การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอย

โดย
นายดนุพนธ์ นานา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอย

โดย
นายดนุพนธ์ นานา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE: A CASE STUDY OF SPRAY DRIED FOOD FACTORY

By

Mr. Danuphon Nana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Engineering Program in Engineering Management

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอย” เสนอโดย นายดนุพนธ์ นานา เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

...../...../.....

56405313: สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรม
คำสำคัญ: การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน / การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง / การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ

ดนุพนธ์ นานา: การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอย. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์. 180 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาที่เกิดจากการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในกระบวนการผลิตครีมเทียม โดยนำทฤษฎีการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ในเครื่องจักรโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง และจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องจักร

ขั้นตอนตามหลักการซ่อมบำรุงรักษานี้เริ่มจาก การเลือกเครื่องจักรที่มีความสำคัญ ซึ่งกระทบต่อกระบวนการผลิตในโรงงานตัวอย่าง ระบุระบบการทำงานย่อยและหน้าที่การใช้งาน ระบุความล้มเหลวและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ วิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหาย สาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น จากนั้นเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ สร้างแผนการซ่อมบำรุงรักษา และนำไปใช้งานต่อไป

จากผลการดำเนินการวิจัยพบว่า การนำทฤษฎีการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ในเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ในโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง เลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาโดยใช้ RCM Logic tree ร่วมกับการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรเกิดการหยุดฉุกเฉิน ในการเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม สามารถเพิ่มเวลาเฉลี่ยการเสียหาย (MTBF) จากเดิม 19,704 นาที เป็น 33,840 นาที หรือเพิ่ม 41.70% และสามารถเพิ่มอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) เพิ่มขึ้นจากเดิม 99.16 % เป็น 99.84 % หรือเพิ่ม 0.68% อย่างไรก็ตาม ข้อมูลและระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยมีข้อจำกัดอยู่ที่ 8 เดือน

56405313: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD: PREVENTIVE MAINTENANCE / RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE / FAILURE MODE EFFECTS ANALYSIS
DANUPHON NANA: RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE: A CASE STUDY OF SPRAY DRIED FOOD FACTORY. THESIS ADVISOR: Asst. Prof. Dr. CHOOSAK PORNSING. 180 pp.

This research aims to reduce time of the breakdown and damage of the machine in non-dairy creamer production process by using the theory of reliability centered maintenance on the sample factory's spray dried machines; incorporates with reliability based preventive maintenance planning.

This principle of maintenance begins with the selection of machine which affects production process of the sample factory, identification of sub-system, function, failures and analysis of damage, cause and effect, selection of appropriate maintenance techniques, including creation and implementation of maintenance plan.

The results showed that the application of reliability centered maintenance technique on Homo GEA machine and sieving machine in the sample factory can increase mean time between failures (MTBF) from 19,704 minutes to 33,840 minutes or increases 41.70% and increase machine availability from 99.16% to 99.84% or increases 0.68%. However, the data and time used in the research is limited to 8 months.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University
Student's Signature..... Academic Year 2016
Thesis Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการทำวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทีมงานวิศวกรรมในโรงงานตัวอย่าง ตลอดจนถึงพนักงานจากแผนกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของโรงงานตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและชี้นำแนวทางการศึกษาด้วยดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนเรื่องทุนการศึกษาและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฏ

1. บทนำ..... 1
    1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
    1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 5
    1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 5
    1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย..... 6
    1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

2. แนวคิด ทฤษฎีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 8
    2.1 วงจรชีวิตของเครื่องจักรและการเสื่อมสภาพ..... 8
    2.2 ความก้าวหน้าของการซ่อมบำรุงรักษา..... 10
    2.3 การซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน..... 11
    2.4 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน..... 12
    2.5 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์เบื้องต้น..... 18
    2.6 การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง..... 19
    2.7 การจัดงานซ่อมบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือ..... 26
    2.8 การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ..... 28
    2.9 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ..... 37
    2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเบื้องต้น..... 45

3. วิธีดำเนินงานวิจัย..... 48
    3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 48
    3.2 ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด..... 48
    3.3 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา..... 61
    3.4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 61
    3.5 การเลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น..... 63
    3.6 จำแนกส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อยและระบุหน้าที่การใช้งาน..... 64
    3.7 การวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อย..... 75

บทที่ **หน้า**

3.8 การระบุความล้มเหลวในแต่ละระบบย่อย (Functional Failure)..... 79
3.9 การสร้างระบบบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ..... 80
3.10 การดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร..... 83
3.11 การกำหนดแผนในการเข้าตรวจสอบและการประยุกต์นำไปใช้งาน..... 84

4. ผลการดำเนินการวิจัย..... 85
4.1 ผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับคุณลักษณะความเสียหาย..... 85
4.2 การสร้างแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรและการนำไปใช้งาน..... 89
4.3 ผลการดำเนินงาน..... 93
4.4 ผลการทดสอบสมมุติฐานการวิจัย..... 96

5. สรุปผลการวิจัย..... 102
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย..... 103
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย..... 105
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 106

รายการอ้างอิง..... 108
ภาคผนวก..... 111
ภาคผนวก ก ตารางแสดงเครื่องจักรในอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย..... 113
ภาคผนวก ข ตารางแสดงจำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558..... 116
ภาคผนวก ค ตารางแสดงเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558..... 120
ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC)..... 124
ภาคผนวก จ ตารางแสดงผลเปรียบเทียบการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักรกับประวัติเครื่องจักรหยุด..... 127
ภาคผนวก ฉ ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA..... 130
ภาคผนวก ช ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Sieving..... 135

บทที่ **หน้า**

ภาคผนวก ซ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA..... 137
ภาคผนวก ฌ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Sieving..... 142
ภาคผนวก ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA..... 144
ภาคผนวก ฎ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Sieving..... 153
ภาคผนวก ฏ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง..... 157
ภาคผนวก ฐ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง..... 159
ภาคผนวก ฑ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังการปรับปรุง..... 162
ภาคผนวก ฒ การพัฒนาตนเอง..... 166

ประวัติผู้วิจัย..... 169

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างกิจกรรมต่าง ๆ ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน..... 15
2.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality : MC)... 24
2.3 แสดงเกณฑ์การกำหนดอัตราผลกระทบของความรุนแรง (S)..... 42
2.4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความถี่ที่เกิดขึ้นของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด (O)..... 43
2.5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการตรวจจับ (D)..... 44
3.1 เกณฑ์ความมากน้อยในการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์..... 76
3.2 เกณฑ์ราคาของชิ้นส่วนอุปกรณ์..... 76
3.3 เกณฑ์ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์..... 76
3.4 เกณฑ์ผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ เมื่อชิ้นส่วนที่พิจารณาเกิดความเสียหาย 77
3.5 เกณฑ์การแบ่งกลุ่มลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์..... 77
3.6 ผลวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยเครื่อง Homo GEA..... 78
3.7 ผลวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยเครื่อง Sieving..... 78
3.8 ประวัติการชำรุดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Homo GEA ในปี พ.ศ.2558..... 79
3.9 ประวัติการชำรุดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Sieving ในปี พ.ศ.2558..... 80
4.1 ตารางแสดงผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร Homo GEA..... 86
4.2 ตารางแสดงผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร Sieving..... 88
4.3 ตารางแสดงค่าอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรก่อนปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving..... 94
4.4 ตารางแสดงค่าอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving..... 94
4.5 ตารางแสดงเวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (MTBF) ก่อนปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving..... 95
4.6 เวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (MTBF) หลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving..... 96
4.7 ตารางสรุปผลการเปรียบเทียบ ดัชนีการวัดผลการดำเนินงาน ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving..... 96

ตารางที่ **หน้า**

4.8 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าอัตราความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) ก่อนและหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving 98
4.9 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายก่อนและหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving..... 100
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 105
ก ตารางแสดงเครื่องจักรในอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย..... 113
ข ตารางแสดงจำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558..... 117
ค ตารางแสดงเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558..... 121
ง ตารางแสดงผลการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC)..... 125
จ ตารางแสดงผลเปรียบเทียบการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักรกับประวัติเครื่องจักรหยุด..... 128
ฉ ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA..... 131
ช ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Sieving..... 136
ซ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA..... 138
ฌ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Sieving..... 143
ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA..... 145
ฎ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Sieving..... 154

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง..... 3
1.2 แผนผังของอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยอาคาร SD#3..... 4
1.3 แผนผังของกรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6
2.1 กราฟ “เส้นโค้งรูปอ่างน้ำ” (Bathtub curve)..... 9
2.2 กระบวนการการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง..... 21
2.3 กระบวนการการคัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤติ..... 23
2.4 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... 25
2.5 แผนภาพการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยที่สำคัญ..... 27
2.6 ชนิดของงานบำรุงรักษา..... 29
2.7 ผังองค์ประกอบของการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์..... 30
2.8 การวัดการสั่นสะเทือน..... 31
2.9 กราฟแนวโน้มการสั่นสะเทือน..... 31
2.10 การวัดเสียงจากเครื่องจักรโดย Stethoscope..... 32
2.11 เครื่องใช้วัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น..... 32
2.12 Flow meter ตรวจวัดอัตราการไหล..... 33
2.13 การใช้งาน Thermography ตรวจสภาพเครื่องจักร..... 33
2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายงานซ่อมกับความพร้อมของเครื่องจักรสำหรับการซ่อมบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ..... 35
2.15 กระบวนการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร (Equipment Degradation Process)..... 36
3.1 ถังผสมขนาด 6000 ลิตร..... 50
3.2 ถังผสมขนาด 2000 ลิตร..... 51
3.3 ถังพักขนาด 6000 ลิตร..... 51
3.4 เครื่องให้ความร้อนตั้งต้น (Preheat)..... 52
3.5 เครื่อง Homo GEA 53
3.6 โบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower)..... 53
3.7 ชุดคอยล์ไอน้ำ (Steam coil)..... 54
3.8 โบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower)..... 54
3.9 ห้องอบแห้ง (Chamber) 55
3.10 ไซโคลน (Cyclone) 56
3.11 เครื่องร่อน (Sieving)..... 56
3.12 ไซโล (Silo) 57
3.13 เครื่องบรรจุ (Packing) 57

รูปที่ **หน้า**

3.14 เครื่องซีลอัตโนมัติ 58
3.15 โปรแกรมแจ้งซ่อมที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร 59
3.16 แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน 59
3.17 ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน 60
3.18 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 62
3.19 เครื่อง Homo GEA ของโรงงานตัวอย่าง 65
3.20 ส่วนประกอบย่อยของชุด Compression Head 66
3.21 ส่วนประกอบย่อยของชุด Homogenizing Group 67
3.22 ส่วนประกอบย่อยของชุด Pressure Gauge 67
3.23 ส่วนประกอบย่อยของชุด Outlet Flange Group 68
3.24 ส่วนประกอบย่อยของชุด Relief Valve 69
3.25 ส่วนประกอบย่อยของชุด Manifold Group 69
3.26 ส่วนประกอบย่อยของชุด Transmission Body 70
3.27 ส่วนประกอบย่อยของชุด Drive End 70
3.28 ส่วนประกอบย่อยของชุด Pneumatic System 71
3.29 ส่วนประกอบย่อยของชุด Lubrication Plant 72
3.30 ส่วนประกอบย่อยของชุด Water Plant 72
3.31 เครื่อง Sieving ของโรงงานตัวอย่าง 73
3.32 ส่วนประกอบย่อยของชุด Vibration 73
3.33 ส่วนประกอบย่อยของชุด Inlet product 74
3.34 ส่วนประกอบย่อยของชุด Filter 74
3.35 ส่วนประกอบย่อยของชุด Outlet product 75
3.36 กระบวนการ RCM Methodology Logic 81
3.37 เครื่องมือตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของมอเตอร์ 83
3.38 เครื่องมือตรวจสอบการหลวมคลอนและการขันแน่น 84
3.39 การเปลี่ยนชิ้นส่วนตามรอบเวลา 84
4.1 แสดงใบงานการบำรุงรักษาแบบใหม่ของเครื่อง Homo GEA ที่ได้จากการวิเคราะห์ 90
4.2 แสดงใบงานการบำรุงรักษาแบบใหม่ของเครื่อง Sieving ที่ได้จากการวิเคราะห์ 92
4.3 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA 93

รูปที่ **หน้า**

4.4 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Sieving 93
4.5 การทดสอบด้วยวิธี Paired T – test แบบมีทิศทางด้านซ้าย..... 97
4.6 การวิเคราะห์ค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรโดยวิธี Paired T – test 99
4.7 การวิเคราะห์เวลาเฉลี่ยระหว่างก่อนการเสียหายโดยวิธี Paired T – test..... 100
ฎ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง..... 158
ฐ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง..... 160
ฑ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังการปรับปรุง..... 163

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรมอาหารมีการแข่งขันกันทางด้านธุรกิจอย่างรุนแรง ทำให้แต่ละองค์กรมีความจำเป็นที่จะต้องทำการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าเป็นอย่างมาก เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันกับคู่แข่งทางธุรกิจ เพื่อทำให้ผลิตสินค้าที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ มีคุณภาพที่ดี และสามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันทางองค์กรยังต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตสินค้า โดยการที่จะดำเนินการโดยที่บรรลุเป้าหมายนั้นจะต้องมีทรัพยากรและปัจจัยต่าง ๆ คือ วัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักร และเงินลงทุน เพื่อนำมาใช้ในการผลิตสินค้า

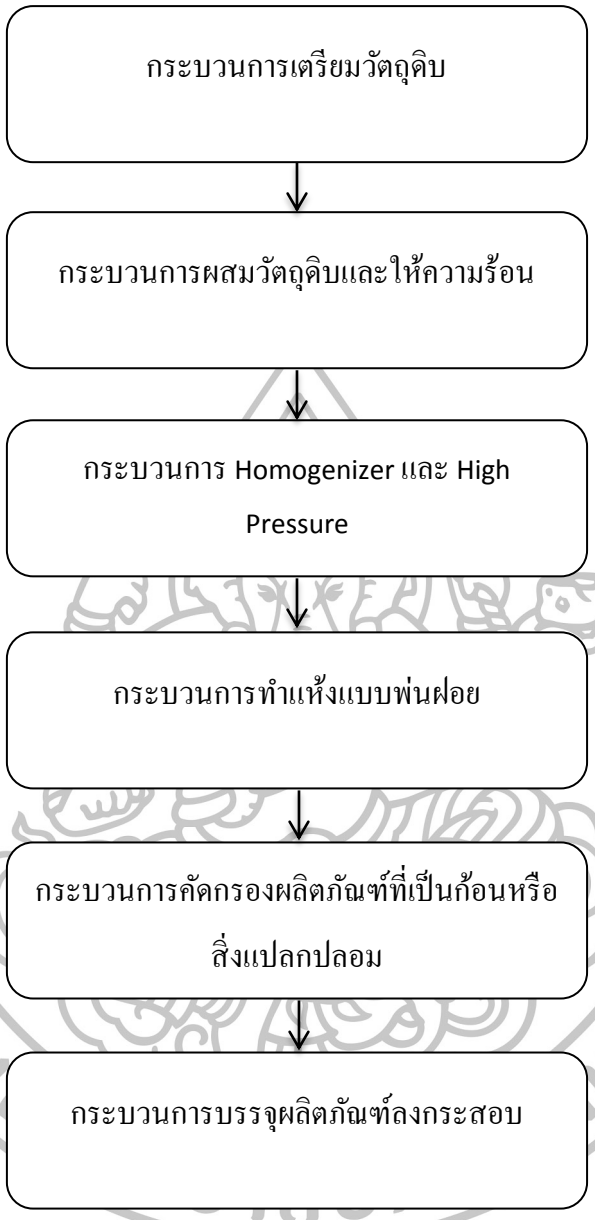
ปัจจัยที่มีผลที่สำคัญในการผลิตให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ก็จะต้องมีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่สามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีอัตราในการทำงานเร็วทำให้สามารถทำการผลิตได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับผู้ผลิตได้ดียิ่งขึ้น แต่ถ้าหากเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเกิดมีปัญหา ขัดข้องและเสียหายจะส่งผลให้กระบวนการผลิตเกิดการหยุดกะทันหัน (Breakdown) เกิดการค้างงานในกระบวนการผลิต (Work In Process) หรือทำให้เกิดการรองานในกระบวนการผลิตถัดไป ทำให้สินค้าที่ผลิตออกมาไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่ทางลูกค้าต้องการ ไม่สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ตามกำหนด สูญเสียค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตทั้งวัตถุดิบและเวลาในการผลิต รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ชำรุดเสียหาย นอกจากนี้อาจจะเกิดอันตรายต่อบุคคลที่อยู่ในกระบวนการผลิต เกิดการสูญเสียพลังงาน หรือแม้แต่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

บริษัทตัวอย่างเป็นโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารในรูปแบบการทำแห้งของอาหารโดยมีผลิตภัณฑ์ในกลุ่มการทำแห้งแบบระเหิด (Freeze Dried) ได้แก่ อาหารแช่แข็ง อาหารทะเล เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ ซุป และข้าวต้ม ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มการทำแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อน (Air Dried) ได้แก่ ผัก และเครื่องปรุงรสต่าง ๆ จากเนื้อสัตว์และอาหารทะเล และผลิตภัณฑ์ในกลุ่มการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) ได้แก่ ครีมเทียม กาแฟผง นมผง ผลิตภัณฑ์ใช้แทนนมในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ ผงวิปปิ้งครีม Maltodextrin กะทิผง การทำแห้งแบบพ่นฝอยนับเป็นสายการผลิตหลักของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งมีอัตราการผลิตประมาณ 30,000 ตันต่อปี ในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างจะใช้

เครื่องจักรเป็นหลักในการผลิตซึ่งจะมีทั้งเครื่องจักรขนาดเล็กไปจนถึงเครื่องจักรขนาดใหญ่ โดยมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมงและผลิตต่อเนื่องทั้งเดือนก่อนที่จะหยุดทำความสะอาดระบบการผลิต ทำให้เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตต้องทำงานอย่างหนักตลอดเวลา ส่งผลให้เครื่องจักรเกิดการชำรุดเสียหายและเสื่อมสภาพลงทำให้มีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นแบบการแก้ไขเฉพาะหน้า โดยจะดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาหลังจากเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องหรือชำรุดในกระบวนการผลิต เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารจะมีชิ้นส่วนที่ซับซ้อน จึงต้องมีการดำเนินการจัดการและวางแผนด้านการซ่อมบำรุงรักษาให้ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะของเครื่องจักร

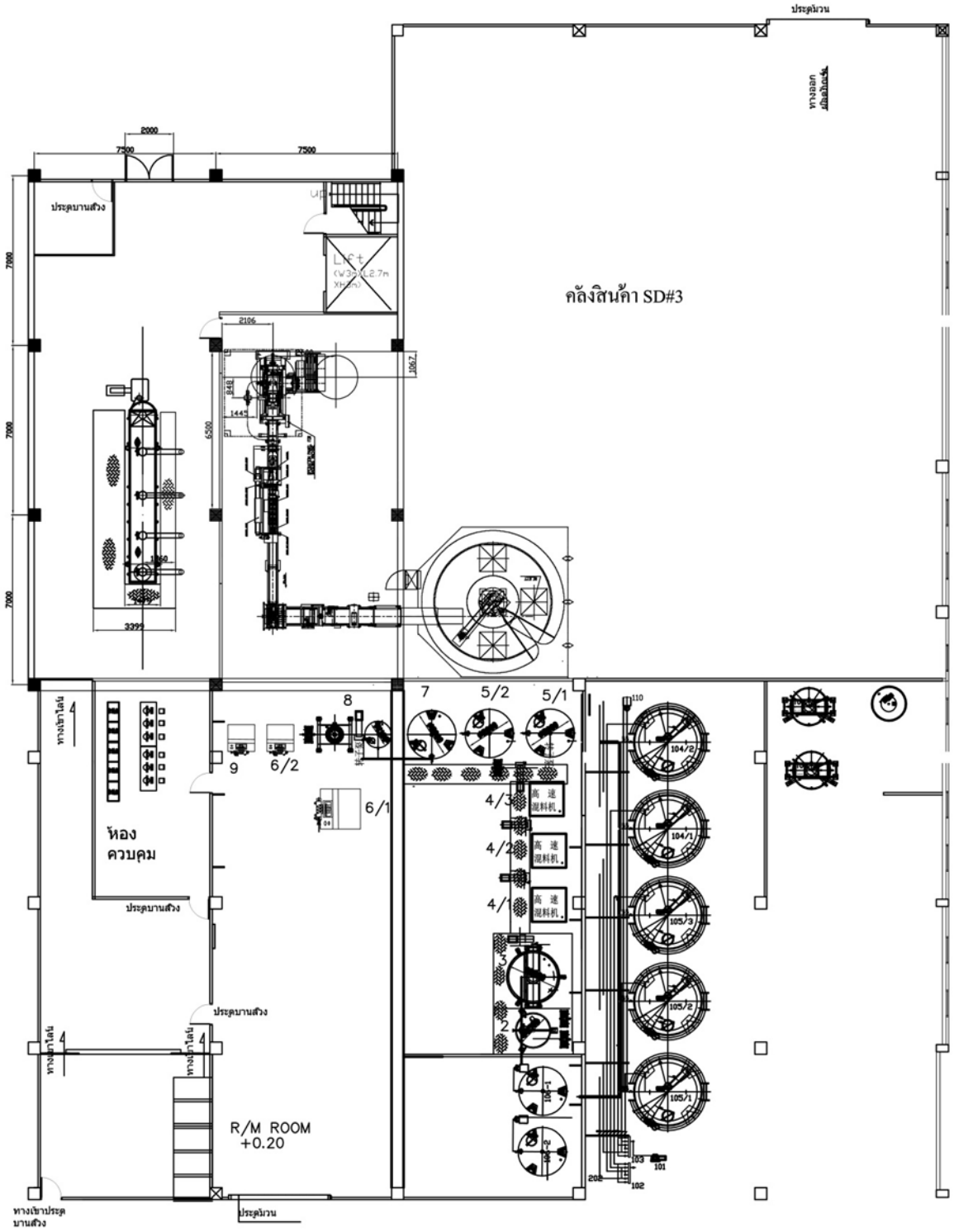
จากข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานตัวอย่าง โรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) มีกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรดังนี้

1. นำไขมันปาล์ม, กลูโคส และสารตั้งต้น ที่ถูกชั่งน้ำหนักตามสูตรการผลิตมาผสมเข้าด้วยกันในถังผสมผลิตภัณฑ์
2. นำผลิตภัณฑ์ที่ทำการผสมแล้วมาทำการให้ความร้อนที่เครื่องให้ความร้อนตั้งต้น (Preheat)
3. นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมาทำการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) และส่งไปยังถังพักเพื่อรอที่จะทำการส่งแรงดันสูง (High Pressure) ไประบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย
4. หลังจากผลิตภัณฑ์ถูกพ่นฝอยเข้าสู่ห้องอบแห้ง (Chamber) จะถูกลมร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งกลายเป็นผง
5. ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งไปยังเครื่องร่อน (Sieving) เพื่อทำการคัดกรองผลิตภัณฑ์ที่เป็นก้อนหรือสิ่งแปลกปลอม
6. ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งต่อไปพักที่ไซโล (Silo) เพื่อเข้าเครื่องบรรจุ (Packing) บรรจุผลิตภัณฑ์ลงกระสอบ ทำการปิดกระสอบ ลำเลียงกระสอบลงสู่พาเลต และทำการพันฟิล์มพาเลตผลิตภัณฑ์เพื่อส่งสู่คลังสินค้า ซึ่งสามารถแสดงกระบวนการผลิตดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง

โดยมีอาคารที่ทำการผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย 3 อาคาร ซึ่งมีกำลังการผลิตที่อาคาร SD#1 เป็นจำนวน 43,200 กิโลกรัมต่อวัน อาคาร SD#2 เป็นจำนวน 48,000 กิโลกรัมต่อวัน และอาคาร SD#3 เป็นจำนวน 72,000 กิโลกรัมต่อวัน โดยที่อาคาร SD#3 มีแผนผังของอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยดังภาพที่ 1.2 ซึ่งมีรายรายการเครื่องจักรในอาคารดังแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก เปิดทำการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง จากกำลังการผลิตพบว่าอาคาร SD#3 เป็นอาคารที่มีกำลังการผลิตสูงสุดในโรงงานตัวอย่าง โดยพบว่ามีจำนวนความถี่เครื่องจักรในการหยุดฉุกเฉินดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข และจำนวนเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินดังแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค



ภาพที่ 1.2 แผนผังของอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยอาคาร SD#3

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีความสนใจที่จะดำเนินกิจกรรมด้านการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรให้กับอาคาร SD#3 ของโรงงานตัวอย่าง โดยจะให้มีการจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ให้การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดอัตราความเสียหายของเครื่องจักร ส่งผลให้เครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อนำทฤษฎีการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ในเครื่องจักรโรงงานผลิตอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง

1.2.2 เพื่อลดเวลาที่เกิดจากการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในกระบวนการผลิตครีมเทียม

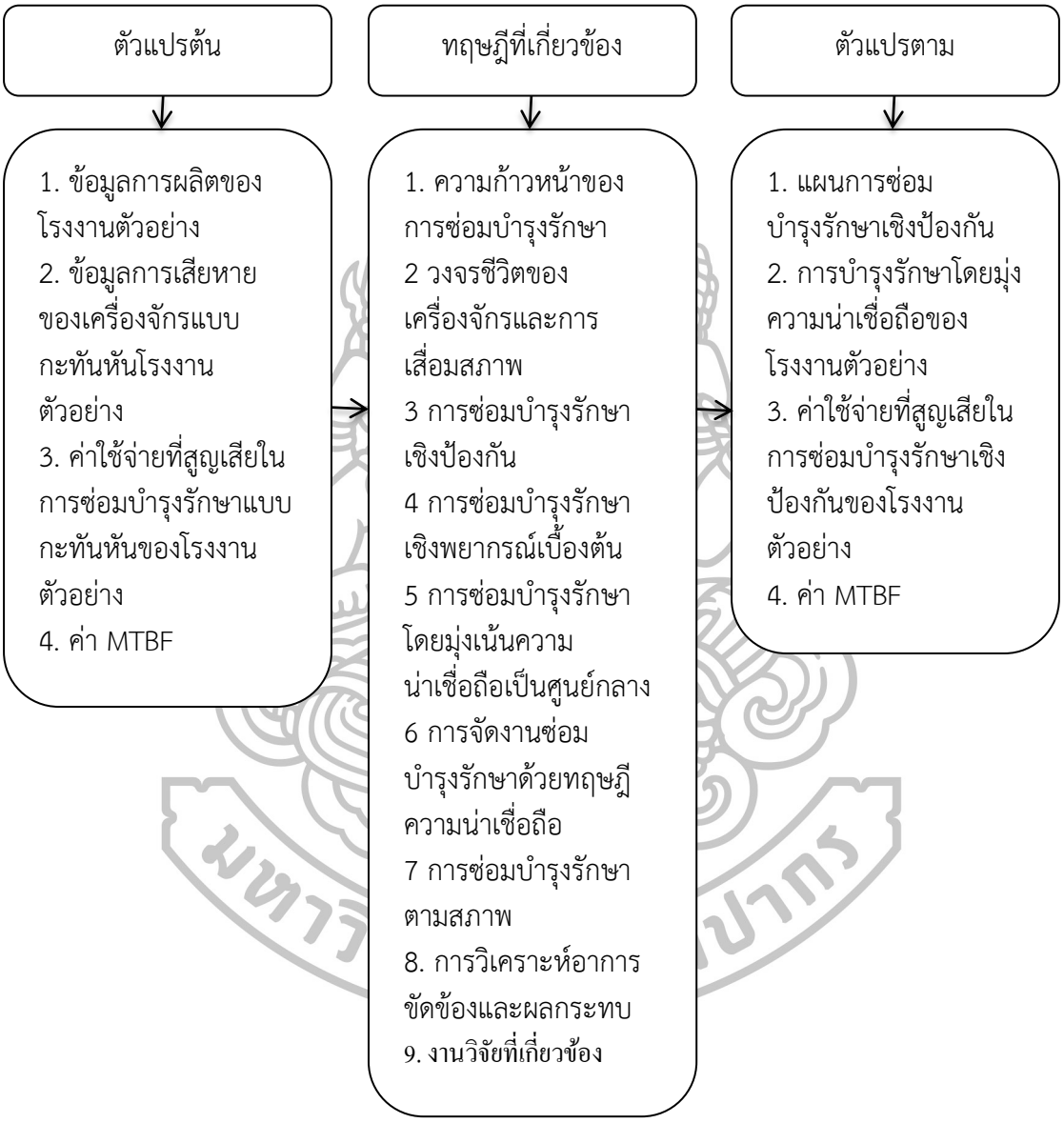
1.2.3 เพื่อจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตครีมเทียม

1.3 ขอบเขตของการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 การศึกษาวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาข้อมูลและดำเนินการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ให้กับอาคาร SD#3 เป็นอาคารที่มีกำลังการผลิตสูงสุดในโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง

1.3.2 ใช้อัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) และเวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (Mean Time between Failure: MTBF) เป็นตัวชี้วัด

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1.3 แผนผังของกรอบแนวคิดในการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 สามารถลดการสูญเสียของเวลา ที่เกิดจากการขัดข้องและเสียหายอย่างกะทันหัน เพิ่มอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร และเพิ่มเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายในกระบวนการผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย

1.5.2 สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องจักร

1.5.3 สามารถนำทฤษฎีการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้กับการซ่อมบำรุงรักษาให้กับกระบวนการผลิตอื่นๆที่มีในโรงงานอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

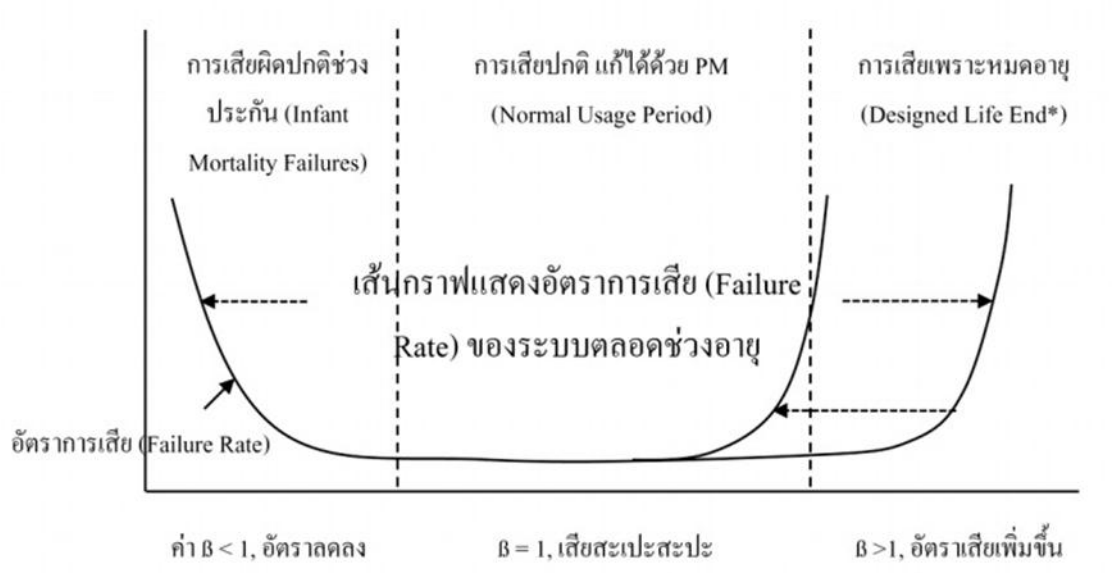
บทที่2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้การซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM) กับเครื่องจักรโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อให้เวลาสูญเสีย (Downtime) ที่เกิดจากการขัดข้องและเสียหายอย่างกะทันหัน (Breakdown) ของเครื่องจักรลดลง และทำให้งานบำรุงรักษาและรอบในการซ่อมบำรุงรักษาตามแผนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Optimize PM Interval) เหมาะสมกับอุปกรณ์และชิ้นส่วน นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงแนวทางการศึกษางานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้ทำการศึกษางานวิจัยไว้ดังนี้

2.1 วงจรชีวิตของเครื่องจักรและการเสื่อมสภาพ

การชำรุดของเครื่องจักร และการสิ้นสุดอายุขัยของเครื่องจักร โดยทั่วไปเป็นที่ยอมรับกันในวงการวิศวกรรมบำรุงรักษาว่า กราฟ “เส้นโค้งรูปอ่างน้ำ” (Bathtub curve) เป็นกราฟที่ใช้อธิบายลักษณะเฉพาะที่มักจะเกิดขึ้นโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกล โดยสามารถจัดแบ่งช่วงในวงจรชีวิตเครื่องจักรเป็น 3 ช่วงใหญ่ ๆ คือ ช่วงระยะเริ่มต้นใช้งาน (Run-in) ช่วงใช้งานปกติ (Useful life) และช่วงระยะสึกหรอ (Wear out) ความเข้าใจเกี่ยวกับเส้นกราฟรูปอ่างอาบน้ำ (Bathtub Curve) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 เป็นที่รู้จักกันดีในงานบำรุงรักษา กราฟประกอบด้วยแกนนอน คือ เวลาในการใช้งาน และแกนตั้งคือ อัตราการเสีย (Failure Rate) รูปอ่างน้ำใช้แทนอัตราการเสียของเครื่องจักรตั้งแต่มันเริ่มถูกนำเข้าใช้งานไปจนหมดอายุ



ภาพที่ 2.1 กราฟ “เส้นโค้งรูปอ่างน้ำ” (Bathtub curve)

ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 12.

2.1.1 การเสียในช่วงแรก (Run-in)

ในช่วงแรกตอนเริ่มใช้ อัตราการเสีย (Failure Rate) จะสูง เพราะอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่าง ๆ เพิ่มจะนำมาประกอบเข้าด้วยกัน การเสียอาจจะเกิดจาก

1 เสียผิดปกติที่ตัวชิ้นส่วนที่ผิดปกติด้วยตัวของมันเอง (คือ มีชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานปนมาด้วย)

2 เสียผิดปกติจากการประกอบเข้าด้วยกันที่ไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ซึ่งเป็นเรื่องของสายงานผลิตเครื่องจักร หรือคนงาน

3 ทุกอย่างถูกต้องแต่ผู้ใช้งานไม่ถูกต้องตามที่มันถูกออกแบบ หรือข้อกำหนดข้อจำกัดของมัน

ทั้งหมดเป็นการเสียผิดปกติที่มีชื่อเรียกว่า Infant Mortality คือ เสียก่อนกำหนด ถึงแม้มันจะอยู่ในช่วงรับประกันแต่ก็มักมีเงื่อนไข ผู้ผลิตมีเงื่อนไขในการรับประกันที่เราทราบดีคือต้องเป็นความผิดปกติของผู้ผลิตเอง ไม่รับประกันถ้าเสียเพราะมันถูกใช้ผิดประเภท หรือผิดจากที่กำหนด ฯลฯ ถ้าเครื่องจักรสามารถผ่าน Infant Mortality ไปได้ ก็จะสามารถใช้งานได้ราบรื่น

2.1.2 การเสียในช่วงใช้งานปกติ (Useful life)

หลังจากผ่านช่วงแรกไปได้ซึ่งเป็นช่วงที่เรามักเรียกว่า ช่วงอยู่ในอายุใช้งาน มีการเสียบ้างแต่ไม่มาก จนได้ระยะเวลานานจึงจะเริ่มมีการเสียถี่ขึ้น หรือ Failure Rate สูงขึ้น จนเราเรียกว่า

ช่วงเข้าสู่การหมดอายุที่ออกแบบมา ช่วงที่อยู่ในอายุใช้งาน (Usage Period) เราไม่ต้องบำรุงรักษาอะไรเลย ไม่มีอะไรเสีย ความจริงไม่ได้เป็นเช่นนั้น เพราะเครื่องจักรประกอบด้วยชิ้นส่วนมากมาย แต่ละชิ้นก็มีลักษณะมันเป็นการเสียได้หลายแบบ โดยที่บางชิ้นส่วนที่เสียอาจจะสามารถจบชีวิตของเครื่องจักรทั้งเครื่องได้หรือไม่ แล้วแต่ว่ามันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญหรือไม่คือ ถ้ามันเสียที่ชิ้นส่วนนั้นแล้วส่งผลกระทบต่อไปข้างบนถึงระดับอุปกรณ์ ระบบ ทั้งโรงงาน ด้วยตัวมันเองโดยลำพัง หรือผสมโรงกับการเสียของชิ้นส่วนอื่นหรือไม่

2.1.3 การเสียในช่วงหมดอายุใช้งาน (Wear out)

การเสียที่เรียกว่าหมดอายุใช้งานคือ การเสียของชิ้นส่วนที่สามารถหยุดการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างถาวร ชิ้นส่วนที่มีความสำคัญจะสามารถทำให้เครื่องจักรใช้งานไม่ได้ก็จริง แต่เครื่องจักรก็ยังสามารถถูกซ่อมให้กลับมาใช้งานได้ถ้าชิ้นส่วนนั้นสามารถเปลี่ยนใหม่ได้ อย่างไรก็ตามเครื่องจักรก็อาจจะไม่สามารถมีอายุใช้งานได้ตลอดไปไม่จบสิ้นได้เพราะมีบางชิ้นบางระบบไม่สามารถซ่อมกลับมาให้เหมือนเดิมได้ ถึงทำได้ก็ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย หรือซื้อใหม่ถูกกว่า คุ้มกว่า

2.2 ความก้าวหน้าของการซ่อมบำรุงรักษา

แนวความคิดในการเกิดวิวัฒนาการในการซ่อมบำรุงรักษามีบ่อเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีในการผลิตและคอมพิวเตอร์ซึ่งทำให้มีการผลักดันให้มีการเปลี่ยนแปลงไปของวิธีการซ่อมบำรุงรักษา ความก้าวหน้าของวิธีการของการซ่อมบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1 การซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance)

2.2.2 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

2.2.3 การซ่อมบำรุงรักษาทวีผล (Productive Maintenance)

2.2.4 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงปรับปรุงแก้ไข (Corrective Maintenance)

2.2.5 การป้องกันการซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance Prevention)

2.2.6 วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering)

2.2.7 ทีโรเทคโนโลยี (Terotechnology)

2.2.8 การซ่อมบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance)

2.2.9 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance)

2.2.10 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive Maintenance)

แนวความคิดในการซ่อมบำรุงรักษาแผนใหม่ถูกเริ่มนำมาใช้ในงานการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมในต่างประเทศเป็นระยะเวลานานแล้ว เช่น ประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น อย่างไรก็ตามศาสตร์ดังกล่าวในบ้านเรายังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก

1 ขาดการสนับสนุนทางด้านเงินทุน

2 ขาดบุคลากรที่มีความรู้ในด้านนี้

3 เครื่องมือมีราคาแพง (ในปัจจุบันมีแนวโน้มว่าจะถูกลง)

4 ขาดแนวความคิดรวบยอดสำหรับงานการซ่อมบำรุงรักษา

5 มองไม่เห็นประโยชน์หรือความสำคัญของการซ่อมบำรุงรักษา

6 ขาดรากฐานการศึกษาด้านวิศวกรรมการซ่อมบำรุงรักษาของช่างเทคนิค และวิศวกร

7 มักมีการเชื่อกันว่าผู้ซ่อมแซมเครื่องจักรสำคัญมากกว่าผู้บำรุงรักษาเครื่องจักร

ก่อนที่เราจะทำความรู้จักกับวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงรักษาแผนใหม่จะกล่าวทบทวนถึงศาสตร์การซ่อมบำรุงรักษาที่ถูกนำมาใช้ในการดูแลรักษาเครื่องจักรกลในโรงงานและ/หรือเครื่องยนต์ต้นกำลังต่าง ๆ เช่น เครื่องยนต์สันดาปภายใน (ดีเซล หรือเบนซิน) ในอดีตกาลครั้งที่มนุษย์เริ่มสร้างเครื่องกลผ่อนแรงขึ้นมาใช้งาน การดูแลรักษาเครื่องกลดังกล่าวให้ทำงานอย่างต่อเนื่อง และทำงานให้เต็มประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่ต้องการของทุก ๆ องค์การ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต ยิ่งในระยะหลังสงครามโลกครั้งที่สองด้วยแล้ว เครื่องจักรกลประเภทที่มีความสลับซับซ้อนถูกนำมาใช้ทดแทนเครื่องมือกลผ่อนแรงแบบเก่า จะพบว่าในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ได้นำเครื่องจักรกลแบบดังกล่าวมาใช้ในงานการผลิตเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถใช้งานเครื่องจักรเหล่านี้ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำให้เครื่องจักรเหล่านี้หยุดทำงานเนื่องจากการชำรุดให้น้อยที่สุด (อาจจะเกิดการชำรุดทางด้านกลไก (Mechanical Failures) หรือทางด้านไฟฟ้า (Electrical Failures)) จะเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์ของงานการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรกลคือ การลดจำนวนครั้งของการชำรุดของเครื่องจักรให้น้อยที่สุด ลดค่าใช้จ่ายงานซ่อมทั้งค่าใช้จ่ายทางตรง และทางอ้อม (Both Direct and Indirect Breakdown Maintenance Costs) เพิ่มช่วงเวลาความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability Period) เพิ่มระดับความปลอดภัยให้กับผู้ควบคุมเครื่องจักร (ในกรณีของโรงงานอุตสาหกรรม) หรือผู้โดยสาร (ในกรณีของยานพาหนะโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอากาศยาน) โดยหลักการแล้วงานการซ่อมบำรุงรักษาสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ การซ่อมเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance : BM) การซ่อมบำรุงรักษาตามแผน (Planned/Preventive Maintenance: PM) การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์หรือโดยการคาดคะเน (Predictive Maintenance: PdM) และการซ่อมบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive Maintenance)

2.3 การซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน

การซ่อมบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดการชำรุดหรือหยุดโดยกะทันหัน เมื่อกระบวนการผลิตมีอัตราการผลิตต่ำกว่าอัตราการผลิตปกติของเครื่องจักร โดยการซ่อมบำรุงรักษา

แบบฉุกเฉินนี้มักจะเป็นการเกิดโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องจากเครื่องจักรทั้งหลายถึงแม้จะได้รับการซ่อมบำรุงรักษาตามแผนการที่ได้วางไว้ดีเพียงใด ก็ยังมีโอกาสเกิดเหตุขัดข้องโดยฉุกเฉินขึ้นมาได้ตลอดเวลา แนวทางของการซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินนั้นมี 2 แนวทาง คือ การเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่เกิดเหตุขัดข้อง และอีกแนวทางคือ การเปลี่ยนอะไหล่ใหม่ ถ้าการซ่อมแซมอะไหล่อุปกรณ์นั้นไม่คุ้มค่า ซึ่งโดยปกติทั่วไปเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินนั้นจะใช้เวลานานกว่าการซ่อมบำรุงรักษาที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งเวลาการซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินนั้นสามารถลดลงได้เมื่อองค์กรมีขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance Procedures) และระบบการซ่อมบำรุงรักษาที่ดี รวมทั้งบุคลากรที่ได้รับการฝึกฝนมาก็จะสามารถช่วยลดเวลาในการซ่อมบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินได้ เมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดเหตุขัดข้อง พนักงานในฝ่ายซ่อมบำรุงควรจะพยายามค้นหาสาเหตุของการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรและควรจะทำการบันทึกและวิเคราะห์ทุกครั้ง รวมทั้งกิจกรรมการแก้ไขการเกิดเหตุขัดข้องก็ควรที่จะอธิบายไว้

2.4 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

งานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับไตรโบโลยีในงานบำรุงรักษา และวิศวกรรมการหล่อลื่นนั้น (สุรพล, 2545) โดยแท้จริงแล้วมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าถึงการทำการชะลอการเสื่อมสภาพ หรือชะลอการสึกหรอ (Wear and Degradation Retardation) โดยการใช้สารหล่อลื่นซึ่งน่าจะเป็นส่วนที่วิศวกรบำรุงรักษาต้องตระหนัก โดยในวงจรชีวิตเครื่องจักรสิ่งที่ควรปฏิบัติมี 3 ลักษณะใหญ่คือ

1 การป้องกันการเสื่อมสภาพ เช่น

1.1 การหล่อลื่น

1.2 การขันแน่นสลักเกลียว

1.3 การทำความสะอาด

1.4 การใช้งานให้ถูกต้อง

1.5 การควบคุมสภาพแวดล้อม ความร้อน ความชื้น ไอกรด หรือฝุ่นละออง

2 การตรวจวัดการเสื่อมสภาพ เช่น

2.1 การตรวจเช็คความดึงสายพาน

2.2 การตรวจเช็คค่าทอร์คของสลักเกลียวยึดฐานเครื่องจักรและมอเตอร์

2.3 การตรวจเช็คค่าความเป็นฉนวนมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4 การตรวจเช็คค่าระดับสัญญาณความสั่นสะเทือน

2.5 การตรวจเช็คอุณหภูมิใช้งานของน้ำมันไฮดรอลิก อุณหภูมิของแบริ่ง

2.6 การตรวจสอบคุณสมบัติของสารหล่อลื่น ฯลฯ

3 การซ่อมปรับคืนสภาพ เช่น

3.1 การโอเวอร์ฮอลปั๊มไฮดรอลิกทุก 5 ปี

3.2 การโอเวอร์ฮอลเครื่องยนต์ใหม่ทุก 100,000 กม

3.3 การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอตามระยะเวลา ฯลฯ

กิจกรรมในขั้นตอนที่หนึ่ง นั้นนับได้ว่าต้องดำเนินการโดยผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับเครื่องจักรมากที่สุด เฉกเช่นเดียวกันกับการป้องกันการเสื่อมสภาพของมนุษย์คือ ทุกคนจำเป็นต้องดูแลเงื่อนไขเบื้องต้นของการดำรงชีวิต เช่น แปรงฟัน อาบน้ำ สระผม รับประทานอาหารครบ 5 หมู่ เครื่องนุ่งห่มสะอาด สภาพที่อยู่อาศัยดี เป็นต้น ดังนั้น แนวความคิดเช่นนี้จึงเป็นหลักที่มาของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันขั้นต้น (Basic Preventive Maintenance) ซึ่งมักจะถูกเรียกกันว่า “การซ่อมบำรุงรักษาด้วยตนเอง” (Self Maintenance หรือ Operator Maintenance หรือ Autonomous Maintenance) โดยหลักการแล้วก็เป็นวิธีการอย่างง่าย ๆ ในการป้องกันการเสื่อมสภาพโดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัด เช่น การหยอดน้ำมันหล่อลื่น อัดจาระบี การทำความสะอาดเครื่องจักร และรวมไปถึงการใช้สามัญสำนึก 4 ประการ คือ ตาดู หูฟัง มือสัมผัส จมูกดม (Sight, Sound, Smell & Touch) เพื่อช่วยแยกแยะอาการที่ผิดปกติ ออกจากอาการที่ปกติ โดยเริ่มที่ผู้ใกล้ชิดเพื่อค้นหาอาการที่จะนำไปสู่การชำรุดได้ตั้งแต่เนิ่น ๆ (Early Failure Detection) ซึ่งตรงกับคำพังเพยภาษาไทยที่ว่า “ตัดไฟเสียแต่ต้นลม” ดังนั้นหากโอเปอเรเตอร์สามารถค้นพบอาการผิดปกติได้ตั้งแต่เนิ่น ๆ จะสามารถแจ้งให้กับฝ่ายบำรุงรักษาให้มาดำเนินการก่อนที่เหตุการณ์ชำรุดจะบานปลาย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนั้นหากเครื่องจักรหรือตัวบุคคลได้รับการดูแลรักษาดี เครื่องจักรสะอาด ใช้งานถูกต้อง โอกาสที่จะเกิดการชำรุดจะมีน้อยกว่า หรือหากจะชำรุดความรุนแรงของการชำรุดจะต่ำกว่าเครื่องจักร หรือบุคคลที่ไม่มีการดูแลรักษาขั้นต้น

กิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 เป็นกิจกรรมที่พึงรับผิดชอบ โดยพนักงานในส่วนของแผนกซ่อมบำรุง ทั้งนี้เนื่องจากว่าจำเป็นต้องใช้พนักงานที่มีความรู้ความชำนาญทางด้านช่าง รวมไปถึงต้องใช้เครื่องมือวัดทำการตรวจวัดค่าเชิงตัวเลข เพื่อช่วยในการประเมินถึงอัตราของการเสื่อมสภาพ อาทิ การใช้ไดอัลเกจวัดการโยนตัว ฟีลเลอร์เกจ เพื่อวัดการเสื่อมสภาพของฟันเฟืองกับแบริ่ง มัลติมิเตอร์เพื่อตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ เพื่อวัดความหนาของแผ่นผ้าเบรกที่เหลืออยู่ เป็นต้น ค่าวัดเหล่านี้มีประโยชน์ 2 อย่างคือ

1 ทำให้ทราบอัตราการสึกหรอหรือการเสื่อมสภาพเป็นระยะ ๆ และทำนายช่วงเวลา การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนได้อย่างมีเหตุผล

2 ใช้สำหรับเป็นแนวทางในการตัดสินใจให้กับพนักงานระดับปฏิบัติการ เช่น ถ้าความหนาผ้าเบรกลดลงไปเหลือแค่ 1/3 ของความหนาเดิม ควรเปลี่ยนผ้าเบรกใหม่ หรือหากดอกยางรถยนต์มีความสึกเหลือเพียง 3 มิลลิเมตร ควรเปลี่ยนยางใหม่ อัตราการลดขนาดลงของลวดสลิงโดยการใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัด ก็จะบ่งบอกได้ถึงช่วงเวลาที่ควรเปลี่ยนเป็นสลิงเส้นใหม่ หรือเช่นค่าความเป็น

ฉนวนของมอเตอร์แต่ละเฟสเมื่อเทียบกับสายเดินควรมีค่าเกินกว่า 5 เมกกะโอห์ม หากต่ำกว่านี้ควรทำการอบมอเตอร์หรือสายไฟเพื่อไล่ความชื้น เป็นต้น

ในขั้นตอนสุดท้ายคือ การซ่อมปรับคืนสภาพจะเป็นหน้าที่ของแผนกซ่อมบำรุงในการถอดถอนระบบใด ๆ ที่เมื่อพิจารณาค่าวัดความเสื่อมหรือการสึกหรอในขั้นตอนที่ 2 แล้ว เห็นว่าไม่สมควรใช้งานต่อไป ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ไม่คุ้มกับค่าซ่อมเมื่อเกิดการชำรุด ทำให้ผลผลิตตกต่ำ ทำให้มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุ เช่น ในอากาศยาน หม้อไอน้ำ ก็ควรดำเนินการซ่อมเปลี่ยนหรือโอเวอร์ฮอลเพื่อให้คืนสภาพใหม่ดังเดิม

จากหลักการดังกล่าวข้างต้น สิ่งที่ควรพิจารณาดำเนินการให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) คือ การชะลอการเสื่อมสภาพหรือชะลอการสึกหรอ นั่นคือจากการเรียนรู้กลไกเบื้องต้น 6 กลไกของการสึกหรอ คือ การสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive Wear) การสึกหรอแบบขูดขีด (Abrasive Wear) การสึกหรอแบบล้าตัว (Fatigue Wear) ดังนั้น กิจกรรมต่าง ๆ ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่กระทำนั้นมักจะสื่อความหมายเพื่อลดโอกาสหรือตัดโอกาสการเกิดกลไกการสึกหรอดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หากสามารถดำเนินการลดโอกาสการเกิดหรือชะลอการเกิดการสึกหรอดังกล่าวได้ก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้ ดังตารางที่ 2.1

นอกเหนือไปจากแนวความคิดในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันการเสื่อมสภาพหรือการสึกหรอข้างต้นแล้ว อีกแนวความคิดหนึ่งก็คือปรัชญาของการซ่อมบำรุงรักษาแบบนี้คือ “Fix It Before It Broke” หรืออีกนัยหนึ่งว่า ดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาก่อนที่ชิ้นส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์จะชำรุดแตกหักเสียหาย หนทางที่จะดำเนินการเพื่อระบุถึงช่วงเวลาดังกล่าวมี 2 แนวทาง

1 การตรวจสอบถึงการเสื่อมสภาพ หรือหาอัตราการเสื่อมสภาพ โดยเครื่องมือวัดซึ่งส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (PdM : Predictive Maintenance)

2 การหาค่าโอกาสความน่าจะเป็นหรือค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปว่าชิ้นส่วนดังกล่าวน่าจะชำรุดที่ช่วงเวลาโดยเฉลี่ยเท่าใด ซึ่งก็คือการหาค่า “ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดแต่ละครั้ง” (MTBF : Mean-Time-Between-Failure)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างกิจกรรมต่าง ๆ ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษา	ป้องกันกลไกการสึกหรอแบบ
- การตรวจเช็คระดับน้ำมันไฮดรอลิก	- ยึดติด/โพรงอากาศ
- การทำการหล่อลื่นโดยใช้สารหล่อลื่นที่สะอาด	- ขูดขีด
- การเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันไฮดรอลิกตามระยะเวลา	- ขูดขีด/พ่นปะทะ
- การเปลี่ยนไส้กรองอากาศตามระยะเวลา	- พ่นปะทะ/ขูดขีด
- การตรวจสอบท่อน้ำมันรั่ว	- ยึดติด/โพรงอากาศ/พ่นปะทะ
- การทำความสะอาด	- ขูดขีด
- การใช้งานตามภาระกำหนด	- ยึดติด/ล้าตัว
- การประกอบแบริ่งด้วยการอัด (Press Fit) ตามกำหนด	- ไทโบเคมี
- การหล่อลื่นข้อต่อโซ่	- ยึดติด/ไทรโบเคมี

Fix It Before It Broke คือ ความพยายามที่จะดำเนินการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนนั้นก่อนที่ชิ้นส่วนดังกล่าวจะมีอายุการใช้งานถึงค่า MTBF ซึ่งวิธีการแบบนี้เป็นหลักเกณฑ์ที่ใช้วิชาสถิติเข้ามาช่วย ในวิชาสถิตินั้นเป็นวิชาที่ว่าด้วยความไม่แน่นอน จะเห็นได้ว่ามีโอกาสความน่าจะเป็นที่ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวอาจจะชำรุดก่อนถึงค่า MTBF หรือ เมื่อถอดชิ้นส่วนออกมาก็อาจจะพบว่ายังมีสภาพดีอยู่ก็เป็นไปได้ วิธีการนี้ไม่เหมาะสำหรับโรงงานหรือองค์กรที่ขาดแคลนทรัพยากรที่เพียงพอในการจัดซื้อหรือจัดหาอุปกรณ์วิเคราะห์การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ เช่น เครื่องมือ วิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน (Vibration Meter) ชุดทดสอบสารหล่อลื่น (Used Lubricant Analysisป กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermography) เป็นต้น

โดยทั่วไปผู้ผลิตเครื่องจักรก็จะระบุถึงวิธีการ ช่วงเวลา และขั้นตอนในการซ่อมบำรุงรักษามาในคู่มือเครื่องจักร เช่น อาจจะมีคำที่ระบุไว้ในคู่มือเครื่องจักรว่าต้องทำการซ่อมบำรุงรักษาในช่วงเวลาใด ๆ เช่น Daily, Weekly, Monthly, Quarterly, Semi-Annually, Annually ฯลฯ ซึ่งก็หมายถึงว่า เป็นรายการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ควรต้องดำเนินการ ทุกวัน ทุกสัปดาห์ ทุกเดือน ทุก 3 เดือน ทุก 6 เดือน หรือทุกปี ในความเป็นจริงแล้วค่าเวลาดังกล่าวก็คือ ค่า MTBF คือเป็นค่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตประมาณว่าชิ้นส่วนอุปกรณ์หรือสารหล่อลื่น เริ่มมีความเสื่อมสภาพและต้องทำการซ่อมบำรุงรักษา เช่น ต้องอัดจาระบีใหม่ ต้องเปลี่ยนน้ำมันเกียร์ใหม่ ต้องขันดึงสลักเกลียว ต้องเปลี่ยนไส้กรอง น้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ

สำหรับข้อแนะนำของการจัดทำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างง่ายควรดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ควรมีทะเบียนเครื่องจักรกล และทำการแบ่งระดับความสำคัญของเครื่องจักรเป็นหมวดหมู่

2. ควรรวบรวมคู่มือเครื่องจักรเท่าที่มีให้ได้มากที่สุด

3. ควรนำประวัติเครื่องจักรในแง่ประวัติการใช้ การซ่อม การซ่อมบำรุงรักษามาใช้ประโยชน์

4. ควรรวบรวม/สัมภาษณ์ จากผู้ซ่อม/ผู้บำรุงรักษา/ผู้ใช้งาน/ผู้ควบคุมเครื่อง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์

5. จากขั้นตอน 1 ถึง 4 ทำให้สามารถจัดแบ่งกลุ่มเครื่องจักรที่สำคัญ-ไม่สำคัญ และในทรัพยากรที่จำกัด ระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันควรถูกดำเนินการให้กับเครื่องจักรที่สำคัญ ๆ ก่อนโดยต้องดำเนินการ

5.1 จัดทำใบตรวจ (Check sheet) เพื่อใช้ดำเนินการการซ่อมบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Self-Maintenance) ในวงรอบรายวันและรายสัปดาห์

5.2 จัดทำใบรายการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในวงรอบที่ใช้สำหรับพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง อาทิ วงรอบการซ่อมบำรุงรักษาทุก 1 เดือน, ทุก 3 เดือน และทุก 6 เดือน ฯลฯ

ในหัวข้อ 5.1 และ 5.2 เครื่องจักรแต่ละเครื่องควรได้รับการกำหนดระบบที่จะต้องทำการซ่อมบำรุงรักษาเป็น 3 ระบบใหญ่ คือ

1 ระบบการหล่อลื่น

2 ระบบทางกล

3 ระบบทางไฟฟ้า

สำหรับระบบทางการหล่อลื่นจุดที่สำคัญที่ควรครอบคลุมมี 5 ส่วน

1 ชนิดของสารหล่อลื่น

2 ปริมาณของสารหล่อลื่น

3 ช่วงเวลาในการเปลี่ยน/ถ่าย/เติม

4 ตำแหน่งที่ต้องไปดำเนินการ

5 วิธีการในการหล่อลื่น

ในส่วนของระบบทางกลจุดที่ควรสนใจ ได้แก่

1 ความตึงของสายพาน

2 การเปลี่ยนแผ่นกวาดน้ำมันตามระยะเวลา

3 การตรวจเช็คการขันแน่นของสลักเกลียว

4 การตรวจสอบการเยื้องศูนย์ของคับปลิ้ง

5 การตรวจเช็คขนาดที่เปลี่ยนไปของชิ้นส่วน ฯลฯ

ระบบทางไฟฟ้าในส่วนของชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า และขั้วต่อไฟฟ้าควรดำเนินการ ได้แก่

1 ขันแน่นขั้วต่อทุก ๆ ขั้วต่อในตู้ควบคุม

2 ขจัดขี้เกลือที่ขั้วต่อต่าง ๆ

3 ขจัดฝุ่นละอองในตู้ควบคุม โดยการใช้เครื่องดูดฝุ่น (Vacuum Cleaner) ไม่แนะนำให้ใช้เครื่องเป่า (Blower) ทั้งนี้เพราะจะทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย และเข้าไปในอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เข้าไปในหน้าคอนแทคเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโอกาสไปเกิดการสึกหรอแบบพ่นปะทะ (Erosive Wear) สำหรับชิ้นส่วนละเอียดอ่อนด้านอิเล็กทรอนิกส์-คอมพิวเตอร์ ฯลฯ

จากเครื่องจักรเมื่อแยกแยะสู่ระบบสำคัญ ๆ และกำหนดรายการซ่อมบำรุงรักษา (ข้อมูลควรได้มาจากคู่มือเครื่องจักร ประสบการณ์ หนังสือบำรุงรักษา ประวัติเครื่องจักร ฯลฯ) แล้วก็จะสามารถนำมาเขียนเป็นใบรายการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งใบรายการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีควรประกอบด้วย

1 ชื่อ-หมายเลข-สถานที่ตั้งเครื่อง

2 จำนวนชั่วโมง-คน ของการซ่อมบำรุงรักษา

3 วงรอบการซ่อมบำรุงรักษา

4 ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัย

5 ชนิดของงานบำรุงรักษา (ทางกล ไฟฟ้า หล่อลื่น ฯลฯ)

6 ขั้นตอนปฏิบัติงาน

7 เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้

8 รายการอะไหล่-สารหล่อลื่นที่ต้องใช้

9 เงื่อนไขของค่าวัดเชิงปริมาณที่สามารถตัดสินใจโดยพนักงานบำรุงรักษาได้ว่าอยู่ในระดับปกติหรือผิดปกติ

10 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดที่ต้องการการซ่อมบำรุงรักษา

11 ใบบันทึกประวัติแนบท้ายใบรายการการซ่อมบำรุงรักษา

6. เมื่อสามารถเขียนใบรายการซ่อมบำรุงรักษาได้ครบทุกเครื่องจักรแล้วก็จะสามารถนำมาประเมินหาทรัพยากรในการซ่อมบำรุงรักษา เพื่อกำหนดวางแผนการใช้ทรัพยากรดังนี้

6.1 แรงงานที่ต้องการ (ได้จากการรวบรวมแรงงานคน-ชั่วโมง จากทุกใบรายการซ่อมบำรุงรักษา)

6.2 เครื่องมือช่างที่ต้องใช้

6.3 อะไหล่ และสารหล่อลื่น

6.4 การประเมินจำนวนคนงาน อะไหล่ และเครื่องมือ ก็จะสามารถรวบรวมและคิดออกมาเป็นตัวเงินหรืองบประมาณที่ต้องการในการดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาได้นั่งคือตามหัวข้อ 6.1, 6.2 และ 6.3 จะสามารถนำมาใช้ในการกำหนดทรัพยากรใน 6.4 คือเงินนั่นเอง

7. ขั้นตอนนี้คือขั้นตอนในการนำใบรายการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาทำการวางแผน (Plan : P) จัดเฉลี่ยให้แรงงานที่มีอยู่ได้มีงานทำอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาแต่ละช่วง

8. เมื่อมีแผนงานที่จัดเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว ต่อไปเป็นขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ (Execution/Do: D) หรือแจกจ่ายใบรายการซ่อมบำรุงรักษาให้กับพนักงานฝ่ายบำรุงรักษาไปดำเนินงานตามแผน

9. ควรมีระบบควบคุม หรือตรวจสอบ (Check C) ว่าเกิดกรณีเหล่านี้ขึ้นหรือไม่ เช่น ทำไม่ได้ ไม่ได้ทำ และทั้งสองส่วนควรระบุเหตุผลว่าไม่สามารถดำเนินการได้เพราะเหตุใด เพื่อจะนำไปสู่ขั้นตอนต่อไป

10. ควรมีการปรับปรุงแก้ไข (Action : A) หลังจากที่มีปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้

จะเห็นได้ว่า ขั้นตอนที่ 7 ถึง 10 ก็คือ วิธีการโดยทั่วไปในการบริหารจัดการอย่างมีระบบ ซึ่งมีชื่อเรียกกันว่า “วงจรของเดมมิ่ง” (Deming’s Circle)

2.5 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์เบื้องต้น

งานบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ เป็นเทคโนโลยีการซ่อมบำรุงรักษาแบบใหม่ ซึ่งจะช่วยลดความถี่การชำรุดของเครื่องจักร และระดับความรุนแรงในการชำรุด ดังนั้นจึงน่าจะพูดได้ว่าการที่จะทำให้ PM มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงน่าจะใช้คำว่า PM ที่ย่อมาจากคำว่า “Predictive Maintenance” และสุดท้ายก็คือบรรลุลงไปในโปรแกรมของ Planned Maintenance โดยที่การทำโปรแกรม Predictive Maintenance ที่ดีควรจะเป็นตามไปตาม 3 ข้อ ดังนี้ (สุรพล, 2545)

1 คาดคะเนและวางแผนการได้ล่วงหน้าเป็นเวลานานก่อนที่เครื่องจักรจะชำรุด

2 ลดโอกาสความน่าจะเป็นที่จะเกิดการชำรุดให้ต่ำที่สุด

3 มีการนำเทคนิคโปรแกรม “การประกันคุณภาพ” ในส่วนของระบบที่ทำการซ่อมบำรุงรักษามาประยุกต์ใช้

โดยทั่วไปแล้วการตรวจวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน (Vibration Analysis) เป็นเครื่องมือที่ใช้กันโดยทั่วไปในโปรแกรมการซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ โดยที่อาจจะเปรียบได้กับการที่คนไข้ไปหาหมอ ซึ่งหมอใช้เฉพาะผลการเอ็กซ์เรย์ (X-Ray) เพียงอย่างเดียว มาทำการวินิจโรคโดยที่ไม่เชื่อผลจากหูฟัง (Stethoscope) ผลของการวิเคราะห์คลื่นการเต้นหัวใจ (EKG) เครื่องเอ็กซ์เรย์

คอมพิวเตอร์ CAT (Computer-Aided Tomography) ผลของการวิเคราะห์โลหิต และเทคนิคอื่น ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในทำนองเดียวกัน

2.6 การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

โดยทั่วไปองค์กรส่วนใหญ่มุ่งการป้องกันปัญหาการขัดข้องโดยไม่คำนึงถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุการขัดข้องอย่างเป็นระบบจึงส่งผลต่อประสิทธิผลของการซ่อมบำรุงรักษา ด้วยเหตุดังกล่าว การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางจึงได้ถูกนำมาใช้สนับสนุนในการระบุกลไกที่ส่งผลต่อการชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนและสามารถระบุกิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถนำไปสู่ความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการซ่อมบำรุงรักษาได้ (วีระศักดิ์, 2545 และโกศล, 2554) คำจำกัดความของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance) หรือ RCM ถูกกำหนดโดยนักวิจัยไว้หลายท่านดังนี้

การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง คือ กระบวนการในการกำหนดแผนงานล่วงหน้าของการซ่อมบำรุงรักษาโดยตระหนักถึงความน่าเชื่อถือและขีดความสามารถของอุปกรณ์ (Nowlan และ Heap, 1978)

การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง คือ กระบวนการที่ถูกใช้เพื่อกำหนดความต้องการในการซ่อมบำรุงรักษาของทรัพย์สินทางกายภาพใด ๆ ตามความต้องการในการใช้งานของผู้ใช้งาน (สุชญาน, 2543)

การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง คือ กรรมวิธีที่ใช้ในการกำหนดความต้องการ หรือแผนการซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องจักรและส่วนประกอบโดยคำนึงถึงความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักรและส่วนประกอบด้วยค่าใช้จ่ายน้อยสุด (วีระศักดิ์, 2545)

การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง คือ แนวทางอย่างเป็นระบบเพื่อทำให้เข้าใจถึงแนวทางความชำรุดของเครื่องจักรและการระบุงานบำรุงรักษา ที่สามารถลดความชำรุดเสียหายให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยมุ่งความน่าเชื่อถือสูงสุดและลดหรือขจัดงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เกินความจำเป็น (โกศล, 2554)

จากคำจำกัดความต่าง ๆ ข้างต้นของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า การซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางถือเป็นแนวทางอย่างเป็นระบบ เพื่อศึกษาและเข้าใจถึงรูปแบบความชำรุดเสียหายของเครื่องจักร รวมทั้งการระบุกิจกรรมงานบำรุงรักษาที่สามารถลดความชำรุดเสียหายให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และการระบุงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างมีประสิทธิผล และประสิทธิภาพในอุปกรณ์หลัก โดยมุ่งระดับความน่าเชื่อถือของระบบ และมีค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาที่เหมาะสม ดังนั้นการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความ

น่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางจึงเป็นแนวทางสำหรับการประเมินเพื่อกำหนดกลยุทธ์สำหรับจัดการเครื่องจักรอย่างเหมาะสมที่สุด ด้วยการระบุหน้าที่การทำงาน และรูปแบบหรือสาเหตุการชำรุด โดยการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางสามารถนิยามในรูปของโครงสร้าง และกระบวนการทางตรรกะ (Logical Process) โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงระดับความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางจะมีองค์ประกอบและแนวทางดังนี้ (โกศล, 2554)

2.6.1 นิยามขอบเขตของระบบ

2.6.2 นิยามหน้าที่การใช้งานที่สำคัญของระบบ

2.6.3 การจำแนกรูปแบบความชำรุดเสียหาย (Failure Modes) และผลกระทบที่เกิดขึ้น

2.6.4 ประเมินความสูญเสียที่เกิดจากความชำรุดของชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบ

2.6.5 ดำเนินการแก้ไข และป้องกันไม่ให้ปัญหาการชำรุดเสียหายเกิดขึ้นในองค์ประกอบที่สำคัญ

2.6.5.1 เป้าหมายทั่วไปของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

ประสิทธิผลของระบบการซ่อมบำรุงรักษาจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อความถี่ของการเกิดปัญหาความขัดข้องลดลง ซึ่งความถี่ของการเกิดความขัดข้องจะเป็นตัวชี้วัดสำคัญของความน่าเชื่อถือและความพร้อมในการใช้งานของระบบ โดยการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางจะมีบทบาทต่อการแก้ไขปัญหาความบกพร่องด้วยการใช้เทคนิคการวินิจฉัย (Diagnostic Techniques) และการตรวจติดตาม เพื่อระบุกำหนดการกิจกรรมบำรุงรักษา (Maintenance Scheduling) ที่จำเป็นซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มความน่าเชื่อถือ และยังลดกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ซ้ำซ้อน

ภาพที่ 2.2 กระบวนการการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

ที่มา : Jardaine, Andrew K.S., and Albert H.C. Tsang., **Maintenance Replacement and Reliability Theory and Application** (Boca Raton Florid: Taylor & Francis Group, 2006), 9.

2.6.5.2 กรอบการดำเนินงานของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

ดังที่ได้กล่าวมาตอนต้นแล้วว่า เป้าหมายของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง คือ การกำหนดกิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม ซึ่ง RCM สามารถดำเนินการตามขั้นตอน ต่อไปนี้

1 เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อน และประกอบด้วยหน้าที่การทำงานขององค์ประกอบที่หลากหลาย (Numerous Functions) ให้ดำเนินการจัดแบ่งออกเป็นระบบย่อย (Sub-Systems) เพื่อให้ผู้วิเคราะห์สามารถมุ่งให้ความสำคัญ (Concentrate) ในเฉพาะส่วนของระบบที่ศึกษา และหลีกเลี่ยงความสับสนกับองค์ประกอบ หรือระบบย่อยอื่น ๆ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวนี้จะต้องมีการจัดทำเอกสารในการระบุขอบเขต และหน้าที่การใช้งานอย่างชัดเจน

2 องค์ประกอบวิกฤต (Critical Components) จะต้องถูกระบุในแต่ละระบบย่อย โดยใช้ข้อมูลประวัติการขัดข้องและการซ่อม เนื่องจากปัญหาการชำรุดดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุการชำรุดของระบบย่อย

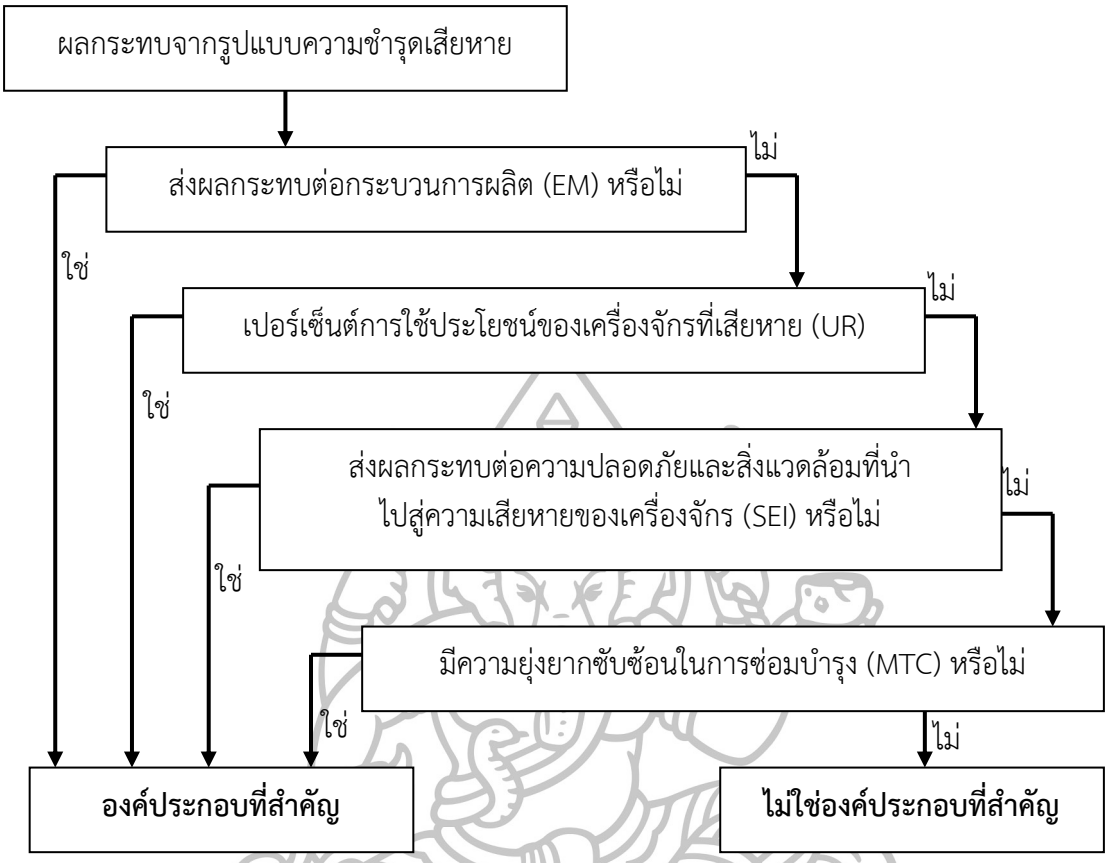
3 รูปแบบความชำรุดเสียหาย (Failure Mode) ของแต่ละชิ้นส่วนจะถูกระบุขึ้น และมีการวัดประเมินความเสี่ยง โดยจะมีการลำดับตามค่าวิกฤตของความชำรุดเสียหาย (Functional Failure) แต่ละองค์ประกอบที่พิจารณา

4 เลือกนโยบายการซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance Policies) สำหรับแต่ละรูปแบบความชำรุดเสียหายขององค์ประกอบตามข้อมูลประวัติที่ถูกบันทึก (Failure Records) หรือการสนทนาพูดคุยกับผู้ปฏิบัติงาน โดยข้อมูลประวัติการชำรุดควรมีความชัดเจนถูกต้องเพื่อนำไปใช้สำหรับตัดสินใจว่าจะใช้กลยุทธ์บำรุงรักษาแบบใดในแต่ละองค์ประกอบ

2.6.5.3 การประเมินและคัดเลือกวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤติและวิเคราะห์หน้าที่

กระบวนการคัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤติ พิจารณาตามหน้าที่ที่กระบวนการผลิต (ระบบ) ต้องการ ซึ่งมีความสำคัญก่อนหลังตามความวิกฤติของหน้าที่นั้นและเครื่องจักรทำได้ดีหรือไม่ได้อยู่ที่ภาระที่มันรับอยู่ (Operating Context)

แนวทางการเลือกองค์ประกอบที่สำคัญ (Critical Component) โดยพิจารณาจากระบบย่อยที่มีรูปแบบความเสียหายวิกฤต (Critical Failure Mode) ซึ่งมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ความปลอดภัย เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรที่เสียหาย หรือการซ่อมบำรุงรักษาโดยแนวทางหรือกระบวนการเลือกองค์ประกอบวิกฤตนี้จะแสดงด้วยแผนภาพทางโลจิก (Logic Diagram) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 โดยการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality : MC) พิจารณาจากเกณฑ์ 4 ด้าน (Abdulnour, 1998 : 591) คือ 1) EM (Effect of the machine) ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต 2) UR (Utilization rate of the machine) อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรที่เสียหาย 3) SEI (Safety and environmental incidence of machine) ผลกระทบต่อความปลอดภัยและสภาพสิ่งแวดล้อมที่นำไปสู่ความเสียหายของเครื่องจักร 4) MTC (Technical complexity of the machine) ความยุ่งยากซับซ้อนในการซ่อมบำรุงและจำเป็นต้องอาศัยทรัพยากรจากภายนอก



ภาพที่ 2.3 กระบวนการการคัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤติ

ที่มา : โกศล ดีศีลธรรม, “วิศวกรรมความน่าเชื่อสำหรับงานบำรุงรักษา.” **เทคนิคไฟฟ้าเครื่องกลอุตสาหการ** 28, 324 (มีนาคม 2554) : 108.

กำหนดน้ำหนักของความสำคัญของแต่ละปัจจัย คือ คะแนน 0 หมายถึง ไม่มีผลกระทบจากปัจจัยนั้น คะแนน 1 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีน้อยมาก คะแนน 2 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีปานกลาง คะแนน 3 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีมากที่สุด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (MC) จากสมการ (1) ดังนี้

$$MC = 3EM + 2UR + 3SEI + 1MTC \qquad (1)$$

การจัดแสดงคะแนนความวิกฤติโดยให้เห็นแยกกัน ช่วยให้สามารถเห็นภาพทั้งหมดได้ในคราวเดียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถจัดลำดับ (Sort) ตามประเด็นเพื่อดำเนินการต่าง ๆ ได้ง่าย ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ดังนี้

เพื่อให้สามารถใช้งานคะแนนความวิกฤติได้ง่ายและได้ผล จึงควรจัดความวิกฤติที่คำนวณได้เป็นช่วงคะแนน 3 ช่วง ซึ่งหมายถึง วิกฤติสูง กลาง และต่ำ ตามลำดับ หรือเรียกว่า A, B และ C ดังนี้

A: 20 ถึง 27 เครื่องจักรนั้นสำคัญมาก

B: 12 ถึง 19 เครื่องจักรนั้นสำคัญปานกลาง

C: 0 ถึง 11 เครื่องจักรนั้นสำคัญน้อย

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality : MC)

Weight	3	3	2	1		
Machine Code	SEI	EM	UR	MCT	MC	Criticality Code
04120BE00	1	2	2	0	13	B
0410FE008	2	2	2	1	17	B
0410PP001	3	3	3	1	25	A
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

2.6.5.4 การดำเนินการของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

การดำเนินการการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง โดยในช่วงแรกจะดำเนินการทบทวนบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงรักษา (maintenance History Records) ของระบบ ในช่วงที่ 2 จะมีการวิเคราะห์ความชำรุดเสียหาย (Functional Failure Analysis) และในช่วงที่ 3 จะดำเนินการเลือกกลยุทธ์บำรุงรักษาหลังจากได้สนทนา หรือพูดคุยกับผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งการดำเนินการจะมีแนวทางที่สำคัญ จากภาพที่ 2.3 (โกศล, 2547) แสดงถึงรายละเอียดการวิเคราะห์ตามแนวทางของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง เพื่อกำหนดนโยบายการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม โดยมีองค์ประกอบและแนวทางที่สำคัญ คือ

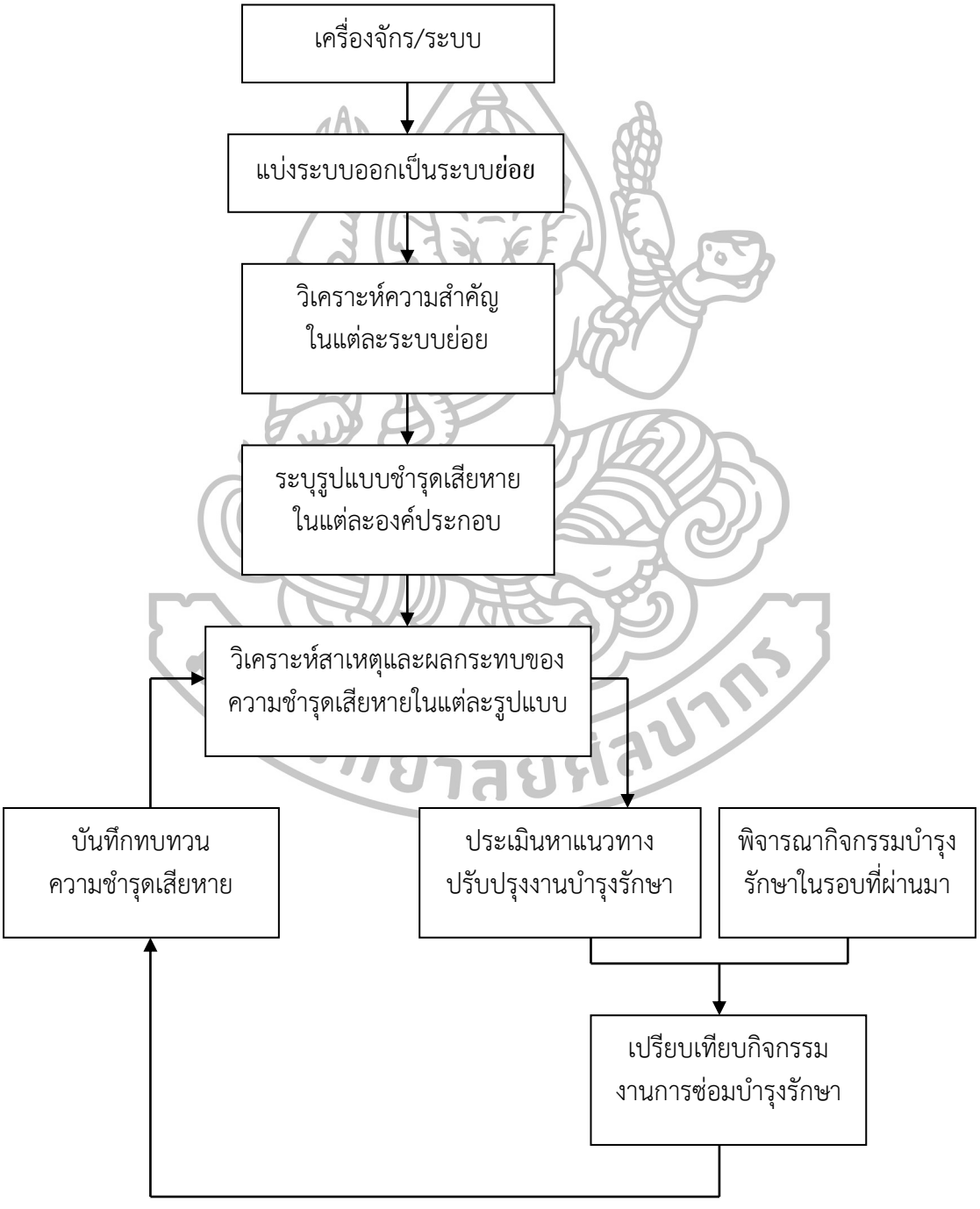
1 แนวทางเลือกระบบย่อย (Sub-System) ในทุกระบบย่อยจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ (Components) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบจะมีคุณสมบัติเฉพาะ และอัตราความชำรุดเสียหาย (Failure Rate) โดยที่บางองค์ประกอบอาจจะมีผลกระทบต่อระบบย่อย ดังนั้นสารสนเทศที่จำเป็นสำหรับการเลือกระบบย่อยมีดังนี้

1.1 ประวัติการซ่อมบำรุงรักษา

1.2 รายงานความชำรุดเสียหายในแต่ละองค์ประกอบ

1.3 ข้อมูลจากผู้ผลิต เช่น วิธีการปฏิบัติการ (Operation Procedures) และข้อกำหนดทางเทคนิค เป็นต้น

2 แนวทางการวิเคราะห์ชิ้นส่าวนอุปกรณ์ที่สำคัญในแต่ละระบบย่อย (Critical Component) โดยพิจารณาจากชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีรูปแบบความเสียหายสำคัญ (Critical Failure Mode)ซึ่งมีผลกระทบต่อความมากน้อยในการใช้งานสิ้นส่วนอุปกรณ์ ราคาของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ระยะเวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ และผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ (ศิริรัตน์, 2537) สำหรับกระบวนการวิเคราะห์ระบบย่อยที่สำคัญได้แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

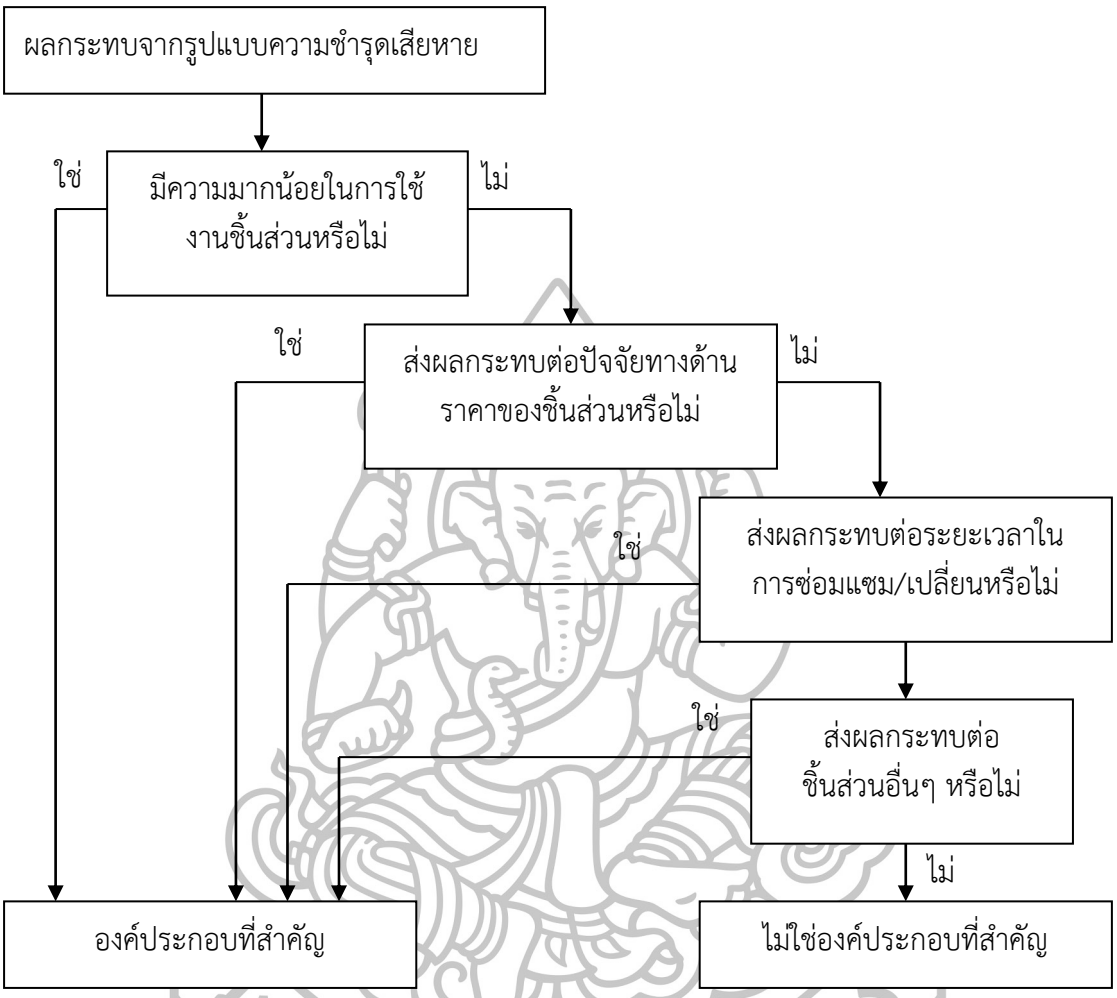
3 แนวทางเลือกรูปแบบความชำรุดเสียหายแต่ละองค์ประกอบ ได้เลือกใช้การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมทั่วไปที่ใช้เพื่อวิเคราะห์รูปแบบความชำรุดอย่างเป็นระบบ (Systematically Analyze) และใช้ผลลัพธ์ดังกล่าวสำหรับประเมินผลกระทบจากความชำรุดเสียหาย

4 แนวทางการปรับปรุงงานบำรุงรักษา หลังจากได้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ทำการวิเคราะห์ผลกระทบและรูปแบบความเสียหายเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปเราจะใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ เพื่อดำเนินการหาอายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังกล่าว โดยผลลัพธ์ของการหาความน่าเชื่อถือที่ได้ เราจะนำไปใช้ในการพิจารณาในการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อไป

2.7 การจัดงานซ่อมบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือ

กระบวนการในการทำงานเรื่องคัดเลือกงานบำรุงรักษาป้องกันที่เหมาะสม (PM Selection) และการจัดคาบเวลาของการทำงานบำรุงรักษาป้องกันที่เลือกนั้นเหมาะสมหรือให้ประโยชน์สูงสุด (PM Optimization) กระบวนการคัดเลือกงานบำรุงรักษาป้องกันที่เหมาะสมคือ การคัดเลือกงานที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรที่วิกฤติสูง การคัดเลือกทำโดยใช้ค่าความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) เป็นหลัก กระบวนการคัดเลือกและจัดงานบำรุงรักษาป้องกันมี 5 ขั้นตอน คือ

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 2.5 แผนภาพการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยที่สำคัญ

ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 26.

2.7.1 การประเมินและเลือกเครื่องจักรที่จะวิเคราะห์ตามความวิกฤติ

2.7.2 ทำกระบวนการ FMECA (Failure Mode Effect Criticality Analysis) เพื่อพิจารณาการเสียที่สาเหตุต่าง ๆ (Failure Mode)

2.7.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการเสีย (Failure Data Analysis) โดยใช้ประวัติการเสีย และการทำงานตามแผนที่เป็นอยู่ถึงปัจจุบันเป็นข้อมูล เพื่อหาตัวแปรทางสถิติที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการเสียแยกตาม Failure Mode

2.7.4 เลือกประเภทงานบำรุงรักษาป้องกัน ซึ่งหลัก ๆ แล้วมี 4 ประเภทให้เลือกคือ

2.7.4.1 งานเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือซ่อมใหญ่ตามแผน (Scheduled Part Replacement/Overhaul)

2.7.4.2 งานตรวจสอบสภาพตามกำหนด (Scheduled Condition Monitoring / Inspection)

2.7.4.3 งานตรวจสอบอาการเสียซ่อนเร้น (Scheduled Hidden Failure Finding)

2.7.4.4 งานซ่อมเมื่อเสีย (Run to Failure)

2.7.5 การจัดคาบในการทำงานตามแผนที่คัดเลือกแล้ว และการปรับคาบการทำงานตามแผนให้ได้ประโยชน์สูงสุด (Scheduled PM Interval and Optimization)

ผลที่ได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มนี้คือ รายงานการซ่อมบำรุงรักษาป้องกันตามแผนพร้อมคาบเวลาในการทำที่ให้ประโยชน์สูงสุด (Optimized Scheduled PM Tack List) ที่ครอบคลุมการเสียทุกสาเหตุ (Failure Mode) ซึ่งเป็นงานที่ได้ผ่านการคัดเลือกอย่างถี่ถ้วนแล้วว่าต้องทำไม่ทำไม่ได้มีความเสี่ยงสูงที่ระบบจะไม่สามารถทำภารกิจที่กำหนดได้โดยมีความเสียหายสูงมาก

การคัดเลือกและจัดงานบำรุงรักษาป้องกันโดยใช้หลักการของความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักรหรือระบบเป็นเกณฑ์ เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Reliability Centered Maintenance หรือ RCM มีต้นกำหนดมาตั้งแต่ปี 1978 ภายใต้ข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการคำนวณทางสถิติด้วยมือหรือเครื่องคิดเลข ถึงปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายและมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติได้ง่ายขึ้น

2.8 การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ

Condition Based Maintenance (CBM) หมายถึง การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ โดยต้องมีการตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักร (condition monitoring) เพื่อให้ทราบสภาพการทำงานของเครื่องจักรอยู่เสมอและทำให้เห็นแนวโน้มของปัญหาก่อนที่จะเริ่มเกิดขึ้นจริง

จากแนวคิดในการซ่อมบำรุงรักษาสมัยใหม่คือ “อย่าแตะต้องเครื่องจักรที่ทำงานดีอยู่แล้ว” แต่ใช้การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพแทนซึ่งจะดีกว่าเพราะไม่มีใครอยากถูกผ่าตัดทั้ง ๆ ที่สุขภาพยังดีอยู่ แต่ขอตรวจสุขภาพร่างกายเป็นประจำจะดีกว่าหรือที่เรียกกันว่า “Condition Based Maintenance: CBM” นั่นเอง (ธนกร, 2552)

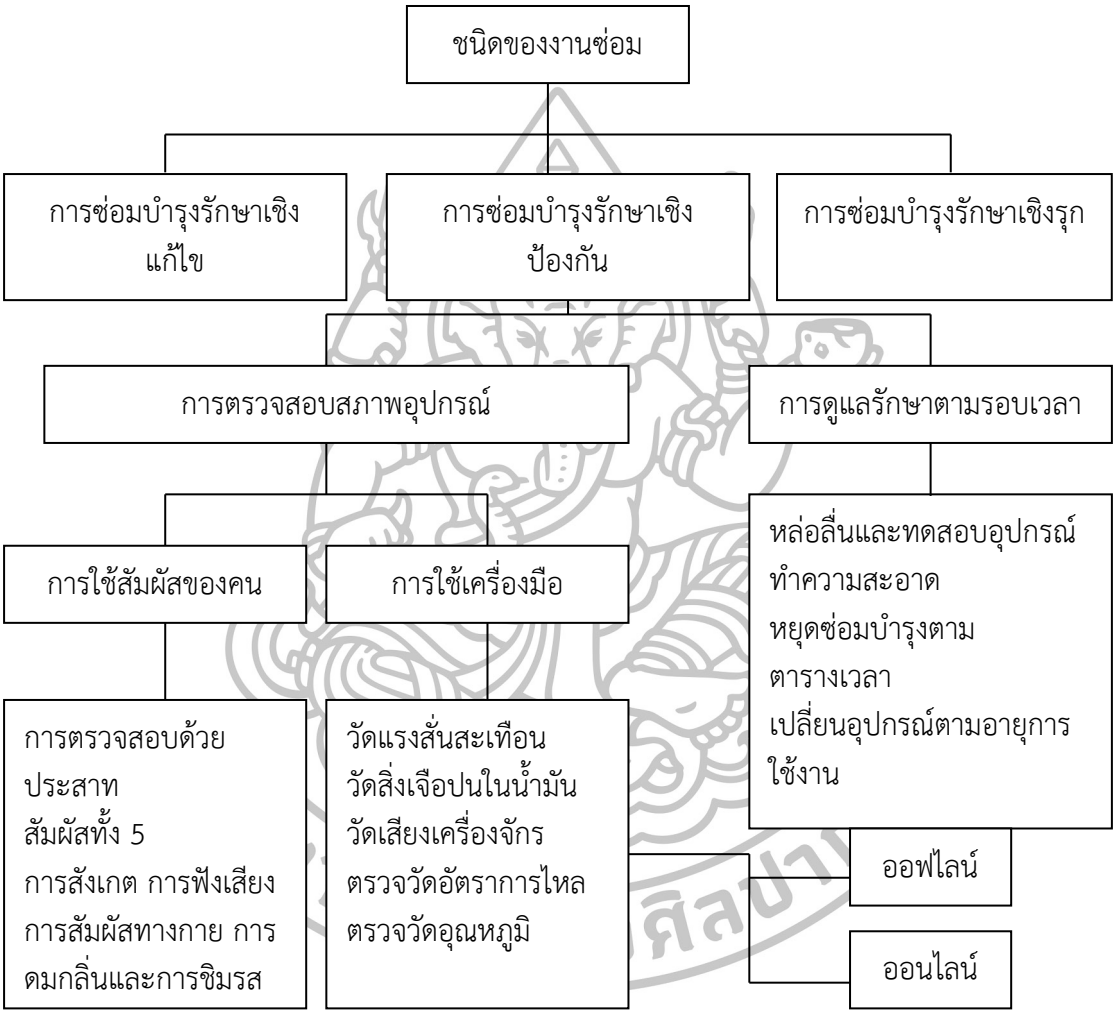
2.8.1 รูปแบบการซ่อมบำรุง

ชนิดของงานบำรุงรักษามีหลายรูปแบบซึ่งแสดงในรูปที่ 2.6 ได้แก่

2.8.1.1 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) คือ ใช้งานจนเสียหายต้องหยุดเดินเครื่อง แล้วจึงแก้ไข

2.8.1.2 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) คือ แก้ไขในโอกาสที่เหมาะสม ก่อนที่จะเสียหายรุนแรง

2.8.1.3 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive/Improvement Maintenance) คือ การแก้ไขและปรับปรุงสภาพในโอกาสที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีโอกาสเกิดความบกพร่องได้เลย



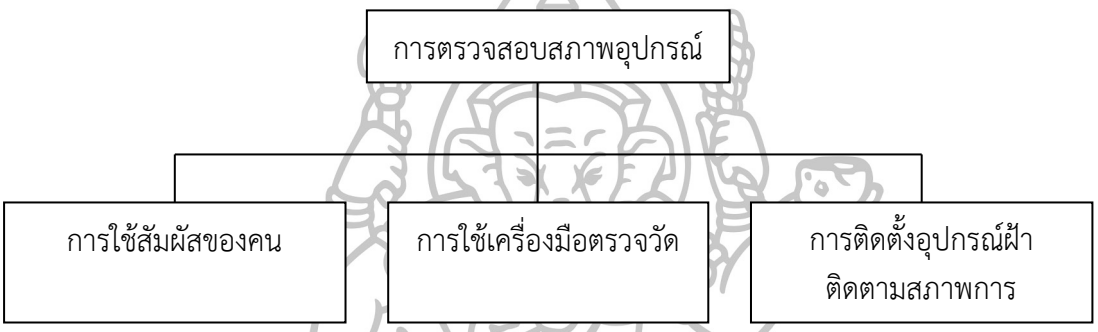
ภาพที่ 2.6 ชนิดของงานบำรุงรักษา

ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 28.

2.8.2 การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ (condition monitoring)

เป็นการดำเนินการติดตามตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอุปกรณ์ในด้านต่าง ๆ แล้วนำมาประเมินถึงสภาพอุปกรณ์ว่าเหมาะสมที่จะดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาหรือตรวจซ่อมแล้วหรือยัง ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนดช่วงเวลาการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม

การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์จะประกอบด้วย การใช้สัมผัสของคน (Subjective Method) การใช้เครื่องมือตรวจวัด (Objective Method) และการติดตั้งอุปกรณ์เฝ้าติดตามสภาพการเดินเครื่อง (Continuous Monitoring) ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ผังองค์ประกอบของการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์

ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 29.

2.8.2.1 การใช้สัมผัสของคน เป็นวิธีการใช้สัมผัสของคนตรวจติดตามสภาพเครื่องจักรเพื่อค้นหา Failure หรือแนวโน้มของการเกิด Failure ด้วย Five Sense Inspection ได้แก่ Visual Inspection เช่น การสังเกตขนาด รูปร่าง ระดับ การไหลแสง สี Sound Inspection เช่น เสียงดัง เสียงค่อย เสียงกระทบกระแทก ผิดปกติ การสัมผัส เช่นความร้อน ความสั่นสะเทือน ความแข็งอ่อน ผิวหยาบละเอียด การสูดดมกลิ่นที่ผิดปกติ เช่น กลิ่นไหม้ กลิ่นสารระเหย การชิมรสต่าง ๆ ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดเรียกว่า Subjective เนื่องจากเป็นการตรวจสอบที่ให้ผลขึ้นอยู่กับความรู้สึกของแต่ละบุคคล ไม่ถือเป็นมาตรฐานแต่เป็นวิธีการที่ให้ผลรวดเร็วและประหยัดที่สุดโดยวิธีการทำ Subjective Condition Monitoring 5 ข้อ ได้แก่

1 การสังเกตด้วยสายตา (Looking) คือ การสังเกตสภาพภายนอกและความผิดปกติทั่วไป ได้แก่ การรั่วซึม ระดับหรือการไหลใน Sight Glass ขนาดและรูปร่าง เป็นต้น

2 การฟังเสียง (Listening) คือ การฟังเสียงที่ผิดปกติ เช่น เสียงการรั่วไหล เสียงการสั่น การกระแทก เสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก ๆ

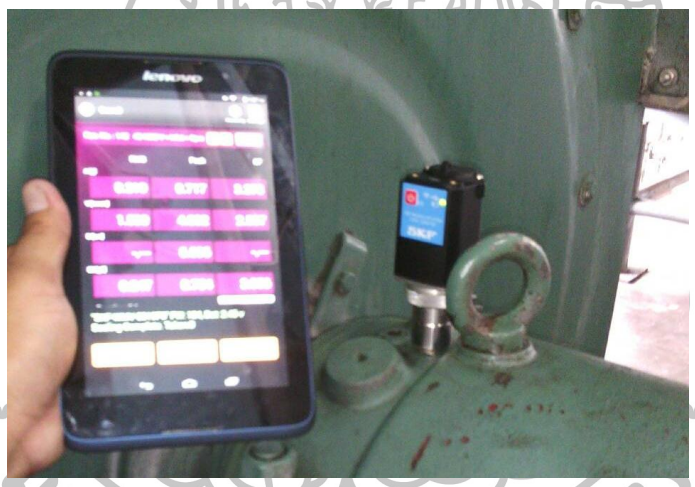
3 การดมกลิ่น (Smelling) คือ การดมกลิ่นที่ผิดปกติ เช่น กลิ่นไหม้ เป็นต้น

4 การชิมรส (Testing) ไม่มีใช้ในงานบำรุงรักษาเครื่องกล

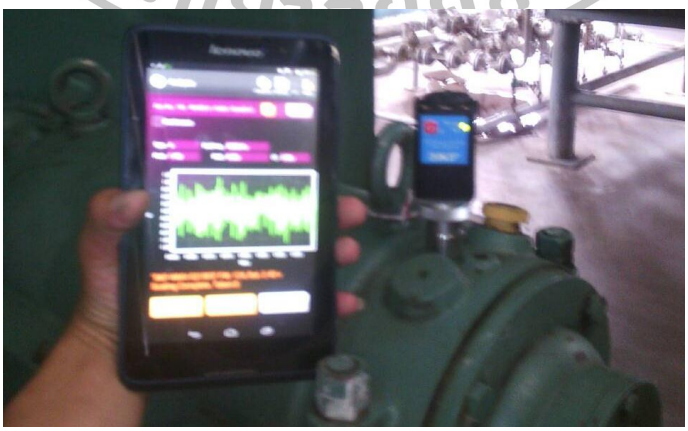
5 การสัมผัสทางกาย (Feeling) คือ การใช้มือแตะเพื่อสังเกตการณ์สั่นสะเทือนหรือความร้อนเนื่องจากของไหลภายในท่อ แสดงถึงการรั่วไหล ความตึงของสายพาน เป็นต้น

2.8.2.2 การใช้เครื่องมือตรวจวัด เป็นวิธีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดต่าง ๆ (Instruments) เช่น Thermometer, VibroMeter, Tachometer, Shock Pulse Meter, Ultrasonic Flow Meter เป็นต้น ในการติดตามตรวจสอบสภาพเครื่องจักรซึ่งมีมาตรฐานสม่ำเสมอตลอดตั้งแต่เริ่มตรวจสอบครั้งแรกโดยไม่ต้องใช้ความรู้สึกของคนมาเกี่ยวข้อง จึงทำให้สามารถจัดทำเป็นข้อมูลเชิงสถิติได้ซึ่งการทำ Objective Condition Monitoring ด้วย 5 วิธีดังนี้

1 Vibration Analysis เช่น ตรวจวัดการสั่นสะเทือนที่แบริ่งตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟเพื่อดูแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าการสั่นสะเทือนตามภาพที่ 2.8 และภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.8 การวัดการสั่นสะเทือน



ภาพที่ 2.9 กราฟแนวโน้มการสั่นสะเทือน

2 การวัดเสียงเครื่องจักร (Sound Analysis, Shock Pulse Meter)

ภาพที่ 2.10 การวัดเสียงจากเครื่องจักรโดย Stethoscope

ที่มา : อีโค่แพลนท์ เซอร์วิสเซส จำกัด, **Machine Reliability & system analysis**, เข้าถึงเมื่อ 22 กุมภาพันธ์, เข้าถึงได้จาก http://ecoplantservices.co.th/th/machine-reliability-and-system.php

3 การตรวจวัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น (Lube Oil Sampling & Oil Analysis)

ภาพที่ 2.11 เครื่องใช้วัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น

ที่มา : ประภากรออยล์ จำกัด, **การวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่น**, เข้าถึงเมื่อ 22 กุมภาพันธ์, เข้าถึงได้จาก http://www.prapakornoil.com/บริการ/การตรวจวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

4 การตรวจวัดอัตราการไหลของของเหลวที่อยู่ในท่อ (Fluid Flow & Pressure Analysis)

ภาพที่ 2.12 Flow meter ตรวจวัดอัตราการไหล

ที่มา : ไตรรุ่งเจริญกิจวิศวภัณฑ์ จำกัด, **เครื่องวัดอัตราการไหลชนิดอัลตร้าโซนิค**, เข้าถึงเมื่อ 22 กุมภาพันธ์, เข้าถึงได้จาก http://trirungkit.tarad.com/product-th-92792-เครื่องวัดอัตราการไหลชนิดอัลตร้าโซนิค.html

5 การตรวจวัดสภาพเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบความผิดปกติในเรื่องของความร้อนในขณะเครื่องจักรทำงาน (Temperature Analysis, Thermography)

ภาพที่ 2.13 การใช้งาน Thermography ตรวจสภาพเครื่องจักร

ที่มา : อีโค่แพลนท์ เซอร์วิสเซส จำกัด, **Machine Reliability & system analysis**, เข้าถึงเมื่อ 22 กุมภาพันธ์, เข้าถึงได้จาก http://ecoplantservices.co.th/th/machine-reliability-and-system.php

2.8.2.3 การติดตั้งอุปกรณ์เฝ้าติดตามสภาพการเดินเครื่อง เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยเฝ้าติดตามสภาพการเดินเครื่อง (supervisory) หลายอย่างไว้กับเครื่องจักรตลอดเวลา ทั้งยังสามารถกำหนดให้มีการบันทึกข้อมูลได้เช่น ระบบ DCIS ทำให้สามารถรู้ถึงสภาวะการทำงานของเครื่องจักรได้ทุกขณะที่เดินเครื่องอยู่ (real time) และสามารถเห็นแนวโน้มของการเสื่อมสภาพได้ทันทีหรือเรียกดูข้อมูลย้อนหลังเพื่อสืบค้นจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงได้

2.8.3 การประเมินสภาพ (Condition evaluation)

คือการนำข้อมูลจากการติดตามสภาพทั้งหมดมาแปลผลโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์เทียบกับข้อมูลเริ่มต้น (Erection record) ประวัติการเดินเครื่อง (Operation Data) ประวัติการตรวจซ่อม (history record) รายงานการตรวจซ่อม (Maintenance report) การซ่อมบำรุงรักษาประจำ (Routine maintenance) และบันทึกเหตุการณ์ (Event record) หรือ Black Log ที่เกิดขึ้นทั้งหมดมาประมวลผลและสรุปสภาพเครื่องจักรมีสภาพผิดปกติหรือไม่อย่างไรหรือมีอาการใดที่เป็นสัญญาณที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพ หรือแนวโน้มของการเกิดปัญหาและจะเกิดผลกระทบกับชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ใดบ้าง เพื่อนำผลที่ได้นี้ไปรับแผนการซ่อมบำรุงรักษาให้เหมาะสม (Work optimization) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพและเพื่อให้สามารถบอกได้ว่าสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไปเพื่อรักษา Reliability, Availability & Safety ให้สูงที่สุดในขณะที่มี cost Effective มากที่สุดด้วย

2.8.4 เหตุผลในการทำการซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ

ในงานซ่อมแต่ละครั้งนั้น (ซึ่งเป็นการซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา) จะมี Rotating Machine ส่วนหนึ่งถูกกำหนดให้เปิดงานซ่อมซึ่งเป็นไปตามแผนที่วางไว้ล่วงหน้า แต่ข้อเท็จจริงคือ Rotating Machine บางส่วนยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ยังไม่มีความจำเป็นต้องซ่อมบำรุง

การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ หรือ Condition Based Maintenance: CBM ต้องมีการตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักร เพื่อให้ทราบสภาพการทำงานของเครื่องจักรอยู่เสมอ และทำให้เห็นแนวโน้มของปัญหา ก่อนที่จะเริ่มเกิดขึ้นจริง (Lead time to failure) เพื่อให้มีเวลาแก้ไขก่อนที่มันจะลุกลามไปจนเป็นความเสียหายรุนแรง

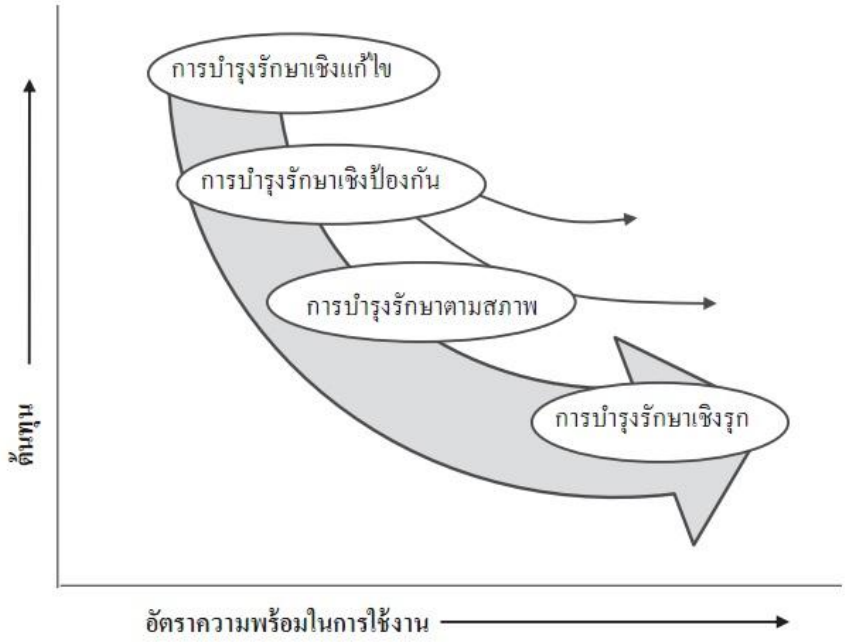
การซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับสภาพจริงของชิ้นส่วนนั้น ๆ อย่างไรก็ตามการตรวจวัดสภาพก็จะทำตามกำหนดเวลาเพื่อให้ทราบสภาพของเครื่องจักรในขณะนั้นเป็นระยะ ๆ หรือติดตามอย่างต่อเนื่องชนิดของงานบำรุงรักษา ดังนั้นการทำ CBM นั้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงและทำให้ Availability เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.14

2.8.5 องค์ประกอบในการทำการซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ

2.8.5.1 การตรวจวัดข้อมูลหรือสัญญาณจากการทำงานของเครื่องจักร (Condition Measurement)

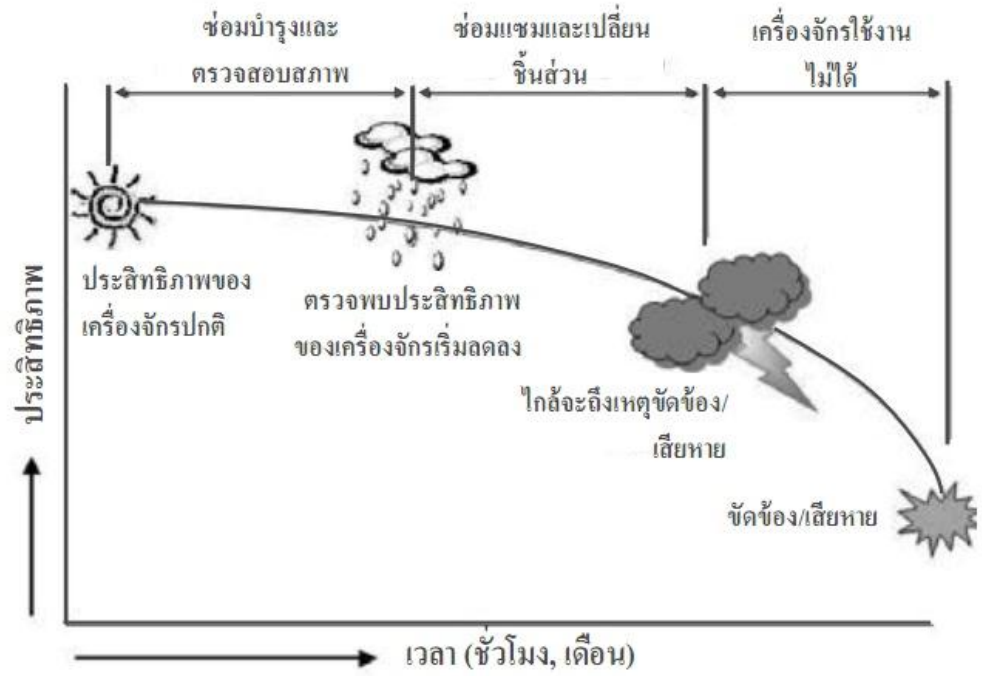
2.8.5.2 การนำข้อมูล/สัญญาณมาทำ Trend Plot เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่สามารถบ่งบอกถึงสภาพของเครื่องจักร (Condition Monitoring/Health Assessment) ดังแสดงในรูปที่ 2.15

2.8.5.3 ดำเนินการซ่อมและบำรุงรักษาตามสภาพที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายงานซ่อมกับความพร้อมของเครื่องจักรสำหรับการซ่อมบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ

ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 34.



ภาพที่ 2.15 กระบวนการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร (Equipment Degradation Process)
ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 34.

2.8.6 ขั้นตอนของการ การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ

2.8.6.1 เริ่มจากมีการบันทึกข้อมูลสภาพเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มต้นไว้

2.8.6.2 กำหนดระยะคาบเวลาในการตรวจติดตามสภาพเครื่องจักรเพื่อให้ทราบสภาพเครื่องจักรในขณะนั้นเป็นระยะ ๆ

2.8.6.3 นำข้อมูลจำนวนมากที่ได้จากการตรวจติดตามจัดทำเป็นข้อมูลเชิงสถิติซึ่งแสดงในรูปกราฟแนวโน้มและวิเคราะห์ด้วยหลักสถิติ

2.8.6.4 กำหนดมาตรฐานขอบเขตหรือขีดจำกัดของค่าสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจวัดโดยอุปกรณ์เครื่องมือ เช่น Upper Limit, Lower Limit, Limit to Action & Limit to Stop Machine

2.8.6.5 ทำการประเมินสภาพจากการตรวจติดตามทั้งหมดมาแปลผลโดยวิเคราะห์เทียบกับข้อมูลเริ่มต้นหรือบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

2.8.6.6 กำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาหรือเวลาที่ลงมือซ่อมบำรุงนั้น

2.8.6.7 สุดท้ายดำเนินการซ่อมและบำรุงรักษาตามสภาพที่เกิดขึ้นนั้น

2.8.7 ประโยชน์ที่ได้จาก การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ

2.8.7.1 หน่วยงานซ่อมบำรุงสามารถลดขอบเขตของงานซ่อมลงเหลือเท่าที่จำเป็น ลดการ Over maintenance ช่วยลด Outage Duration และสนับสนุน Work Optimization

2.8.7.2 รู้จุดขัดข้องที่เพิ่งจะเริ่มเกิดขึ้นในเครื่องจักรก่อนที่จะลุกลามไปจนเป็นความเสียหายอย่างใหญ่หลวง

2.8.7.3 ลดเวลาในการหยุดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

2.8.7.4 ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องจักร

2.8.7.5 ยืดอายุการใช้งานของอะไหลให้นานขึ้นทำให้ใช้งานคุ้มค่าและลดจำนวนอะไหล่ที่ต้องเก็บสต็อกไว้

การทำ Condition Base Maintenance นั้นเป็นแนวทางใหม่ในงานซ่อมบำรุงโดยทำการซ่อมบำรุงตามสภาพจาก Condition Monitoring ซึ่งจะช่วยให้ขยายระยะเวลาออกไปได้ เพิ่ม Availability ลด Work Load ลดลง Maintenance Cost ลง ปรับปรุงการวางแผนบำรุงรักษาและช่วยในการวางแผนจัดการ Spare Part ที่ดีขึ้น

2.9 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ

ตามที่กล่าวในเบื้องต้นว่าการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) คือ ส่วนหนึ่งในการดำเนินการของ RCM ดังนั้นในหัวข้อนี้อธิบายถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ FMEA และการนำ FMEA ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

นิยามของ FMEA หมายถึง เทคนิคเพื่อหาจุดอ่อนในการออกแบบก่อนที่การออกแบบนั้นจะถูกนำออกมาใช้จริง (อรรถกร, 2547)

การจัดทำเป็นกลุ่มของกิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายรับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่องและผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ ทำการบ่งชี้ถึงความสามารถกำจัดทิ้งหรือลดโอกาสข้อบกพร่องและจัดทำกระบวนการทั้งหมดในรูปเอกสาร (กิติศักดิ์, 2551)

2.9.1 ประโยชน์ของ FMEA

2.9.1.1 เพื่อนำข้อมูลการซ่อมมาใช้ประโยชน์ในการซ่อมบำรุงรักษาให้เหมาะสม เช่น การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาและการสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่อง

2.9.1.2 ช่วยสนับสนุนการออกแบบที่ผิดพลาดให้ถูกต้องยิ่งขึ้น และสนับสนุนการทำแผนในการทำงานเมื่อต้องอยู่กับวิธีการทำงานที่แตกต่างกัน

2.9.1.3 ทำให้เกิดการคล่องตัวในการสื่อสาร ระหว่างพนักงานที่ทำงานร่วมกัน

2.9.1.4 ทำให้เข้าใจพฤติกรรมการทำงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ และมีความรู้จากการวิเคราะห์ความเสียหาย

2.9.2 ขอบเขตการทำงานของ FMEA

โดยทั่วไปแล้ว FMEA ใช้ได้ดีในการวิเคราะห์เกี่ยวกับความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าหากระบบนั้นมีการทำงานที่ซับซ้อน และมีหลายหน้าที่การทำงานรวมถึงอุปกรณ์ย่อย ๆ ประกอบขึ้นมามาก ก็จะทำให้เกิดความยากในการใช้ FMEA ทั้งนี้เพราะมีรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องพิจารณา ข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งที่ไม่ควรนำมาพิจารณาถ้าหากใช้ FMEA คือความผิดพลาดในการทำงานอันเนื่องมาจากตัวบุคคล เพราะโดยปกติแล้วความผิดพลาดอันนี้มักเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานซึ่งวิธีการที่จะใช้ในการวิเคราะห์ควรใช้การวิเคราะห์แบบ Cause-consequence Analysis นอกจากนี้ ความเสียหายที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ไม่ควรนำมาพิจารณาในการทำ FMEA

2.9.3 ข้อมูลที่จำเป็นในการทำ FMEA ในการใช้ FMEA เพื่อวิเคราะห์การทำงานของระบบนั้น จำเป็นต้องทราบโครงสร้างของระบบก่อนซึ่งโครงสร้างของระบบนั้นประกอบไปด้วย

2.9.3.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบและลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบนั้น ๆ รวมถึงสมรรถนะในการทำงาน บทบาทและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์เหล่านั้น

2.9.3.2 ตัวเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ

2.9.3.3 ตำแหน่งการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ

2.9.3.4 ต้องทราบถึงความเป็นไปของระบบ

การวิเคราะห์ FMEA จำเป็นต้องทราบรูปแบบของระบบ (System Modeling) และมีข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้และเกี่ยวข้องกับระบบการทำงานอย่างเพียงพอ

2.9.4 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การออกแบบ FMEA (อรรถกร, 2548) การวิเคราะห์ FMEA ที่ครบถ้วนจะต้องมีการสร้างตารางเพื่อการวิเคราะห์โอกาสเกิดความผิดพลาดและผลลัพธ์ภายหลัง (Potential Failure and Consequences) ซึ่งจะถูกเติมข้อมูลตามขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.9.4.1 ข้อมูลการบริหาร (Administrative Data) เช่น ตัวเลขของชื่องาน FMEA ชื่อผู้วิเคราะห์ชนิดของผลิตภัณฑ์ จำนวนของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะต้องถูกจัดเก็บเพื่อการสืบค้นต่อไป

2.9.4.2 ชื่อชิ้นงาน และตัวเลขกำกับชิ้นงาน (Part Name and Part Number) เป็นข้อมูลเพื่อใช้แสดงชื่อ และรายละเอียดต่าง ๆ เฉพาะของชิ้นส่วนนั้น

2.9.4.3 หน้าที่ของชิ้นส่วน (Function of the Part) เป็นข้อมูลหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนนั้นข้อมูลนี้อาจจะมีหลายแบบ หากหน้าที่ของชิ้นส่วนมีหลายหน้าที่ และแต่ละหน้าที่มี

โอกาสเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นจำเป็นต้องลงรายการแยกจากกัน เพื่อความสามารถในการวิเคราะห์และจัดเก็บข้อมูล

2.9.4.4 โอกาสเกิดภาวะความผิดพลาด (Potential Failure Mode) ต้องมีการลงรายการแยกแต่ละโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดของแต่ละหน้าที่โดยความหมายของโอกาสเกิดภาวะความผิดพลาดคือ โอกาสที่ชิ้นส่วนจะทำงานผิดพลาดขึ้นหรือโอกาสที่ชิ้นส่วนจะไม่สามารถทำงานได้ตรงตามการออกแบบ โดยความหมายนี้รวมถึงชิ้นส่วนอื่น ๆ หรือชิ้นส่วนที่กำลังพิจารณาอยู่ ส่งผลให้โอกาสเกิดภาระความผิดพลาดเกิดขึ้นในส่วนที่กำลังพิจารณาหรือชิ้นส่วนอื่น ๆ

การตั้งสมมติฐานนั้นต้องมีการสมมติว่าความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นแต่ในทางปฏิบัติอาจไม่เกิดขึ้นจริง สิ่งที่สำคัญคือ ภาระความผิดพลาดควรมีการอธิบายความหมายของเทคนิคมากกว่าใช้การอธิบายแบบทั่วไป เพื่อมิให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดว่าผลิตภัณฑ์มีจุดด้อย ตัวอย่างของภาวะความผิดพลาด มีดังต่อไปนี้ รอยแตก สีเพี้ยน การผิดรูป การสั่น การหลวม กระแสไฟลัดวงจร รอยรั่วรอยร้าว การติดกัน เป็นต้น

2.9.4.5 ผลกระทบของการผิดพลาด (Effect of Failure) ผลกระทบอันเกิดจากภาวะความผิดพลาดในหน้าที่ที่ถูกออกแบบให้ผู้บริโภคใช้ ดังนั้น ผลกระทบแต่ละชนิดจึงควรถูกบันทึกและอธิบายสิ่งที่ผู้บริโภคได้รับผลกระทบหรือมีประสบการณ์อันเกิดจากความผิดพลาด ผลกระทบเหล่านี้บางครั้งมิได้มีผลเพียงความผิดพลาดเฉพาะชิ้นส่วน แต่มักจะมีผลกระทบต่อเนื่องอื่นอีกด้วยตัวอย่างของผลกระทบ มีดังต่อไปนี้เสียงรบกวน กินผิดปกติ มองเห็นการทำงานไม่ชัด ทำงานไม่เสถียร ทำงานไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

2.9.4.6 ผลกระทบของระดับความรุนแรง (Severity Level) จะต้องถูกตรวจสอบและจะต้องมีการให้ลำดับความรุนแรง (Severity Ranking) รวมทั้งจะต้องมีการวางเกณฑ์ (Criteria) ในการให้ระดับขั้นความรุนแรงโดยผู้ออกแบบหรือกลุ่มผู้ตรวจสอบ ควรจะมีการวางเกณฑ์อยู่บนพื้นฐานของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด แต่โดยรวมควรจะต้องมีความสม่ำเสมอและยุติธรรมต่อทุกผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงแก้ไขการออกแบบหรือกระบวนการเท่านั้น จะสามารถลดลำดับขั้นความรุนแรงได้

2.9.4.7 สาเหตุหรือกลไกที่สร้างโอกาสเกิดความผิดพลาด (Potential Causes or Mechanisms of Failure) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นทุกชนิดจะต้องมีสาเหตุหรือกลไกการเกิดขึ้น ดังนั้น จะต้องมีการลงรายการสาเหตุหรือกลไกที่สร้างโอกาสเกิดความผิดพลาด เพราะสาเหตุเหล่านี้เป็นตัวชี้วัดความบกพร่องในการออกแบบ ซึ่งต้องการการแก้ไขพัฒนา ตัวอย่างของสาเหตุที่สร้างโอกาสเกิดความผิดพลาด มี 4 ข้อ ดังนี้

1 มีการออกแบบอายุการใช้งานไม่เพียงพอ
2 ชิ้นงานมีความเครียดภายในมากเกินไป
3 มีการกำหนดการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสม

4 มีการป้องกันจากสิ่งแวดล้อมอย่างไม่เพียงพอ

ตัวอย่างของกลไกที่สร้างโอกาสเกิดความผิดพลาด เช่น การสึกหรอ การล้า การเลื้อย การกัดกร่อน การยืด วัสดุมีความไม่เสถียร เป็นต้น

หลังจากนั้นต้องมีการหาโอกาสเกิดความผิดพลาดระหว่างการทำงานของชิ้นส่วนนั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการลดสาเหตุของการเกิดความผิดพลาด ทำได้ด้วยการขจัดหรือควบคุมสาเหตุของข้อบกพร่อง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตจะเป็นสิ่งที่จะสามารถลดลำดับที่ของโอกาสเกิดความผิดพลาดได้

2.9.4.8 การควบคุมกระบวนการ (Process Controls) การควบคุมกระบวนการเป็นวิธีการเพื่อป้องกันภาวะความผิดพลาดหรือป้องกันไม่ให้มีสาเหตุให้เกิดภาวะความผิดพลาด ดังนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุม 2 เรื่อง ดังต่อไปนี้

1 มีการใช้การควบคุมกระบวนการทางสถิติ

2 มีการควบคุมกระบวนการในทุกขั้นตอน

การให้ลำดับที่การตรวจจับ (Detection Ranking) จะทำให้สามารถตรวจจับสาเหตุที่จะทำให้กระบวนการเกิดภาวะความผิดพลาด ก่อนที่จะนำไปผลิตจริง ดังนั้นต้องมีการใช้ลำดับบนพื้นฐานของโอกาสที่จะตรวจพบโดยการควบคุมกระบวนการ

2.9.4.9 การคำนวณตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) เพื่อจัดลำดับกระบวนการในมุมมองทางด้านสภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในแต่ละสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด ซึ่งประกอบด้วยอัตราผลกระทบของความรุนแรง (Severity : S) ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2.3 ความถี่ที่เกิดขึ้นของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด (Occurrence : O) ซึ่งดูได้จากดังตารางที่ 2.4 และความสามารถในการตรวจจับ (Detection: D) ซึ่งดูได้จากดังตารางที่ 2.5 ตามลำดับ (Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation, 1995) โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\mathrm{RPN} = (\mathrm{S}) \times (\mathrm{O}) \times (\mathrm{D}) \qquad (2)$$

เมื่อได้ค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยงแล้ว ควรจะทำการพิจารณากระบวนการของชิ้นส่วนที่มีค่าสูงสุดก่อน เนื่องจากมีความเสี่ยงสูงในการเกิดความผิดพลาดไม่ตรงกับการออกแบบ หลังจากนั้นจึงควรมีการกำหนดแผนการปรับปรุง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีองค์ประกอบ 3 อย่างในการคำนวณหากมีองค์ประกอบใดมีค่าสูงกว่าปกติควรจะมีการพิจารณาปรับปรุงเช่นกัน เนื่องจากความผิดพลาดอาจจะเกิดขึ้นได้หากมีจุดอ่อนที่ใดที่หนึ่ง

การประเมินความเสี่ยง (Risk Evaluation) แบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ ความเสี่ยงเล็กน้อย (Minor) ไม่ต้องมีปฏิบัติการแก้ไข (RPN < 60), ความเสี่ยงปานกลาง (Moderate) ไม่ต้องมีปฏิบัติการแก้ไขแต่ต้องมีการควบคุมติดตามผลการดำเนินการ (RPN < 80), ความเสี่ยงสูง (High) ต้องมีการควบคุมอย่างจริงจัง พร้อมตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการที่เหมาะสม (RPN < 100), ความเสี่ยงวิกฤต (Critical) จะต้องมีปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน พร้อมทั้งดำเนินการเปลี่ยนแปลงอย่างจริงจัง (RPN > 100)

2.9.4.10 แผนการปรับปรุง (Improving Plan) หลังจากได้ค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) จะต้องมีการกำหนดแผนการปรับปรุง โดยควรมีการปรับปรุงในจุดที่มีค่าลำดับสูง โดยเฉพาะที่ขั้นความรุนแรง (Severity) ที่มีค่าสูงก่อน เนื่องจากค่าความรุนแรงเป็นจุดสำคัญที่อาจสร้างผลกระทบไปสู่ค่าการเกิดความผิดพลาด และค่าโอกาสที่ตรวจจับ

2.9.4.11 การเก็บข้อมูลการปฏิบัติ (Record Actions) หลังจากที่แผนการปรับปรุงได้มีการสร้างขึ้นแล้วจะต้องมีการคำนวณค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) อีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าค่า RPN มีจำนวนลดลง และต้องเก็บข้อมูลจริงในขณะที่มีการผลิตและใช้งานด้วย เพื่อการประเมินในอนาคต

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์การกำหนดอัตราผลกระทบของความรุนแรง (S)

ผลกระทบ	เกณฑ์ด้านผลิตภัณฑ์ (ผลกระทบต่อลูกค้า)	คะแนน	ผลกระทบ	เกณฑ์ด้านกระบวนการผลิต (ผลกระทบต่อการผลิตประกอบ)
ล้มเหลวที่จะบรรลุความปลอดภัยและหรือกฎระเบียบที่กำหนดไว้	มีผลกระทบรุนแรงส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน	10	ล้มเหลวที่จะบรรลุความปลอดภัยและหรือกฎระเบียบที่กำหนดไว้	มีผลกระทบที่มากต่อพนักงานหรือโรงงานและไม่มีการเตือนล่วงหน้า
	มีผลกระทบรุนแรง ส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน	9		มีผลกระทบที่มากต่อพนักงาน หรือโรงงานและมีการเตือนล่วงหน้า
สูญเสียหรือถูกลดระดับหน้าที่การทำงานหลัก	สูญเสียหน้าที่การทำงานหลักแต่ไม่กระทบต่อความปลอดภัย	8	Major Disruption	เครื่องจักรหยุดงาน มากกว่า 8 ชม. หรือผลิตของเสียมากกว่า 4 ชม.
	ลดระดับหน้าที่การทำงานหลัก ถูกลดสมรรถนะการทำงาน	7	Significant Disruption	เครื่องจักรหยุดงาน ระหว่าง 4-8 ชม. หรือผลิตของเสียน้อยกว่า 4 ชม.
สูญเสียหรือถูกลดระดับหน้าที่การทำงานรอง	สูญเสียหน้าที่การทำงานรองและขาดความสะดวกสบาย	6	Moderate Disruption	เครื่องจักรหยุดงานระหว่าง 1-4 ชม. หรือผลิตของเสียระหว่าง 1-2 ชม.
	ลดระดับหน้าที่การทำงานรองแต่ทำงานได้โดยสะดวก	5		เครื่องจักรหยุดงานระหว่าง 1/2-1 ชม. หรือผลิตของเสียไม่เกิน 1 ชม.
ความประกอบพอดี (Fit) และความเรียบร้อยไม่เป็นไปตามต้องการ	ข้อบกพร่องถูกสังเกตพบได้โดยลูกค้ามากกว่า 75%	4	Moderate Disruption	เครื่องจักรหยุดงานระหว่าง 10-30 นาที แต่ไม่เกิดการผลิตของเสียเลย
	ข้อบกพร่องถูกสังเกตพบได้โดยลูกค้า 50%	3		เครื่องจักรหยุดงานน้อยกว่า 10 นาที แต่ไม่เกิดการผลิตของเสียเลย
	ข้อบกพร่องถูกสังเกตพบได้โดยลูกค้าน้อยกว่า 25%	2	Minor Disruption	ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญไม่อยู่ในพิกัดที่กำหนด แต่ควรแก้ไขในขณะที่เครื่องจักรทำงาน
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1	No Effect	ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญไม่อยู่ในพิกัดที่กำหนด และการแก้ไขปรับปรุงสามารถรอทำในช่วงเวลาบำรุง รักษาตามปกติ

ตารางที่ 2.4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความถี่ที่เกิดขึ้นของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด (O)

ผลกระทบ	**โอกาสที่น่าเป็นไปได้**	**คะแนน**	**จำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วน/เครื่องจักร**	**เกณฑ์การพิจารณา**
สูงมาก	ทุก ๆ ชั่วโมง	10	1 ใน 1 ชั่วโมง	R(t) < 1%
สูง	ทุก ๆ กะทำงาน	9	1 ใน 8 ชั่วโมง	R(t) = 5% MTBF ประมาณ 30%ของเวลาที่กำหนด
	ทุก ๆ วัน	8	1 ใน 24 ชั่วโมง	R(t) = 20% MTBF ประมาณ 60%ของเวลาที่กำหนด
	ทุก ๆ สัปดาห์	7	1 ใน 80 ชั่วโมง	R(t) = 37% MTBF เท่ากับเวลาที่กำหนด
ปานกลาง	ทุก ๆ เดือน	6	1 ใน 350 ชั่วโมง	R(t) = 60% MTBF มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 2 เท่า
	ทุก ๆ 3 เดือน	5	1 ใน 1,000 ชั่วโมง	R(t) = 78% MTBF มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 4 เท่า
	ทุก ๆ 6 เดือน	4	1 ใน 2,500 ชั่วโมง	R(t) = 85% MTBF มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 6 เท่า
ต่ำ	ทุก ๆ ปี	3	1 ใน 5,000 ชั่วโมง	R(t) = 90% MTBF มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 10 เท่า
	ทุก ๆ 2 ปี	2	1 ใน 10,000 ชั่วโมง	R(t) = 95% MTBF มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 20 เท่า
ต่ำมาก	ทุก ๆ 5 ปี	1	1 ใน 25,000 ชั่วโมง	R(t) = 98% MTBF มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 50 เท่า

ตารางที่ 2.5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการตรวจจับ (D)

การตรวจจับ	**เกณฑ์**	**ชนิดการตรวจสอบ**			**ขอบเขตของเกณฑ์ในการตรวจสอบ**	**คะแนน**
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีการตรวยที่แน่นอน			X	ไม่สามารถตรวจพบได้	10
ห่างไกลมาก	อาจจะไม่สามารถตรวจจับความเสียหายได้			X	ตรวจพบโดยการสุ่มเท่านั้น	9
ห่างไกล	การควบคุมมีโอกาสน้อยที่จะตรวจพบ			X	ตรวจโดยใช้ สายตา การสัมผัส การได้ยิน เท่านั้น	8
ต่ำมาก	การควบคุมมีโอกาสน้อยที่จะตรวจพบ		X		ตรวจโดยใช้ สายตา การสัมผัส การได้ยิน เท่านั้นหรือมีการตรวจแบบนับค่าประเภท ผ่าน ไม่ผ่าน	7
ต่ำ	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X	X	เป็นการตรวจโดยพนักงานใช้ CF/Cl ในลักษณะการตรวจแยกชนิดออกมาว่า ผ่าน ไม่ผ่าน	6
ปานกลาง	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X		สามารถตรวจจับที่จุดปฏิบัติงานโดยพนักงานหรือเครื่องมือวัดในลักษณะอัตโนมัติ งานปรับตั้งและชิ้นงานชิ้นแรกของการผลิต	5
ค่อนข้างสูง	การควบคุมมีโอกาสที่จะตรวจพบได้	X	X		สามารถตรวจจับที่จุดปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นกระบวนการได้โดยอัตโนมัติ และป้องกันไม่ให้ไม่ให้ไปสู่กระบวนการถัดไป	4
สูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบได้	X	X		มีเกณฑ์การยอมรับหลายชั้นโดยไม่ยอมรับชิ้นส่วนที่ผิดปกติและป้องกันไม่ให้ไม่ให้ไปสู่กระบวนการถัดไป	3
สูงมาก	การควบคุมมีโอกาสเกือบแน่นอนในการตรวจสอบ	X	X		มีการใช้ควบคุมตรวจจับความผิดพลาดและหยุดโดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการผลิตชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	2
เกือบแน่นอน	การควบคุมการตรวจจับได้อย่างแน่นอน	X			ไม่มีชิ้นส่วนที่ผิดปกติ เพราะได้ออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการการป้องกันความผิดพลาดไว้แล้ว	1

ที่มา : ทวิช คำสัตย์, “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณี : เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555, 40-42.

หมายเหตุ : ชนิดการตรวจสอบ

A คือ ระบบป้องกันความผิดพลาด (Error Proofed)

B คือ การตรวจสอบโดยเกจ (Gauging)

C คือ การตรวจสอบโดยใช้สายตา มือ (Manual Inspection)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา (2550) ได้ทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรด้วยการนำหลักการซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มความพร้อมในการใช้งานและความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร โดยให้มีค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรยาวนานขึ้น ด้วยการนำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรและการวิเคราะห์รูปแบบและผลกระทบของความเสียหาย มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมของแต่ละเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐานในการซ่อมบำรุงรักษา หลังจากทำการศึกษาพบว่าสามารถทำให้อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 82.73% ซึ่งมากกว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือ 80% และมีค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 63.80% จำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 46.44% และจำนวนชั่วโมงที่เกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 67.47%

ดนัย (2543) ได้ทำการศึกษาและสร้างขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ โดยการนำประวัติการขัดข้อง ของเครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ จัดระเบียบข้อมูลการขัดข้อง นำเสนอวิธีการปรับปรุงหัวข้อและช่วงเวลาการปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จนได้มาซึ่งแผนปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่แบ่งออกเป็นช่วงเวลาตามชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร การศึกษาได้ทำการปรับปรุงแผนกผลิตชิ้นส่วนเพลาข้อเหวี่ยง ในสายการผลิต A และ B ซึ่งเครื่องจักรที่งานวิจัยนี้สนใจเป็นเครื่องเจียรนัยผิวนอกและเจียรนัยผิวในอัตโนมัติ หลังจากทำการศึกษาพบว่าเครื่องเจียรนัยผิวนอกอัตโนมัติ มีค่า MTBF เพิ่มขึ้น 10,610.33 นาที และ 6,469 นาที ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความพร้อมทำงานเพิ่มขึ้น 1.62% และ 3.07% ตามลำดับ ส่วนเครื่องเจียรนัยผิวอัตโนมัติมีค่า MTBF เพิ่มขึ้น 8,452.50 นาที และ 6,585.38 นาที ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความพร้อมทำงานเพิ่มขึ้น 2.59% และ 0.97% ตามลำดับ

ทวิช (2555) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้หลักการซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยการเลือกเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต มาระบุระบบการทำงานย่อยและหน้าที่การใช้งาน ระบุความล้มเหลวและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ วิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหาย สาเหตุ และผลกระทบ แล้วทำการเลือกการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม สร้างแผนการซ่อมบำรุงรักษา หลังจากทำการศึกษาพบว่า อัตราความเสียหายของเครื่องจักรโดยเฉลี่ยลดลงจาก 9.22% เหลือ 2.11% อัตราความพร้อมในการใช้งานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 5.77% คิดเป็น 81.64% และอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 6,284.50 นาที/เครื่อง เป็น 10,031.10 นาที/เครื่อง

พิเชษฐ์ (2554) ได้ทำการศึกษาการลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากปัญหาการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างทำการผลิต ด้วยการนำทฤษฎีความน่าเชื่อถือมาคัดเลือกวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤตและหน้าที่ของชิ้นส่วนเครื่องผลิตกระดาษ โดยหาสาเหตุ อาการขัดข้อง และผลกระทบ (FMEA) เก็บข้อมูลประวัติเครื่องจักร จำลองรูปแบบการเสีย และประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือด้วยวิธีทางสถิติ หลังจากทำการศึกษาพบว่าเวลาสูญเสียในการผลิต อัตราความเสียหายและอัตราความพร้อมในการใช้งานเครื่องจักรผลิตกระดาษ MC1 เวลาสูญเสียลดลงเฉลี่ยต่อเดือน 2,196 นาที อัตราความเสียหายลดลง 5.68 % อัตราความพร้อมใช้งานเพิ่มเป็น 80.20 % เครื่องจักรผลิตกระดาษ MC2 เวลาสูญเสียลดลงเฉลี่ยต่อเดือน 4,025 นาที อัตราความเสียหายลดลง 10.04 % อัตราความพร้อมใช้งานเพิ่มเป็น 80.02 % เครื่องจักรผลิตกระดาษ MC3 เวลาสูญเสียลดลงเฉลี่ยต่อเดือน 1,929 นาที อัตราความเสียหายลดลง 4.94 % อัตราความพร้อมใช้งานเพิ่มเป็น 81.00 %

สมศักดิ์ (2552) ได้ทำการศึกษาการลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากปัญหาการขัดข้องและการเสียหายที่เกิดอย่างกะทันหันในระหว่างการผลิต โดยการนำหลักการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาใช้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องผสมคอนกรีต และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบเพื่อหาระดับความเสี่ยง คำนวณรอบการเปลี่ยนทดแทนที่เหมาะสมต่อการใช้งานด้วยการประมาณค่าความน่าเชื่อถือ และจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน หลังจากทำการศึกษาพบว่าเวลาสูญเสียที่เกิดจากการขัดข้องละเสียหายของเครื่องจักรลดลงจาก 865.33 นาทีต่อเดือน เหลือ 301.67 นาทีต่อเดือน หรืออัตราความพร้อมในการใช้งานเพิ่มขึ้น 7.34%

สุภชัย (2556) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้หลักการของการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางในโรงงานแมชชินนิ่งชิ้นส่วนอะลูมิเนียมของอุตสาหกรรมยานยนต์ ด้วยการนำขั้นตอนตามหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือไประบุระบบการทำงานย่อยและหน้าที่การใช้งาน ระบุความล้มเหลวและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ วิเคราะห์คุณลักษณะความ

เสียหายสาเหตุ และผลกระทบที่เกิดขึ้น เลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนอุปกรณ์และสร้างแผนการซ่อมบำรุงรักษา หลังจากทำการศึกษาพบว่า อัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 92.72% เป็น 96.45% เพิ่มขึ้น 4.02% และเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 1,622 นาที/เครื่อง เป็น 4,460 นาที/เครื่อง คิดเป็น 275%

อนุวัฒน์ (2547) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรในแผนกกรอด้าย ด้วยการนำการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาประยุกต์ใช้ ให้แผนกกรอสามารถตอบสนองต่อความต้องการของแผนกทอผ้าได้ทันเวลา งานวิจัยได้จัดลำดับในการแก้ไข โดยการทำการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรกรอด้าย หลังจากทำการศึกษาพบว่าการนำวิธีการปรับปรุงเชิงป้องกันไปปฏิบัติสามารถลดความสูญเสียโอกาสในการผลิตได้ ประสิทธิภาพของแผนกกรอด้ายเพิ่มขึ้นจาก 48.30% เป็น 58.33% และค่าความพร้อมในการใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 45.31% เป็น 56.61%

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงสภาพโดยทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา กระบวนการผลิต กิจกรรมบำรุงรักษาที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน สภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา ขั้นตอนการดำเนินงานโดยใช้ทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 เข้ามาประยุกต์ใช้งานกับเครื่องจักรโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อให้เวลาสูญเสีย (Downtime) ที่เกิดจากการขัดข้องและเสียหายอย่างกะทันหัน (Breakdown) ของเครื่องจักรลดลง ทำให้งานบำรุงรักษาและรอบในการซ่อมบำรุงรักษาตามแผนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยความน่าเชื่อถือให้กับโรงงานกรณีศึกษา โดยได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย จะแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอน ตามแนวทางของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา

3.1.3 ทำการเลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิด

3.1.4 ศึกษาชิ้นส่วนของเครื่องจักรและระบุหน้าที่การทำงาน

3.1.5 วิเคราะห์ความล้มเหลวของชิ้นส่วนของเครื่องจักรและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอะไหล่ที่สำคัญ

3.1.6 วิเคราะห์คุณลักษณะและความเสียหายและสาเหตุ

3.1.7 วิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่เกิด

3.1.8 เลือกเทคนิคการบำรุงรักษาโดยการใช้หลักการซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

3.1.9 จัดทำแผนการบำรุงรักษาให้กับชิ้นส่วนของเครื่องจักรและนำไปใช้กับเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษา

3.1.10 สรุปผลการดำเนินการวิจัยและนำเสนอผลงาน

3.2 ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด

โรงงานกรณีศึกษาที่จะนำหลักการการซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance : RCM) มาประยุกต์ใช้ในโรงงานกลุ่มอุตสาหกรรม

อาหารในรูปแบบการทำแห้งของอาหาร โดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยนับเป็นสายการผลิตหลักของโรงงานผลิตภัณฑ์ในกลุ่มการทำแห้งแบบพ่นฝอย(Spray Dried) ของโรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ ครีมเทียม กาแฟผง นมผง ผลิตภัณฑ์ใช้แทนนมในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ ผงวิปปิ้งครีม Maltodextrin กะทิผง เป็นต้น โดยมีการขายภายในประเทศและมีการส่งออกไปในต่างประเทศ ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีอัตราการผลิตประมาณ 30,000 ตันต่อปี มีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง

3.2.1 กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) กรณีศึกษา มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

3.2.1.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

เริ่มต้อนจากการนำไขมันปาล์ม, กลูโคสมาทำการชั่งน้ำหนักตาม อัตราส่วนผสมตามใบสูตรการผลิต ในถังเตรียมผลิตภัณฑ์ และทำการผสมสารตั้งต้นเข้ากับน้ำให้เข้ากัน ก่อนที่จะนำส่วนประกอบต่างๆส่งมารวมกันในกระบวนการถัดไป

3.2.1.2 กระบวนการผสมวัตถุดิบและให้ความร้อน

เมื่อทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบต่างๆแล้ว จะทำการส่งวัตถุดิบมายังถังผสมผลิตภัณฑ์ โดยทำการผสมวัตถุดิบให้เป็นเนื้อเดียวกันในถังผสมผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะถูกส่งไปทำความร้อนโดยเครื่องให้ความร้อนตั้งต้น (Preheat) เพื่อทำการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ ก่อนส่งต่อผลิตภัณฑ์ไปที่ถังพักผลิตภัณฑ์เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการถัดไป

3.2.1.3 กระบวนการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) และการส่งแรงดันสูง (High Pressure)

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในถังพักจะถูกส่งมาเข้าเครื่อง Homo GEA เพื่อทำการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) ผลิตภัณฑ์ให้มีการแตกตัวออกก่อน แล้วจึงทำการส่งผลิตภัณฑ์ไปยังถังพัก ก่อนที่จะส่งผลิตภัณฑ์เข้าเครื่อง Homo GEA อีกครั้งเพื่อทำการส่งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการส่งแรงดันสูง (High Pressure) เพื่อส่งผลิตภัณฑ์ไปสู่ด้านบนห้องอบแห้ง (Chamber) เพื่อทำการทำแห้งผลิตภัณฑ์ในกระบวนการถัดไป

3.2.1.4 กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกส่งมาด้วยแรงดันสูงมายังด้านบนห้องอบแห้ง (Chamber) จะมีหัว spray ทำการพ่นผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นฝอย โดยจะมีการดูดลมเข้ามาในระบบโดยโบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower) เพื่อมาทำเป็นลมร้อน โดยผ่านชุดคอยล์ไอน้ำ (Steam coil) โดยเมื่อลมร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้ง (Chamber) จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกพ่นฝอยออกมา แห้งจนเป็นลักษณะผง และในห้องอบแห้ง (Chamber) จะมีระบบดูดลมออกโดยใช้โบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower) ซึ่งจะมีผลิตภัณฑ์ติดมากับลมขาออก จึงมีไซโคลน (Cyclone) เพื่อทำหน้าที่ดักผลิตภัณฑ์ที่ติดมากับลมขา

ออกเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่แห้งเป็นผงแล้วจะตกมาสู่ด้านล่างลงสู่เรือเขย่า (Vibro) เพื่อทำการส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่เครื่องร่อน (Sieving) ในขั้นตานถัดไป

3.2.1.5 กระบวนการคัดกรองผลิตภัณฑ์ที่เป็นก้อนหรือสิ่งแปลกปลอม

ผงของผลิตภัณฑ์จะถูกส่งเข้าเครื่องร่อน (Sieving) เพื่อเขย่าผลิตภัณฑ์ โดยในเครื่องร่อน (Sieving) จะมีตะแกรงเพื่อทำการดักผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อน และสิ่งแปลกปลอม ก่อนส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อทำการพักในไซโล (Silo) เพื่อเข้าสู่กระบวนการการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกระสอบในกระบวนการถัดไป

3.2.1.6 กระบวนการการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกระสอบ

ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่พักในไซโล (Silo) จะถูกส่งไปยักเครื่องบรรจุ (Packing) ผลิตภัณฑ์ลงในกระสอบ แล้วจึงเข้าสู่เครื่องซีลและทำการเย็บปากกระสอบ แล้วทำการรีดการสอบก่อนเข้าสู่เครื่องยกถุงอัตโนมัติ เพื่อเรียงกระสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปลงพาเลตและพันฟิล์มเพื่อนำไปเก็บในคลังสินค้า

3.2.2 เครื่องจักรในโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) กรณีศึกษา

3.2.2.1 ถังผสม, ถังพัก คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการทำให้วัตถุดิบผสมกันเป็นเนื้อเดียวซึ่งจะประกอบไปด้วย ไขมันปาล์ม, กลูโคส, สารตั้งต้น และน้ำ โดยจะใช้ใบกวนเพื่อกวนวัตถุดิบให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันและใช้ในการพักผลิตภัณฑ์ก่อนส่งไปทำความร้อน โดยจะมีลักษณะเป็นถังผสมขนาด 6000 ลิตรซึ่งมีใบกวนติดอยู่ด้านบนของถังจำนวน 2 ถังที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถังผสมขนาด 2000 ลิตรซึ่งมีใบกวนด้านล่างของถังจำนวน 3 ถังที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และถังพักขนาด 6000 ลิตรซึ่งมีใบกวนติดอยู่ด้านบนของถังจำนวน 2 ถังที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.3

ภาพที่ 3.1 ถังผสมขนาด 6000 ลิตร

ภาพที่ 3.2 ถังผสมขนาด 2000 ลิตร

ภาพที่ 3.3 ถังพักขนาด 6000 ลิตร

3.2.2.2 เครื่องให้ความร้อนตั้งต้น (Preheat) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ โดยจะมีลักษณะเป็นท่อที่มีผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่อยู่ด้านในโดยใช้ใบพัดในการดันผลิตภัณฑ์และมีไอน้ำให้ความร้อนอยู่ด้านนอกของท่อ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิตามกระบวนการผลิต โดยมีจำนวนเครื่องให้ความร้อนตั้งต้น (Preheat) จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 เครื่องให้ความร้อนตั้งต้น (Preheat)

3.2.2.3 เครื่อง Homo GEA คือ อุปกรณ์แปรรูปอาหารที่ใช้เพื่อการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) และลดขนาดเม็ดไขมันในของเหลว เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน เกิดเป็นอิมัลชันคงตัว ทำงานโดยใช้ปั๊มความดันสูง ดันให้ของเหลวผ่านช่องแคบ ที่เรียกว่า วาล์ว Homogenization ด้วยความเร็วสูงมาก พลังงานจากแรงดัน ทำให้เกิดแรงเฉือน, แรงกระแทกและการแตกตัวของฟองอากาศขนาดเล็กอย่างรุนแรง มีผลให้อนุภาคของเหลวมีขนาดเล็กลงและเกิดการกระจายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีวาล์ว Homogenization 2 ชุด โดยชุดแรกใช้ความดันในช่วง 2,000 -2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ของเหลวที่ผ่านจากวาล์วชุดแรกจะผ่านเข้าสู่วาล์วชุดที่สอง ซึ่งใช้ความดัน 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ช่วยทำให้เม็ดไขมันที่ผ่านจากวาล์วชุดแรกซึ่งอาจกลับมารวมตัวกันได้อีก เกิดการกระจายตัวเป็นอิมัลชันที่คงตัว โดยมีจำนวนเครื่อง Homo GEA จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 เครื่อง Homo GEA

3.2.2.4 โบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower) คือ อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วและทิศทางที่ต้องการโดยมีหลักการทำงานคือ การดึงอากาศเข้าทางด้านข้างและเหวี่ยงออกในแนวรัศมี ส่งผลให้อากาศมีความเร็วสูงขึ้น แล้วบังคับให้อากาศผ่านหน้าตัดที่ขยายขึ้นในลักษณะก้นหอย โบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower) ทำหน้าที่ดูดลมเข้าระบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย โดยจะมีมอเตอร์ทำการขับการหมุนของใบพัดของโบลเวอร์ (Blower) เพื่อทำการดูดลมจากด้านนอกโดยผ่าน filter เพื่อให้ลมที่เข้าไปในระบบไม่มีฝุ่นละออง โดยมีโบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower) จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 โบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower)

3.2.2.5 ชุดคอยล์ไอน้ำ (Steam coil) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอากาศที่ถูกดึงเข้าสู่ระบบโดยผ่านทางโบล์เวอร์ขาเข้า (Inlet Blower) โดยอากาศจะผ่านตัว

คอยล์ (Coil) ที่มีไอน้ำไหลผ่านอยู่ด้านใน ทำให้เกิดเป็นอากาศที่มีความร้อนเข้าสู่ระบบเพื่อนำไปใช้ในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 ชุดคอยล์ไอน้ำ (Steam coil)

3.2.2.6 โบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower) คือ อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วและทิศทางที่ต้องการโดยมีหลักการทำงานคือ การดึงอากาศเข้าทางด้านข้างและเหวี่ยงออกในแนวรัศมี ส่งผลให้อากาศมีความเร็วสูงขึ้น แล้วบังคับให้อากาศผ่านหน้าตัดที่ขยายขึ้นในลักษณะก้นหอย โบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower) ทำหน้าที่ดูดลมออกจากตัวห้องอบแห้ง (Chamber) ออกสู่สภาวะภายนอก เพื่อทำให้ภายในห้องอบแห้ง (Chamber) มีสภาวะเป็นสุญญากาศ (Vacuum) ในกระบวนการผลิต โดยมี โบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower) จำนวน 1 เครื่อง ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 โบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower)

3.2.2.7 ห้องอบแห้ง (Chamber) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้ารองรับผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ลงสู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง (Chamber) และจะมีค้อนลมทำหน้าที่กระแทกที่ตัวห้องอบแห้ง (Chamber) เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำแห้งแบบพ่นฝอยติดอยู่ที่ด้านข้างของห้องอบแห้ง (Chamber) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ติดอยู่ด้านข้างของห้องอบแห้ง (Chamber) เคลื่อนที่ลงสู่ด้านล่างเพื่อส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งมีห้องอบแห้ง (Chamber) จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 ห้องอบแห้ง (Chamber)

3.2.2.8 ไซโคลน (Cyclone) คือ อุปกรณ์แยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศที่ถูกดูดทางโบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower) โดยอากาศจะผ่านเข้ามาในไซโคลน (Cyclone) ทำให้เกิดกระแสวน ซึ่งทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงผลิตภัณฑ์ไปยังผนังของไซโคลน (Cyclone) กระแสวนนี้จะเคลื่อนที่ลงจนถึงปลายโคน แล้วจะหมุนกลับเป็นกระแสวนที่เล็กกว่าเดิมแล้วเคลื่อนที่ขึ้นไปตามตัวไซโคลน (Cyclone) จนออกไปยังท่อที่อยู่ด้านบนและถูกโบล์เวอร์ขาออก (Exhaust Blower) ดูดอากาศออกไป โดยมีไซโคลน (Cyclone) จำนวน 2 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 ไซโคลน (Cyclone)

3.2.2.9 เครื่องร่อน (Sieving) คือ เครื่องที่ใช้ในการร่อนผลิตภัณฑ์ผ่านตะแกรงที่เป็นขดลวดมาสานกันเป็นช่องตะแกรง มีการเขย่าโดยใช้มอเตอร์เขย่า เพื่อที่จะคัดแยกสิ่งแปลกปลอม , ผลิตภัณฑ์ที่จับตัวกันเป็นก้อน ออกจากผลิตภัณฑ์ที่ดีก่อนถูกส่งไปเก็บยังไซโล (Silo) โดยมีเครื่องร่อน (Sieving) จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 เครื่องร่อน (Sieving)

3.2.2.10 ไซโล (Silo) คือ ถังขนาดใหญ่ที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ เพื่อเก็บรักษาไว้ในปริมาณมาก โดยจะมีระบบระบายอากาศ เพื่อควบคุมความชื้น ลดความชื้น และระบบควบคุมอุณหภูมิภายใน เพื่อป้องกันการเสื่อมเสีย มีลักษณะเป็นถังก้นกรวย วางยกสูงจากพื้นดิน เพื่อสะดวกในการลำเลียงผลิตภัณฑ์ออกจากถังด้านล่าง โดยมีไซโล (Silo) จำนวน 2 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 ไซโล (Silo)

3.2.2.11 เครื่องบรรจุ (Packing) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในกระสอบในขนาดต่างๆ โดยจะใช้ระบบนิวเมติกส์ในการควบคุมการปิดเปิดวาล์ว และจะมีเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติในการตรวจสอบน้ำหนักในการบรรจุผลิตภัณฑ์ในกระสอบ โดยมีเครื่องบรรจุ (Packing) จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.13

ภาพที่ 3.13 เครื่องบรรจุ (Packing)

3.2.2.12 เครื่องซีลอัตโนมัติ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการปิดผนึกกระสอบผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อกระสอบผลิตภัณฑ์ถูกส่งจากเครื่องบรรจุ (Packing) มายังเครื่องซีลอัตโนมัติโดยจะมีจักรเพื่อทำหน้าที่เย็บปากกระสอบ และผ่านไปซีลปากกระสอบ โดยให้ความร้อนผ่านแท่งฮีตเตอร์เพื่อซีลปิดปากกระสอบโดยมีเครื่องซีลอัตโนมัติจำนวน 1 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.14

ภาพที่ 3.14 เครื่องซีลอัตโนมัติ

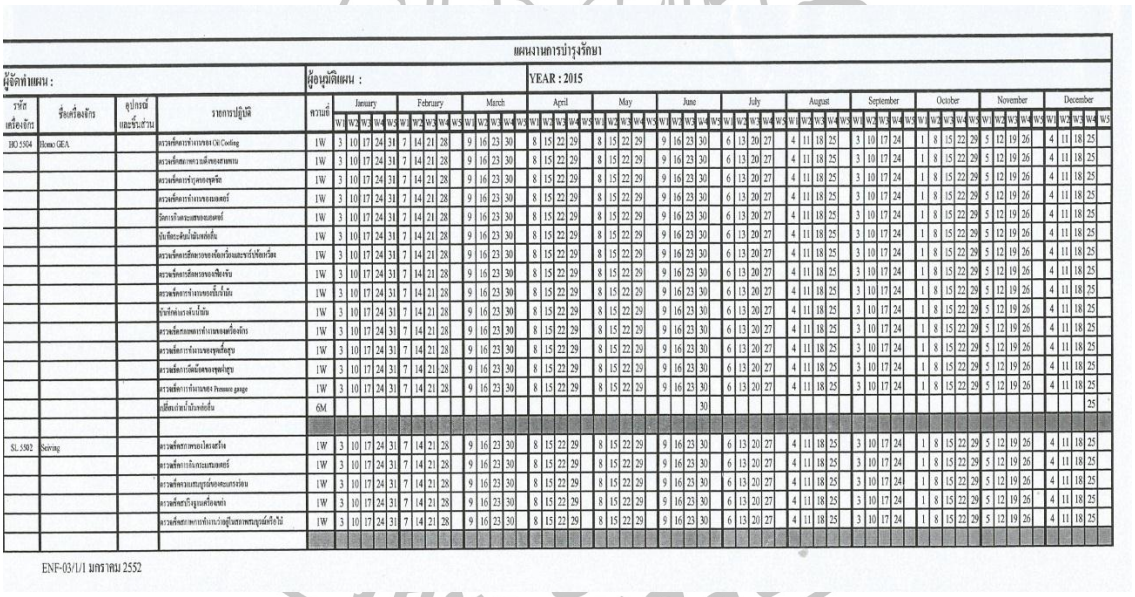
3.2.3 สภาพปัจจุบันของงานด้านการบำรุงรักษา

ในปัจจุบันโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) กรณีศึกษา มีแผนกวิศวกรรมซ่อมบำรุงรักษาที่รับผิดชอบโดยผู้ทำการวิจัย งานด้านการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยโครงสร้างของแผนกวิศวกรรมซ่อมบำรุงเครื่องจักรจะมีการดำเนินการวางแผนและซ่อมบำรุงโดยวิศวกร หัวหน้าหน่วยซ่อมบำรุงและทีมงานช่างซ่อมบำรุง ทำหน้าที่ซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องจักรภายในโรงงาน

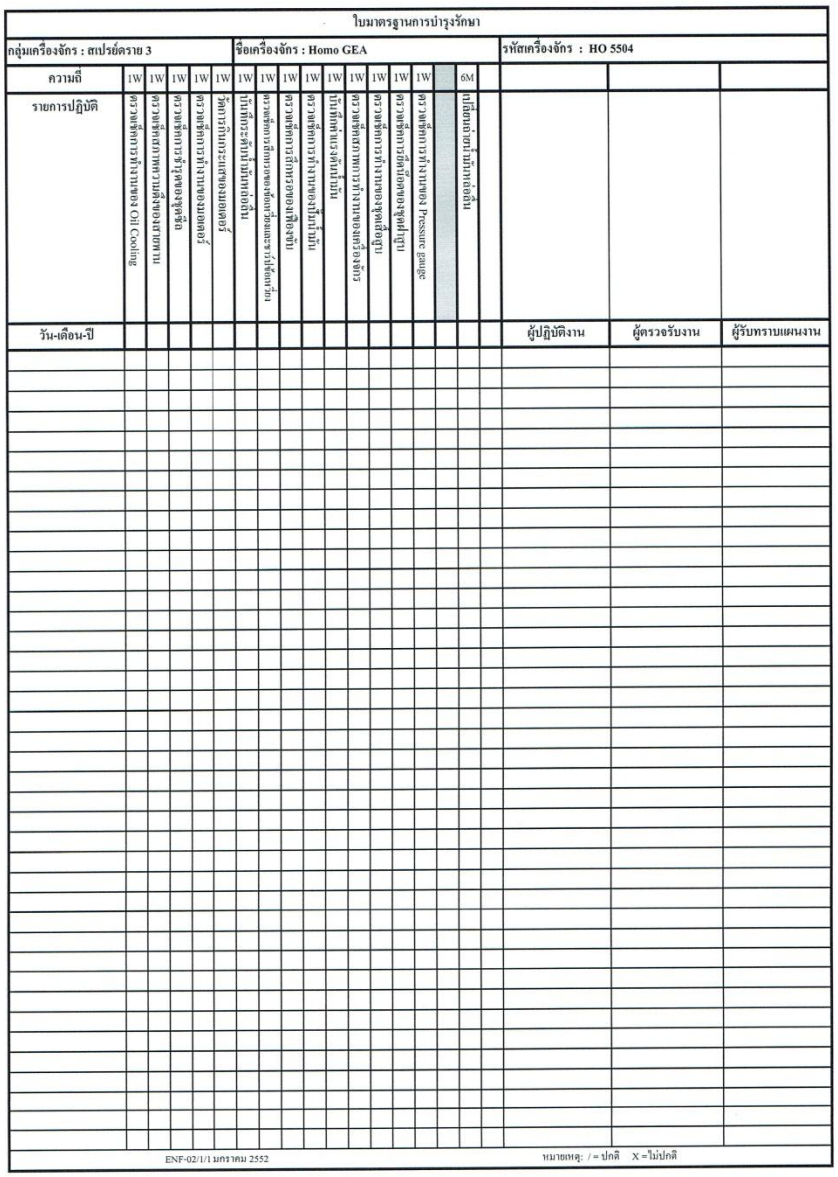
โรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) กรณีศึกษามีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรคือ การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรแบบฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance) การซ่อมบำรุงรักษาวิธีนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรเกิดการเสียหายอย่างเฉียบพลันโดยไม่สามารถทราบได้ล่วงหน้า โดยพนักงานฝ่ายผลิตจะทำการแจ้งมายังแผนกวิศวกรรมซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร แล้วทำการลงบันทึกข้อมูลอาการเสียหายของเครื่องจักรที่เกิดขึ้น เมื่อแผนกวิศวกรรมซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรทราบแล้วจะส่งทีมช่างซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเข้าไปประเมินสภาพของเครื่องจักรที่เกิดการเสียหายและดำเนินการซ่อมเครื่องจักรที่เกิดการเสียหาย

ภาพที่ 3.15 โปรแกรมแจ้งซ่อมที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร



ภาพที่ 3.16 แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน



ใบมาตรฐานการบำรุงรักษา

กลุ่มเครื่องจักร : สเปรย์ดราย 3	ชื่อเครื่องจักร : Homo GEA	รหัสเครื่องจักร : HO 5504

ความถี่	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W		6M			
รายการปฏิบัติ	ตรวจสอบการรั่วซึมของ Oil Cooling	ตรวจสอบการทำงานของ Heater	ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ตรวจสอบการทำงานของ Sensor	ทำความสะอาดบริเวณเครื่องจักร	ตรวจสอบการทำงานของ Vacuum Cleaner	ตรวจสอบการทำงานของ Rotary Valve	ตรวจสอบการทำงานของ Fluid Bed	ตรวจสอบการทำงานของ Blower	ตรวจสอบการทำงานของ Air Heater	ตรวจสอบการทำงานของ Pressure Sensor	ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ตรวจสอบการทำงานของ Heater		ตรวจสอบการรั่วซึมของ Oil Cooling			
วัน-เดือน-ปี																ผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ตรวจรับงาน	ผู้รับทราบแผนงาน

ENF-02/1/1 มกราคม 2552 หมายเหตุ: / = ปกติ X =ไม่ปกติ

ภาพที่ 3.17 ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน

3.2.4 การวิเคราะห์สภาพปัญหาที่พบในโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) กรณีศึกษา

จากสภาพโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dried) กรณีศึกษาพบว่า โรงงานกรณีศึกษามีการดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยการดำเนินการเมื่อเครื่องจักรเกิดการเสียหาย และยังขาดการวางแผนในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพและมาตรฐานในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรยังดีไม่พอ งานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่มีการปฏิบัติ และไม่มีอะไหล่สำรองในการเปลี่ยนทดแทน การจัดการในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากเครื่องจักรเสียหายอย่างกะทันหันยังไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลทำให้เครื่องจักรบางประเภทเกิดการเสียหายบ่อยครั้ง ซึ่งสาเหตุหลักๆ คือ

3.2.4.1 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตทุกเครื่องมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ทำการผลิตทุกวัน เป็นผลทำให้เครื่องจักรเกิดการสึกหรอและเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ

3.2.4.2 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปี ทำให้เครื่องจักรเกิดอัตราการเสียที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆเริ่มที่จะเสื่อมสภาพ

3.2.4.3 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีความหลากหลายทั้งในด้านของขนาดและความซับซ้อนของระบบการทำงาน การออกแบบ อุปกรณ์ที่ใช้และวิธีการใช้งานของเครื่องจักร ทำให้การซ่อมบำรุงรักษาเป็นไปได้อย่างลำบาก

3.2.4.4 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตขาดการดูแลรักษาอย่างทั่วถึง เนื่องจากทีมช่างซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีไม่เพียงพอ และพนักงานฝ่ายผลิตที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรมีส่วนร่วมในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรน้อย

3.2.4.5 ขาดมาตรฐานในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรส่วนใหญ่จะดำเนินการเมื่อเครื่องจักรเกิดการเสียหายอย่างกะทันหันก่อน (Breakdown Maintenance) จึงจะดำเนินการซ่อมเครื่องจักร

3.2.4.6 ขาดระบบการเก็บข้อมูลการทำงานและการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร จึงทำให้ไม่มีข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

3.2.4.7 ขาดมาตรฐาน คู่มือในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร และการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

3.3 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา

การศึกษางานวิจัยนี้มีแนวทาง ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษา ด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือ การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (PdM) การวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุที่แท้จริงในการเสียหายของเครื่องจักรด้วยวิธีวิเคราะห์ อาการขัดข้อง และผลกระทบ (FMEA) และการวิเคราะห์ประวัติเครื่องจักรทางสถิติ ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดการซ่อมบำรุงรักษา ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักร ที่เกิดความเสียหาย ให้เหมาะสม และสามารถ ลดเวลาการสูญเสียในการผลิต เนื่องจากการขัดข้องของเครื่องจักรโรงงานผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอยกรณีศึกษา

3.4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ภาพที่ 3.18 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.5 การเลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น

แนวทางที่เลือกองค์ประกอบที่สำคัญ (Critical Component) โดยจะพิจารณาจากระบบย่อยที่มีรูปแบบความเสียหายที่สำคัญ (Critical Failure Mode) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต, ด้านความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม, เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรที่เสียหายหรือการบำรุงรักษา และความยุ่งยากในการซ่อมบำรุงรักษา สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC)

3.5.1 จัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักร ด้วยวิธี Machine Criticality (MC) โดยจะพิจารณาจากเกณฑ์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ผลกระทบต่อการผลิต (EM), เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (UR), ผลกระทบต่อความปลอดภัย (SEI) และความยุ่งยากในการซ่อมบำรุงรักษา (MTC) พร้อมกำหนดน้ำหนักของความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ดังนี้

คะแนน 0 หมายถึง ไม่มีผลกระทบจากปัจจัยนั้น

คะแนน 1 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีน้อย

คะแนน 2 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีปานกลาง

คะแนน 3 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีมาก

3.5.2 คำนวณค่า Machine Criticality (MC) โดยจะนำคะแนนที่ได้มาจากการจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต นำมาคำนวณจากสมการด้านล่างนี้

$$MC = 3EM + 2UR + 3SEI + 1MTC$$

3.5.3 จัดลำดับความวิกฤต (Criticality Code) โดยการนำคะแนนที่คำนวณได้มาแบ่งเป็นช่วงของคะแนน 3 ช่วง ซึ่งหมายถึง วิกฤตสูง กลาง และต่ำ ตามลำดับ หรือเรียกว่า A, B และ C ได้แก่

A คะแนนอยู่ที่ 20 ถึง 27 เครื่องจักรนั้นสำคัญมาก

B คะแนนอยู่ที่ 12 ถึง 19 เครื่องจักรนั้นสำคัญปานกลาง

C คะแนนอยู่ที่ 0 ถึง 11 เครื่องจักรนั้นสำคัญน้อย

โดยคะแนน ผลต่อกระบวนการผลิต, ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม, เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรเสียหายหรือการบำรุงรักษา และความยุ่งยากในการซ่อมบำรุงรักษา โดยจะนำมาจากการรวบรวมข้อมูลจากการพิจารณาของผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่ายวิศวกรรม และคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC) ของเครื่องจักรทั้งหมดในโรงงานตัวอย่าง ได้ดังแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง

จากตารางพบว่า เครื่องจักรที่มีลำดับความวิกฤต (Critical code) ระดับ A ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากได้แก่เครื่อง Homo GEA, Chamber, Inlet Blower, Coil Steam, Exhaust Blower, Sieving, เครื่อง Pack และเครื่อง Seal อัตโนมัติ

แต่ทั้งนี้เมื่อนำผลการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC) มาพิจารณามาเปรียบเทียบกับข้อมูลประวัติของเครื่องจักรที่เกิดการหยุดฉุกเฉิน (Breakdown) ในปี พ.ศ. 2558 ตามตารางที่ และตารางที่ พบว่าเครื่องจักร Homo GEA มีจำนวนรวมความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินสูงสุด และลำดับรองลงมาคือเครื่องจักร Sieving ดังแสดงในภาคผนวก จ ตารางที่ จ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือก เครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากระดับ A และมีประวัติที่เกิดการหยุดฉุกเฉินสูงที่สุดและลำดับรองลงมา มาประยุกต์ใช้หลักการ การบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง เพื่อลดเวลาที่เกิดจากการสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรมีอาการขัดข้องหรือเสียอย่างกะทันหัน และดำเนินการจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางของชิ้นส่วนต่างๆให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

3.6 จำแนกส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อยและระบุหน้าที่การใช้งาน

จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 6 พบว่าเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีความสำคัญต่อโรงงานตัวอย่างสูงที่สุด และลำดับรองลงมา ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการหยุดฉุกเฉินของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรดังกล่าวมาทำการศึกษาวิจัยและประยุกต์ใช้หลักการการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง โดยเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving มีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี

3.6.1 เครื่อง Homo GEA ประกอบไปด้วยระบบย่อยต่างๆ ซึ่งระบบย่อยจะมีชิ้นส่วนจำนวนมากประกอบเข้าด้วยกัน โดยสามารถจำแนกออกเป็นระบบใหญ่ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 3.19 เครื่อง Homo GEA ของโรงงานตัวอย่าง

3.6.1.1 ชุด Compression Head เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเป็นห้องให้เกิดการบีบอัดผลิตภัณฑ์ให้เกิดการแตกตัวสำหรับการ Homogenization ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ 6 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 ชุด Valve Group, Delivery Valve Group เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเปิดปิดห้องเพื่อให้เกิดการบีบอัดและเกิดการแตกตัว

2 ชุด Plunger Group เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่เข้าออกภายในห้องชุด Compression Head เพื่อสร้างแรงดันและการบีบอัด

3 Gaskets เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการป้องกันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น Plunger ไหลย้อนกลับเข้าสู่ห้อง

4 Plunger Packing เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ไหลย้อนกลับออกมา

5 Flange เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงดันในการบีบอัด

6 Stud, Nut เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการยึด Flange เพื่อรับแรงดันในการบีบอัด

ภาพที่ 3.20 ส่วนประกอบย่อยของชุด Compression Head

3.6.1.2 ชุด 1st Stage Homogenizing Group, 2nd Stage Homogenizing Group เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมกระบวนการ Homogenization ของเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย 13 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Homogenizing chamber ทำหน้าที่เป็นพื้นที่ในการรองรับการ Homogenization

2 Guide เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในเป็นแนวในการเคลื่อนที่ให้กับ Impact Head

3 Impact Head เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันในการ Homogenization

4 Impact ring เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในเป็นแหวนรองรับแรงดันของชุด Impact Head

5 Passage head เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในเป็นชิ้นส่วนรองรับแรงดันของ Impact Head

6 Gasket เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์

7 O-ring เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์

8 Impact ring housing เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับแรงดันจากแรงดันในการ Homogenization

9 Bushing เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในประคอง Impact Head ในการ Homogenization

10 Stud, Nut, Screw เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการยึด Flange เพื่อรับแรงดันในการบีบอัด เพื่อ Homogenization

11 Extension เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในขับ Impact Head ในการ Homogenization

12 Flange เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงดันในการบีบอัด เพื่อ Homogenization

ภาพที่ 3.21 ส่วนประกอบย่อยของชุด Homogenizing Group

13 ชุด Pressure Gauge, Pressure Gauge on 2nd Stage, Outlet Pressure Transmitter เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการบอกแรงดันในการ Homogenization เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของกระบวนการทำงานของเครื่องจักร

ภาพที่ 3.22 ส่วนประกอบย่อยของชุด Pressure Gauge

3.6.1.3 ชุด Outlet Flange Group เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเป็นห้องเพื่อรองรับแรงดันและทำให้เกิดแรงเฉือนเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกตัวออกสำหรับการ Homogenization ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย 4 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Gaskets เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์

2 Flange เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์

3 Block เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์

4 Stud, Nut เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการยึด Flange เพื่อรับแรงดันในการเฉือนของผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 3.23 ส่วนประกอบย่อยของชุด Outlet Flange Group

3.6.1.4 ชุด Relief Valve เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการใช้ในการลดแรงดันที่เกิดจากการ Homogenization ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย 7 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 O-ring เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์

2 Valve seat เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในเปิดปิดวาล์วเพื่อควบคุมแรงดัน

3 Shaft เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุม Valve seat ในการควบคุมแรงดัน

4 Flange เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในในการยึด Flange เพื่อรับแรงดันก่อนลดแรงดันที่เกิน

5 Stud, Nut เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการยึด Flange เพื่อรับแรงดัน

6 Spring เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่เพื่อควบคุมแรงดันต้านทาน

7 Spring housing เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเป็นส่วนที่รองรับสปริงในการเคลื่อนที่

ภาพที่ 3.24 ส่วนประกอบย่อยของชุด Relief Valve

3.6.1.5 ชุด Manifold Group เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเป็นท่อที่รวมผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำการ Homogenization แล้วเพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการต่อไปในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ภาพที่ 3.25 ส่วนประกอบย่อยของชุด Manifold Group

3.6.1.6 ชุด Transmission Body เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับชุด Plunger ของเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย 5 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Crankshaft เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว โดยการขับของชุดเกียร์และมอเตอร์ ซึ่งเปลี่ยนการหมุนมาเป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อขับก้านสูบ

2 Connection rod เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่จากการขึ้นลงเพื่อขับลูกสูบในแนวเข้าออก

3 Pistons เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่เข้าออกเพื่อขับ Plunger ในกระบวนการ Homogenization

4 Bearing เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรองรับการหมุนของ Crankshaft

5 Gasket เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการป้องกันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น Plunger ไหลย้อนกลับเข้าสู่ชุด Transmission Body

ภาพที่ 3.26 ส่วนประกอบย่อยของชุด Transmission Body

3.6.1.7 ชุด Drive End เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสร้างกำลังในการขับชุด Transmission Body ของเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย 4 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Main motor เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ สร้างกำลังขับในการหมุน Pulley

2 Pulley เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการส่งต่อกำลัง โดยผ่าน Belt เพื่อไปหมุน Pulley อีกด้าน

3 Belt เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการส่งผ่านการหมุนระหว่าง Pulley

4 Gear box เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการปรับอัตราการหมุนที่ถูกส่งมาจาก Pulley ไปยัง Crankshaft

ภาพที่ 3.27 ส่วนประกอบย่อยของชุด Drive End

3.6.1.8 ชุด Pneumatic System เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัดในการทำงานต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย 3 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Regulator เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการปรับแรงดันลมในการใช้งานควบคุมเครื่อง Homo GEA

2 Connectors เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเป็นข้อต่อของระบบลมเข้าสู่อุปกรณ์อื่นๆ

3 Pressure Gauge เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการบอกแรงดันของระบบลมที่ใช้งาน

ภาพที่ 3.28 ส่วนประกอบย่อยของชุด Pneumatic System

3.6.1.9 ชุด Lubrication System เป็นระบบที่ทำหน้าที่ในการหล่อลื่นชุด Transmission Body เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีภายในชุด Transmission Body จนทำให้เกิดความร้อนและการสึกหลอของชิ้นส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 5 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Oil pump เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการส่งน้ำมันไปหล่อลื่นยังชิ้นส่วนต่างๆในชุด Transmission Body

2 Heat exchange เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันกับน้ำเพื่อไม่ให้น้ำมันมีอุณหภูมิสูง

3 Oil filter เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ดักเศษต่างๆที่อาจอยู่ในน้ำมันเพื่อไม่ให้ถูกส่งกลับไปยังชุด Transmission Body

4 Oil pressure sensor เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบแรงดันของปั๊มน้ำมันเพื่อป้องกันการทำงานของเครื่องจักร โดยไม่มีน้ำมันหล่อลื่น

5 Oil level เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่บอกระดับน้ำมันที่อยู่ในเครื่องจักร เพื่อรักษาระดับในการใช้งานของน้ำมัน

ภาพที่ 3.29 ส่วนประกอบย่อยของชุด Lubrication Plant

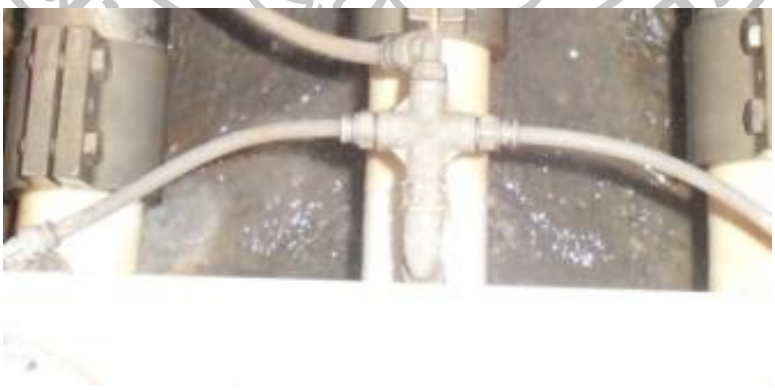
3.6.1.10 ชุด Water System เป็นระบบที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำมันที่ใช้ในการหล่อลื่นเครื่องจักรเพื่อไม่ให้น้ำมันมีอุณหภูมิสูง ประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 4 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Water filter เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการดักเศษต่างๆที่อาจอยู่ในน้ำที่จะส่งไปแลกเปลี่ยนความร้อนของ Heat exchange

2 Water solenoid valve เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการส่งน้ำไปยัง Heat exchange และน้ำหล่อเย็น Plunger

3 Nozzle เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการฉีดน้ำหล่อเย็นชุด Plunger

4 Connection เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการต่อระบบน้ำหล่อเย็นเข้าสู่ Nozzle



ภาพที่ 3.30 ส่วนประกอบย่อยของชุด Water Plant

3.6.2 เครื่อง Sieving ประกอบไปด้วยระบบย่อยต่างๆ ซึ่งระบบย่อยจะมีชิ้นส่วนจำนวนมากประกอบเข้าด้วยกัน โดยสามารถจำแนกออกเป็นระบบใหญ่ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 3.31 เครื่อง Sieving ของโรงงานตัวอย่าง

3.6.2.1 ชุด Vibration เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเป็นเกิดการสั่นสะเทือนเพื่อให้เกิดการเขย่าของเครื่องจักร ประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 5 ชิ้นส่วน ดังนี้

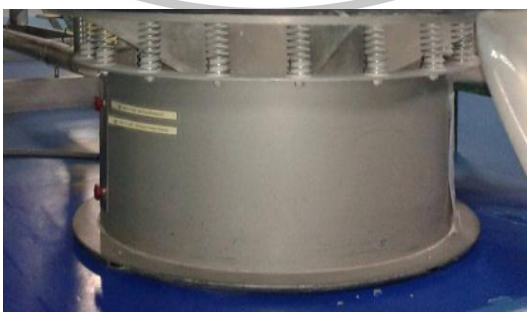
1 Vibration motor เป็นชิ้นส่วนย่อยที่ใช้ในการทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนให้เครื่องจักร

2 Vibro body เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรองรับ Vibration motor

3 Rubber pad เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ฐานที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักให้กับเครื่องจักร

4 Base เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเพื่อรองรับชุด Vibration

5 Spring เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ทำหน้าที่ถ่ายเทแรงสั่นสะเทือนไปยังส่วนอื่นๆ ของเครื่องจักร



ภาพที่ 3.32 ส่วนประกอบย่อยของชุด Vibration

3.6.2.2 ชุด Inlet product เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเป็นช่องทางในการลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้าสู่เครื่องจักร ประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 3 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Dust cover เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเป็นช่องทางลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้าสู่เครื่องจักรและป้องกันการฟุ้งกระจายของผลิตภัณฑ์

2 Upper frame เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่รองรับผลิตภัณฑ์ที่เข้าสู่เครื่องจักรก่อนทำการร่อน

3 Small V clamp ring เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการยึด Dust cover ให้ติดกับ Upper frame

ภาพที่ 3.33 ส่วนประกอบย่อยของชุด Inlet product

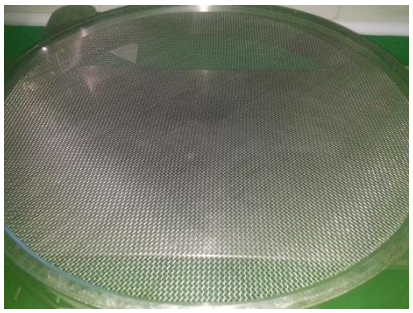
3.6.2.3 ชุด Filter เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการดักสิ่งแปลกปลอมหรือผลิตภัณฑ์ที่จับตัวเป็นก้อนเพื่อแยกออกจากผลิตภัณฑ์ที่ดี ประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 4 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Screen cloth เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่แยกสิ่งแปลกปลอมหรือผลิตภัณฑ์ที่จับตัวเป็นก้อน

2 Lower flange เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ยึด Screen cloth ให้ตึงเพื่อใช้งานร่วมกับ Upper flange

3 Upper flangeเป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ยึด Screen cloth ให้ตึงเพื่อใช้งานร่วมกับ Lower flange

4 Supporting Screen เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักให้กับ Screen cloth



ภาพที่ 3.34 ส่วนประกอบย่อยของชุด Filter

3.6.2.4 ชุด Outlet product เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงผลิตภัณฑ์ที่ดีออกจากเครื่องจักร ประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 3 ชิ้นส่วน ดังนี้

1 Big V clamp ring เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการยึด Supporting Screen ให้ติดกับ Bottom cover

2 Bottom cover เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับผลิตภัณฑ์ที่ดีที่ผ่านการร่อนแล้วลำเลียงออกจากเครื่องจักร

3 Tapping ball เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการกระแทกให้ผลิตภัณฑ์ที่จับตัวเป็นก้อนกระจายตัวออกมา

ภาพที่ 3.35 ส่วนประกอบย่อยของชุด Outlet product

3.7 การวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อย

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการตรวจสอบและการซ่อมบำรุงรักษา การจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่องจักร โดยใช้วิธีการให้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) จากเกณฑ์ทั้ง 4 ด้าน (ศิริรัตน์, 2537) โดยได้นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้

เกณฑ์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความมากน้อยในการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์ 2) ราคาชิ้นส่วนอุปกรณ์ 3) ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ และ 4) ผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นเมื่อชิ้นส่วนที่พิจารณาเกิดความเสียหาย การพิจารณาความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์มีรูปแบบสมการในการคำนวณดังนี้

$$CC = \sum_{n=1}^{4} w_n X_n \Big/ \sum_{n=1}^{4} w_n$$

โดยที่ CC คือ ค่าเฉลี่ยชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญ

W_n คือ ผลคูณเชิงน้ำหนักของเกณฑ์ X_n

X_n คือ คะแนนของเกณฑ์ที่ n ใช้ในการประเมินชิ้นส่วนอุปกรณ์

สำหรับรายละเอียดของเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.7.1 เกณฑ์ความมากน้อยในการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์ เป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดภาระในการใช้งานของแต่ละชิ้นส่วนอุปกรณ์ โดยแสดงรายละเอียดของระดับคะแนนในดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ความมากน้อยในการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์

ความมากน้อยในการใช้งาน (W1)		**คะแนน**
1.	แสดงการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นๆ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเครื่องจักรทำงาน	4
2.	แสดงการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นๆ 75 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์	3
3.	แสดงการใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นๆ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ถึง 75 เปอร์เซ็นต์	2
4.	แสดงการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นๆ ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์	1

3.7.2 เกณฑ์ราคาของชิ้นส่วนอุปกรณ์ เป็นการกำหนดปัจจัยทางด้านราคาของแต่ละชิ้นส่วนอุปกรณ์ โดยแสดงรายละเอียดของระดับคะแนนในดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ราคาของชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ปรับราคาตามข้อเสนอแนะของสมศักดิ์, 2552)

ราคาของชิ้นส่วนอุปกรณ์ (W2)		**คะแนน**
1.	แสดงราคามากกว่า 30,000 บาท	4
2.	แสดงราคาตั้งแต่ 10,001 - 30,000 บาท	3
3.	แสดงราคาตั้งแต่ 2,001 - 10,000 บาท	2
4.	แสดงราคาน้อยกว่า 2,000 บาท	1

3.7.3 เกณฑ์ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ โดยพิจารณาจากชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการซ่อมแซมก่อน และถ้าซ่อมแซมไม่ได้จะพิจารณาระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงทดแทน แสดงรายละเอียดของระดับคะแนนในดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์

ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยน		**คะแนน**
1.	ใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์มากกว่า 120 นาที	4
2.	ใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ตั้งแต่ 61 - 120 นาที	3
3.	ใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ตั้งแต่ 31 - 60 นาที	2
4.	ใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ไม่เกิน 30 นาที	1

3.7.4 เกณฑ์ผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ เมื่อชิ้นส่วนที่พิจารณาเกิดความเสียหาย โดยแสดงรายละเอียดของระดับคะแนนในดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ เมื่อชิ้นส่วนที่พิจารณาเกิดความเสียหาย

ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยน		**คะแนน**
1.	กระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่น เครื่องจักร ไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้	4
2.	ไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ เครื่องจักรไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้	3
3.	กระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ เครื่องจักรสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้	2
4.	ไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ เครื่องจักรสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้	1

ทั้งนี้สามารถนำเอาผลการประเมินการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ในแต่ละระบบย่อยของเครื่องจักรโดยใช้วิธีการค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก มาจัดระดับความเสี่ยง (Risk Evaluation) ตามลำดับความสำคัญซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1. ความสำคัญลำดับ A ได้รับการเอาใจใส่ในบำรุงรักษาเป็นอย่างดี
2. ความสำคัญลำดับ B ได้รับการเอาใจใส่ในบำรุงรักษาพอสมควร
3. ความสำคัญลำดับ C ได้รับการเอาใจใส่ในบำรุงรักษาไม่มาก (ศิริรัตน์, 2537)

ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การแบ่งกลุ่มลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ศิริรัตน์, 2537)

การแบ่งกลุ่มความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์	**ค่าเฉลี่ย**	**ความสำคัญ**
เอาใจใส่ในการบำรุงรักษาสูง (สำคัญมา)	$\geq$ 2.75	A
เอาใจใส่ในการบำรุงรักษาพอสมควร (สำคัญปานกลาง)	2.01 - 2.74	B
เอาใจใส่ในการบำรุงรักษาน้อย (สำคัญน้อย)	$\leq$ 2.00	C

สำหรับผลคูณเชิงน้ำหนักของเกณฑ์ในสมการข้างต้นทางผู้วิจัยได้ทำการกำหนดโดยคิดให้ความสำคัญกับแต่ละเกณฑ์ที่มีค่าที่เท่ากันกล่าวคือ

กำหนดให้ผลคูณเชิงน้ำหนักของเกณฑ์ W_n = 2.5

จากวิธีการประเมินการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ข้างต้น สามารถระบุความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.7 และ 3.8

ตารางที่ 3.6 ผลวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยเครื่อง Homo GEA

อุปกรณ์ย่อย	เกณฑ์ตัดสินใจและคะแนนน้ำหนัก				ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก	ลำดับความสำคัญ
	W1	W2	W3	W4		
	2.5	2.5	2.5	2.5		
ชุด Drive End	4	3	4	4	3.75	A
ชุด Lubrication System	4	3	4	4	3.75	A
ชุด Transmission Body	4	3	3	4	3.5	A
ชุด Compression Head	3	3	3	3	3	A
ชุด Stage Homogenizing Group	3	3	3	3	3	A
ชุด Water System	3	2	3	2	2.5	B
ชุด Relief Valve	3	2	3	2	2.5	B
ชุด Pneumatic System	3	2	2	3	2.5	B
ชุด Manifold Group	3	1	2	2	2	C
ชุด Outlet Flange Group	3	1	2	2	2	C

ตารางที่ 3.7 ผลวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยเครื่อง Sieving

อุปกรณ์ย่อย	เกณฑ์ตัดสินใจและคะแนนน้ำหนัก				ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก	ลำดับความสำคัญ
	W1	W2	W3	W4		
	2.5	2.5	2.5	2.5		
ชุด Vibration	4	3	4	3	3.5	A
ชุด Filter	4	3	3	3	3.25	A
ชุด Inlet product	4	2	2	2	2.5	B
ชุด Outlet product	4	2	2	2	2.5	B

สรุปการให้คะแนนความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Homo GEAพบว่า ชุด Drive End, ชุด Lubrication System, ชุด Transmission Body, ชุด Compression Head และชุด Stage Homogenizing Group เป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงวิกฤต (Critical) ระดับ A และการให้คะแนนความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Sieving

พบว่า ชุด Vibration และชุด Filter เป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงวิกฤต (Critical) ระดับ A จะต้องปฏิบัติการแก้ไขและป้องกันพร้อมทั้งดำเนินการเปลี่ยนแปลงอย่างจริงจัง ต้องได้รับการเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาเป็นอย่างดี

จากผลการสรุปการจัดการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ผู้วิจัยของโรงงานตัวอย่าง ได้ทำการเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดของเครื่อง Homo GEA คือ ชุด Drive End, ชุด Lubrication System, ชุด Transmission Body, ชุด Compression Head และชุด Stage Homogenizing Group และเครื่อง Sieving คือ ชุด Vibration และชุด Filter ไปวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและสาเหตุ รวมทั้งวิเคราะห์หาผลกระทบของความเสียหายที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปกำหนดเทคนิคในการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสมดังนี้

3.8 การระบุความล้มเหลวในแต่ละระบบย่อย (Functional Failure)

หลังจากได้ทำการจำแนกส่วนประกอบย่อยของเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อย พร้อมทั้งระบุหน้าที่ในการใช้งานในหัวข้อที่ 7 พร้อมทั้งได้กำหนดระดับความเสี่ยงของแต่ละชิ้นส่วนย่อยของเครื่องจักรแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อทำการระบุความล้มเหลว (Functional Failure) ที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อชิ้นส่วนอุปกรณ์ในระบบย่อยทำงานตามหน้าที่ (Functions) ที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยอ้างอิงจากประวัติเครื่องจักรหยุดฉุกเฉินดังตารางที่ 3.9 และ 3.10 สามารถที่จะสรุปผลได้ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ และภาคผนวก ช ตารางที่ ช

ตารางที่ 3.9 ประวัติการชำรุดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Homo GEA ในปี พ.ศ.2558

อุปกรณ์ย่อย	จำนวนการชำรุด (ครั้ง)	รวมเวลาหยุดฉุกเฉิน(นาที)	ลำดับความสำคัญ
ชุด Drive End	1	525	A
ชุด Lubrication System	4	770	A
ชุด Transmission Body	2	450	A
ชุด Compression Head	4	630	A
ชุด Stage Homogenizing Group	0	0	A
ชุด Valve Group	0	0	B
ชุด Water System	1	60	B
ชุด Relief Valve	0	0	B

ตารางที่ 3.9 ประวัติการชำรุดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Homo GEA ในปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	จำนวนการชำรุด (ครั้ง)	รวมเวลาหยุดฉุกเฉิน(นาที)	ลำดับความสำคัญ
ชุด Pneumatic System	0	0	B
ชุด Manifold Group	0	0	C
ชุด Outlet Flange Group	0	0	C

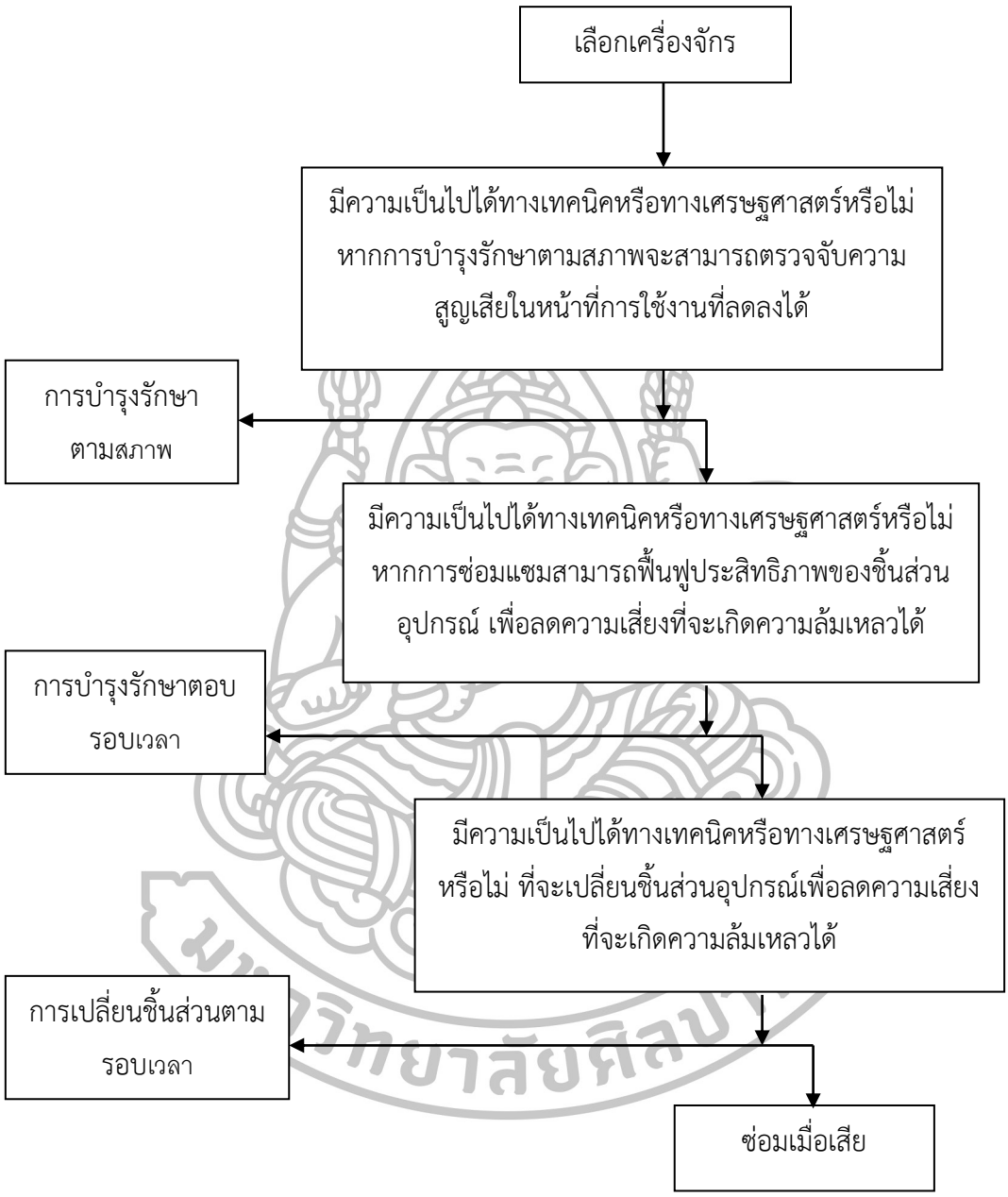
ตารางที่ 3.10 ประวัติการชำรุดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่อง Sieving ในปี พ.ศ. 2558

อุปกรณ์ย่อย	จำนวนการชำรุด (ครั้ง)	รวมเวลาหยุดฉุกเฉิน(นาที)	ลำดับความสำคัญ
ชุด Vibration	2	392	A
ชุด Filter	1	155	A
ชุด Inlet product	0	0	B
ชุด Outlet product	0	0	B

3.9 การสร้างระบบบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

โดยทั่วไปองค์กรส่วนใหญ่มุ่งการป้องกันปัญหาการขัดข้องโดยไม่คำนึงถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุการขัดข้องอย่างเป็นระบบจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบำรุงรักษา ด้วยเหตุดังกล่าว RCM จึงได้ถูกนำมาใช้สนับสนุนในการระบุกลไกที่ส่งผลต่อการชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนและสามารถระบุกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถนำไปสู่ความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบำรุงรักษาได้ (วีระศักดิ์, 2545 และโกศล, 2554)

3.9.1 แนวทางในการเลือกวิธีการบำรุงรักษา ขั้นตอนในการเลือกเทคนิคการบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับคุณลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) ร่วมกับความพร้อมและความสามารถในการดำเนินงานโดยใช้ RCM methodology Logic (Andrew K.S. jar dine, 2006) ดังภาพที่ 3.51



ภาพที่ 3.36 กระบวนการ RCM Methodology Logic

ที่มา : Jardaine, Andrew K.S., and Albert H.C. Tsang., Maintenance Replacement and Reliability Theory and Application (Baca Raton Florida : Taylor & Francis Group, 2006), 11.

การเลือกงานบำรุงรักษานี้เป็นการเลือกงานบำรุงรักษาตามเงื่อนไขทางเศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ทางเทคนิค เทคนิคการบำรุงรักษาที่จะนำมาใช้พิจารณาคือ 1. การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition-Based Maintenance : CBM), 2. การบำรุงรักษาตามรอบเวลา (Time-Based

Maintenance : TBM) 3. การเปลี่ยนชิ้นส่วนตามรอบเวลา (Time-Based Discard : TBD) 4. การซ่อมเมื่อเสียหาย (Run to Failure : RTF)

3.9.2 การกำหนดช่วงระยะเวลางานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยส่วนใหญ่ ค่า Mean Time Between Failure จะถูกใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดคาบเวลาในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งแนวทางนี้ไม่ได้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวกับผลกระทบจากการเพิ่มอายุการใช้งานได้นานมากที่สุด การแจกแจงแบบไวบูลล์จะให้ข้อมูลการแจกแจงความเสียหายที่แม่นยำมากกว่า โดยค่าความน่าเชื่อถือ (R (t)) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$R(t) = 1 - F(t)$$

เมื่อ F(t) คืออัตราความเสียหายของระบบเทียบกับเวลาซึ่งเป็นอัตราการกระจายตัวเอง ความเสียหาย (Failure distribution) แบบพื้นฐาน สมมุติฐานว่าเวลาที่เกิดอัตราการชำรุดเสียหาย อธิบายได้ด้วยสมการความหนาแน่นแบบ Exponential แล้วจะได้

$$R(t) = e^{-t/M} = e^{-F/t}$$

โดย F คือ อัตราความเสียหาย และ M คือค่า MRBF ดังนั้นจะหาคาบเวลาที่เหมาะสมในการเข้าตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนที่มีระดับความเสียงสูงได้จากสมการ

$$t = -\ln R(t) \times MTBF$$

จากประวัติการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหยุดฉุกเฉินในปี พ.ศ. 2558 และแนวทางการเลือกแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยนำวิธี RCM methodology Logic มาร่วมกับการพิจารณาในส่วนของค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเลือกแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษานั้นๆ ว่ามีความคุ้มค่าเพียงใด โดยโรงงานตัวอย่างมีการคิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. โรงงานตัวอย่างมีการคิดค่าแรงของพนักงานเฉลี่ย 50 บาท /คน /ชั่วโมง
2. เวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ของอาคารผลิต SD#3 อยู่ที่ 3,000 กิโลกรัม /ชั่วโมง
3. กำไรของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 40% ของต้นทุนหรือคิดเป็นเงิน 60,000 บาท /ชั่วโมง

จากข้อมูลข้างต้น สามารถกำหนดค่า MTBF และนำไปวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในแต่ละชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับของความสำคัญสูง ได้ในภาคผนวก ช ตารางที่ ช และภาคผนวก ฌ ตารางที่ ฌ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดรูปแบบการบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางสำหรับแต่ละชิ้นส่วนที่มีระดับความเสี่ยงสูง โดยกำหนดเป็นรูปแบบการซ่อมบำรุงรักษาดังแสดงได้ในภาคผนวก ญ ตารางที่ ญ และภาคผนวก ฎ ตารางที่ ฎ

3.10 การดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

จากตารางการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุงรักษาอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูง ผู้วิจัยได้ดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในชิ้นส่วนต่างๆดังนี้

3.10.1 การซ่อมบำรุงรักษาแบบ Condition base maintenance

Main motor ของเครื่อง Homo GEA จากการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ชำรุด โดยผู้ชำนาญการของเครื่อง Homo GEA พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการชำรุดของ Main motor มาจากการมีความชื้นเข้าไปใน Main motor และ Vibration motor ของเครื่อง Sieving จากการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ชำรุด พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการชำรุดของ Vibration motor มาจากการมีความชื้นเข้าไปใน Vibration motor ดังนั้นเราสามารถตรวจสอบ Main motor ของเครื่อง Homo GEA และ Vibration motor ของเครื่อง Sieving ได้โดยการวัดค่าความเป็นฉนวนของมอเตอร์โดยอุปกรณ์ Insulator tester ตามมาตรฐาน IEEE ยินยอมให้ค่าที่วัดได้ไม่ต่ำกว่า 1 เมกะโอห์ม

ภาพที่ 3.37 เครื่องมือตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของมอเตอร์

3.10.2 การซ่อมบำรุงรักษาแบบ Time based maintenance

Stud, Nut ของเครื่อง Homo GEA **จากการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ชำรุด โดยผู้ชำนาญการของเครื่อง Homo GEA พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการชำรุดของ** Stud, Nut มาจากการหลวมคลอนและการขันแน่นที่ใช้แรงมากเกินไปทำให้เกิดการขาด ดังนั้นเราสามารถตรวจสอบการหลวมคลอนและการขันแน่นของ Stud, Nut ของเครื่อง Homo GEA ได้โดยการใช้ประแจทอร์คในการตรวจสอบการหลวมคลอนและการขันแน่น

ภาพที่ 3.38 เครื่องมือตรวจสอบการหลวมคลอนและการขันแน่น

3.10.3 การซ่อมบำรุงรักษาแบบ Time based discard

Gasket, Valve Group, Plunger Packing, Impact Head, Impact ring, Passage head, O-ring **จากการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ชำรุด โดยผู้ชำนาญการของเครื่อง Homo GEA พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการชำรุดของ** Gasket, Valve Group, Plunger Packing, Impact Head, Impact ring, Passage head, O-ring เกิดจากการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องดำเนินการเปลี่ยนอะไหล่ตามอายุการใช้งาน

ภาพที่ 3.39 การเปลี่ยนชิ้นส่วนตามรอบเวลา

3.11 การกำหนดแผนในการเข้าตรวจสอบและการประยุกต์นำไปใช้งาน

จากการสรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในระบบย่อยของเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ของโรงงานตัวอย่าง ผู้วิจัยได้เลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีระดับความเสี่ยงสูงมาวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและสาเหตุของการเสียหาย

บทที่4

ผลการดำเนินการวิจัย

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงการดำเนินงานที่ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรที่มีระดับความสำคัญ (Machine Critical, MC) มากระดับ A ที่ส่งผลต่อการสูญเสียของกระบวนการผลิตทำแห้งแบบพ่นฝอยของโรงงานตัวอย่าง คือเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากและมีประวัติการหยุดแบบฉุกเฉินสูงสุด และควรที่จะได้รับการแก้ไขเป็นเครื่องแรก โดยได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการคัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤตและวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนย่อยในแต่ละส่วนของเครื่องจักร

ในบทนี้จะเป็นการกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรตามผลการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดการเสียหายของเครื่องจักรด้วยวิธีการวิเคราะห์อาการขัดข้องที่เกิด (Failure Mode Effect Analysis : FMEA) ของชิ้นส่วนย่อยของเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving นำข้อมูลที่ได้มาทำการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับคุณลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) โดยใช้วิธีการ RCM methodology (Andrew K.S., 2006) โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาที่สามารถทำได้จริงอ้างอิงจากแผนการดำเนินการ และจำนวนพนักงานช่างซ่อมบำรุงของโรงงานตัวอย่าง และคำนึงถึงจุดคุ้มทุนระหว่างค่าสูญเสียโอกาสเมื่อเครื่องจักรเกิดการหยุดฉุกเฉินเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งจะได้วิธีในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในแต่ละชิ้นส่วนย่อยของเครื่องจักร จากนั้นจึงดำเนินงานการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรตามแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่ได้วางไว้และทำการวัดผล

4.1 ผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับคุณลักษณะความเสียหาย

ในการนำรูปแบบการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางนั้นแต่ละชิ้นส่วนย่อยของเครื่องจักรที่มีความเสี่ยงสูง เมื่อถูกนำมาพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงรักษาชิ้นส่วนย่อยตามลักษณะการเสียหาย (Failure Mode) ร่วมกับวิธี RCM Methodology Logic โดยแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2

หมายเหตุ : **CBM คือ** การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ
RTF คือ การซ่อมบำรุงรักษาเมื่อเกิดการเสีย
TBM คือ การซ่อมบำรุงรักษาตามรอบเวลา
TBD คือ เปลี่ยนชิ้นส่วนตามรอบเวลา

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร Homo GEA

ลำดับที่	ชิ้นส่วนย่อย	การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	รูปแบบ	ความถี่
1	Main motor	Overhaul มอเตอร์ใหม่	TBM	Yearly
		เปลี่ยน Bearing ของมอเตอร์	TBD	Half yearly
2	Pulley	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
3	Belt	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Belt	TBD	Yearly
4	Gear box	ตรวจเช็คการสึกหลอของเฟืองเกียร์	TBM	Monthly
5	Oil pump	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pump	TBM	Monthly
6	Heat exchange	ตรวจเช็คการรั่วไหลของ Heat exchange	TBM	Monthly
7	Oil filter	ถอดล้าง Oil filter	TBM	Quarterly
		เปลี่ยนอะไหล่ชุด Oil filter	TBD	Yearly
8	Oil pressure sensor	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pressure sensor	TBM	Monthly
9	Oil level	สำรองอะไหล่ Oil level	RTF	-
10	Crankshaft	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
11	Connection rod	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
12	Pistons	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
13	Bearing	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Bearing	TBD	Yearly
14	Gasket	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	TBD	Yearly
15	Valve Group	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Valve Group	TBD	Yearly
16	Plunger Group	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร Homo GEA (ต่อ)

ลำดับที่	ชิ้นส่วนย่อย	การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	รูปแบบ	ความถี่
17	Gaskets	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	TBD	Yearly
18	Plunger Packing	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Plunger Packing	TBD	Yearly
19	Flange	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
20	Stud, Nut	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
21	Homogenizing chamber	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
22	Guide	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
23	Impact Head	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact Head	TBD	Yearly
24	Impact ring	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact ring	TBD	Yearly
25	Passage head	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Passage head	TBD	Yearly
26	Gasket	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	TBD	Yearly
27	O-ring	เปลี่ยนอะไหล่ชุด O-ring	TBD	Yearly
28	Impact ring housing	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
29	Bushing	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
30	Stud, Nut, Screw	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
31	Extension	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
32	Flange	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร Sieving

ลำดับที่	ชิ้นส่วนย่อย	การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	รูปแบบ	ความถี่
1	Vibration motor	ตรวจเช็คค่าความเป็นฉนวนของมอเตอร์	CBM	Yearly
		เปลี่ยนลูกปืนของมอเตอร์	TBD	Half yearly
2	Vibro body	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
3	Rubber pad	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
4	Base	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
5	Spring	สำรองอะไหล่ Spring	RTF	-
6	Dust cover	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
7	Upper frame	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
8	Small V clamp ring	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของเกรียวยึด	TBM	Quarterly
9	Screen cloth	ตรวจเช็คการฉีกขาดของแผ่น Screen cloth	TBM	Monthly
10	Lower flange	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึด	TBM	Monthly
11	Upper flange	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึด	TBM	Monthly
12	Supporting Screen	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	CBM	Monthly
13	Big V clamp ring	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของเกรียวยึด	TBM	Quarterly
14	Bottom cover	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
15	Tapping ball	เปลี่ยน Tapping ball	TBD	Yearly

4.2 การสร้างแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรและการนำไปใช้งาน

ในการสร้างและปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ผู้วิจัยและทีมงานได้นำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเดิม ซึ่งยังไม่ได้มีการกำหนดวิธีการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมในแต่ละชิ้นส่วนย่อย ดังแสดงในภาคผนวก ข ภาพที่ ข.2 และ ข.3 มาดำเนินการปรับปรุงและกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนที่สำคัญและสอดคล้องกับการทำงานจริงในปัจจุบัน และก่อนนำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรไปใช้งานได้มีการดำเนินการดังนี้

4.2.1 ดำเนินการจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยทำการแบ่งแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรออกดังนี้

4.2.1.1 Monthly คือ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำแต่ละเดือน

4.2.1.2 Quarterly คือ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำทุก 3 เดือน

4.2.1.3 Half yearly คือ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำทุก 6 เดือน

4.2.1.4 Yearly คือ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำทุกปี

ดังแสดงตัวอย่างไว้ดังรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.2 จากแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเดิมทางทีมช่างซ่อมบำรุงเครื่องจักรไม่สามารถเข้าดำเนินการได้ตรงตามรอบเวลาที่กำหนดไว้ และแผนการซ่อมบำรุงรักษาขาดรายการชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญต่อการทำงานของเครื่องจักรที่ควรได้รับการดูแลรักษา แต่หลังจากการนำเอาหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีความสำคัญได้รับการดูแลรักษาที่เหมาะสม และแผนงานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรของทีมช่างซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นจะเน้นการบำรุงรักษาตามสภาพควบคู่กับการบำรุงรักษาตามรอบเวลา

4.2.2 ดำเนินการฝึกอบรมพนักงานช่างซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ให้มีความรู้ความเข้าใจในแนวทางการปฏิบัติและขั้นตอนในการดูแลรักษาเครื่องจักรที่ถูกต้อง โดยได้ทำการฝึกอบรมทีมงานช่างซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนนำไปปฏิบัติ หลังจากที่มีการนำแผนซ่อมบำรุงรักษาไปใช้งานแล้วจะมีการติดตามผลการดำเนินงานตามแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร รวมทั้งได้รวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากพนักงานช่างซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรแล้วนำมาปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ชื่อเครื่องจักร : Homo GEA รหัสเครื่องจักร : HO 5504 หมายเลขเครื่อง : _____

ยี่ห้อ : _____ รุ่น/ แบบ : _____ สถานที่ใช้งาน : SD3 ฝั่งผสม

ลำดับ	ความถี่ในการตรวจเช็ค	รายการตรวจเช็ค	วิธีการตรวจเช็ค	มาตรฐานการตรวจเช็ค	ผลการตรวจเช็ค		ปัญหาที่พบ / วิธีการแก้ไข	รูปประกอบขั้นตอนการตรวจเช็ค
					ปกติ	ผิดปกติ		
1	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์โครงสร้างเครื่อง Homo GEA	Check	มีสภาพปกติ				
2	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ชุด Manifold Group	Check	มีสภาพปกติ				
3	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Pressure Gauge	Check	มีสภาพปกติ				
4	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Pressure Gauge Homogenization	Check	มีสภาพปกติ				
5	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Regulator	Check	มีสภาพปกติ				
6	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Spring housing	Check	มีสภาพปกติ				
7	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Spring	Check	มีสภาพปกติ				
8	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Shaft	Check	มีสภาพปกติ				
9	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Valve seat	Check	มีสภาพปกติ				
10	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ O-ring	Check	มีสภาพปกติ				
11	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Nozzle	Check	มีสภาพปกติ				
12	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Water solenoid valve	Check	มีสภาพปกติ				
13	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Water filter	Check	มีสภาพปกติ				
14	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Extension	Check	มีสภาพปกติ				
15	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Bushing	Check	มีสภาพปกติ				
16	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Impact ring housing	Check	มีสภาพปกติ				
17	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Guide	Check	มีสภาพปกติ				
18	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Homogenizing chamber	Check	มีสภาพปกติ				
19	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์และขันแน่น Stud, Nut, Screw	Check	มีสภาพปกติ				
20	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Flange	Check	มีสภาพปกติ				
21	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Plunger Group	Check	มีสภาพปกติ				
22	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Pistons	Check	มีสภาพปกติ				
23	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Connection rod	Check	มีสภาพปกติ				

ตรวจโดย : _____ วันที่ : _____ (หัวหน้าหน่วย)

อนุมัติโดย : _____ วันที่ : _____ (วิสวกร / หัวหน้าแผนก)

ENF - 02/2/1 มกราคม 2558 หน้าที่ 1/2

ภาพที่ 4.1 แสดงใบงานการบำรุงรักษาแบบใหม่ของเครื่อง Homo GEA ที่ได้จากการวิเคราะห์

ชื่อเครื่องจักร : Homo GEA รหัสเครื่องจักร : HO 5504 หมายเลขเครื่อง : _____

ยี่ห้อ : _____ รุ่น/ แบบ : _____ สถานที่ใช้งาน : SD3 ฝั่งผสม

ลำดับ	ความถี่ในการตรวจเช็ค	รายการตรวจเช็ค	วิธีการตรวจเช็ค	มาตรฐานการตรวจเช็ค	ผลการตรวจเช็ค		ปัญหาที่พบ / วิธีการแก้ไข	รูปประกอบขั้นตอนการตรวจเช็ค
					ปกติ	ผิดปกติ		
24	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Crankshaft	Check	มีสภาพปกติ				
25	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Oil level	Check	มีสภาพปกติ				
26	M	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pressure sensor	Check	มีสภาพปกติ				
27	M	ตรวจเช็คการรั่วไหลของ Heat exchange	Check	มีสภาพปกติ				
28	M	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pump	Check	มีสภาพปกติ				
29	M	ตรวจเช็คการสึกหลอยของฟันเฟืองเกียร์	Check	มีสภาพปกติ				
30	M	ตรวจเช็คความสมบูรณ์ของชุด Pulley	Check	มีสภาพปกติ				
31	Q	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง Homo GEA	Change	เปลี่ยนใหม่				
32	Q	ถอดล้างทำความสะอาดชุด Oil filter	Clean	ทำความสะอาด				
33	Q	ตรวจเช็คการขันแน่นของสายไฟที่ขั้วมอเตอร์	Check	มีสภาพปกติ				
34	H	เปลี่ยนอะไหล่ Bearing ของมอเตอร์	Change	เปลี่ยนใหม่				
35	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด O-ring	Change	เปลี่ยนใหม่				
36	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Passage head	Change	เปลี่ยนใหม่				
37	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact ring	Change	เปลี่ยนใหม่				
38	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact head	Change	เปลี่ยนใหม่				
39	Y	เปลี่ยน Plunger packing	Change	เปลี่ยนใหม่				
40	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Valve group	Change	เปลี่ยนใหม่				
41	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	Change	เปลี่ยนใหม่				
42	Y	เปลี่ยนอะไหล่ Bearing แกนCrankshaft	Change	เปลี่ยนใหม่				
43	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Oil filter	Change	เปลี่ยนใหม่				
44	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Belt	Change	เปลี่ยนใหม่				
45	Y	งาน Overhaul มอเตอร์	Overhaul	ทำการ Overhaul มอเตอร์ใหม่				

ตรวจโดย : _____ วันที่ : _____ (หัวหน้าหน่วย)

อนุมัติโดย : _____ วันที่ : _____ (วิศวกร / หัวหน้าแผนก)

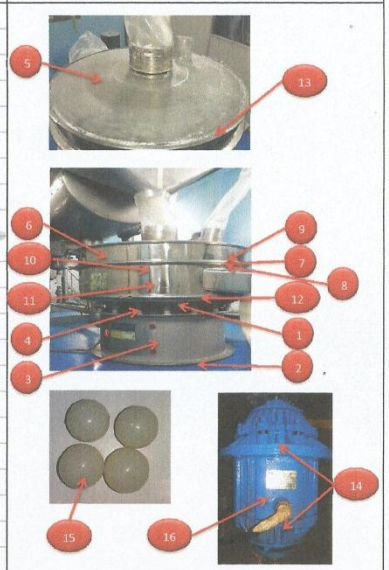
ENF - 02/2/1 มกราคม 2558 หน้าที่ 2/2

ภาพที่ 4.1 แสดงใบงานการบำรุงรักษาแบบใหม่ของเครื่อง Homo GEA ที่ได้จากการวิเคราะห์ (ต่อ)

ชื่อเครื่องจักร : Sieving | รหัสเครื่องจักร : SL 5602 | หมายเลขเครื่อง : _____

ยี่ห้อ : Lao Song | รุ่น/ แบบ : LS-1200-1S | สถานที่ใช้งาน : SD3 ฝั่งผสม

ลำดับ	ความถี่ในการตรวจเช็ค	รายการตรวจเช็ค	วิธีการตรวจเช็ค	มาตรฐานการตรวจเช็ค	ผลการตรวจเช็ค		ปัญหาที่พบ / วิธีการแก้ไข	รูปประกอบขั้นตอนการตรวจเช็ค
					ปกติ	ผิดปกติ		
1	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Vibro body	Check	มีสภาพปกติ				
2	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Rubber pad	Check	มีสภาพปกติ				
3	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Base	Check	มีสภาพปกติ				
4	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Spring	Check	มีสภาพปกติ				
5	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Dust cover	Check	มีสภาพปกติ				
6	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Upper frame	Check	มีสภาพปกติ				
7	M	ตรวจเช็คการฉีกขาดของแผ่น Screen cloth	Check	มีสภาพปกติ				
8	M	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึดของ Lower flange	Check	มีสภาพปกติ				
9	M	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึดของ Upper flange	Check	มีสภาพปกติ				
10	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Supporting Screen	Check	มีสภาพปกติ				
11	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Bottom cover	Check	มีสภาพปกติ				
12	Q	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของเกรียวยึดของ Small V clamp ring	Check	มีสภาพปกติ				
13	Q	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของเกรียวยึดของ Big V clamp ring	Check	มีสภาพปกติ				
14	H	เปลี่ยนลูกปืนของมอเตอร์ Vibration motor	Change	เปลี่ยนใหม่				
15	Y	เปลี่ยน Tapping ball	Change	เปลี่ยนใหม่				
16	Y	ตรวจเช็คค่าความเป็นฉนวนของมอเตอร์ Vibration motor	Check	มีสภาพปกติ				



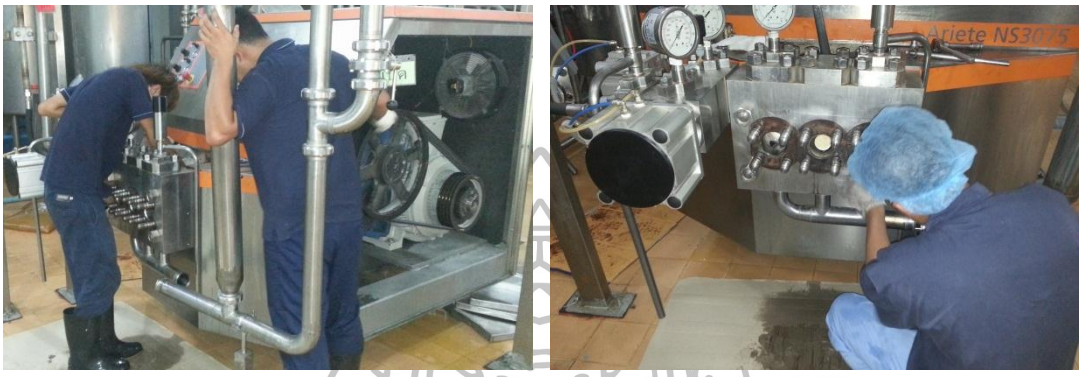
ตรวจโดย : _____ วันที่ : _____ (หัวหน้าหน่วย)

อนุมัติโดย : _____ วันที่ : _____ (วิศวกร / หัวหน้าแผนก)

ENF - 02/2/1 มกราคม 2559 | หน้าที่ 1/1

ภาพที่ 4.2 แสดงใบงานการบำรุงรักษาแบบใหม่ของเครื่อง Sieving ที่ได้จากการวิเคราะห์

เมื่อได้แผนการซ่อมบำรุงรักษาตามหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางแล้ว ทางทีมงานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ได้ดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาตามแผนที่ได้วางไว้ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Sieving

4.3 ผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลและวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางให้กับโรงงานตัวอย่าง โรงงานอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อาคาร SD#3 โดยได้แบ่งช่วงเวลาในการวัดผลออกเป็น 2 ช่วง คือ การดำเนินการก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 และผลการดำเนินงานหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 โดยในการดำเนินการศึกษาวิจัยนี้ ได้นำเอาอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) และเวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (Mean Time between Failure: MTBF) เป็นตัวชี้วัดผลการวิจัยนี้ โดยแสดงผลการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรก่อนปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving

Homo GEA และ Sieving (ก่อนการปรับปรุง)			
เดือน	เวลาที่เครื่องจักรเกิดการหยุดฉุกเฉิน (นาที)	เวลารับภาระในการทำงาน (นาที)	อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (%)
ม.ค.-58	0	34,915	100.00%
ก.พ.-58	305	30,780	99.01%
มี.ค.-58	0	36,800	100.00%
เม.ย.-58	245	33,240	99.26%
พ.ค.-58	155	40,285	99.62%
มิ.ย.-58	960	31,295	96.93%
ก.ค.-58	110	35,405	99.69%
ส.ค.-58	355	28,970	98.77%
เฉลี่ยต่อเดือน	266	33,961	99.16%

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving

Homo GEA และ Sieving (หลังการปรับปรุง)			
เดือน	เวลาที่เครื่องจักรเกิดการหยุดฉุกเฉิน (นาที)	เวลารับภาระในการทำงาน (นาที)	อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (%)
ม.ค.-59	0	36,945	100.00%
ก.พ.-59	0	39,226	100.00%
มี.ค.-59	0	34,535	100.00%
เม.ย.-59	0	30,000	100.00%
พ.ค.-59	0	36,732	100.00%

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving (ต่อ)

Homo GEA และ Sieving (หลังการปรับปรุง)			
เดือน	เวลาที่เครื่องจักรเกิดการหยุดฉุกเฉิน (นาที)	เวลารับภาระในการทำงาน (นาที)	อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (%)
มิ.ย.-59	450	33,930	98.67%
ก.ค.-59	0	33,740	100.00%
ส.ค.-59	0	38,880	100.00%
เฉลี่ยต่อเดือน	56	35,961	99.84%

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงเวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (MTBF) ก่อนปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving

Homo GEA และ Sieving (ก่อนการปรับปรุง)			
เดือน	จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)	เวลารับภาระในการทำงาน (นาที)	MTBF (นาที)
ม.ค.-58	0	34,915	34,915
ก.พ.-58	1	30,780	15,390
มี.ค.-58	0	36,800	36,800
เม.ย.-58	1	33,240	16,620
พ.ค.-58	1	40,285	20,143
มิ.ย.-58	2	31,295	10,432
ก.ค.-58	3	35,405	8,851
ส.ค.-58	1	28,970	14,485
เฉลี่ยต่อเดือน	1.13	33,961	19,704

ตารางที่ 4.6 เวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (MTBF) หลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และ Sieving

Homo GEA และ Sieving (หลังการปรับปรุง)			
เดือน	จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)	เวลารับภาระในการทำงาน (นาที)	MTBF (นาที)
ม.ค.-59	0	36,945	36,945
ก.พ.-59	0	39,226	39,226
มี.ค.-59	0	34,535	34,535
เม.ย.-59	0	30,000	30,000
พ.ค.-59	0	36,732	36,732
มิ.ย.-59	1	33,930	16,965
ก.ค.-59	0	33,740	33,740
ส.ค.-59	0	38,880	38,880
เฉลี่ยต่อเดือน	0.13	35,961	33,840

ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปผลการเปรียบเทียบ ดัชนีการวัดผลการดำเนินงาน ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving

ดัชนีวัดผล	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
อัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร	99.16%	99.84%
เวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (MTBF)	19,704	33,840
จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)	1.13	0.13

4.4 ผลการทดสอบสมมุติฐานการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการกำหนดสมมติฐานในการวิจัยคือ การปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยนำทฤษฎีการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ในเครื่องจักร (Reliability Centered Maintenance: RCM) จะทำให้ค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) เพิ่มขึ้น และเวลาเฉลี่ยการใช้งานเครื่องจักร (Mean Time between Failure: MTBF) เพิ่มขึ้น โดยในการทดสอบสมมุติฐานนั้นจะใช้การทดสอบทางสถิติคือ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันด้วยวิธี Paired T – test แบบมีทิศทาง หรือเรียกว่า การทดสอบแบบหางเดียว (One – tailed test) ทางซ้าย โดยสามารถตั้งสมมุติฐานได้ดังนี้

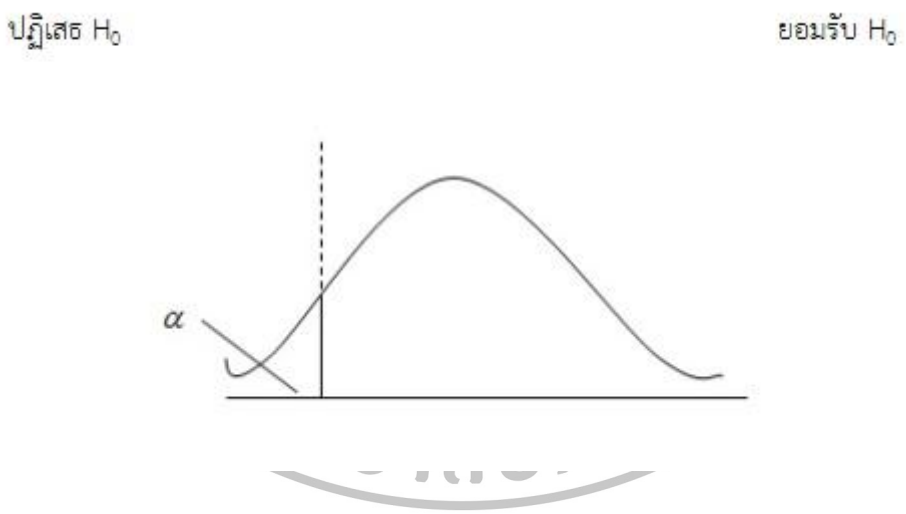
การตั้งสมมุติฐาน

$H_0 : \mu_{ก่อน} = \mu_{หลัง}$ (ค่าดัชนีวัดผลก่อนการปรับปรุงไม่แตกต่างกับหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร)

$H_1 : \mu_{ก่อน} < \mu_{หลัง}$ (ค่าดัชนีวัดผลก่อนการปรับปรุงน้อยกว่าหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร)

โดยที่ $\mu_{ก่อน}$ คือ ค่าดัชนีวัดผลก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

$\mu_{หลัง}$ คือ ค่าดัชนีวัดผลหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร



ถ้าค่า P-Value > α จะยอมรับ H_0

ภาพที่ 4.5 การทดสอบด้วยวิธี Paired T – test แบบมีทิศทางด้านซ้าย

ในการทดสอบสมมุติฐานจะทำการเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งมีช่วงเวลาตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558 และผลการดำเนินการหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559 เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีชั่วโมงในการผลิตและรูปแบบการผลิตที่คล้ายกัน ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

4.4.1 ค่าดัชนีวัดผลค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) สามารถนำมาสรุปผลการเปรียบเทียบค่าอัตราความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving และหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าอัตราความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) ก่อนและหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving

เดือน	ก่อนการปรับปรุง (%)	หลังการปรับปรุง (%)
ม.ค.	100.00%	100%
ก.พ.	99.01%	100%
มี.ค.	100.00%	100%
เม.ย.	99.26%	100%
พ.ค.	99.62%	100%
มิ.ย.	96.93%	98.67%
ก.ค.	99.69%	100%
ส.ค.	98.77%	100%
เฉลี่ย	99.16%	99.84%

สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรด้วยวิธีการทดสอบ Paired T – test โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูปคือ โปรแกรม MINITAB ในการทดสอบได้ผลดังนี้

```
Paired T-Test and CI: Before, After

Paired T for Before - After

             N       Mean     StDev   SE Mean
Before       7    99.0400    1.0210    0.3859
After        7    99.8100    0.5027    0.1900
Difference   7  -0.770000  0.599778  0.226695


95% CI for mean difference: (-1.324702, -0.215298)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -3.40  P-Value = 0.015
```

ภาพที่ 4.6 การวิเคราะห์ค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรโดยวิธี Paired T – test

1) ก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีค่าเฉลี่ยของอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเท่ากับ 99.16% และหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีค่าเฉลี่ยของอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเท่ากับ 99.84%

2) ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยวิธี Paired T – test จะเห็นค่า t คือ -3.40 ,P-Value คือ 0.015 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ยอมรับสมมุติฐาน H_1 คือค่าดัชนีวัดผลค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษามีค่าน้อยกว่าหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ดังนั้นจะพบว่าในการนำเอาหลักการการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถทำให้ค่าอัตราความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักรสามารถเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งเป็นไปตามค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น

4.4.2 ค่าดัชนีการวัดผลเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย สามารถสรุปผลเปรียบเทียบอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ ก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving และหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายก่อนและหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving

เดือน	ก่อนการปรับปรุง (นาที)	หลังการปรับปรุง (นาที)
ม.ค.	34,915	36,945
ก.พ.	15,390	39,226
มี.ค.	36,800	34,535
เม.ย.	16,620	30,000
พ.ค.	20,143	36,732
มิ.ย.	10,432	16,965
ก.ค.	8,851	33,740
ส.ค.	14,485	38,880
เฉลี่ย	19,704	33,840

สามารถแสดงผลการวิเคราะห์เวลาเฉลี่ยระหว่างก่อนการเสียหายด้วยวิธีการทดสอบ Paired T – test โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูปคือโปรแกรม MINITAB ในการทดสอบได้ผลดังนี้

```
Paired T-Test and CI: Before, After

Paired T for Before - After

            N      Mean    StDev  SE Mean
Before      8   19704.5  10576.0   3739.2
After       8   33377.9   7277.3   2572.9
Difference  8  -13673.4  10644.9   3763.5


95% CI for mean difference: (-22572.7, -4774.0)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -3.63  P-Value = 0.008
```

ภาพที่ 4.7 การวิเคราะห์เวลาเฉลี่ยระหว่างก่อนการเสียหายโดยวิธี Paired T – test

1) ก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีค่าเฉลี่ยเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายเท่ากับ 19,704 นาที และหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีค่าเฉลี่ยเวลาเฉลี่ยระหว่างก่อนการเสียหายเท่ากับ 33,840 นาที

2) ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยวิธี Paired T – test จะเห็นค่า t คือ -3.63 ,P-Value คือ 0.008 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ยอมรับสมมุติฐาน H_1 คือค่าดัชนีวัดผลเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายของเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษามีค่าน้อยกว่าหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ดังนั้นจะพบว่าในการนำเอาหลักการการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถทำให้เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายของเครื่องจักรสามารถเพิ่มได้ ซึ่งเป็นไปตามกับจำนวนความถี่ของการหยุดเครื่องจักรฉุกเฉินต่อเดือนลดลงอย่างเห็นได้ชัด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาแนวทางในการประยุกต์ใช้หลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance: RCM) ในการลดเวลาที่เกิดจากการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในกระบวนการผลิตครีมเทียม และจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตครีมเทียมที่มีความเหมาะสมกับเครื่องจักรของโรงงานตัวอย่าง หลังจากได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่างพบว่า แผนการซ่อมบำรุงรักษาในปัจจุบันยังขาดประสิทธิภาพ รวมทั้งยังไม่ครอบคลุมจุดที่ต้องทำการซ่อมบำรุงรักษาให้กับเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรในโรงงานตัวอย่างยังเกิดการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในกระบวนการผลิต โดยสามารถสังเกตได้คือยังมีเครื่องจักรบางประเภทที่เกิดการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันซึ่งสาเหตุหลักมีดังต่อไปนี้

1. เครื่องจักรส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว
2. เครื่องจักรส่วนใหญ่มีการใช้งานอย่างหนัก มีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการเดินต่อเนื่องตลอดทั้งเดือน ทำให้เครื่องจักรมีการสึกหรอ และเสื่อมสภาพมากกว่าปกติ
3. ความสามารถในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรของช่างที่ทำการซ่อมบำรุงแต่ละคนมีประสบการณ์และความชำนาญในการซ่อมแซมเครื่องจักรแต่ละประเภทไม่เหมือนกัน โดยที่ช่างที่มีประสบการณ์น้อยและไม่ชำนานในการซ่อมแซมเครื่องจักรจะใช้เวลาในการแก้ไขเป็นเวลานานและอาจทำให้เกิดอาการขัดข้องต่อเนื่อง
4. ขาดการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างเป็นระบบ

เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ได้กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการนำหลักการบำรุงรักษาโดยมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา
3. ทำการเลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิด
4. ศึกษาชิ้นส่วนของเครื่องจักรและระบุหน้าที่การทำงาน
5. วิเคราะห์ความล้มเหลวของชิ้นส่วนของเครื่องจักรและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอะไหล่ที่สำคัญ
6. วิเคราะห์คุณลักษณะและความเสียหายและสาเหตุ
7. วิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่เกิด

8. เลือกเทคนิคการบำรุงรักษาโดยการใช้หลักการซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

9. จัดทำแผนการบำรุงรักษาให้กับชิ้นส่วนของเครื่องจักรและนำไปใช้กับเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษา

10. สรุปผลการดำเนินการวิจัยโดยใช้ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน ได้แก่อัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) และเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหาย (Mean Time between Failure: MTBF)

จากขั้นตอนการดำเนินงานหลักๆ ที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการให้กับเครื่องจักรผลิตครีมเทียมในโรงงานตัวอย่าง ส่งผลให้สามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดการขัดข้องและเสียหายลงได้ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินการวิจัยพบว่าเครื่อง Homo GEA และ Sieving ในโรงงานผลิตอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่าง เป็นเครื่องจักรที่ได้ถูกเลือกมาเพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งเครื่อง Homo GEA สามารถจำแนกส่วนประกอบออกเป็นระบบย่อยได้ 11 ระบบย่อย 32 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ และเครื่อง Sieving สามารถจำแนกส่วนประกอบออกเป็นระบบย่อยได้ 4 ระบบย่อย 9 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ เพื่อนำมาระบุหน้าที่การใช้งานและความล้มเหลวในแต่ละระบบย่อย และเมื่อทำการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่อง Homo GEA ทั้งหมด 32 ชิ้นส่วน และเครื่อง Sieving ทั้งหมด 9 ชิ้นส่วน จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและสาเหตุ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่เกิดขึ้น การเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาโดยใช้ RCM Logic tree ร่วมกับการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรเกิดการหยุดฉุกเฉิน ในการเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสร้างเป็นแผนการซ่อมบำรุงรักษา และนำไปใช้กับเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving

หลังจากที่ได้นำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรดังกล่าวไปใช้งานจริงและทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำผลมาเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน พบว่าตามการวิเคราะห์ค่าดัชนีวัดผลการดำเนินงาน ก่อนและหลังการนำเอาหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ โดยก่อนการดำเนินการ มีค่าเฉลี่ยความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเท่ากับ 1.13 ครั้งต่อเดือน ค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 99.16% และค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 19,704 นาที ซึ่งผลลัพธ์ภายหลังการดำเนินการประยุกต์ใช้หลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ พบว่า

5.1.1 ก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่อง Homo GEA และ Sieving เฉลี่ยเท่ากับ 99.16% และหลังปรับปรุงแผนการซ่อม

บำรุงรักษาเครื่องจักรมีอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่อง Homo GEA และ Sieving เฉลี่ยเท่ากับ 99.84% เพิ่มขึ้นคิดเป็น 0.68% เนื่องจากเวลาสูญเสียส่วนใหญ่ของเครื่องจักร เกิดจากการที่เครื่องจักรเกิดการเสียหายฉุกเฉิน เมื่อเวลาดังกล่าวลดลงส่งผลให้อัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น

5.1.2 ก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) เฉลี่ยเท่ากับ 19,704 นาที และหลังปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรมีค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) เฉลี่ยเท่ากับ 33,840 นาที เพิ่มขึ้นคิดเป็น 41.7% เนื่องจากเวลาสูญเสียส่วนใหญ่ของเครื่องจักร เกิดจากการที่เครื่องจักรเกิดการเสียหายฉุกเฉิน เมื่อเวลาดังกล่าวลดลงส่งผลให้ค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) เพิ่มขึ้น

5.1.3 ค่าเฉลี่ยความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินของเครื่อง Homo GEA และ Sieving เฉลี่ยเท่ากับ 1.13 ครั้งต่อเดือน ลดลงเหลือ 0.13 ครั้งต่อเดือน ลดลงคิดเป็น 88.5% เนื่องจากมีการวิเคราะห์หาสาเหตุ และกำหนดแนวทางการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้แก่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีความวิกฤตต่อระบบการทำงานของเครื่องจักร

5.1.4 ผลการทดสอบสมมุติฐานค่าดัชนีวัดผลค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรด้วยวิธีการ Paired T – test จะพบว่า ค่า t คือ -3.40 ,P-Value คือ 0.015 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมุติฐานที่ว่าค่าดัชนีวัดผลค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาน้อยกว่าหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สามารถกล่าวได้ว่าการนำเอาหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถทำให้ค่าอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนความถี่ของเครื่องจักรที่ลดลง

5.1.5 ผลการทดสอบสมมุติฐานค่าดัชนีวัดผลค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) ด้วยวิธีการ Paired T – test จะพบว่า ค่า t คือ -3.63 ,P-Value คือ 0.008 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมุติฐานที่ว่าค่าดัชนีวัดผลค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) ก่อนการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาน้อยกว่าหลังการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สามารถกล่าวได้ว่าการนำเอาหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถทำให้ค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) เพิ่มขึ้นได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนความถี่ของเครื่องจักรที่ลดลง

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิจัย

ดัชนีวัดผลการดำเนินการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลสรุป
อัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร	99.16%	99.84%	เพิ่มขึ้น 0.68%
ค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF)	19,704	33,840	เพิ่มขึ้น 41.70%
จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)	1.13	0.13	ลดลง 88.50%

จากตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิจัย ทำให้สามารถสรุปได้ว่าหลักการซ่อมบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance : RCM) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง Homo GEA และเครื่อง Sieving ในโรงงานผลิตอาหารทำแห้งแบบพ่นฝอยตัวอย่างได้ โดยสามารถลดเวลาที่เครื่องจักรเกิดการขัดข้องและเสียหายในระหว่างกระบวนการผลิต ส่งผลให้อัตราความพร้อมในการใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ค่าอายุเฉลี่ยที่เครื่องจักรเดินได้ (MTBF) เพิ่มขึ้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

5.2.1 ข้อมูลและระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยมีข้อจำกัด จึงไม่ยังไม่สามารถกำหนดรอบในการซ่อมบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนอะไหล่ทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง ต้องดำเนินการปรับเปลี่ยนแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามแผนการผลิตของโรงงาน

5.2.2 เนื่องจากพนักงานยังขาดความรู้และทักษะในการวิเคราะห์ปัญหา และการเก็บบันทึกข้อมูลที่ถูกวิธี ทำให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาใช้ในงานวิจัยยังขาดความละเอียด

5.2.3 เครื่อง Homo GEA เป็นเครื่องจักรที่มีความสลับซับซ้อนทำให้ยากต่อการนำมาระบุหน้าที่การใช้งานและความล้มเหลวในแต่ละระบบย่อยได้ครบถ้วน ต้องอาศัยประสบการณ์ของช่างซ่อมบำรุงรักษาและต้องอาศัยทักษะความสามารถของช่างซ่อมบำรุงรักษา

5.2.4 อะไหล่ของเครื่อง Homo GEA และ Sieving หลายรายการมีราคาสูงและใช้เวลาในการสั่งซื้ออะไหล่จากต่างประเทศเป็นระยะเวลานานและใช้เวลาในการซ่อมบำรุงรักษานานส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

5.2.5 เนื่องจากพนักงานฝ่ายผลิตยังขาดความรู้และทักษะในการใช้งานเครื่องจักร ทำให้ไม่สามารถระบุอาการผิดปกติของเครื่องจักรระหว่างการใช้งานเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรมีการชำรุดมากกว่าปกติ

5.2.6 ในบางครั้งทางฝ่ายผลิตไม่สามารถหยุดเครื่องจักรได้ตามแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเนื่องจากมีแผนการผลิตจากฝ่ายวางแผนการผลิตมาเพิ่มเติมตามการสั่งของลูกค้า หรือมีการหยุดก่อนแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนซ่อมบำรุงรักษาที่ถูกวางเอาไว้

5.2.7 ทักษะในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรของช่างซ่อมบำรุงรักษาแต่ละคนมีความชำนาญไม่เหมือนกันทำให้ในการเข้าไปดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรใช้เวลานานและยังทำให้อาการเกิดขัดข้องทั้งที่ดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรแล้ว

5.2.8 ข้อมูลต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นความลับของทางบริษัททางผู้วิจัยจึงไม่สามารถคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนที่ลดลงภายหลังประยุกต์ใช้หลักการซ่อมบำรุงรักษาดังกล่าวได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการเก็บข้อมูลความเสียหายอย่างต่อเนื่องเพียงพอ และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดรอบการเปลี่ยนอะไหล่ทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อไป

5.3.2 ควรมีการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลของความเสียหายของเครื่องจักรหลังจากที่ได้นำแนวทางตามหลักการซ่อมบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

5.3.3 ควรมีการฝึกอบรมพนักงานจากผู้ชำนาญของบริษัทที่เป็นผู้ผลิตเครื่องจักร เพื่อให้ทราบถึงวิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหายของเครื่องจักร ผลกระทบที่เกิดจากความเสียหายและวิธีการป้องกัน พร้อมทั้งอบรมเพิ่มทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ถูกต้องและเหมาะสมจากผู้ชำนาญของบริษัทที่เป็นผู้ผลิตเครื่องจักร เพื่อให้รักษาสภาพการใช้งานของเครื่องจักรให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

5.3.4 ควรมีการจัดหาอะไหล่สำรอง เพื่อใช้ในการดำเนินการแก้ไขเมื่อเครื่องจักรเกิดการเสียหายกะทันหันได้ในทันที เพื่อที่จะไม่ต้องเสียเวลาในการจัดหาอะไหล่เพื่อนำมาดำเนินการแก้ไข

5.3.5 พนักงานที่ใช้เครื่องจักรคือฝ่ายผลิต โดยเฉพาะ Operator ที่ควบคุมเครื่องจักรจะต้องสามารถดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเบื้องต้นได้ เช่นการหล่อลื่นในจุดหล่อลื่นต่างๆ สังเกตอาการผิดปกติของเครื่องจักรเบื้องต้นได้ เพื่อช่วยรักษาสภาพของเครื่องจักรให้ทำงานได้อย่างยาวนาน

5.3.6 ทุกฝ่ายควรให้ความร่วมมือและให้ความสำคัญกับการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร และคำนึงถึงเครื่องจักรที่ทำงานอยู่เป็นสำคัญ เพื่อให้สามารถทำการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ตามแผนที่ถูกกำหนด ตามระยะเวลา และมีอะไหล่ในการดำเนินการซ่อมบำรุง เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ในสภาวะปกติตลอดอายุการใช้งานต่อไป

5.3.7 ควรนำเอาแนวทางตามหลักการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือนี้ไปขยายผลใช้กับเครื่องจักรอื่นๆที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตครีมเทียมในอาคารอื่นๆ และกระบวนการผลิตการทำแห้งแบบระเหิดในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อาหารทะเล เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ ซุป และข้าวต้ม ของโรงงานตัวอย่าง

รายการอ้างอิง

กาญจนา จิตรจุน. (2550). “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

โกศล ดีศีลธรรม. (2554). “วิศวกรรมความน่าเชื่อถือสำหรับงานบำรุงรักษา.” **เทคนิคไฟฟ้าเครื่องกลอุตสาหการ** 28, 324 (มีนาคม): 108.

ณัฏฐรินทร์ อักษรนำ. (2545). “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา โรงงานฉีดโฟมเพื่อการบรรจุภัณฑ์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ดนัย สาหร่ายทอง. (2543). “การวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวิช คำสัตย์. (2555). “การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ กรณีศึกษา: เครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter).” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธนกร ณ พัทลุง. (2552). “CBM การบำรุงรักษาตามสภาพในแนวทางการบำรุงรักษาสมัยใหม่.” **Technology Promotion Magazine** 36, 204 (เมษายน-พฤษภาคม): 27-30.

พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม. (2554). “การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานผลิตกระดาษ.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วีรศักดิ์ กรัยวิเชียร. (2545). “การบำรุงรักษาเพื่อความน่าเชื่อถือได้.” **Mechanical Technology Magazine**, no.8 (มิถุนายน): 60-65.

วัฒนา เชียงกูล, เกรียงไกร ดำรงรัตน์ และดลดิษฐ์ เมืองแมน. (2553). **การจัดการงานบำรุงรักษาด้วย Reliability.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ศิริรัตน์ ศิลปะพิพัฒน์. (2537). “การออกแบบแผนงานบำรุงรักษา สำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จแบบหลายโรงผสม.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สราวุธ ลิ้มประเสริฐ. (2551). “การปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สรัณญา ศิลาอาสน์. (2551). “การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรโดยระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานอุตาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมศักดิ์ สัมฤทธิ์. (2552). “การลดเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สชญาน หรรษสุข. (2543). “เพิ่มประสิทธิภาพงานบำรุงรักษา ด้วยเทคนิค RCM (1).” **เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้า-อุตสาหการ**, no.183 (เมษายน): 108-116.

สุภชัย เบ้าอุฬาล. (2556). “การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักร CNC Machining Center ด้วยวิธีการบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุรพล ราษฎร์นุ้ย. (2545). **วิศวกรรมการบำรุงรักษา.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

อนุวัฒน์ ผลวัฒนา. (2547). “การพัฒนาประสิทธิภาพของแผนกกรอด้ายโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อรรถกร เก่งพล. (2547). **วิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Abdulnour, G. et al. (1998). “A reliability based maintenance policy: A case study.” **Computers ind. Engng**, no.35:591-594.

Baek, Seok-Heum, and others. (2009). “Reliability design of preventive maintenance scheduling for cumulative fatigue damage.” **Journal of Mechanical Science and Technology**, no.23: 1225-1233.

Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation. (1995). **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**. n.p.

Fore, Stanley. (2011). "Application of RCM for a chipping and sawing mill." **Journal of Engineering, Design and Technology 9**, 2: 204-226.

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2007). **Application of Reliability Centered Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants**. Vienna: Nucleaar Power Engineering Section.

Jardaine, Andrew K.S., and Albert H.C. Tsang. (2006). **Maintenance Replacement and Reliability Theory and Application**. Boca Raton Florida: Taylor & Francis Group.

Kobbacy, K.A.H., and Murthy. (2008). **D.N.P. Complex System Maintenance Handbook**. London: Springer.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2008). **Reliability Centered Maintenance guide for Facilities and Collateral Equipment**. n.p.

Nowlan, F.S. and Heap, H.F. (1978). **Reliability-Centered Maintenance**. n.p.: Braun-Brum field,Inc.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงเครื่องจักรในอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ตารางที่ ก ตารางแสดงเครื่องจักรในอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ลำดับที่	Type	Machine Description รายละเอียดเครื่องจักร	จำนวน (เครื่อง)	หน้าที่การทำงาน
1	C	ถังกลูโคส ขนาด 30 ตัน	3	เป็นถังเก็บกลูโคสสำหรับการผลิต
2	C	ถังไขมันปาล์ม ขนาด 30 ตัน	2	เป็นถังเก็บไขมันปาล์มสำหรับการผลิต
3	C	ถังละลายไขมัน ขนาด 3000 ลิตร	2	ทำหน้าที่ละลายไขมันก้อนสำหรับการผลิต
4	B	ถังต้มน้ำร้อน 6000 ลิตร	2	ทำหน้าที่เตรียมน้ำร้อนที่ใช้ในการผลิต
5	B	ถังผสม 6000 ลิตร	2	ทำหน้าที่ผสมกลูโคส,ไขมันปาล์มและ Pre-Mix
6	B	ถังผสม 2000 ลิตร	3	ทำหน้าที่ผสมไขมันปาล์มและไขมันก้อนในการผสม
7	B	ถังพัก 6000 ลิตร	2	ทำหน้าที่พักผลิตภัณฑ์ที่ถูกผสมแล้ว
8	A	Homo GEA	1	ทำหน้าที่ Homogenizer และเป็น High Pressure ส่งผลิตภัณฑ์เพื่อไปทำแห้งแบบพ่นฝอย
9	B	Preheat	1	ทำหน้าที่ทำความร้อนผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะส่งเข้า Homogenizer
10	C	สายพานลำเลียง	1	ทำหน้าที่ลำเลียงกระสอบ Pre-Mix ในการผสม

ตารางที่ ก ตารางแสดงเครื่องจักรในอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (ต่อ)

ลำดับที่	Type	Machine Description รายละเอียดเครื่องจักร	จำนวน (เครื่อง)	หน้าที่การทำงาน
11	A	ตู้ Control	4	ทำหน้าที่ควบคุมระบบการผสมผลิตภัณฑ์และระบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย
12	B	Chamber	1	ทำหน้าที่เป็นที่รองรับผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย
13	B	Cyclone	2	ทำหน้าที่ดักผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะถูกนำอากาศออกโดย Exhaust
14	B	ชุดลำเลียงด้วยมอเตอร์เขย่า	2	ทำหน้าที่ส่งผลิตภัณฑ์ที่ถูกดักโดย Cyclone กลับเข้า Chamber
15	B	Rotary	3	ทำหน้าที่ส่งผลิตภัณฑ์ที่ถูกดักโดย Cyclone กลับเข้า Chamber
16	B	Root Blower	3	ทำหน้าที่ส่งลมอัดดันผลิตภัณฑ์กลับเข้า Chamber
17	B	Anticaking	1	ทำหน้าที่เติมผงกันการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์
18	A	Inlet Blower	1	ทำหน้าที่ดูดลมเข้าระบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย
19	A	Steam Coil	1	ทำหน้าที่ทำลมร้อนเข้าระบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย
20	A	Exhaust Blower	1	ทำหน้าที่ดูดลมออกจากระบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย
21	B	Dehumidifier	1	ทำหน้าที่สร้างลมเย็นในการทำเย็นผลิตภัณฑ์
22	B	Blower Fluidized Bed	4	ทำหน้าที่ส่งลมเย็นเพื่อทำเย็นผลิตภัณฑ์

ตารางที่ ก ตารางแสดงเครื่องจักรในอาคารผลิตการทำแห้งแบบพ่นฝอย (ต่อ)

ลำดับที่	Type	Machine Description รายละเอียดเครื่องจักร	จำนวน (เครื่อง)	หน้าที่การทำงาน
23	A	Sieving	1	ทำหน้าที่ร่อนผลิตภัณฑ์ที่จับตัวเป็นก้อนหรือสิ่งแปลกปลอม
24	B	Silo	2	ทำหน้าที่พักผลิตภัณฑ์จากระบบทำแห้งผลิตภัณฑ์แบบพ่นฝอย
25	B	Blower	2	ทำหน้าที่ระบายอากาศออกจาก Silo
26	A	เครื่อง Pack	1	ทำหน้าที่บรรจุผลิตภัณฑ์
27	B	เครื่อง Dust Collector	1	ทำหน้าที่ดูดฝุ่นที่ฟุ้งจากเครื่อง pack
28	A	เครื่อง Seal อัตโนมัติ	1	ทำหน้าที่ seal กระสอบผลิตภัณฑ์
29	B	เครื่องรีดถุง	1	ทำหน้าที่รีดกระสอบผลิตภัณฑ์ให้เรียบ
30	B	เครื่องเช็คน้ำหนัก	1	ทำหน้าที่เช็คน้ำหนักของกระสอบผลิตภัณฑ์
31	B	เครื่องยกถุงอัตโนมัติ	1	ทำหน้าที่เรียงกระสอบลงบนพาเลทผลิตภัณฑ์

หมายเหตุ : ชนิดเครื่องจักร Type A หมายถึง เครื่องจักรที่เกิดการชำรุดเสียหายทำให้กระบวนการผลิตหยุดกะทันหัน

ชนิดเครื่องจักร Type B หมายถึง เครื่องจักรที่เกิดการชำรุดเสียหายทำให้กระบวนการผลิตมีกำลังการผลิตลดลง

ชนิดเครื่องจักร Type C หมายถึง เครื่องจักรที่เกิดการชำรุดเสียหายแล้วแต่ไม่กระทบกับกระบวนการผลิต

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงจำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558

ตารางที่ ข ตารางแสดงจำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินต่อเดือนปี พ.ศ. 2558												จำนวนรวมความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	Homo GEA	0	1	0	0	0	2	3	1	4	0	0	1	12
2	Sieving	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
3	Inlet Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Steam Coil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Exhaust Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	เครื่อง Pack	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	เครื่อง Seal อัตโนมัติ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Chamber	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	ถังต้มน้ำร้อน 6000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	ถังผสม 6000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11	ถังผสม 2000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12	ถังพัก 6000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ข ตารางแสดงจำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558 (ต่อ)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินต่อเดือนปี พ.ศ. 2558												จำนวนรวมความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
13	Preheat	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
14	ตู้ Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Cyclone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	ชุดลำเลียงด้วยมอเตอร์เขย่า	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Rotary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Root Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Anticaking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Dehumidifier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Blower Fluidized Bed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Silo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	เครื่อง Dust Collector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ข ตารางแสดงจำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558 (ต่อ)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินต่อเดือนปี พ.ศ. 2558												จำนวนรวมความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
25	เครื่องรีดถุง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	เครื่องเช็คน้ำหนัก	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	เครื่องยกถุงอัตโนมัติ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	สายพานลำเลียง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	ถังกลูโคส ขนาด 30 ตัน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	ถังไขมันปาล์ม ขนาด 30 ตัน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	ถังละลายไขมัน ขนาด 3000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558

ตารางที่ ค ตารางแสดงเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนรวมเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินต่อเดือนปี พ.ศ. 2558												จำนวนเวลารวมเครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	Homo GEA	0	305	0	0	0	960	110	355	645	0	0	60	2435
2	Sieving	0	0	0	245	155	0	0	0	0	147	0	0	547
3	Inlet Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Steam Coil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Exhaust Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	เครื่อง Pack	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	เครื่อง Seal อัตโนมัติ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Chamber	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	ถังต้มน้ำร้อน 6000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	ถังผสม 6000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30
11	ถังผสม 2000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30
12	ถังพัก 6000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค ตารางแสดงเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558 (ต่อ)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนรวมเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินต่อเดือนปี พ.ศ. 2558												จำนวนเวลารวมเครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
13	Preheat	0	0	0	0	0	50	0	0	10	50	0	0	110
14	ตู้ Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Cyclone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	ชุดลำเลียงด้วยมอเตอร์เขย่า	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Rotary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Root Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Anticaking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Dehumidifier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Blower Fluidized Bed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Silo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Blower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	เครื่อง Dust Collector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค ตารางแสดงเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี 2558 (ต่อ)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนรวมเวลาที่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉินต่อเดือนปี พ.ศ. 2558												จำนวนเวลารวมเครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
25	เครื่องรีดถุง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	เครื่องเช็คน้ำหนัก	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	เครื่องยกถุงอัตโนมัติ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	สายพานลำเลียง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	ถังกลูโคส ขนาด 30 ตัน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	ถังไขมันปาล์ม ขนาด 30 ตัน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	ถังละลายไขมัน ขนาด 3000 ลิตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงผลการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC)

ตารางที่ ง ตารางแสดงผลการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	Factor				MC	Critical code
		3	2	3	1		
		EM	UR	SEI	MTC		
1	ถังกลูโคส ขนาด 30 ตัน	1	2	0	1	8	C
2	ถังไขมันปาล์ม ขนาด 30 ตัน	1	2	0	1	8	C
3	ถังละลายไขมัน ขนาด 3000 ลิตร	1	2	0	1	8	C
4	ถังต้มน้ำร้อน 6000 ลิตร	2	2	2	1	17	B
5	ถังผสม 6000 ลิตร	3	3	1	1	19	B
6	ถังผสม 2000 ลิตร	2	3	1	1	16	B
7	ถังพัก 6000 ลิตร	1	2	0	1	8	B
8	Homo GEA	3	3	3	3	27	A
9	Preheat	2	3	2	2	20	B
10	สายพานลำเลียง	1	1	1	2	10	C
11	ตู้ Control	2	2	2	2	18	B
12	Chamber	3	2	2	2	21	A
13	Cyclone	2	2	1	3	16	B
14	ชุดลำเลียงด้วยมอเตอร์เขย่า	2	2	1	2	15	B
15	Rotary	2	2	1	2	15	B
16	Root Blower	2	2	1	2	15	B
17	Anticaking	2	3	0	1	13	B
18	Inlet Blower	3	3	2	2	23	A
19	Steam Coil	3	3	2	2	23	A
20	Exhaust Blower	3	3	2	2	23	A
21	Dehumidifier	2	3	1	2	17	B
22	Blower Fluidized Bed	2	2	1	2	15	B
23	Sieving	3	3	2	3	24	A

ตารางที่ ง ตารางแสดงผลการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality, MC) (ต่อ)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	Factor				MC	Critical code
		3	2	3	1		
		EM	UR	SEI	MTC		
24	Silo	2	2	1	1	14	B
25	Blower	1	2	1	2	12	B
26	เครื่อง Pack	3	2	2	3	22	A
27	เครื่อง Dust Collector	1	2	2	2	15	B
28	เครื่อง Seal อัตโนมัติ	2	2	3	3	22	A
29	เครื่องรีดถุง	1	2	2	2	15	B
30	เครื่องเช็คน้ำหนัก	2	2	1	2	15	B
31	เครื่องยกถุงอัตโนมัติ	1	2	3	3	19	B

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลเปรียบเทียบการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักรกับประวัติเครื่องจักรหยุด

ตารางที่ จ ตารางแสดงผลเปรียบเทียบการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักรกับประวัติเครื่องจักรหยุด

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนรวมความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)	จำนวนเวลารวมเครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)	จำนวนเวลาเครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเฉลี่ย (นาที/ครั้ง)	Critical code
1	Homo GEA	12	2435	203	A
2	Sieving	3	547	182	A
3	Inlet Blower	0	0	0	A
4	Steam Coil	0	0	0	A
5	Exhaust Blower	0	0	0	A
6	เครื่อง Pack	0	0	0	A
7	เครื่อง Seal อัตโนมัติ	0	0	0	A
8	Chamber	0	0	0	A
9	ถังต้มน้ำร้อน 6000 ลิตร	0	0	0	B
10	ถังผสม 6000 ลิตร	1	30	30	B
11	ถังผสม 2000 ลิตร	1	30	30	B
12	ถังพัก 6000 ลิตร	0	0	0	B
13	Preheat	3	110	37	B
14	ตู้ Control	0	0	0	B
15	Cyclone	0	0	0	B
16	ชุดลำเลียงด้วยมอเตอร์เขย่า	0	0	0	B
17	Rotary	0	0	0	B
18	Root Blower	0	0	0	B
19	Anticaking	0	0	0	B
20	Dehumidifier	0	0	0	B
21	Blower Fluidized Bed	0	0	0	B

ตารางที่ จ ตารางแสดงผลเปรียบเทียบการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักรกับประวัติเครื่องจักรหยุด (ต่อ)

ลำดับ	รายการเครื่องจักร	จำนวนรวมความถี่เครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (ครั้ง)	จำนวนเวลารวมเครื่องจักรหยุดฉุกเฉิน (นาที)	จำนวนเวลาเครื่องจักรหยุดฉุกเฉินเฉลี่ย (นาที/ครั้ง)	Critical code
22	Silo	0	0	0	B
23	Blower	0	0	0	B
24	เครื่อง Dust Collector	0	0	0	B
25	เครื่องรีดถุง	0	0	0	B
26	เครื่องเช็คน้ำหนัก	0	0	0	B
27	เครื่องยกถุงอัตโนมัติ	0	0	0	B
28	สายพานลำเลียง	0	0	0	C
29	ถังกลูโคส ขนาด 30 ตัน	0	0	0	C
30	ถังไขมันปาล์ม ขนาด 30 ตัน	0	0	0	C
31	ถังละลายไขมัน ขนาด 3000 ลิตร	0	0	0	C

ภาคผนวก ฉ

ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA

ตารางที่ ฉ ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย
ชุด Drive End	Main motor	สร้างกำลังขับในการหมุน Pulley	ไหม้และไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ค่าความเป็นฉนวนต่ำ
	Pulley	ส่งต่อกำลังผ่าน Belt เพื่อหมุน Pulley อีกด้าน	Pulley หลวม คลอน	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Belt	ส่งผ่านการหมุนระหว่าง Pulley	สายพานขาด	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ ,เสื่อมสภาพ
	Gear box	ปรับอัตราการหมุน	เฟืองเกียร์สึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
ชุด Lubrication System	Oil pump	ส่งน้ำมันไปหล่อลื่นยังชิ้นส่วนต่างๆ	ไหม้และไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ค่าความเป็นฉนวนต่ำ
	Heat exchange	แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันกับน้ำ	Heat exchange เกิดการรั่ว	น้ำมันกับน้ำผสมกัน	เกิดการสึกหลอ ,เสื่อมสภาพ
	Oil filter	ดักเศษต่างๆที่อาจอยู่ในน้ำมัน	กรองตัน	แรงดันน้ำมันตก	ขาดการถอดล้าง
	Oil pressure sensor	ตรวจสอบแรงดันของปั๊มน้ำมัน	ไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ตัวเปลี่ยนสัญญาณเสื่อมสภาพ
	Oil level	บอกระดับน้ำมัน	ระดับน้ำมันต่ำกว่าระดับ	เครื่องจักรหยุด	ขาดการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน

ตารางที่ ฉ ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย
ชุด Transmission Body	Crankshaft	ขับก้านสูบ	Crankshaft เกิดการเสียดสี	เครื่องจักรหยุด	เกิดการเสียดสี
	Connection rod	ขับลูกสูบ	Connection rod เกิดการเสียดสี	เครื่องจักรหยุด	เกิดการเสียดสี
	Pistons	ขับ Plunger	Pistons เกลียวเสีย	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Bearing	รองรับการหมุนของ Crankshaft	Bearing แตก	เครื่องจักรหยุด	ไม่มีการหล่อลื่น
	Gasket	ป้องกันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น Plunger	Gasket เกิดการสึก	มีน้ำไหลเข้ามาปน	เกิดการสึกหลอ
ชุด Compression Head	Valve Group	เปิดปิดห้องให้เกิดการบีบอัดและการแตกตัว	Valve เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Plunger Group	สร้างแรงดันและการบีบอัด	Plunger เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Gaskets	ป้องกันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น Plunger	Gasket เกิดการสึก	น้ำรั่วเข้าผลิตภัณฑ์	เกิดการสึกหลอ
	Plunger Packing	ป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ไหลย้อนกลับ	Plunger Packing สึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ
	Flange	ประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงดัน	Flange เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Stud, Nut	ทำหน้าที่ในการยึด Flange	Stud ขาด	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ

ตารางที่ ฉ ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย
ชุด Stage Homogenizing Group	Homogenizing chamber	เป็นพื้นที่ในการรองรับการ Homogenization	Homogenizing chamber เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ
	Guide	ทำหน้าที่ในเป็นแนวในการเคลื่อนที่ให้กับ Impact Head	Guide เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Impact Head	ทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันในการ Homogenization	Impact Head เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Impact ring	ทำหน้าที่ในเป็นแหวนรองรับแรงดันของชุด Impact Head	Impact ring เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ
	Passage head	ทำหน้าที่ในเป็นชิ้นส่วนรองรับแรงดันของ Impact Head	Passage head เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Gasket	ป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์	Gasket เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ
	O-ring	ป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์	O-ring เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ

ตารางที่ ฉ ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย
ชุด Stage Homogenizing Group	Impact ring housing	ทำหน้าที่ในการรับแรงดันจากแรงดันในการ Homogenization	Impact ring เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Bushing	ทำหน้าที่ในประคอง Impact Head ในการ Homogenization	Bushing เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ
	Stud, Nut, Screw	ทำหน้าที่ในการยึด Flange เพื่อรับแรงดันในการบีบอัด เพื่อ Homogenization	Stud ขาด	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Extension	ทำหน้าที่ในขับ Impact Head ในการ Homogenization	Extension เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ
	Flange	ทำหน้าที่ในการประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงดันในการบีบอัด เพื่อ Homogenization	Flange เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ

ภาคผนวก ช

ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Sieving

ตารางที่ ช ตารางการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหายของเครื่องจักรของชิ้นส่วนย่อย (Failure Mode Effect Analysis) ของเครื่อง Sieving

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย
ชุด Vibration	Vibration motor	ทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน	ไหม้และไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ค่าความเป็นฉนวนต่ำ
	Vibro body	รองรับ Vibration motor	หลวมคลอน	เครื่องจักรสั่นสะเทือน	เกิดการสึกหลอ
	Rubber pad	รับน้ำหนักให้กับเครื่องจักร	แตกร้าว	เครื่องจักรสั่นสะเทือน	การเสื่อมสภาพ
	Base	เป็นโครงสร้างเพื่อรองรับชุด Vibration	หลวมคลอน	เครื่องจักรสั่นสะเทือน	เกิดการสึกหลอ
	Spring	ถ่ายเทแรงสั่นสะเทือนไปยังส่วนอื่นๆ	แตกร้าว	เครื่องจักรหยุด	การเสื่อมสภาพ
ชุด Filter	Screen cloth	แยกสิ่งแปลกปลอม	ฉีกขาด	สิ่งแปลกปลอม	การติดตั้งไม่ดี
	Lower flange	ยึด Screen cloth ให้ตึง	น็อตยึดขาด	สิ่งแปลกปลอม	การติดตั้งไม่ดี
	Upper flange	ยึด Screen cloth ให้ตึง	น็อตยึดขาด	สิ่งแปลกปลอม	การติดตั้งไม่ดี
	Supporting Screen	รองรับน้ำหนักให้กับ Screen cloth	หลวมคลอน	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ

ภาคผนวก ซ

ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA

ตารางที่ ช ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA

ชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความสำคัญ	MTTR (นาที/ครั้ง)	ราคาอะไหล่ (บาท/ชิ้น)	ค่าแรงซ่อม (บาท/ครั้ง)	รวมค่าใช้จ่ายในการซ่อม (บาท/ครั้ง)	ค่าสูญเสียโอกาส (บาท/ครั้ง)	ความถี่ชำรุด (ครั้ง/ปี)	เวลาเดินเครื่อง (ชม.)	MTBF (ชม.)	การเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษา	การซ่อมบำรุงรักษา
Main motor	150	138,500	500	139,000	150,000	1	6,583	3,291	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Pulley	45	1,850	75	1,925	45,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Belt	30	2,290	50	2,340	30,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Gear box	115	42,200	383	42,583	115,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Oil pump	45	38,240	75	38,315	45,000	1	6,583	3,291	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Heat exchange	45	33,170	75	33,245	45,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Oil filter	20	5,130	33	5,163	20,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Oil pressure sensor	15	4,970	25	4,995	15,000	3	6,583	1645	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Oil level	10	1,100	17	1,117	10,000	0	6,583	6,583	สำรองอะไหล่ Oil level	RTF
Crankshaft	150	142,000	500	142,500	150,000	1	6,583	3,291	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM

ตารางที่ ซ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

ชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความสำคัญ	MTTR (นาที/ครั้ง)	ราคาอะไหล่ (บาท/ชิ้น)	ค่าแรงซ่อม (บาท/ครั้ง)	รวมค่าใช้จ่ายในการซ่อม (บาท/ครั้ง)	ค่าสูญเสียโอกาส (บาท/ครั้ง)	ความถี่ชำรุด (ครั้ง/ปี)	เวลาเดินเครื่อง (ชม.)	MTBF (ชม.)	การเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษา	การซ่อมบำรุงรักษา
Connection rod	150	41,650	500	42,150	150,000	1	6,583	3,291	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Pistons	150	18,540	500	19,040	150,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Bearing	45	12,700	75	12,775	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Gasket	45	120	75	195	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Valve Group	75	33,900	125	34,025	75,000	1	6,583	3,291	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Plunger Group	75	51,200	125	51,325	75,000	2	6,583	2194	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Gaskets	45	120	75	195	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Plunger Packing	75	5,600	125	5,725	75,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Flange	45	25,100	75	25,175	45,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Stud, Nut	60	6,450	100	6550	60,000	1	6,583	3,291	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Homogenizing chamber	90	22,760	150	22,910	90,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM

ตารางที่ ซ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

ชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความสำคัญ	MTTR (นาที/ครั้ง)	ราคาอะไหล่ (บาท/ชิ้น)	ค่าแรงซ่อม (บาท/ครั้ง)	รวมค่าใช้จ่ายในการซ่อม (บาท/ครั้ง)	ค่าสูญเสียโอกาส (บาท/ครั้ง)	ความถี่ชำรุด (ครั้ง/ปี)	เวลาเดินเครื่อง (ชม.)	MTBF (ชม.)	การเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษา	การซ่อมบำรุงรักษา
Guide	75	32,400	125	32,525	75,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Impact Head	45	27,100	75	27,175	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Impact ring	45	29,640	75	29,715	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Passage head	45	23,600	75	23,675	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Gasket	45	5,600	75	5,675	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
O-ring	45	120	75	195	45,000	0	6,583	6,583	สามารถเปลี่ยนตามรอบเวลาได้	TBD
Impact ring housing	45	24,500	75	24,575	45,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Bushing	45	5,920	75	5,995	45,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Stud, Nut, Screw	60	6,450	100	6,550	60,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Extension	75	24,820	125	24,945	75,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM

ตารางที่ ซ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

ชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความสำคัญ	MTTR (นาที/ครั้ง)	ราคาอะไหล่ (บาท/ชิ้น)	ค่าแรงซ่อม (บาท/ครั้ง)	รวมค่าใช้จ่ายในการซ่อม (บาท/ครั้ง)	ค่าสูญเสียโอกาส (บาท/ครั้ง)	ความถี่ชำรุด (ครั้ง/ปี)	เวลาเดินเครื่อง (ชม.)	MTBF (ชม.)	การเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษา	การซ่อมบำรุงรักษา
Flange	45	25,100	75	25,175	45,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ฌ

ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Sieving

ตารางที่ ฌ ตารางการแสดงค่า MTBF ของแต่ละชิ้นส่วนย่อยพร้อมวิธีการดำเนินการบำรุงรักษาโดยเปรียบเทียบกับจุดคุ้มทุนของเครื่อง Sieving

ชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความสำคัญ	MTTR (นาที/ครั้ง)	ราคาอะไหล่ (บาท/ชิ้น)	ค่าแรงซ่อม (บาท/ครั้ง)	รวมค่าใช้จ่ายในการซ่อม (บาท/ครั้ง)	ค่าสูญเสียโอกาส (บาท/ครั้ง)	ความถี่ชำรุด (ครั้ง/ปี)	เวลาเดินเครื่อง (ชม.)	MTBF (ชม.)	การเลือกเทคนิคการซ่อมบำรุงรักษา	การซ่อมบำรุงรักษา
Vibration motor	196	25,000	327	25,327	196,000	2	6,583	2,194	ตรวจสอบความสูญเสียล่วงหน้าได้	CBM
Vibro body	120	15,000	200	200	120,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Rubber pad	30	1,000	50	50	30,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Base	125	11,000	208	208	125,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Spring	140	800	233	233	140,000	0	6,583	6,583	สำรองอะไหล่ Spring	RTF
Screen cloth	155	20,000	258	20,258	155,000	1	6,583	3,291	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Lower flange	80	3,000	133	133	80,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Upper flange	80	3,000	133	133	80,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM
Supporting Screen	80	11,500	133	133	80,000	0	6,583	6,583	ตรวจสอบตามรอบเวลาได้	TBM

ภาคผนวก ญ

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Drive End	Main motor	สร้างกำลังขับในการหมุน Pulley	ไหม้และไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ค่าความเป็นฉนวนต่ำ	Overhaul มอเตอร์ใหม่	TBM	Yearly
			ลูกปืนแตก	เครื่องจักรหยุด	เกิดจากการเสื่อมสภาพของลูกปืน	เปลี่ยน Bearing ของมอเตอร์	TBD	Half yearly
	Pulley	ส่งต่อกำลังผ่าน Belt เพื่อหมุน Pulley อีกด้าน	Pulley หลวม คลอน	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Belt	ส่งผ่านการหมุนระหว่าง Pulley	สายพานขาด	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ ,เสื่อมสภาพ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Belt	TBD	Yearly
	Gear box	ปรับอัตราการหมุน	เฟืองเกียร์สึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คการสึกหลอของเฟืองเกียร์	TBM	Monthly

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Lubrication System	Oil pump	ส่งน้ำมันไปหล่อลื่นยังชิ้นส่วนต่างๆ	ไหม้และไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ค่าความเป็นฉนวนต่ำ	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pump	TBM	Monthly
	Heat exchange	แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันกับน้ำ	รั่ว	น้ำมันกับน้ำผสมกัน	เกิดการสึกหลอ ,เสื่อมสภาพ	ตรวจเช็คการรั่วไหลของ Heat exchange	TBM	Monthly
	Oil filter	ดักเศษต่างๆที่อาจอยู่ในน้ำมัน	กรองตัน	แรงดันน้ำมันตก	ขาดการถอดล้าง	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Oil filter	TBD	Yearly
	Oil pressure sensor	ตรวจสอบแรงดันของปั๊มน้ำมัน	ไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ตัวเปลี่ยนสัญญาณเสื่อมสภาพ	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pressure sensor	TBM	Monthly
	Oil level	บอกระดับน้ำมัน	ระดับน้ำมันต่ำกว่าระดับ	เครื่องจักรหยุด	ขาดการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน	สำรองอะไหล่ Oil level	RTF	-

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Transmission Body	Crankshaft	ขับก้านสูบ	Crankshaft เกิดการเสียดสี	เครื่องจักรหยุด	เกิดการเสียดสี	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Connection rod	ขับลูกสูบ	Connection rod เกิดการเสียดสี	เครื่องจักรหยุด	เกิดการเสียดสี	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Pistons	ขับ Plunger	Pistons เกลียวเสีย	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Bearing	รองรับการหมุนของ Crankshaft	Bearing แตก	เครื่องจักรหยุด	ไม่มีการหล่อลื่น	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Bearing	TBD	Yearly
	Gasket	ป้องกันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น Plunger	Gasket เกิดการสึก	มีน้ำไหลเข้ามาปน	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	TBD	Yearly

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Compression Head	Valve Group	เปิดปิดห้องให้เกิดการบีบอัดและการแตกตัว	Valve เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Valve Group	TBD	Yearly
	Plunger Group	สร้างแรงดันและการบีบอัด	Plunger เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Gaskets	ป้องกันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น Plunger	Gasket เกิดการสึก	น้ำรั่วเข้าผลิตภัณฑ์	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	TBD	Yearly
	Plunger Packing	ป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ไหลย้อนกลับ	Plunger Packing เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Plunger Packing	TBD	Yearly
	Flange	ประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงดัน	Flange เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Stud, Nut	ทำหน้าที่ในการยึด Flange	Stud ขาด	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Stage Homogenizing Group	Homogenizing chamber	เป็นพื้นที่ในการรองรับการ Homogenizer	Homogenizing chamber เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Guide	ทำหน้าที่ในเป็นแนวในการเคลื่อนที่ให้กับ Impact Head	Guide เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Impact Head	ทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันในการ Homogenizer	Impact Head เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact Head	TBD	Yearly
	Impact ring	ทำหน้าที่ในเป็นแหวนรองรับแรงดันของชุด Impact Head	Impact ring เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact ring	TBD	Yearly

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Stage Homogenizing Group	Passage head	ทำหน้าที่ในเป็นชิ้นส่วนรองรับแรงดันของ Impact Head	Passage head เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Passage head	TBD	Yearly
	Gasket	ป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์	Gasket เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	TBD	Yearly
	O-ring	ป้องกันการรั่วไหลของผลิตภัณฑ์	O-ring เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	เปลี่ยนอะไหล่ชุด O-ring	TBD	Yearly
	Impact ring housing	ทำหน้าที่ในการรับแรงดันจากแรงดันในการ Homogenizer	Impact ring housing เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Stage Homogenizing Group	Bushing	ทำหน้าที่ในประคอง Impact Head ในการ Homogenizer	Bushing เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Stud, Nut, Screw	ทำหน้าที่ในการยึด Flange เพื่อรับแรงดันในการบีบอัดเพื่อ Homogenizer	Stud ขาด	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly

ตารางที่ ญ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Homo GEA (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Stage Homogenizing Group	Extension	ทำหน้าที่ในขับ Impact Head ในการ Homogenizer	Extension เกิดการสึก	เครื่องจักรหยุด	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly
	Flange	ทำหน้าที่ในการประกอบเป็นห้องเพื่อรับแรงดันในการบีบอัด เพื่อ Homogenizer	Flange เกิดการสึก	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์	TBM	Monthly

ภาคผนวก ฎ

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Sieving

ตารางที่ ฎ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Sieving

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Vibration	Vibration motor	ทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน	ไหม้และไม่ทำงาน	เครื่องจักรหยุด	ค่าความเป็นฉนวนต่ำ	วัดค่าความเป็นฉนวนมอเตอร์ Vibration motor	CBM	Yearly
			ลูกปืนแตก	เครื่องจักรหยุด	เกิดจากการเสื่อมสภาพของลูกปืน	เปลี่ยนลูกปืนของมอเตอร์ Vibration motor	TBD	Half yearly
	Vibro body	รองรับ Vibration motor	หลวมคลอน	เครื่องจักรสั่นสะเทือน	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Vibro body	TBM	Monthly
	Rubber pad	รับน้ำหนักให้กับเครื่องจักร	แตกร้าว	เครื่องจักรหยุด	การเสื่อมสภาพ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Rubber pad	TBM	Monthly

ตารางที่ ฏ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Sieving (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Vibration	Base	เป็นโครงสร้างเพื่อรองรับชุด Vibration	หลวมคลอน	เครื่องจักรสั่นสะเทือน	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Base	TBM	Monthly
	Spring	ถ่ายเทแรงสั่นสะเทือนไปยังส่วนอื่นๆ	แตกร้าว	เครื่องจักรหยุด	การเสื่อมสภาพ	สำรอง Spring	RTF	-
ชุด Filter	Screen cloth	แยกสิ่งแปลกปลอม	ฉีกขาด	สิ่งแปลกปลอม	การติดตั้งไม่ดี	ตรวจเช็คการฉีกขาดของแผ่น Screen cloth	TBM	Monthly

ตารางที่ ฎ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ของแผนการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis) ของชิ้นส่วนย่อยที่มีระดับความเสี่ยงสูงของเครื่อง Sieving (ต่อ)

อุปกรณ์ย่อย	ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	ผลกระทบของความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย	รายการตรวจเช็ค	รูปแบบ	ความถี่
ชุด Filter	Lower flange	ยึด Screen cloth ให้ตึง	น็อตยึดขาด	สิ่งแปลกปลอม	การติดตั้งไม่ดี	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึดของ Lower flange	TBM	Monthly
	Upper flange	ยึด Screen cloth ให้ตึง	น็อตยึดขาด	สิ่งแปลกปลอม	การติดตั้งไม่ดี	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึดของ Upper flange	TBM	Monthly
	Supporting Screen	รองรับน้ำหนักให้กับ Screen cloth	หลวมคลอน	ผลิตภัณฑ์รั่ว	เกิดการสึกหลอ	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Supporting Screen	TBM	Monthly

ภาคผนวก ฏ

แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

แผนงานการบำรุงรักษา

ผู้จัดทำแผน :

ผู้อนุมัติแผน :

YEAR : 2015

รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	อุปกรณ์และชิ้นส่วน	รายการปฏิบัติ	ความถี่	January					February					March					April					May					June					July					August					September					October					November					December				
					W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W5
HO 5504	Homo GEA		ตรวจเช็คการทำงานของ Oil Cooling	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คสภาพความตึงของสายพาน	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการชำรุดของชุดซีล	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการทำงานของมอเตอร์	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			วัดการกินกระแสของมอเตอร์	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			บันทึกระดับน้ำมันหล่อลื่น	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการสึกหรอของข้อเหวี่ยงและชาร์ปข้อเหวี่ยง	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการสึกหรอของเฟืองขับ	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการทำงานของปั๊มน้ำมัน	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			บันทึกค่าแรงดันน้ำมัน	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คสภาพการทำงานของเครื่องจักร	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการทำงานของชุดเสื้อสูบ	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการยึดน๊อตของชุดฝาสูบ	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการทำงานของ Pressure gauge	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น	6M																													30																														25	
SL 5502	Seiving		ตรวจเช็คสภาพของโครงสร้าง	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คการกินกระแสมอเตอร์	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คความสมบูรณ์ของตะแกรงร่อน	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คสปริงฐานเครื่องเขย่า	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	
			ตรวจเช็คสภาพการทำงานว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์หรือไม่	1W	3	10	17	24	31	7	14	21	28		9	16	23	30		8	15	22	29		8	15	22	29		9	16	23	30		6	13	20	27		4	11	18	25		3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26		4	11	18	25	

ENF-03/1/1 มกราคม 2552

ภาพที่ ฎ แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

ภาคผนวก ฐ

ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

ใบมาตรฐานการบำรุงรักษา																				
กลุ่มเครื่องจักร : สเปรย์ดราย 3						ชื่อเครื่องจักร : Homo GEA												รหัสเครื่องจักร : HO 5504		
ความถี่	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W	1W		6M				
รายการปฏิบัติ	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil Cooling	ตรวจเช็คสภาพความตึงของสายพาน	ตรวจเช็คการชำรุดของชุดซีล	ตรวจเช็คการทำงานของมอเตอร์	วัดการกินกระแสของมอเตอร์	บันทึกระดับน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจเช็คการสึกหรอของข้อเหวี่ยงและชาร์ปข้อเหวี่ยง	ตรวจเช็คการสึกหรอของเฟืองขับ	ตรวจเช็คการทำงานของปั๊มน้ำมัน	บันทึกค่าแรงดันน้ำมัน	ตรวจเช็คสภาพการทำงานของเครื่องจักร	ตรวจเช็คการทำงานของชุดเสื้อสูบ	ตรวจเช็คการยึดน็อตของชุดฝาสูบ	ตรวจเช็คการทำงานของ Pressure gauge		เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น				
วัน-เดือน-ปี																		ผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ตรวจรับงาน	ผู้รับทราบแผนงาน
ENF-02/1/1 มกราคม 2552																		หมายเหตุ: / = ปกติ X = ไม่ปกติ		

ภาพที่ ฐ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

ใบมาตรฐานการบำรุงรักษา																			
กลุ่มเครื่องจักร : สเปรย์ดราย 3						ชื่อเครื่องจักร : Seiving											รหัสเครื่องจักร : SL 5502		
ความถี่	1W	1W	1W	1W	1W														
รายการปฏิบัติ	ตรวจเช็คสภาพของโครงสร้าง	ตรวจเช็คการกินกระแสมอเตอร์	ตรวจเช็คความสมบูรณ์ของตะแกรงร่อน	ตรวจเช็คสปริงฐานเครื่องเขย่า	ตรวจเช็คสภาพการทำงานว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์หรือไม่														
วัน-เดือน-ปี																	ผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ตรวจรับงาน	ผู้รับทราบแผนงาน
ENF-02/1/1 มกราคม 2552																	หมายเหตุ: / = ปกติ X = ไม่ปกติ		

ภาพที่ ฐ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

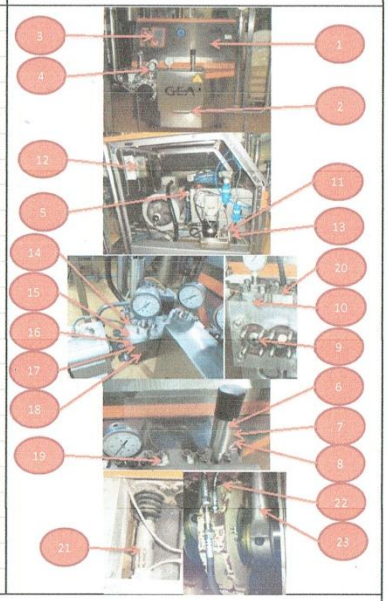
ภาคผนวก ฑ

ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

ชื่อเครื่องจักร : Homo GEA รหัสเครื่องจักร : HO 5504 หมายเลขเครื่อง : _____

ยี่ห้อ : _____ รุ่น/ แบบ : _____ สถานที่ใช้งาน : SD3 ฝั่งผสม

ลำดับ	ความถี่ในการตรวจเช็ค	รายการตรวจเช็ค	วิธีการตรวจเช็ค	มาตรฐานการตรวจเช็ค	ผลการตรวจเช็ค		ปัญหาที่พบ / วิธีการแก้ไข	รูปประกอบขั้นตอนการตรวจเช็ค
					ปกติ	ผิดปกติ		
1	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์โครงสร้างเครื่อง Homo GEA	Check	มีสภาพปกติ				
2	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ชุด Manifold Group	Check	มีสภาพปกติ				
3	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Pressure Gauge	Check	มีสภาพปกติ				
4	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Pressure Gauge Homogenization	Check	มีสภาพปกติ				
5	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Regulator	Check	มีสภาพปกติ				
6	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Spring housing	Check	มีสภาพปกติ				
7	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Spring	Check	มีสภาพปกติ				
8	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Shaft	Check	มีสภาพปกติ				
9	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Valve seat	Check	มีสภาพปกติ				
10	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ O-ring	Check	มีสภาพปกติ				
11	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Nozzle	Check	มีสภาพปกติ				
12	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Water solenoid valve	Check	มีสภาพปกติ				
13	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Water filter	Check	มีสภาพปกติ				
14	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Extension	Check	มีสภาพปกติ				
15	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Bushing	Check	มีสภาพปกติ				
16	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Impact ring housing	Check	มีสภาพปกติ				
17	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Guide	Check	มีสภาพปกติ				
18	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Homogenizing chamber	Check	มีสภาพปกติ				
19	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์และขันแน่น Stud, Nut, Screw	Check	มีสภาพปกติ				
20	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Flange	Check	มีสภาพปกติ				
21	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Plunger Group	Check	มีสภาพปกติ				
22	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Pistons	Check	มีสภาพปกติ				
23	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Connection rod	Check	มีสภาพปกติ				



ตรวจโดย : _____ วันที่ : _____ (หัวหน้าหน่วย)

อนุมัติโดย : _____ วันที่ : _____ (วิศวกร / หัวหน้าแผนก)

ENF - 02/2/1 มกราคม 2558 หน้าที่ 1/2

ภาพที่ ฑ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

ชื่อเครื่องจักร : Homo GEA รหัสเครื่องจักร : HO 5504 หมายเลขเครื่อง : _____

ยี่ห้อ : _____ รุ่น/ แบบ : _____ สถานที่ใช้งาน : SD3 ฝั่งผสม

ลำดับ	ความถี่ในการตรวจเช็ค	รายการตรวจเช็ค	วิธีการตรวจเช็ค	มาตรฐานการตรวจเช็ค	ผลการตรวจเช็ค		ปัญหาที่พบ / วิธีการแก้ไข	รูปประกอบขั้นตอนการตรวจเช็ค
					ปกติ	ผิดปกติ		
24	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Crankshaft	Check	มีสภาพปกติ				
25	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ Oil level	Check	มีสภาพปกติ				
26	M	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pressure sensor	Check	มีสภาพปกติ				
27	M	ตรวจเช็คการรั่วไหลของ Heat exchange	Check	มีสภาพปกติ				
28	M	ตรวจเช็คการทำงานของ Oil pump	Check	มีสภาพปกติ				
29	M	ตรวจเช็คการสึกหลอยของเฟืองเกียร์	Check	มีสภาพปกติ				
30	M	ตรวจเช็คความสมบูรณ์ของชุด Pulley	Check	มีสภาพปกติ				
31	Q	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง Homo GEA	Change	เปลี่ยนใหม่				
32	Q	ถอดล้างทำความสะอาดชุด Oil filter	Clean	ทำความสะอาด				
33	Q	ตรวจเช็คการขันแน่นของสายไฟที่ขั้วมอเตอร์	Check	มีสภาพปกติ				
34	H	เปลี่ยนอะไหล่ Bearing ของมอเตอร์	Change	เปลี่ยนใหม่				
35	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด O-ring	Change	เปลี่ยนใหม่				
36	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Passage head	Change	เปลี่ยนใหม่				
37	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact ring	Change	เปลี่ยนใหม่				
38	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Impact head	Change	เปลี่ยนใหม่				
39	Y	เปลี่ยน Plunger packing	Change	เปลี่ยนใหม่				
40	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Valve group	Change	เปลี่ยนใหม่				
41	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Gasket	Change	เปลี่ยนใหม่				
42	Y	เปลี่ยนอะไหล่ Bearing แกนCrankshaft	Change	เปลี่ยนใหม่				
43	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Oil filter	Change	เปลี่ยนใหม่				
44	Y	เปลี่ยนอะไหล่ชุด Belt	Change	เปลี่ยนใหม่				
45	Y	งาน Overhaul มอเตอร์	Overhaul	ทำการ Overhaul มอเตอร์ใหม่				

ตรวจโดย : _____ วันที่ : _____ (หัวหน้าหน่วย)

อนุมัติโดย : _____ วันที่ : _____ (วิศวกร / หัวหน้าแผนก)

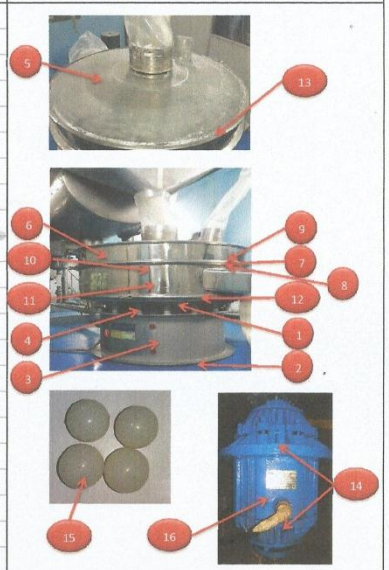
ENF - 02/2/1 มกราคม 2558 หน้าที่ 2/2

ภาพที่ ฑ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังการปรับปรุง (ต่อ)

ชื่อเครื่องจักร : Sieving | รหัสเครื่องจักร : SL 5602 | หมายเลขเครื่อง : _____

ยี่ห้อ : Lao Song | รุ่น/ แบบ : LS-1200-1S | สถานที่ใช้งาน : SD3 ฝั่งผสม

ลำดับ	ความถี่ในการตรวจเช็ค	รายการตรวจเช็ค	วิธีการตรวจเช็ค	มาตรฐานการตรวจเช็ค	ผลการตรวจเช็ค		ปัญหาที่พบ / วิธีการแก้ไข	รูปประกอบขั้นตอนการตรวจเช็ค
					ปกติ	ผิดปกติ		
1	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Vibro body	Check	มีสภาพปกติ				
2	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Rubber pad	Check	มีสภาพปกติ				
3	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Base	Check	มีสภาพปกติ				
4	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Spring	Check	มีสภาพปกติ				
5	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Dust cover	Check	มีสภาพปกติ				
6	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Upper frame	Check	มีสภาพปกติ				
7	M	ตรวจเช็คการฉีกขาดของแผ่น Screen cloth	Check	มีสภาพปกติ				
8	M	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึดของ Lower flange	Check	มีสภาพปกติ				
9	M	ตรวจเช็คการคลายตัวของนอตยึดของ Upper flange	Check	มีสภาพปกติ				
10	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Supporting Screen	Check	มีสภาพปกติ				
11	M	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของ Bottom cover	Check	มีสภาพปกติ				
12	Q	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของเกรียวยึดของ Small V clamp ring	Check	มีสภาพปกติ				
13	Q	ตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ของเกรียวยึดของ Big V clamp ring	Check	มีสภาพปกติ				
14	H	เปลี่ยนลูกปืนของมอเตอร์ Vibration motor	Change	เปลี่ยนใหม่				
15	Y	เปลี่ยน Tapping ball	Change	เปลี่ยนใหม่				
16	Y	ตรวจเช็คค่าความเป็นฉนวนของมอเตอร์ Vibration motor	Check	มีสภาพปกติ				



ตรวจโดย : _____ วันที่ : _____ (หัวหน้าหน่วย)

อนุมัติโดย : _____ วันที่ : _____ (วิศวกร / หัวหน้าแผนก)

ENF - 02/2/1 มกราคม 2559 หน้าที่ 1/1

ภาพที่ ฑ ใบบันทึกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังการปรับปรุง (ต่อ)

ภาคผนวก ฒ
พัฒนาตนเอง

เข้าร่วมการนำเสนอผลงานทางวิชาการ การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 40 (The 40th National Graduate Research Conference) ระหว่างวันที่ 20-21 ตุลาคม 2559 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

เข้าร่วมงานประชุมวิชาการ 8th ATRANS Symposium "Transportation for A Better Life" วันที่ 21 สิงหาคม 2558 ณ โรงแรมสวิสโฮเต็ล ปาร์คนายเลิศ กรุงเทพฯ จัดโดย สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (Asian Transportation Research Society)

เข้าร่วมงานประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 5 (The 5th Conference on Industrial Operations Development 2015) วันที่ 9 พฤษภาคม 2557 ณ โรงแรม รามาการ์เด้นส์ กรุงเทพฯ จัดโดยคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นายดนุพนธ์ นานา
ที่อยู่	49/1055 หมู่ 4 ตำบลโคกขาม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
E-mail address	dralnudui@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปัจจุบัน	กำลังศึกษาต่อปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจักการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2557-ปัจจุบัน	ตำแหน่ง Mechanical Engineer (Production Plant 3) บริษัท พรีเซิร์ฟฟู้ด สเปเชียลตี้ จำกัด จังหวัด สมุทรสาคร

มหาวิทยาลัยศิลปากร