ้นงาน มีจำนวน 60 ชิ้น จากการผลิตทั้งหมด 439,427 ชิ้น คิดเป็น 0.02 เปอร์เซ็นต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ 1.29 เปอร์เซ็นต์ และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 23

จากปัจจัยต่างๆที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบและข้อบกพร่องที่ทางทีมงานได้ทำการวิเคราะห์ผ่านเทคนิค FMEA สามารถแก้ไขปัญหาได้กับปัญหาปัญหาคราบเคมีและปัญหาคราบดำบนชิ้นงานที่เกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์มีปัญหา วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของน้ำยาชุบ แต่สำหรับปัญหาสนิมบนชิ้นงาน ทางทีมงานได้ทำการวิเคราะห์แล้วว่าเกิดจากวัตถุดิบที่เป็นท่อหลักในการลำเรียง

น้ำมันเกิดสนิมมาจากทาง Supplier จึงดำเนินการจัดการโดยการตรวจท่อหลักก่อนจะนำมาใช้ในการผลิต ซึ่งถ้าพบสนิมเกิดขึ้นจากล็อตการผลิตไหนจะทำการส่งคืนให้กับทาง Supplier โดยทันที จึงสามารถลดอัตราของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน

รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

สำหรับการดำเนินการจะคำนวณจากปริมาณการผลิตต่อปีที่ได้รับมาจากลูกค้าประมาณ 70,000 ชิ้นต่อเดือน หรือ 840,000 ชิ้นต่อปี มีค่าชุบชิ้นงานที่ 37 บาทต่อชิ้นตามการคำนวณที่ภาคผนวก ทำให้เกิดของเสียก่อนการปรับปรุงประมาณ 65,720 ชิ้น จะเสียค่าลอกผิวแล้วนำชิ้นงานกลับไปชุบซ้ำ 2,431,640 บาทต่อปี ซึ่งหลังจากดำเนินการปรับปรุงจะเกิดของเสียในกระบวนการประมาณ 250 ชิ้นต่อปี จะเสียค่าลอกผิวแล้วนำชิ้นงานกลับไปชุบซ้ำ 9,250 บาทต่อปี ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการชุบซ้ำได้ 2,422,390 บาทต่อปี

สำหรับการซ่อม Jig จากเดิมจะทำการซ่อมทุกๆ 4 เดือน แต่หลังจากการหาอายุการใช้งานที่เหมาะสมจะจะต้องทำการซ่อมทุกๆ 3 เดือน ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 320,000 บาทต่อปี

ดังนั้นจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการชุบซ้ำ 2,102,390 หรือ ประมาณ 2,102,000 บาทต่อปี

สรุปการดำเนินกิจกรรม

หลังจากดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรและเปลี่ยนวัตถุดิบ พบว่าปริมาณของเสียก่อนปรับปรุง ในช่วง พ.ศ.2565 มียอดของเสียจำนวน 42,215 ชิ้น จากการผลิต 376,785 ชิ้น คิดเป็น 11.2 เปอร์เซ็นต์และหลังจากการปรับปรุงแล้ว ในปี 2567 พบของเสียเป็นจำนวน 6,759 ชิ้น จากการผลิต 439,427 ชิ้น คิดเป็น 1.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถลดของเสียได้ 9.6 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการนำชิ้นงานกลับไปชุบใหม่เป็นเงิน 2,102,000 บาทต่อปี และลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนซ่อมบำรุงหลังคาจาก 387,500 บาทต่อปี เหลือ 40,000 บาทต่อปี ลดเวลาการซ่อมบำรุงหลังคาได้ 15 นาที จาก 30 นาทีต่อเครื่อง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการแก้ไขปัญหาในกระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล จากการศึกษาจุดบกพร่องในกระบวนการ โดยใช้เทคนิคแผนผังสาเหตุและผล(Cause and Effect diagram) หรือแผนผังก้างปลาและเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดของเสียจากปัญหา คราบสารเคมีบนชิ้นงานและคราบดำบนชิ้นงาน โดยสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. งานวิจัยนี้นำเสนอการลดของเสียในกระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลให้กับโรงงานกรณีศึกษาที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทท่อลำเรียงน้ำมัน จากข้อมูลปริมาณของเสียในกระบวนการจากฝ่ายผลิต ซึ่งมีลักษณะคราบดำและคราบสารเคมีบนชิ้นงาน ที่ก่อให้เกิดของเสียรวมกันมากที่สุด โดยมีจำนวน 42,215 ชิ้น ก่อนการปรับปรุง ในปี พ.ศ.2565

2. การลดของเสียจากปัญหาคราบดำและคราบสารเคมีบนชิ้นงาน จะต้องมีการระดมความคิดจากผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อหาสาเหตุก่อนจะนำไปปรับปรุงแก้ไขโดยประยุกต์ใช้แผนผังก้างปลามาจำกัดของเขตของปัจจัยจาก เครื่องจักร บุคลากร วัสดุ วิธีการ และสภาพแวดล้อมจึงสามารถสรุปปัจจัยที่คาดว่าจะก่อให้เกิดปัญหากับชิ้นงานทั้งหมด 17 ปัจจัย ดังนี้ 1.กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเกินกำหนด 2. Jig แขวนชิ้นงานชำรุด 3.โครง Jig เสื่อมสภาพ 4.กระบวนการเตรียมผิวก่อนชุบไม่สะอาด 5.เคมีกัดกร่อนผิวชิ้นงาน 6.พนักงานไม่ล้างตัวกรอง น้ำยาตามแผน 7. พนักงานไม่ตรวจเช็ค 8.น้ำยาเคมีไม่สมดุล 9.น้ำยาเคมีสกปรก 10.ความเข้มข้นของ ซิงค์-นิกเกิล 11. อุณหภูมิในบ่อชุบสูงกว่ามาตราฐาน 12. Ph ของเคมี ไม่ได้ตามค่าควบคุมที่กำหนด หลังจากนั้น นำปัจจัยต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยเทคนิค การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง

และผลกระทบ (FMEA) ซึ่งได้ข้อสรุปว่ามี 5 ปัจจัยที่มีคะแนนความเสี่ยงสูงมากกว่า 100 คะแนน ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข คือ 1. Jig แขวนชิ้นงานชำรุด 2. โครง Jig เสื่อมสภาพ 3.หลังคาบ่อชุบรั่ว 4.น้ำยาเคมีไม่สมดุล 5.ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม

3. การลดของเสียจากปัญหาคราบดำและคราบสารเคมีบนชิ้นงาน ในกระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล หลังจากผ่านการวิเคราะห์ความเสี่ยงมาแล้ว ได้มีแนวทางในการดำเนินการแก้ไขตามการคัดเลือกจากค่าดัชนีความเสี่ยงที่มีคะแนนมากกว่า 100 คะแนนและได้มีวิธีการแก้ไขจากปัจจัยทั้ง 5 ข้อ ตามตารางที่ 24 ส่งผลให้ค่าดัชนีความเสี่ยงลดลงมาจาก 120 คะแนนเป็น 30 คะแนน

ตารางที่ 24 แนวทางการแก้ไขเพื่อลดปัญหาคราบดำและคราบสารเคมีบนชิ้นงาน

ปัจจัย	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไข
Jig แขวนชิ้นงานชำรุด	เกิดจากอายุการใช้งานของ Jig น้อยกว่าที่ตั้งมาตรฐานไว้	กำหนดอายุการใช้งานของ Jig ใหม่ จากเดิมที่เคยกำหนดไว้ 4 เดือน เปลี่ยนเป็น 3 เดือน พร้อมทั้งเพิ่มขนาดของซี่ลวดที่ใช้ในการยึดจับชิ้นงานจาก 2.8 มิลลิเมตรเป็น 3 มิลลิเมตร พร้อมจัดทำมาตรฐานการทำงานใหม่
โครง Jig เสื่อมสภาพ	เกิดจากการไม่มีการกำหนดอายุการใช้งานของส่วนประกอบต่างๆ คือ น็อตยึด Jig แขวนชิ้นงานกับเฟรมเครื่องจักรและแปรงถ่าน	กำหนดมาตรฐานการใช้งาน โดยให้เปลี่ยนน็อตทุกๆ 1 เดือน ลดความยาวน็อตจาก 60 มิลลิเมตรเป็น 57 มิลลิเมตรและเปลี่ยนแปรงถ่านทุกๆการใช้งานครบ 250 ครั้งพร้อมทำมาตรฐานอายุการใช้งานของน็อตและแปรงถ่านใหม่
หลังคาบ่อชุบรั่ว	เกิดจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมและวัสดุที่ใช้ไม่สามารถกำจัดน้ำออกไปได้ไม่ดี	ออกแบบโครงหลังคาใหม่เป็นแบบจั่วมาครอบด้านบน เปลี่ยนวิธีการยึดจับจากการใช้น็อตเป็นกิ๊บสปริงและ

		เปลี่ยนวัสดุหลังคาจาก PVC เป็น SUS304
น้ำยาเคมีไม่สมดุล	เกิดจากความเข้มข้นของซิงค์ที่ควบคุมในมาตรฐานเดิมมากไปส่งผลให้ชิ้นงานเกิดคราบดำ	กำหนดความเข้มข้นของซิงค์ในน้ำยาชุบใหม่จากเดิมที่มีความเข้มข้น 7.86-8.00 กรัมต่อลิตรเป็น 7.10-7.50 กรัมต่อลิตรพร้อมทำมาตรฐานการควบคุมความเข้มข้นของซิงค์ใหม่
ความเข้มข้นของซิงค์-นิกเกิลน้อยกว่าค่าควบคุม	ความเข้มข้นของซิงค์ในน้ำยาชุบต่ำที่เกิดจากอัตราการละลายของก้อนซิงค์ต่ำ	จัดหาก้อนซิงค์ที่มีอัตราการละลายกับโซดาไฟสูงเพื่อลดการเติมโซดาไฟจนทำให้ตัวกรองน้ำยาอุดตัน

4. หลังจากดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแล้ว ค่าความเสี่ยงของกระบวนการจาก 120 คะแนน ลดลงเหลือ 30 คะแนน และมีของเสียลดลงจาก 42,215 ชิ้นจากการผลิต 376,785 ชิ้น ในปี พ.ศ.2565 ลดลงเหลือ 6,759 ชิ้น จากการผลิต 439,427 ชิ้น หรือลดลงจาก 11.2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหลังจากการปรับปรุงกระบวนการก็ได้มีการเก็บข้อมูลเรื่อยมาเป็นระยะเวลากว่า 10 เดือน เพื่อดูแนวโน้มของสภาพปัญหาหลังการแก้ไขซึ่งพบว่าปัญหาคราบดำจะกลับมาเกิดขึ้นอีกครั้งก็ต่อเมื่อใกล้ช่วงเวลาจะเปลี่ยน Jig แขวนงานที่ถูกกัดกร่อนจนซี่ลวดเล็กลง แต่ก็มีอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาคราบดำและคราบสารเคมีแค่ 0.02-0.01% โดยควบคู่กับการใช้การควบคุมน้ำยาชุบเข้ามาช่วยทดแทน ซึ่งแสดงว่าแนวทางการแก้ไขดังที่ได้ทำการศึกษานั้นสามารถแก้ไขปัญหาได้ผลและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการนำชิ้นงานกลับไปชุบใหม่เป็นเงิน 2,102,000 บาทต่อปี และ ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงหลังคาจากเดิมที่ต้องจ่าย 387,500 บาทต่อปีเหลือ 40,000 บาทต่อปีรวมถึงลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงหลังคาได้ 15 นาที จาก 30 นาทีต่อเครื่อง

อภิปรายผลการวิจัย

การลดปริมาณของเสียในกระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิลโดยวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคแผนผังเหตุและผล และเทคนิค FMEA มีส่วนช่วยอย่างมากซึ่ง จากจุดเริ่มต้นได้มีการตั้งสมมติฐานว่าสาเหตุหลักเกิดจากน้ำยาชุบที่มีเปอร์เซ็นต์ซิงค์ต่ำกว่าที่กำหนด โดยมีการ

เปรียบเทียบกับงานชิ้นอื่นที่ทำการชุบในไลน์ผลิตเดียวกันแต่ไม่เกิดปัญหา จึงได้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาชุบทุกครั้งที่เกิดปัญหาและเพิ่มปริมาณซิงค์ในน้ำยาชุบให้สูงขึ้นเพื่อนำไปกลบรอยจาก Jig แทน แต่ปัญหากลับไม่หายถาวร กลับเกิดซ้ำวนมา จนระยะเวลาผ่านไป 1 ปี มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาชุบไปจำนวน 4 ครั้ง เกิดค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก จึงทำการศึกษาปัญหาใหม่จากการบันทึกผลตลอดระยะเวลา 1 ปีที่ผ่านมาจนกลายเป็นวิธีการดังที่จะกล่าวไว้ ซึ่งมีการแก้ไขในส่วนของเครื่องจักรโดยเน้นไปที่อุปกรณ์และวัตถุดิบซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญของกระบวนการทำให้สามารถลดปริมาณของเสียจาก 11.2 เปอร์เซ็นต์เหลือ 1.6 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยการเปลี่ยนการออกแบบและวัสดุที่นำมาใช้ และได้จัดทำมาตราฐานสำหรับการบำรุงรักษา การออกแบบร่างโครงสร้างหลังคาใหม่พร้อมกำหนดการระยะเวลาการตรวจสอบอุปกรณ์เดือนละ 1 ครั้ง

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้หลักการแผนผังเหตุและผลเป็นตัวช่วยที่มีประโยชน์ในการจำกัดขอบเขตปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาจากการรวมความคิดจากผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด แล้วใช้เทคนิค FMEA ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกระบวนการเป็นต้นเหตุของปัจจัยซึ่งทั้ง 3 เครื่องมือเป็นส่วนช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการได้อย่างมีคุณภาพและยั่งยืน

2. จากปัจจัยที่ทางทีมงานได้ทำการวิเคราะห์มีแล้วนั้นบางปัจจัยก็อาจจะเป็นชิ้นส่วนเล็กๆในกระบวนการ เช่น น็อตยึด Jig แขวนชิ้นงานและแปรงถ่าน ซึ่งไม่ควรมองข้ามแม้จะเป็นเพียงชิ้นส่วนเล็กๆแต่ก็ส่งผลต่อชิ้นงานได้เหมือนกันและไม่ควรเจาะจงกับปัจจัยใดเป็นหลักดังที่ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการมุ่งเป้าไปที่น้ำยาชุบในตอนต้น

3. งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมการชุบซิงค์-นิกเกิลสำหรับสายการผลิตแบบอัตโนมัติ

4. การเก็บข้อมูลของแปรงถ่านนั้นทางผู้ดำเนินการวิจัยได้เก็บข้อมูลไว้แค่ 2 สถานีซึ่งอาจจะไม่เพียงพอ จึงจะทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

5. สำหรับปัญหาคราบดำบนชิ้นงานนั้น สิ่งที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือ Jig แขวนชิ้นงานที่จะสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง ทางทีมงานจึงจะทำการพัฒนาและหาแนวทางในการควบคุมให้ดีขึ้นกว่าที่ทำอยู่ในปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2547). การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์เอเชียเพรส.

จตุรานนท์, ช. (2561). การลดคราบขาวในกระบวนการชุบแผงวงจรแบบยืดหยุ่นด้วยไฟฟ้าโดยใช้การออกแบบการทดลอง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ *28* ฉบับที่ *2*.

ฉัตรชัย ฉายะรถี , ศักดิ์ชาย รักการ และ จีรวัฒน์ ปล้องใหม่. (2564). การลดของเสียในกระบวนการชุบโครเมี่ยมด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปีที่ *1* ฉบับที่ *1*.

ธีรศักดิ์ เจริญเศรษฐกุล. (2550). การศึกษาการใช้สารประกอบโลหะผสมกันในกระบวนการชุบนิกเกิลและโครเมียมด้วยไฟฟ้า. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปองพล อุดมชัยเดช และ อรรถกร เก่งพล. (2561). การลดของเสียในกระบวนการชุบเคลือบผิว กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ *3* , *(ID036)* , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา.

พงศ์ณฐ สำเร็จเฟื่องฟู. (2560). การประยุกต์ FMEA ในการประเมินความเสี่ยงและปรับปรุงการผลิตของผู้ส่งมอบชิ้นงาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) , มหาวิทยาลัยบูรพา.

มัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ. (2547). การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

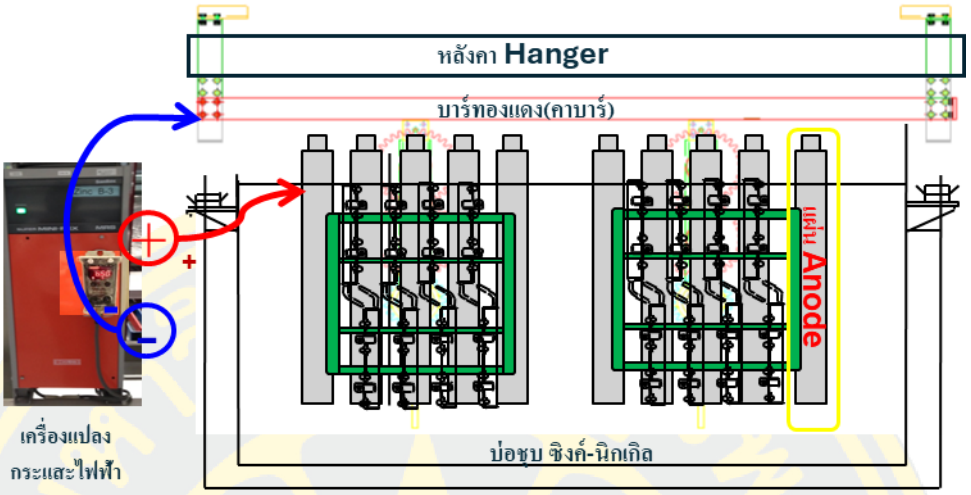
ระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล. (2565). การลดของเสียในกระบวนการรีดลวดโดยใช้เทคนิค FMEA สำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง. *(*วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) , มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรพจน์ เสรีรัฐ และ ชนกานต์ วุฒิวรคุปต์. (2552). การปรับปรุงกระบวนการชุบเคลือบสังกะสีด้วยไฟฟ้าบนทีนัตโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณภาพ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 48-54.

อนันต์ ทองมอญ. (2526). ชุบโลหะด้วยไฟฟ้า. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์ , กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก

ภาพอุปกรณ์สำหรับกระบวนการชุบ



ภาพที่ 30โครงสร้างอุปกรณ์ในขณะอยู่ในกระบวนการชุบซิงค์ - นิกเกิล(บ่อชุบ)

อุปกรณ์สำหรับกระบวนการชุบซิงค์-นิกเกิล

1.เครื่องแปลงกระแส: ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงโดยต่อขั้วลบเข้ากับชิ้นงานผ่านตัวกลาง(บาร์ทองแดง)และต่อขั้วบวกเข้ากับแผ่น Anode เพื่อให้ไปผลักสารละลายโลหะเข้าไปยึดติดกับชิ้นงานที่มีขั้วตรงข้าม

ภาพที่ 31 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

2.บาร์ทองแดง(คาบาร์): ทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำกระแสไฟฟ้าลบไปยังชิ้นงาน

ภาพที่ 32 บาร์ทองแดง(คาบาร์)

3.แผ่น Anode: ทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำกระแสไฟฟ้าบวกเข้าสู่สารละลายซิงค์-นิกเกิล

ภาพที่ 33 แผ่น Anode

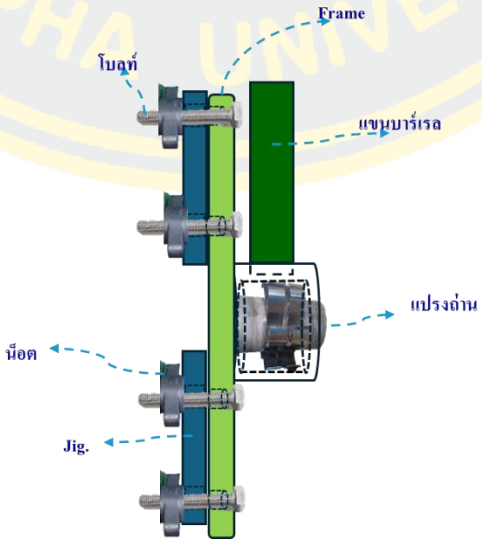
4.Frame: ทำหน้าที่ยึดจับ Jig แขวนชิ้นงานและเป็นตัวหมุนเพื่อให้น้ำยาสัมผัสกับชิ้นงานทั่วทั้งชิ้น

ภาพที่ 34 เฟรม

5.บ่อชุบ: ทำหน้าที่รองรับน้ำยาชุบ

การประกอบ Jig เข้ากับ Frame

การประกอบ Jig เข้ากับ Frame จะใช้โบลท์และน็อตในการยึดจับดังภาพที่ xx



ภาพที่ 35 การประกอบ Jig เข้ากับ Frame

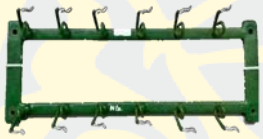
1.โบลท์: ทำหน้าที่ในการยึด Jig และ Frame เข้าด้วยกันโดยจะใช้ 4 ชิ้นต่อJig

ภาพที่ 36 โบลท์

2.น็อต: ทำหน้าที่ในการสร้างแรงยึดเหนี่ยวผ่านโบลท์ระหว่าง Jig และ Frame

ภาพที่ 37 น็อต

3.Jig แขวนชิ้นงาน: ทำหน้าที่ยึดจับชิ้นงานและเป็นตัวกลางในการนำพากระแสไฟฟ้าลบเข้าสู่ชิ้นงาน



ภาพที่ 38 Jig แขวนชิ้นงาน

4.แขนบาร์เรล: ทำหน้าที่เป็นตัวนำพากระแสไฟฟ้าลบไปยังแปรงถ่าน

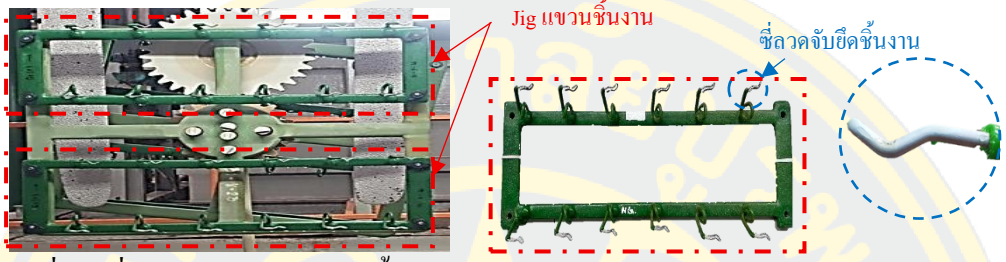
ภาพที่ 39 Jig แขนบาร์เรล

5.แปรงถ่าน: ทำหน้าที่เป็นตัวนำพากระแสลบไฟฟ้าไปยัง Jig และมอเตอร์ให้ Frame หมุน

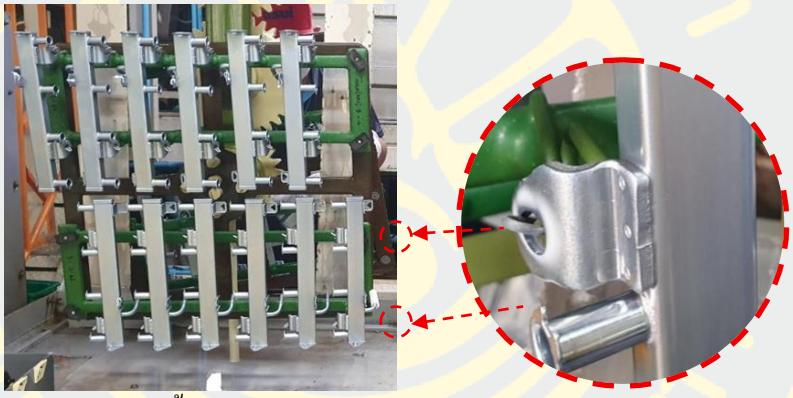
ภาพที่ 40 แปรงถ่าน

ลักษณะการยึดจับชิ้นงานกับ Jig

การยึดจับชิ้นงานกับ Jig จะใช้ซี่ลวด ภาพที่ 41 เป็นตะขอเกี่ยวที่ชิ้นงานทั้งบนและล่างดัง ภาพที่ 42 เพื่อป้องกันการขยับของชิ้นงานซึ่งอาจจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานไม่สม่ำเสมอและป้องกันการหล่นของชิ้นงานลงบ่อชุบ



ภาพที่ 41 ซี่ลวดสำหรับการยึดจับชิ้นงานบน Jig



ภาพที่ 42 ลักษณะการยึดจับชิ้นงานเข้ากับ Jig

ลักษณะบ่งชี้อุปกรณ์ที่เหมาะสมบริเวณหน้างาน

ภาพตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ชำรุดไม่พร้อมใช้งานกับอุปกรณ์ที่พร้อมใช้งาน เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจของพนักงานที่หน้างาน ดังภาพที่ 43

ภาพที่ 43 ข้อควรระวังในการนำอุปกรณ์มาใช้งานกรณีที่พนักงานพบเห็นอุปกรณ์ที่น่าสงสัย

ลักษณะบ่งชี้ความผิดปกติของชิ้นงานที่หน้างาน

ชี้แจงพนักงานให้ทราบเกี่ยวกับสิ่งผิดปรกติของชิ้นงานพร้อมทั้งให้รู้ถึงจุดสังเกตุโดยจัดทำภาพตัวอย่างของชิ้นงานที่ผิดปกติเพื่อใช้ในการตัดสินใจของพนังงานที่หน้างาน ดังภาพที่ 44

ภาพที่ 44 ชิ้นงานผิดปรกติ

การคำนวณค่าชุบชิงค์ – นิกเกิลต่อชิ้น

วิธีการคำนวณค่าชุบชิ้นงานจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรายปีในไลน์การผลิตของปีที่ผ่านมา ซึ่งจะประกอบไปด้วย ค่าสารเคมีและวัสดุ , ค่าไฟฟ้า , ค่าแก๊ส LPG , ค่าซ่อมแซม(เครื่องจักรและอุปกรณ์) , ค่าวัสดุสิ้นเปลือง , เงินเดือนพนักงาน , ค่าน้ำเสีย , ค่าขยะอุตสาหกรรม , ค่าน้ำ , เปอร์เซ็นต์ของเสีย 4.0% , ค่าการจัดการ , ค่าเสื่อม (โครงสร้าง) และ ค่าเสื่อม (เครื่องจักรและอุปกรณ์) แล้วนำมาหารด้วยค่าพื้นที่ผิว(Dm2) เพื่อแปลงค่าชุบชิ้นงานเป็นบาทต่อพื้นที่ผิวทำให้ง่ายต่อการคำนวณเป็นชิ้นงาน ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรายปีในไลน์การผลิตของปีที่ผ่านมา(ปี พ.ศ.2567)

ค่าใช้จ่าย ไลน์ชุบ ซิงค์-นิกเกิล ปี พ.ศ.2567

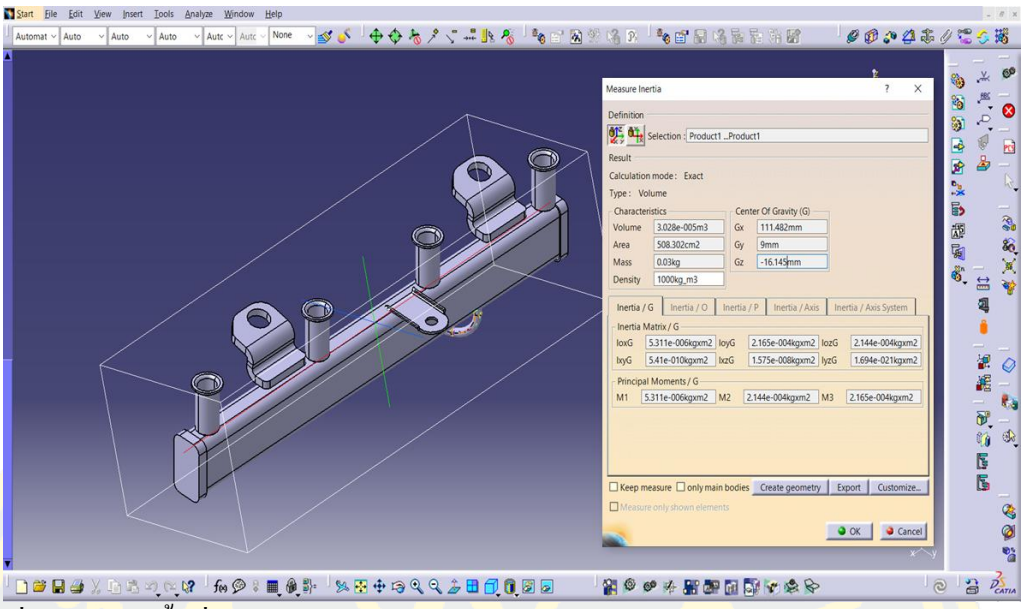
ลำดับ	ปริมาณการผลิต		มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	เฉลี่ย
		จำนวน	307,078	348,311	394,606	282,973	286,748	232,805	294,859	366,728	445,836	415,881	398,984	343,301	4,118,110	343,176
		พื้นที่ผิว	1,064,788	1,285,270	1,580,358	949,748	979,873	768,611	957,419	1,193,831	1,434,166	1,327,578	1,374,439	1,136,492	14,052,573	1,171,048
1	ค่าสารเคมีและวัสดุ	บาท	3,799,476	4,594,323	4,155,033	3,511,698	4,125,000	3,834,020	4,796,344	3,921,157	3,511,184	3,601,627	4,365,047	3,341,278	47,556,186	3,963,016
2	ค่าไฟฟ้า	บาท	840,472	873,778	921,836	736,758	905,546	760,298	844,217	810,256	764,667	734,906	804,136	801,742	9,798,611	816,551
3	ค่าแก๊ส LPG	บาท	76,506	70,294	67,291	37,344	80,099	71,327	85,202	87,346	72,913	73,412	78,923	69,575	870,234	72,519
4	ค่าซ่อมแซม(เครื่องจักรและอุปกรณ์)	บาท	933,793	171,017	1,039,835	762,309	1,719,391	858,267	1,029,361	1,132,112	634,331	992,142	1,020,117	738,599	11,031,272	919,273
5	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	บาท	22,377	23,799	37,088	21,670	8,111	14,048	16,719	22,401	11,669	16,578	16,702	10,801	221,963	18,497
6	เงินเดือนพนักงาน	บาท	960,001	1,051,598	1,082,130	837,872	898,937	807,340	898,937	837,872	929,469	990,533	1,021,066	837,872	11,153,627	929,469
7	ค่าน้ำเสีย	บาท	27,172	27,436	23,023	15,978	18,771	15,412	18,392	18,461	16,924	15,803	16,840	15,458	229,668	19,139
8	ค่าขยะอุตสาหกรรม	บาท	125,900	234,520	268,300	94,330	196,418	194,394	252,830	139,310	188,752	162,540	192,942	132,200	2,182,436	181,870
9	ค่าน้ำ	บาท	86,342	69,329	75,299	64,648	86,071	64,237	70,287	71,810	55,084	45,584	59,138	61,660	809,489	67,457
10	เปอร์เซ็นต์ของเสีย 4.0%	บาท	274,882	284,644	306,793	243,304	321,534	264,774	320,492	281,629	247,400	265,325	302,996	240,367	3,354,139	279,512
11	รวม 1-12	บาท	7,146,919	7,400,735	7,976,628	6,325,911	8,359,878	6,884,116	8,332,780	7,322,355	6,432,393	6,898,450	7,877,907	6,249,552	87,207,625	7,267,302
12	ค่าการจัดการ	บาท	630,565	650,871	696,942	564,885	727,602	609,541	725,434	644,600	573,403	610,688	689,044	558,776	7,682,351	640,196
13	ค่าเสื่อม (โครงสร้าง)	บาท	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	13,875	166,503	13,875
14	ค่าเสื่อม (เครื่องจักรและอุปกรณ์))	บาท	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	721,271	8,655,254	721,271
15	ค่าเสื่อมทั้งหมด	บาท	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	735,146	8,821,756	735,146
16	รวม 13-17	บาท	7,882,066	8,135,882	8,711,774	7,061,057	9,095,024	7,619,263	9,067,927	8,057,501	7,167,540	7,633,597	8,613,053	6,984,699	96,029,381	8,002,448
	รวม	บาท	8,512,631	8,786,752	9,408,716	7,625,942	9,822,626	8,228,804	9,793,361	8,702,101	7,740,943	8,244,284	9,302,097	7,543,475	103,711,732	8,642,644

ตารางที่ 25 ค่าชุบชิ้นงานต่อตารางเดซิเมตร

ราคาแต่ละรายการ	THB/Dm^2
ค่าสารเคมีและวัสดุ	3.38
ค่าไฟฟ้า	0.70
ค่าแก๊ส LPG	0.06
ค่าซ่อมแซม(เครื่องจักรและอุปกรณ์)	0.79
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	0.02
เงินเดือนพนักงาน	0.79
ค่าน้ำเสีย	0.02
ค่าขยะอุตสาหกรรม	0.16
ค่าน้ำ	0.06
เปอร์เซ็นต์ของเสีย 4.0%	0.24
ค่าการจัดการ	0.55
ค่าเสื่อม (โครงสร้าง)	0.01
ค่าเสื่อม (เครื่องจักรและอุปกรณ์))	0.62
รวมทั้งหมด	7.38

ดังนั้นค่าชุบชิ้นงานสำหรับการวิจัยจะคิดจาก พื้นที่ผิวของชิ้นงาน(ใช้โปรแกรม Catia) ในการหาพื้นที่ผิวดังภาพที่ 45 แล้วนำมาคูณด้วยค่าชุบจากตารางที่ 25 ดังสมการด้านล่าง

ค่าชุบชิ้นงาน(บาท/ชิ้น) = พื้นที่ผิวชิ้นงาน(Dm^2) x ราคาชุบชิ้นงาน(บาท/Dm^2)



ภาพที่ 45 การหาพื้นที่ผิวโดยโปรแกรม Catia

วิธีการคำนวณ

ราคาชุบชิ้นงาน

ค่าชุบชิ้นงาน(บาท/ชิ้น) = พื้นที่ผิวชิ้นงาน(dm^2) x ราคาชุบชิ้นงาน(บาท/dm^2)

ค่าชุบชิ้นงาน(บาท/ชิ้น) = 5 x 7.4

ค่าชุบชิ้นงาน(บาท/ชิ้น) = 37 บาท/ชิ้น

ปริมาณของเสียก่อนการปรับปรุงและหลัง ได้มาจากร้อยละของเสียก่อนและหลังการปรับปรุงเทียบกับจำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าแจ้งมาเท่ากับ 70,000 ชิ้นต่อเดือน

ชิ้นงานเสียก่อนการปรับปรุง = เปอร์เซ็นต์ของเสีย x จำนวนชิ้นงานจากลูกค้าต่อปี

= 7.83% x (70,000x12)

= 65,720 ชิ้น/ปี

คิดเป็นค่าการชุบซ้ำเท่ากับ 2,431,640 บาท/ปี

ชิ้นงานเสียก่อนการปรับปรุง = เปอร์เซ็นต์ของเสีย x จำนวนชิ้นงานจากลูกค้าต่อปี

= 0.03% x (70,000x12)

= 250 ชิ้น/ปี

คิดเป็นค่าการชุบซ้ำเท่ากับ 9,250 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา Jig = จำนวน Jig ที่ส่งซ่อมต่อปี x ราคาการส่งซ่อมต่อ Jig

จำนวน Jig ที่ใช้ = 64 Jig/รอบการชุบ

ราคาการส่งซ่อม = 5,000 บาท/Jig

อายุการใช้งาน Jig ก่อนการปรับปรุง = 4 เดือน/ครั้ง

ดังนั้น จำนวน Jig ที่ซ่อมบำรุงก่อนการปรับปรุง = 64 x 3 = 192 Jig/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง = 192 x 5,000

= 960,000 บาท/ปี

อายุการใช้งาน Jig หลังการปรับปรุง = 3 เดือน/ครั้ง

ดังนั้น จำนวน Jig ที่ซ่อมบำรุงหลังการปรับปรุง = 64 x 4 = 256 Jig/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง = 192 x 5,000

= 1,280,000.00 บาท/ปี

ผลการดำเนินการหลังการปรับปรุง =

(ค่าการชุบซ้ำ(ก่อนการปรับปรุง)-ค่าการชุบซ้ำ(หลังการปรับปรุง)) – (ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง Jig (ก่อนการปรับปรุง) - ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง Jig (หลังการปรับปรุง))

ผลการดำเนินการหลังการปรับปรุง = (2,431,640-9,250) + (960,000-1,280,000.00)

= 2,422,390 + (-320,000)

= 2,102,390 บาทต่อปี

ดังนั้น หลังการปรับปรุงกระบวนการ สามารถลดค่าใช้จ่ายต่อปีได้ 2,102,390 บาทต่อปี

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	เจตนิพัทธ์ อารีราษฎร์พิทักษ์
วัน เดือน ปี เกิด	27 มิถุนายน 2537
สถานที่เกิด	จันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	148 หมู่ 10 ตำบล หนองเหียง อำเภอ พนัสนิคม จังหวัด ชลบุรี 20140
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	วิศวกรแผนวิจัยและพัฒนา บริษัท อูซูอิ อินเตอร์เนชั่นแนล คอร์ปอเรชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด
ประวัติการศึกษา	ปริญาตรี สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง