การปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา

นางสาวธนพร วรวาส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

AN IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS OF PLASMA MACHINE

Miss Thanaporn Worawas

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา
โดย	นางสาวธนพร วรวาส
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5570213721 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS / PREVENTIVE MAINTENANCE / MACHINE BREAKDOWN

THANAPORN WORAWAS: AN IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS OF PLASMA MACHINE. ADVISOR: ASST. PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 204 pp.

The objective of this research was to study the proper methods for maintaining and increasing the overall equipment effectiveness (OEE) of plasma machine. The steps of study were (1) studying and gathering data for evaluating the overall equipment effectiveness (OEE) of the plasma machine, (2) studying the function operations and the problems of machine,(3) analyzing the causes and impacts of machine failures applying the principal of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), (4) classifying the failures characteristics into 3 levels, which were critical, significant, and annoyance, (5) setting up the maintenance plans which were 3-year master plan, annually , monthly, and daily plans.

The study results were found that 1) the operation system failures of machine being the critical and significance levels were power supply, cooler, gas console, torch, control module, and wiring system, 2) after applying the preventive maintenance plans, the results showed that (1) the availability of the plasma machine increased from 45.6% to 82.4%, (2) the performance efficiency increased from 78.2% to 92.0%, (3) quality rate of the cut workpieces increased from 78.3% to 91.2%, (4) the overall equipment effectiveness of the plasma machine increased from 27.9% to 69.3%, (5) the maintenance cost decreased from 173,882 baht/year to 118,029 baht/year, and (6) the expense for subcontractor cutting workpieces in case of plasma machine breakdown was reduced from 961,077 baht/year to 606,337 baht/year.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

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

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ความรู้ และแนวทางในการดำเนินการทำวิจัย อีกทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วยไปด้วย รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์ ที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ร่วมเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้มอบความรู้จนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาที่ได้มอบโอกาส และความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย ตลอดจนข้อมูลและความสะดวกสบายต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน สำหรับมิตรภาพและกำลังใจที่ได้มอบให้แก่ผู้เขียนเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฎ
1. บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 6
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
1.6 แผนการดำเนินงาน 8
2. ทฤษฎีและการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
2.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักร 9
2.2 การวัดประสิทธิภาพและการวัดสมรรถนะการจัดการซ่อมบำรุงรักษา 17
2.3 การบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงรักษา 19
2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการบำรุงรักษา 19
2.5 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร 21
2.6 การคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร 26
2.7 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ 27
2.8 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพลาสมา 29
3. สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา 30
3.1 ข้อมูลทั่วไปและโครงสร้างองค์กรของโรงงาน 30
3.2 ผลิตภัณฑ์และยอดขายของโรงงงาน 32
3.3 ข้อมูลการพิจารณาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต 36
3.4 สภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน 44

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.5 ข้อมูลด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาในปัจจุบัน 46
4. วิธีดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล 49
4.1 วิธีการดำเนินการศึกษา 49
4.2 การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องพลาสมา 50
4.3 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา : 53
FMEA 4th edition ของ AIAG : Automotive Industry Action Group 53
4.4 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา 78
4.5 การวิเคราะห์อายุการใช้งานเฉลี่ยของชิ้นส่วนอุปกรณ์ 88
5. การปรับปรุงและการประยุกต์ใช้ 92
5.1 แนวทางการบำรุงรักษา 92
5.2 แผนการบำรุงรักษา 93
5.3 เทคนิคการบำรุงรักษา 124
5.4 มาตรฐานและการจัดการด้านทรัพยากรในการบำรุงรักษา 131
5.5 ตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 162
6. ผลการปรับปรุง 166
6.1 ผลก่อนการปรับปรุง 167
6.2 ผลหลังการปรับปรุง 173
6.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง 178
6.4 ปัญหา การแก้ไข และผลตอบรับ 193
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 194
7.1 สรุปผล 194
7.2 ข้อเสนอแนะ 195
รายการอ้างอิง 196
ภาคผนวก 198
ภาคผนวก ก. รายละเอียดจากคู่มือในด้านการคุณสมบัติของเครื่องพลาสมา 199
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 204

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ค่าบำรุงรักษาของเครื่องจักร ปี พ.ศ. 2555 2
ตารางที่ 1.2 ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาและค่าจ้างทดแทนการใช้เครื่องพลาสมาของปี พ.ศ. 2555 4
ตารางที่ 1.3 อัตราการใช้งานของเครื่องจักรตั้งแต่เดือน มกราคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2556 5
ตารางที่ 3.1 ยอดขายปี พ.ศ.2553 - พ.ศ.2555 35
ตารางที่ 3.2 จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต 39
ตารางที่ 3.3 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องจักร ปี พ.ศ. 2555 40
ตารางที่ 3.4 ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนของปี พ.ศ. 2555 41
ตารางที่ 3.5 อัตราการใช้งานของเครื่องจักรตั้งแต่เดือน มกราคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2556 44
ตารางที่ 3.6 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง พ.ค. ปี 2556 46
ตารางที่ 3.7 อัตราการขัดข้องของเครื่อง Plasma ก่อนการปรับปรุง 47
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดอุปกรณ์ในระบบการทำงานของเครื่อง Plasma 52
ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Severity : S) 54
ตารางที่ 4.3 เกณฑ์การประเมินระดับโอกาสที่จะเกิดความล้มเหลว (Occurrence : O) 55
ตารางที่ 4.4 เกณฑ์การประเมินระดับขีดความสามารถการตรวจพบในปัจจุบัน(Detection :D) 56
ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา 57
ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา 69
ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของปัญหาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง 75
ตารางที่ 4.8 จำนวนปัญหาที่แต่ละระดับความเสียหาย 77
ตารางที่ 4.9 จำนวนเหตุขัดข้องที่ทำให้อุปกรณ์เสียหายในระดับระดับวิกฤตและสำคัญ 77
ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา 79
ตารางที่ 4.11 อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา 89
ตารางที่ 5.1 ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา 97
ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี 100
ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี 107
ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) 115
ตารางที่ 5.5 การตรวจเช็คเครื่องพลาสมาประจำวัน 122
ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างใบแจ้งซ่อม 123
ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ 133
ตารางที่ 5.8 รายการชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง 158

ตารางที่ 5.9 ประเภทของช่างซ่อมบำรุงอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา 160
ตารางที่ 5.10 ตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 163
ตารางที่ 6.1 อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 167
ตารางที่ 6.2 เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 168
ตารางที่ 6.3 อัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 169
ตารางที่ 6.4 การสอบเทียบความดันแก๊สก่อนการปรับปรุง 169
ตารางที่ 6.5 ประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 170
ตารางที่ 6.6 อัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 171
ตารางที่ 6.7 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 172
ตารางที่ 6.8 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 173
ตารางที่ 6.9 อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 174
ตารางที่ 6.10 เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 174
ตารางที่ 6.11 อัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 175
ตารางที่ 6.12 การสอบเทียบความดันแก๊สหลังการปรับปรุง 175
ตารางที่ 6.13 ประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 176
ตารางที่ 6.14 อัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 177
ตารางที่ 6.15 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 177
ตารางที่ 6.16 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 178
ตารางที่ 6.17 ผลการเปรียบเทียบอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมา 179
ตารางที่ 6.18 ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมา 181
ตารางที่ 6.19 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง .. 182
ตารางที่ 6.20 ผลการเปรียบเทียบการสอบเทียบความดันแก๊สของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 183
ตารางที่ 6.21 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 184
ตารางที่ 6.22 ผลการเปรียบเทียบอัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 186
ตารางที่ 6.23 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังการปรับปรุง 187

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.24 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง 188
ตารางที่ 6.25 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง 188
ตารางที่ 6.26 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรับปรุงเป็นรายปี 190
ตารางที่ 6.27 ปัญหา การแก้ไข และผลตอบรับระหว่างการดำเนินงาน 193

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 การเปรียบเทียบค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ปี พ.ศ. 2555 3
รูปที่ **2.1** ความสัมพันธ์ระหว่างการบำรุงรักษาและการผลิต 12
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงการไหลของกิจกรรมการบำรุงรักษาและการผลิต 13
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรในการผลิตและผลผลิต 20
รูปที่ 2.4 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) 25
รูปที่ 3.1 แผนผังองค์กร 31
รูปที่ 3.2 แชสซีส่วนหน้า 32
รูปที่ 3.3 แชสซีส่วนหลัง 33
รูปที่ 3.4 แชสซีที่ประกอบทั้งส่วน หน้า – หลัง 33
รูปที่ 3.5 รูปรถแทรกเตอร์รุ่น 50 34
รูปที่ 3.6 รูปรถแทรกเตอร์รุ่น 55 34
รูปที่ 3.7 รูปรถแทรกเตอร์รุ่น 60 34
รูปที่ 3.8 แผนผังกระบวนการผลิต 37
รูปที่ 3.9 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องพลาสมาปี 2555 42
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนกรณีเครื่องพลาสมาเสีย ปี 2555 43
รูปที่ 4.1 วิธีการดำเนินการศึกษา 49
รูปที่ 4.2 แผนผังกระบวนการทำงานของเครื่องพลาสมา 50
รูปที่ 4.3 แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ในกระบวนการทำงานของเครื่องพลาสมา 51
รูปที่ 4.4 ค่าของตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ 66
รูปที่ 4.5 FMEA 4th edition Matrix ข้อมูลจาก The Automotive Industry Action Group (AIAG) 68
รูปที่ 4.6 จำนวนเหตุขัดข้องที่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย 78
รูปที่ 5.1 แผนผังจำนวนพนักงานและเวลาในการบำรุงรักษา 157
รูปที่ 6.1 การสอบเทียบความดันแก๊สก่อนการปรับปรุง 170
รูปที่ 6.2 การสอบเทียบความดันแก๊สหลังการปรับปรุง 176
รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 180
รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 181
รูปที่ 6.5 การเปรียบเทียบอัตรากาเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 182

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 6.6 การเปรียบเทียบการสอบเทียบความดันแก๊สก่อนและหลังการปรับปรุง 183
รูปที่ 6.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเดินเครื่องก่อนและหลังปรับปรุง 185
รูปที่ 6.8 การเปรียบเทียบอัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 186
รูปที่ 6.9 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง 187
รูปที่ 6.10 การเปรียบเทียบระหว่างค่าซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นของเครื่องพลาสมา ก่อนและหลังปรับปรุงเฉลี่ยรายเดือน 189
รูปที่ 6.11 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนและปรับปรับปรุงรายปี 191
รูปที่ 6.12 สรุปผลภาพรวมในการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา 192

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันภาวะเศรษฐกิจถือเป็นปัญหาที่น่ากังวลของภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งจะส่งผล กะระทบให้กับทุกอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง (Small and Medium Enterprises : SMEs) ที่มีอยู่ในประเทศ และเพื่อธุรกิจสามารถดำเนินอยู่ได้นั้นจึงมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงประ สิทธิภาพในการทำงาน ลดความสูญเสีย และลดค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เกิดขึ้น หากบริษัทใดสามารถดำเนินการได้จะเป็นตัวชี้วัดสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพและความอยู่รอดของบริษัทนั้นๆ

ในการผลิตมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการผลิต 4 ปัจจัย คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการผลิต (Method) สิ่งที่คำนึงนั้นเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการผลิตคือด้านผลกำไรสูงสุดของบริษัท และในการที่จะบรรลุเป้าหมายได้ควรมีการคำนึงถึงการดำเนินการและวางแผนที่ดี เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการที่จะผลิตนั้นจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านเครื่องจักรต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ ทำให้หลายๆ บริษัทได้ให้ความสำคัญกับด้านการบริหารจัดการเครื่องจักร ดังนั้นปัจจัยด้านเครื่องจักรจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง หากเครื่องจักรเกิดความเสียหายหรือเครื่องจักรมีสภาพไม่สมบูรณ์จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตมีค่าลดลง และอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่างๆ ตามมา โดยเครื่องจักรจำเป็นต้องได้รับการวางแผนและการจัดการระบบบำรุงรักษาที่เหมาะสม ไม่ว่าอุตสาหกรรมใดก็แล้วแต่เมื่อความคาดหวังอยู่ที่ตัวผลิตภัณฑ์สิ่งที่ต้องคำนึงไปด้วยพร้อมๆ กันคือสายการผลิตและเครื่องจักร

ทั้งนี้ระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance Management System) จึงมีความสำคัญมากในการบริหารจัดการเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรมีความพร้อมในการใช้งาน เมื่อเห็นว่าระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษามีผลกระทบมากที่สุดต่อการผลิตของเครื่องจักร บริษัทจึงมุ่งประเด็นไปที่การหาวิธีการที่ดีที่สุดในการจัดการกับระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษา

ในการศึกษาครั้งนี้ สนใจโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์เป็นการผลิตสินค้าส่งออกให้กับประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น ซึ่งจากการศึกษาสภาพปัญหาพบว่า โรงงานมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษามีจำนวนสูงมากและค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากเครื่องพลาสมา อ้างอิงข้อมูลของค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรในปี พ.ศ. 2555 ดังตารางที่ 1.1

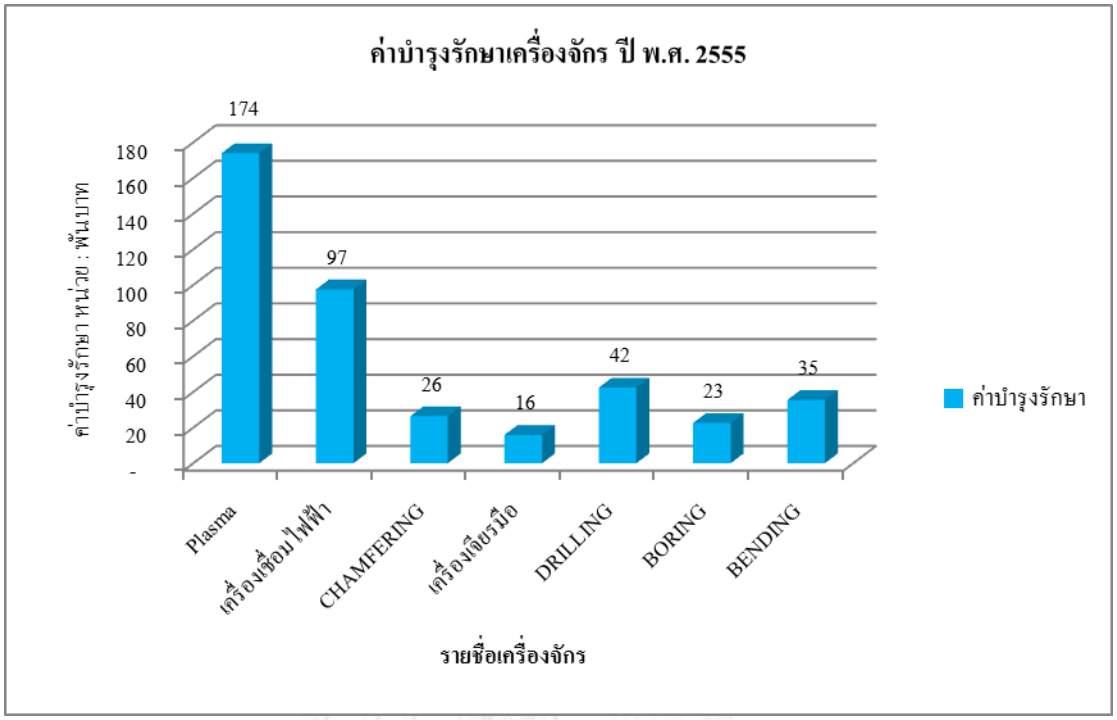
ตารางที่ **1.1** ค่าบำรุงรักษาของเครื่องจักร ปี พ.ศ. **2555**

ลำดับ	**ประเภทเครื่องจักร**	**เครื่องจักร**	**จำนวน**	**ค่าซ่อมบำรุงรักษา (บาท)**	**คิดเป็นร้อยละ**
1	Cutting / Welding	* PLASMA	1	173,882	42 %
2		เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	13	97,484	24 %
3		CHAMFERING	2	26,312	6 %
4	Machining Machine เครื่องจักรกล	เครื่องเจียรมือ	2	15,853	4 %
5		DRILLING	4	42,399	10 %
6		BORING	1	22,533	5 %
7	Bending Machine	BENDING	3	35,453	9 %
รวมทั้งหมด			26	413,915	100 %

* ทุกชิ้นส่วนจำเป็นต้องผ่านการ Cutting จากเครื่องพลาสมา

จากตารางที่ 1.1 สามารถแบ่งประเภทของเครื่องจักรเป็น 3 ประเภทคือ

1. Cutting / Welding Machine : PLASMA , WELDING และ CHAMFERING
2. Machining Machine เครื่องจักรกล : เครื่องเจียร , DRILLING และ BORING
3. Bending เครื่องพับ : BENDING



รูปที่ **1.1** การเปรียบเทียบค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ปี พ.ศ. **2555**

ในส่วนของค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาตั้งแต่เดือน มกราคม จนถึง ธันวาคม ปี พ.ศ. 2555 เป็นเงิน 413,915 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกรณีเครื่องพลาสมาเสียหายเป็นเงินทั้งหมด 173,882 บาท ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุดเมื่อเทียบระหว่างเครื่องจักรอื่นๆ ในสายการผลิต โดยคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 42% ของค่าบำรุงรักษาทั้งหมด ซึ่งถือว่าเป็นอัตราส่วนที่สูงอีกทั้งยังเป็นการซ่อมบำรุงเพียงเครื่องเดียว และหากเกิดกรณีเครื่องพลาสมาเสียนั้นไม่เพียงแต่จะเกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเพียงอย่างเดียว ทางโรงงานกรณีศึกษานี้จะมีค่าใช้จ่ายอีกส่วนเพิ่มขึ้นมาคือค่าจ้างให้บริษัทอื่นทำงานแทนขณะเครื่องพลาสมาเสียหาย เนื่องจากเครื่องพลาสมามีเพียงเครื่องเดียวและเป็นเครื่องจักรอยู่ในระยะต้นน้ำของการผลิต และหน้าที่ในการตัดเหล็กเพื่อส่งต่อไปยังแผนกอื่นๆ ต่อไป จากการสอบถามพนักงานทำให้ทราบว่าเครื่องพลาสมาเป็นเครื่องที่เกิดเหตุขัดข้องบ่อยที่สุด ทั้งนี้ยังเสียค่าซ่อมและค่าบำรุงรักษาที่สูงกว่าเครื่องจักรอื่นๆ ในสายการผลิต ซึ่งถือว่าสัดส่วนได้แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ดังข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาสูง อาจเป็นเหตุผลเนื่องมาจากเป็นเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับระบบคอมพิวเตอร์เป็นส่วนมาก และมีอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ที่ซับซ้อนทำให้เมื่อระบบมีความขัดข้องจึงเกิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สูง หากเครื่องพลาสมาเกิดเหตุขัดข้องจะส่งผลกระทบทางด้านชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบไม่เพียงพอ และจะมีไม่มีชิ้นส่วนส่งไปยังแผนกๆ ต่อไปได้ ซึ่งความเสียหายเหล่าต่างๆ ตามมา

ผลกระทบเกี่ยวกับข้างใช้จ่ายที่ได้กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า หากเครื่องพลาสมาเสียหายจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสองส่วนด้วยกันคือ 1. ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร 2.ค่าเสียโอกาสในกรณีที่จะต้องไปจ้างบริษัทอื่นให้ทำหน้าที่แทน โดยสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นขณะเครื่องพลาสมาเสียได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาและค่าจ้างทดแทนการใช้เครื่องพลาสมาของปี พ.ศ. 2555

(ค่าใช้จ่าย : บาท)

เดือน	**ค่าซ่อมบำรุง (1)**	**ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน (2)**	**รวม (3) = (1) + (2)**
มกราคม	43,373.52	481.50	43,855.02
กุมภาพันธ์	9,202.00	1,226.33	10,428.33
มีนาคม	3,284.90	49,480.55	52,765.45
เมษายน	18,618.00	498,356.78	516,974.78
พฤษภาคม	7,519.43	103,630.22	111,149.64
มิถุนายน	38,910.55	14,332.65	53,243.20
กรกฎาคม	5,557.58	48,845.50	54,403.08
สิงหาคม	15,629.49	34,914.13	50,543.62
กันยายน	10,464.60	0	10,464.60
ตุลาคม	14,177.50	0	14,177.50
พฤศจิกายน	2,168.89	209,746.48	211,915.37
ธันวาคม	4,975.50	62.92	5,038.42
รวม	***173,881.96***	***961,077.05***	1,134,959.00

พิจารณาจากตารางที่ 1.2 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นขณะเครื่องพลาสมาเกิดเหตุขัดข้องหรือเสียหาย ภายในระยะเวลาหนึ่งปีของปี พ.ศ. 2555 เป็นยอดเงินทั้งหมดประมาณ 1,134,959 บาท ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าใช้บำรุงรักษาเครื่องจักรทั่วอื่นๆที่อยู่ในสายการผลิต มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารวมทั้งหมดประมาณ 240,033 บาท จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายของทางโรงงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่อง

พลาสมามีจำนวนที่สูงมากประมาณ 5 เท่าของค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรอื่นๆ อีกทั้งอัตราการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Utilization) ของเครื่องพลาสมามีการใช้งานต่ำที่สุดเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้องบ่อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกเครื่องจักรในสายการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 อัตราการใช้งานของเครื่องจักรตั้งแต่เดือน มกราคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2556

เครื่องจักร	**Machine Utilization**	**Break Down**	**ว่าง**
Plasma	46%	54%	-
WELDING	93%	-	7%
CHAMFERING	81%	-	19%
เครื่องเจียร	79%	-	21%
DRILLING	87%	4%	9%
BORING	62%	4%	34%
BENDING	65%	-	35%

สามารถสรุปความสำคัญในการคัดเลือกเครื่องพลาสมามาทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงเหตุขัดข้องและผลกระทบ พร้อมกับการเก็บข้อมูลทางด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มเติม คือ

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องพลาสมาได้รับความเสียหายมีจำนวนมาก
2. เป็นกิจกรรมขั้นต้นและสำคัญที่ทุกชิ้นส่วนต้องผ่านการ Cutting ที่เครื่องพลาสมา
3. อัตราการใช้งานของเครื่องจักรต่ำที่สุด

ปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นอาจเกิดจากระยะเวลาที่ผ่านมาทางโรงงานไม่มีแผนการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมา ทั้งนี้หากทางโรงงานมีการจัดการระบบการบำรุงรักษา และมีการจัดทำแผนสำหรับการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาการอาจมีส่วนช่วยในการลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องพลาสมาลงได้จะทำให้ทางโรงงานมีเงินทุนหมุนเวียนเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวม อัตราการใช้งานของเครื่องพลาสมาและทำให้สายการผลิตของโรงงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งๆขึ้นไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบแนวทางการจัดการ การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรให้กับโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื่องจากเครื่องตัดโลหะโดยพลาสมา เป็นเครื่องจักรหลักที่ใช้ตัดชิ้นงานในขั้นตอนแรกและปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการระหว่างการหยุดและซ่อมของเครื่องจักรสูงที่สุดของโรงงาน จึงได้พิจารณาเลือกเครื่องพลาสมาเป็นตัวอย่างของกรณีศึกษา

2. เนื่องจากโรงงานตัวอย่างไม่มีการจัดทำบันทึกและประมวลผลในด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ฉะนั้นจึงได้เริ่มต้นจัดเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม 2556 – พฤษภาคม 2556 เป็นข้อมูลในการศึกษาก่อนการปรับปรุงของเครื่องพลาสมาเพื่อประเมินผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

3. การศึกษาและวิจัยครั้งนี้ จะนำค่าใช่จ่ายในการบำรุงรักษาของเครื่องพลาสมา ค่าเสียโอกาสในการจ้างบริษัทอื่นมาทำงานแทนขณะที่เครื่องพลาสมาเสียหายและประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จในการดำเนินการ

4. ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในโรงงานผลิตแชสซีของรถแทรคเตอร์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการ ประกอบด้วย 10 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและสำรวจสภาพปัญหา ได้แก่ กระบวนการผลิต โครงข่ายการทำงานของเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ระบบการบันทึกข้อมูลในการบำรุงรักษา และอัตราการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Utilization)

2. คัดเลือกเครื่องจักรเป็นกรณีศึกษาในการปรับปรุง โดยพิจารณาจากข้อมูลในด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินการระหว่างการหยุดและซ่อม และอัตราการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Utilization)

3. ศึกษาและจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา

4. ศึกษาการทำงานและปัญหาโดยรวมของเครื่องพลาสมา

5. วิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

6. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา

7. กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาและนำไปใช้

8. ประเมินผลการวิจัยด้วยดัชนีชี้วัด โดยการเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการปรับปรุง

9. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

10. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมา

2. ลดปัญหาค่าใช้จ่ายที่จ้างบริษัทอื่นทำงานแทนขณะที่เครื่องพลาสมาได้รับความเสียหาย

3. ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา (OEE) สูงขึ้น

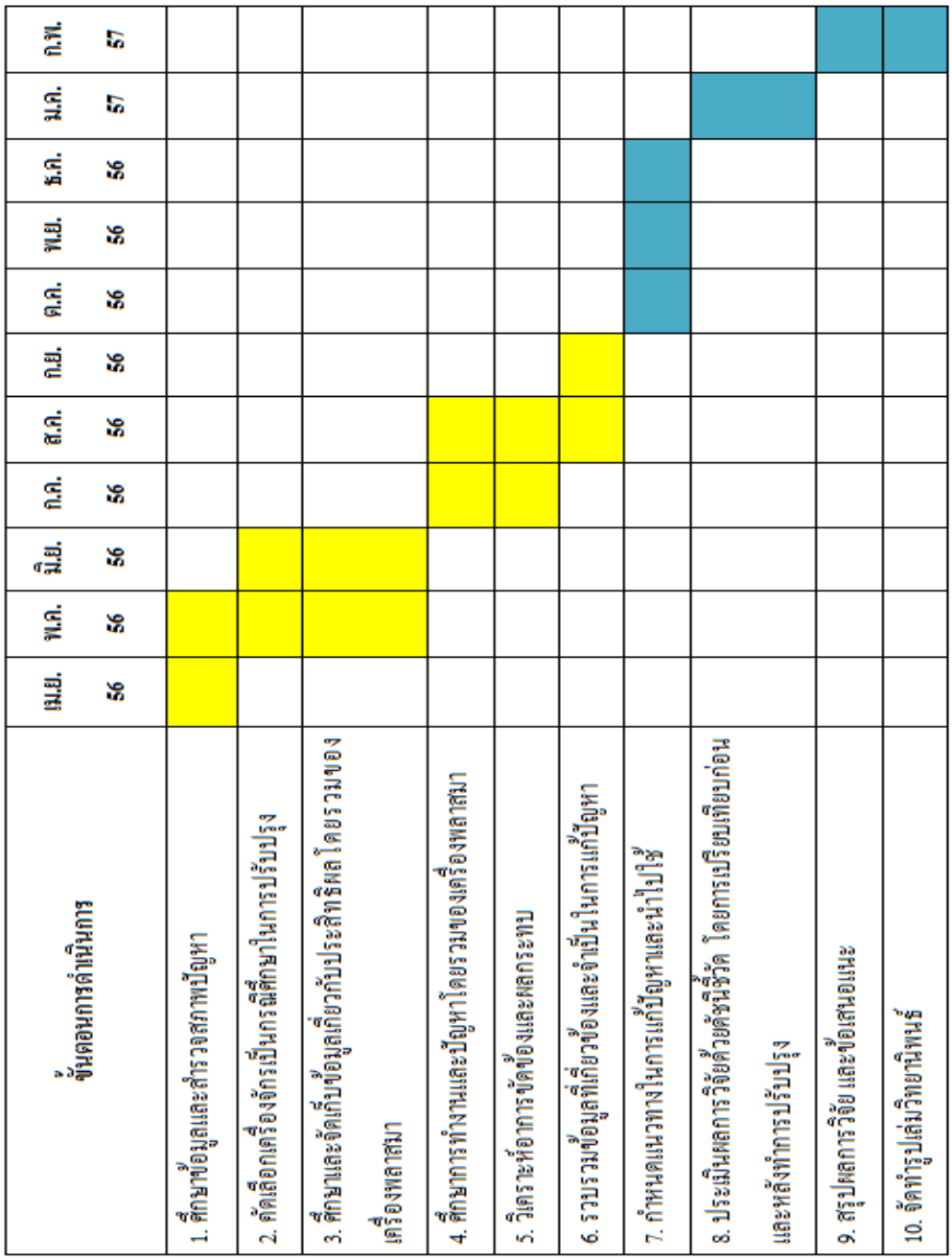
4. ได้แนวทางที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมา

5. สามารถนำแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาไปประยุกต์กับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางที่มีการใช้งานของเครื่องพลาสมา

6. เป็นการนำทฤษฎีที่ได้ศึกษามาไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมจริง ทำให้เกิดความรู้และความเข้าใจเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 แผนการดำเนินงาน



2. ทฤษฎีและการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นหลักการต่าง ที่จะนำมาปรับใช้ในงานบำรุงรักษา การวัดประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบการซ่อมบำรุงรักษา ที่จะส่งผลต่อการผลิตและมาตรการการแก้ไข รวมถึงเป็นการจัดทำแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อช่วยให้การศึกษาได้เข้าถึงมีการปรับปรุงให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในงานบำรุงรักษา สามารถทำการสรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

2.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักร

โรงงงานอุตสาหกรรมทั่วไปมีเป้าหมายสูงสุดในด้านการทำให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพสูง โดยมุ่งเน้นในการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านการควบคุม กระบวนการผลิต (Production) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Quality) ต้นทุน (Cost) ด้านการส่งมอบ (Delivery) ความปลอดภัย (Safety) หรือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และเงินทุน (Money) สิ่งที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตนั้นคือการควบคุมด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ โดยจะต้องมีการบำรุงรักษาที่เหมะสม มีระบบการจัดการด้านข้อมูลที่ดี จัดเก็บรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ เพื่อเป็นการพัฒนาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการบำรุงรักษาเครื่องจักรจึงเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากในด้านการบริหารจัดการเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรที่จะนำมาใช้งานสามารถผลิตได้เต็มสมรรถนะและได้ผลผลิตตามต้องการ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น

การบำรุงรักษาเครื่องจักร (Shenoy,D.,and Bhadury,B. ,1998) เป็นการรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตตรงตามคุณลักษณะเงื่อนไขการทำงาน ซึ่งการบำรุงรักษาเครื่องจักรนี้สามารถครอบคลุมไปถึงกิจกรรมหรืองาน ที่มีความสัมพันธ์กับการักษาเครื่องจักรอุปกรณ์หรือเรียกอีกนัยว่าสินทรัพย์ของสายการผลิต ซึ่งเป็นการดูแลรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในสภาพดังปกติ ในแต่ละกิจกกรมของการบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นจำเป็นต้องใช้กำลังคน (Manpower) อะไหล่สำรอง (Spare parts) เครื่องมือ (Tools) และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Facility) ซึ่งความพร้อมและการใช้งานของทรัพยากรเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ พร้อมกับครอบคลุมถึงการกำหนดงานหรือกิจกรรมไปถึงการทำความสะอาด การหล่อลื่น การเฝ้าติดตาม การวางแผนและการจัดลำดับงานต่างๆ นอกจากนี้ (Lewis ,2002) ได้ทำการนิยามความหมายของการซ่อมบำรุงรักษาไว้โดย หมายถึงการจัดการความถดถอย (Degradation Management) ในเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นการรวมไปถึงสิ่งที่เป็นเครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบการบริหารจัดการเพื่อทำให้สมรรถนะของสิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถคง

อยู่ในสภาพเดิมตามการออกแบบ การบำรุงรักษาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ควรคำนึงถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์ซึ่งเป็นรูปแบบในการผลิตโดยมีการยึดผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ดังนั้นหากเครื่องจักรเกิดความเสียหาย จะทำให้กระบวนการผลิตหยุดชั่วคราว เกิดปัญหาการว่างงาน เกิดการสูญเสียของวัตถุดิบ การสูญเสียโอกาสทางการตลาดและการแข่งขันกับอุตสาหกรรมคู่แข่ง ดังนั้นการบำรุงรักษาจึงถือว่าเป็นสิ่งที่ทางโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมี และจะมีค่าใช้จ่ายทางด้านการบำรุงรักษาเป็นหลัก เพื่อเป็นการรักษาระดับประสิทธิภาพ คุณภาพของเครื่องจักรและระบบการผลิต

ในอุสาหกรรมต่างๆ ส่วนใหญ่มีการนำหลักการของการบำรุงรักษาไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างกำไรให้กับองค์กรมากๆ อาทิเช่น งานวิจัยของ Tsang, A.H.C. และคณะ (1998) มีการพัฒนาระบบด้านการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพเพื่อใช้เป็นที่กลยุทธ์สำหรับการบริหารสินทรัพย์ที่มีอยู่ของสายการผลิต เมื่อมีการบริหารจัดการที่ดีก็จะนำไปสู่ค่าใช้จ่ายในด้านการบำรุงรักษาที่ลดลง ทำให้ต้นทุนของการผลิตมีค่าลดลง โดยอีกผลงานของ Tsang, A.H.C และคณะ (1999) ได้ทำการวิจัยและวัดผลของประสิทธิภาพการบำรุงรักษาที่มีแนวโน้มที่จะมุ่งเน้นในการลดค่าใช้จ่ายโดยตรงที่ส่วนหนึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่ถือว่าเป็นปัญหาใหญ่ของงบประมาณในการดำเนินงานขององค์กรที่มีการลงทุนในด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์และการติดตามประสิทธิภาพของการดำเนินงานการบำรุงรักษาในองค์กร โดยได้จัดระบบการบริหารการบำรุงรักษาเพื่อที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนทางด้านเครื่องจักรไม่จำเป็น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการบำรุงรักษาเป็นสิ่งสำคัญ เช่นเดียวกับ Paul D.Tomlingson (1992) ได้กล่าวถึง การซ่อมบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งเป็นการมุ่งไปสู่การเพิ่มผลกำไรขององค์กร โดยได้กล่าวในรายละเอียดของหลักการของการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การซ่อมบำรุงรักษาเชิงวิศวกรรม ระบบการจัดการข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษา การพัฒนาองค์กรโดยการซ่อมบำรุงรักษา พร้อมกับโปรแกรมการซ่อมบำรุงรักษา มีการประเมินและการปรับปรุงผลการดำเนินการซ่อมบำรุงรักษา กลยุทธ์การประเมินและการปรับปรุง เพื่อทำให้องค์กรมีผลกำไรเพิ่มขึ้น ประยุกต์ใช้การบริหารจัดการด้านการซ่อมบำรุงรักษามีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรม และยังมีการนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหการก่อสร้างดังเช่นงานวิจัยของ Olanrewaju Abdul Lateef (2010) และ Hans Lind 2012) ได้นำการบำรุงรักษามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง งานโครงสร้างต่างๆ เป็นการประยุกต์ใช้เพื่อมาเพิ่มอายุการใช้งานของตัวโครงสร้างอาคารโดยการถ่วงเวลาของการเสื่อมสลายและความล้มเหลว การจัดการการบำรุงรักษาอาคารมีความซับซ้อนในการวางแผนการควบคุมทรัพยากรการจัดการเพื่อบำรุงรักษาความคงอยู่ของอาคารที่ทำงาน วัตถุประสงค์คือเพื่อนำเสนอทางเลือกการบำรุงรักษารูปแบบการจัดการสำหรับอาคาร

การซ่อมบำรุงรักษามีวัตถุประสงค์สรุปได้ 6 ประการ ดังต่อไป

1. เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิผล (Effectiveness) เป็นการใช้เครื่องจักรอย่างเต็มความสามารถและตรงตามความเหมาะสม

2. เพื่อให้เครื่องจักรมีสมรรถนะการทำงานที่สูง (Performance) เป็นการช่วยให้เครื่องจักรอุปกรณ์มีอายุการใช้งานยาวนาน เพราะเมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์มีการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะเกิดการสึกหรอ ชำรุดเสียหาย หรือทำงานผิดพลาด

3. เพื่อให้เครื่องจักรมีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ (Reliability) เป็นการทำให้เครื่องจักรมีมาตรฐานที่ดีขึ้น และไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น

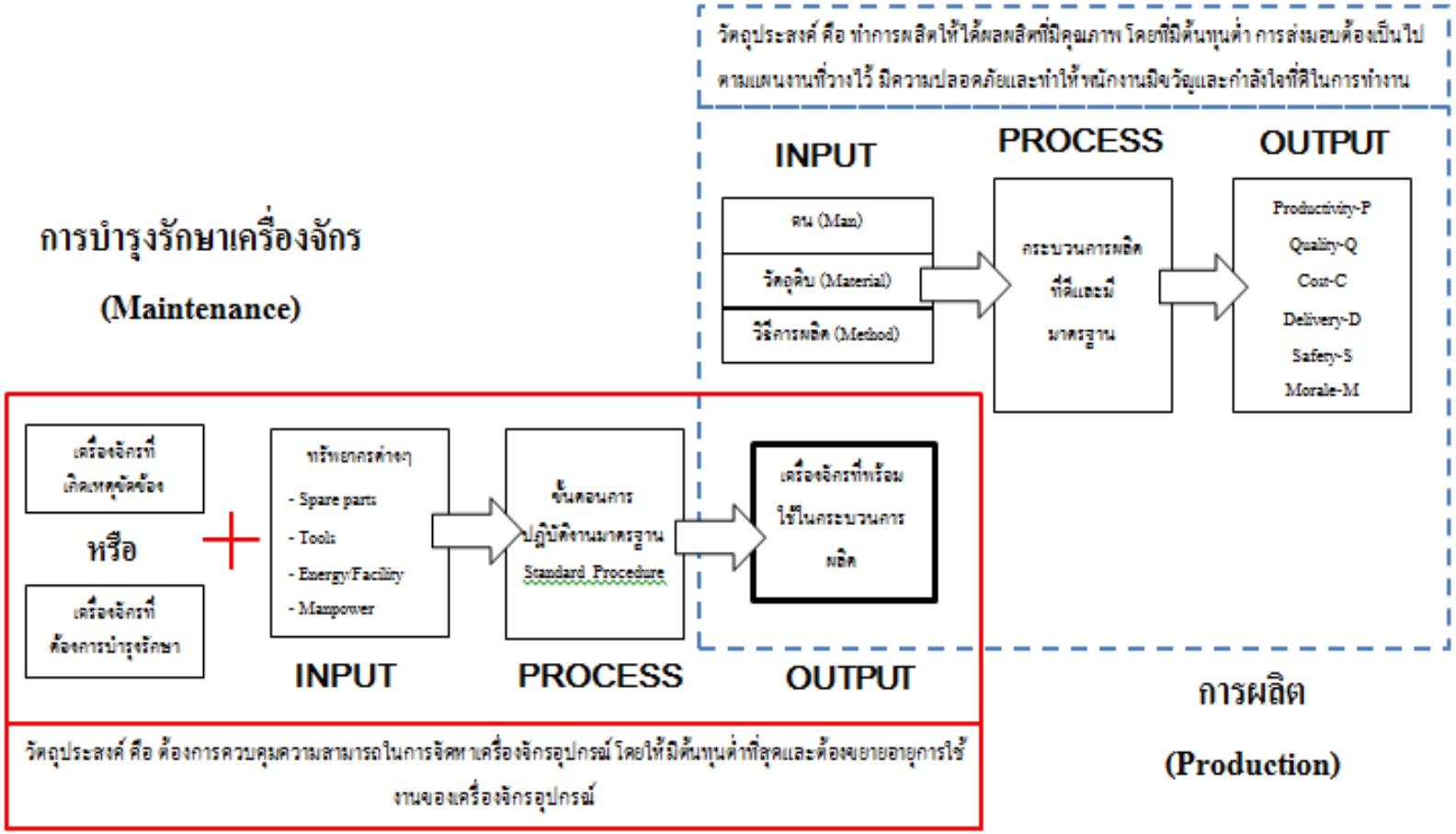
4. เพื่อความปลอดภัย (Safety) ซึ่งในการทำงานไม่ว่าอุตสาหกรรมใดก็ตามนั้น จะต้องมีการให้ความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร ถ้าเครื่องจักรอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย มีการทำงานที่ขัดข้อง ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุและมีการบาดเจ็บต่อผู้ใช้งานได้ การบำรุงรักษาที่ดีจะช่วยควบคุมไม่ให้เกิดความผิดพลาด

5. เพื่อลดมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เพราะเครื่องจักรทีชำรุดเสียหาย เก่าแก่ ขาดการบำรุงรักษาจะทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มีฝุ่นละอองหรือไอของสารเคมีออกมา มีเสียงดัง เป็นต้น ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่เกี่ยวข้อง

6. เพื่อประหยัดพลังงาน เพราะเครื่องจักรอุปกรณ์ส่วนมากจะทำงานได้ต้องอาศัยพลังงานต่างๆ เช่น ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง หากเครื่องจักรได้รับการบำรุงรักษาที่ดี ก็จะทำให้ลดความสิ้นเปลืองด้านพลังงานและค่าใช้จ่ายที่น้อยลง

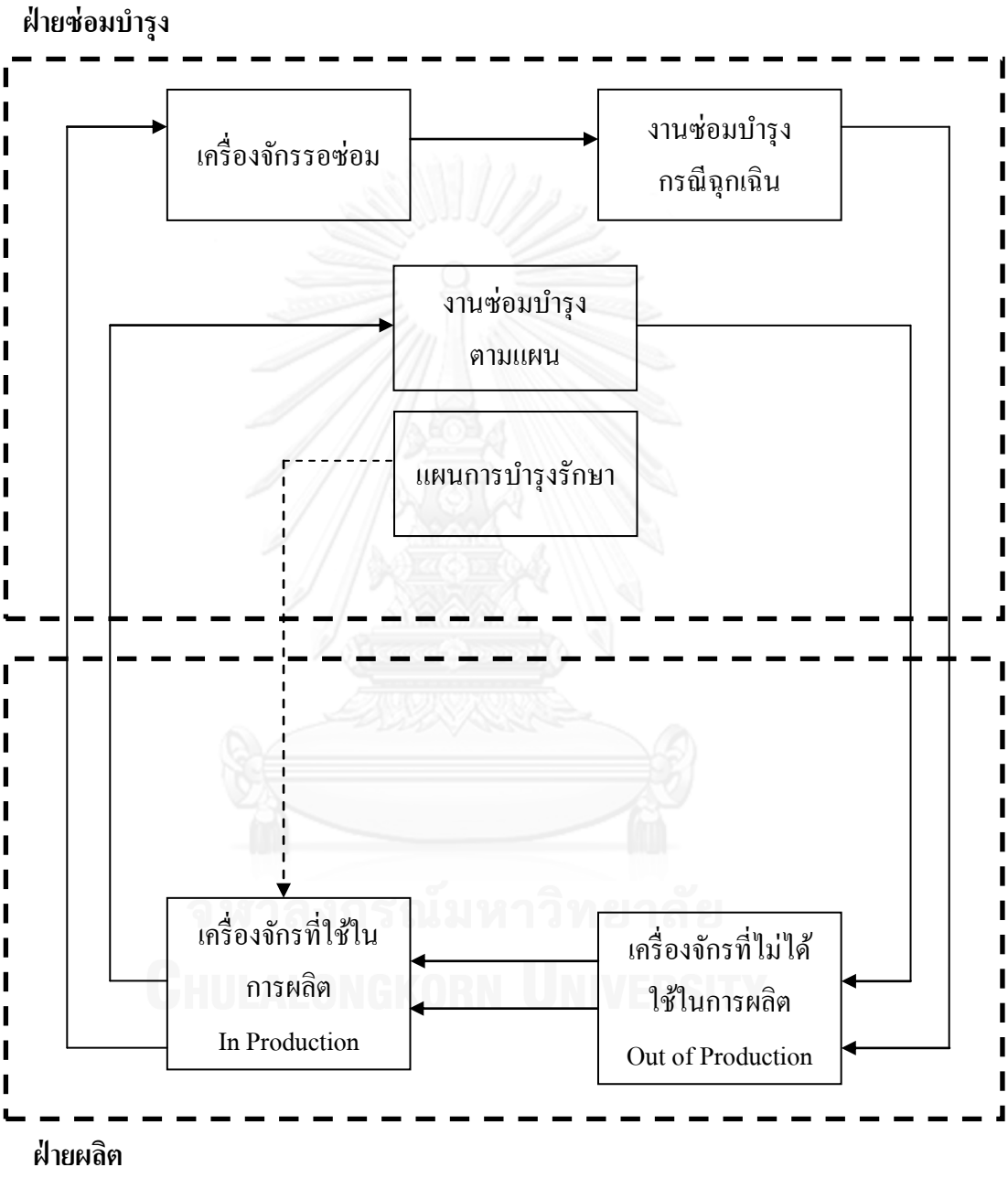
2.1.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักรกับการผลิต

ในกระบวนการผลิตต่างๆ จะเห็นได้ว่าการบำรุงรักษาเครื่องจักรมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกระบวนการผลิต เมื่อทำการศึกษาในรายละเอียดของกิจกรรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการผลิตจะพบว่า วัตถุประสงค์ของระบบการผลิต คือ “ทำการผลิตให้ได้มาซึ่งผลผลิต (Productivity-P) ที่ต้องการ ด้วยคุณภาพ (Quality-Q) ที่ได้มาตรฐาน โดยที่มีต้นทุน (Cost-C) ต่ำ การส่งมอบ(Delivery-D) จะต้องเป็นไปตามระยะเวลาแผนงานที่วางไว้การผลิตจะต้องมีด้านความปลอดภัย (Safety-S) จะต้องอยู่ในระดับที่ให้พนักงานมีความแน่ใจเป็นการทำให้พนักงานมีขวัญและกำลังใจ (Morale-M) ที่ดีในการทำงาน” ซึ่งในกระบวนการผลิตจะเห็นได้ว่าการผลิตจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรต่าง เพื่อใช้ในการผลิต และมีเครื่องจักรอุปกรณ์ที่เป็นส่วนหนึ่งของทรัพยากรการผลิต เพื่อให้ได้ซึ่งความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรอุปกรณ์ก็เป็นวัตถุประสงค์หลักของการบำรุงรักษาเครื่องจักร หรืออาจจะกล่าวได้ว่า การบำรุงรักษาเครื่องจักรมีวัตถุประสงค์ คือ “ต้องการควบคุมความสามารถในการจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์โดยให้มีต้นทุนต่ำที่สุดและต้องเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรอุปกรณ์” (Shenoy,D.,and Bhadury,B.,1998) ดังนั้นการผลิตและการบำรุงรักษาเครื่องจักร จึงมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการบำรุงรักษาและการผลิต

จากรูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการบำรุงรักษาและการผลิต สามารถนำมาแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนของกิจกรรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้ดังนี้



รูปที่ **2.2** แผนภาพแสดงการไหลของกิจกรรมการบำรุงรักษาและการผลิต

จากรูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพแสดงการไหลของกิจกรรมการบำรุงรักษาและการผลิตจะเห็นได้ว่าการบำรุงรักษาเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่สอดคล้องกับกระบวนการผลิต โดยที่ระบบของกิจกรรม

การบำรุงรักษาสามารถทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์กลับมาอยู่ในสภาพดีโดยการซ่อมประเภทต่างๆ และดังรูปที่ 2.2 งานบำรุงรักษาที่มาเกี่ยวข้องมี 2 ประเภท

1) งานซ่อมบำรุงรักษากรณีฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance) คือการซ่อมบำรุงเมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดชำรุดหรือการทำงานของเครื่องหยุดชั่วคราว กระบวนการผลิตจะมีประสิทธิภาพการผลิตต่ำกว่าปกติ ในการซ่อมบำรุงของงานซ่อมบำรุงรักษาฉุกเฉินนี้มักจะประสบเหตุการณ์อย่างที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากเครื่องจักรจะได้รับการบำรุงรักษาตามแผนการที่วางไว้รัดคลุมเพียงใด ก็ยังมีโอกาสเกิดเหตุขัดข้องโดยฉุกเฉินขึ้นมาได้ตลอดเวลา แนวทางของงานซ่อมบำรุงรักษาฉุกเฉินนี้มี 2 แนวทาง คือ

- การซ่อมชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรที่เกิดเหตุขัดข้อง
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ ถ้าหากการซ่อมไม่คุ้มค่า

โดยปกติทั่วๆไปแล้ว เวลาที่จะใช้ในการงานซ่อมบำรุงรักษากรณีหยุดฉุกเฉินนี้มักจะมีระยะเวลาที่นานกว่าการซ่อมบำรุงรักษาตามแผน ซึ่งสามารถทำการลดระยะเวลาการซ่อมบำรุงรักษากรณีฉุกเฉิน ทำได้โดย เมื่อบริษัทมีวิธีการซ่อมบำรุงรักษา และระบบการบริหารจัดการการซ่อมบำรุงรักษาที่ดี บุคลากรได้รับการฝึกฝนอบรม หรือมีประสบการณ์มาระยะเวลาหนึ่งก็จะเป็นการช่วยลดระยะเวลาการซ่อมบำรุงรักษาฉุกเฉินนี้ได้เมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดเหตุขัดข้อง พนักงานที่ดูแลรับผิดชอบในฝ่ายซ่อมบำรุงควรจะพยายามค้นหาสาเหตุของการเกิดเหตุขัดข้อง ซึ่งสาเหตุเหล่านี้ควรจะได้รับการบันทึกและวิเคราะห์เหตุขัดข้อง ความเสียหายต่างๆ ไว้ทุกครั้ง รวมทั้งข้อมูลการแก้ไขการเกิดเหตุขัดข้องควรมีการบันทึกข้อมูลไว้ด้วยเช่นกัน

2) งานซ่อมบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance) คืองานซ่อมบำรุงรักษาที่ดำเนินการตามแผนที่ได้ตามกำหนดระยะเวลาล่วงหน้าของฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา เพื่อป้องกันการหยุดของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่เกิดขึ้น หรือเป็นการลดการเกิดความเสียหายของเครื่องจักรอุปกรณ์ให้น้อยที่สุด โดยในการวางแผนต้องระบุถึงงานอะไรที่จะต้องปฏิบัติและจะปฏิบัติงานนั้นๆอย่างไร ระบุถึงทรัพยากรต่างๆที่ต้องการไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนอะไหล่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งทักษะของพนักงานซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งงานซ่อมบำรุงรักษาที่ได้วางแผนแยกย่อยเป็น 2 ประเภทคือ

2.1) การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันประกอบด้วย การตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การทำความสะอาดและการทำการหล่อลื่นให้ถูกวิธีการปรับแต่งให้เครื่องจักรอุปกรณ์เป็นไปตามคำแนะนำของคู่มือ รวมทั้งการปรับปรุงและเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ตามกำหนดเวลา สภาวการณ์ของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ต้องคำนึงถึงคือ

- พนักงานซ่อมบำรุงรักษามีแนวทางของการปรับปรุงแก้ไข
- พนักงานซ่อมบำรุงรักษารู้ถึงวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการบำรุงรักษาว่าทำไปเพื่ออะไร
- พนักงานฝ่ายผลิตอำนวยความสะดวกและประสานงานกับฝ่ายบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อการดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาได้อย่างรวดเร็ว
- พนักงานซ่อมบำรุงรักษาต้องมีความรับผิดชอบต่อการซ่อมให้เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด
- อะไหล่สำรอง อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็น อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน

หลักการ PM เป็นแนวทางที่สำคัญอย่างหนึ่งในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องจักร ทั้งนี้มีงานวิจัยที่นำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการปรับปรุงการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นคือ

งานวิจัยของการลดชิ้นส่วนของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ของ วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์ (2542) โดยเป็นการศึกษาด้านความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและรวมไปถึงการใช้วัตถุดิบในกระบวนการ ซึ่งมีการนำหลักการของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การฝึกอบการทำความสะอาดด้วยวิธี 5 ส และมีการควบคุมด้านคุณภาพ มาเป็นเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ พร้อมกับหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขพัฒนาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้ลดลง

งานวิจัยในการพัฒนาระบบความน่าเชื่อถือของ Wenzhu Liao และคณะ (2009) ได้มีการประยุกต์ใช้หลักการของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างต่อเนื่อง ในการสร้างแบบจำลองสำหรับระบบของการตรวจซ่อมแซม ซึ่งระบบที่ทำการสร้างมานั้นจะต้องมีความน่าเชื่อถือที่สามารถใช้ตรวจสอบได้อย่างต่อเนื่องและมีความสมบูรณ์ ระบบนี้จะมีฟังก์ชันของการดำเนินงานคือมีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประวัติการซ่อมแซมเครื่องจักร มีระบบการตรวจสอบอัตราความล้มเหลวและค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในงานการซ่อมบำรุง สามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ได้จากเหตุบกพร่องที่เกิดขึ้นและเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการบำรุงรักษาอีกด้วย

และสุดท้าย งานวิจัยของ ดนัย สาหร่ายทอง (2543) มีการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในการลดสาเหตุการขัดข้องของเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยมีการนำประวัติขอเหตุขัดข้องมาจัดรูปแบบในการวิเคราะห์อาศัยเครื่องมือทางสถิติเข้ามาช่วยจัดลำดับความสำคัญของปัญหาเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำรุงรักษา

2.2) การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) เป็นการพยากรณ์และคาดคะเนถึงสาเหตุความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของเครื่องจักรอุปกรณ์และ

ดำเนินการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น ในบางครั้งการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีการกำหนดระยะเวลาที่ทำเกินความจำเป็นของชิ้นส่วนอุปกรณ์หรือบางครั้งก็กำหนดระยะเวลาน้อยเกิน ซึ่งเกิดจากการที่ขาดหลักการของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ที่ดี หากมีการใช้วิธีการทางด้านการซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์มาใช้โดยนำอุปกรณ์ต่างๆ มาช่วยตรวจติดตามเครื่องจักรเพื่อเป็นการตรวจติดตามอาการของเครื่องจักร ป้องกันการเกิดความเสียหาย และเป็นการพยากรณ์หรือคาดคะเนเหตุการณ์ล่วงหน้าที่จะเกิดขึ้น

2.1.2) ระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษา (The Maintenance Management System)

ด้านการตลาดและการแข่งขันทางอุตสาหกรรมต่างๆ มีแนวโน้มของอัตราการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้แต่ละบริษัทจะต้องหาจุดยืนสำหรับการต่อสู้ในการแข่งขัน จำเป็นจะต้องมี กลยุทธ์ต่างๆ เพื่อมาเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถปรับตัวได้ภายใต้ความกดดันจากตลาดคู่แข่งโดยอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้ระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษาเป็นกลยุทธ์วิธีหนึ่งในการบริหารจัดการด้านการซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งมีการจัดการระบบการจัดการด้านการบำรุงรักษา ไม่ว่าจะเป็นการควบคุม การวางแผน การแผนกของการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรต่างๆให้คุ้มค่า การบริหารข้อมูลทางสารสนเทศของการซ่อมบำรุงรักษาที่ดี และอื่นๆเพื่อที่สามารถจัดดำเนินกิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษาให้ไปในแนวทางที่เหมาะสม เมื่อมีการพัฒนาระบบการบริหารจัดการของของการบำรุงรักษาที่ดีนั้นจะส่งผลต่อเวลาการในการหยุดของเครื่องจักรให้ลดน้อยลง พร้อมกับด้านการติดต่อประสานงานซ่อมบำรุงรักษาจะมีความรวดเร็วขึ้น ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาก็ลดลง Westerkamp (อ้างถึงใน Hartmann,E.,1987) กล่าวถึง วัตถุประสงค์ของระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษาคือ การที่พยายามรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ให้มีความน่าเชื่อถือสูง ทำให้เวลาที่เครื่องจักรเสียมีระยะเวลาที่ลดลง ลดจำนวนงานซ่อมฉุกเฉิน และการรักษาต้นทุนให้ต่ำ ด้วยการบริการที่ดี มีความปลอดภัย ทันเวลาในการส่งมอบและอยู่ในต้นทุนที่เหมาะสม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษา มีหน้าที่ที่สำคัญดังนี้

1) ลดเวลาในการหยุดของเครื่องจักรอุปกรณ์ให้น้อยที่สุด

2) ยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้มากที่สุด

3) บริหารและจัดสรรทรัพยากรการซ่อมบำรุงรักษาให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ระบบในการจัดการซ่อมบำรุงรักษาจะทำหน้าที่หลักๆ คือ 1) ลดเวลาการหยุดของเครื่องจักรอุปกรณ์ให้น้อยที่สุด 2) จัดสรรด้านการใช้บุคลากรให้เกิดประโยชน์มากที่สุด 3) จัดสรรทรัพยากรการซ่อมบำรุงรักษาอื่นๆเช่น เครื่องมือและชิ้นส่วนอะไหล่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่ง Berger (อ้างถึงใน Hartmann,E.,1987) ได้กล่าวไว้

2.2 การวัดประสิทธิภาพและการวัดสมรรถนะการจัดการซ่อมบำรุงรักษา

การวัดประวัดประสิทธิภาพระบบการบำรุงรักษาเป็นการแสดงผลถึงความสามารถในการจัดการระบบการซ่อมบำรุงรักษาที่องค์กรหนึ่งๆ สามารถทำได้ หากองค์กรไม่มีการวัดผลด้านประสิทธิภาพของระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษาแล้ว องค์กรจะไม่สามารถที่จะทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ให้เกิดความก้าวหน้าขึ้นในการทำงานได้มีประสิทธิผล เนื่องจากองค์กรนั้นจะไม่สามารถรู้ถึงประสิทธิภาพที่แท้จริง คำกล่าวของ Atherton และ White (2001)

2.2.1 การวัดผล (Measurement)

สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งคือจะต้องทำความเข้าใจบางสิ่งบางอย่างเกี่ยวกับการวัดสมรรถนะของระบบต่างๆ การวัดผลเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์เป็นตัวที่คอบควบคุม และประเมิน ซึ่งการวัดผลที่ดีจำเป็นต้องมีขั้นตอนที่เป็นระบบ และสิ่งที่ควรจะต้องกำหนดคือ จะต้องมีการกำหนดตัวชี้วัดหรือตัววัดผล (Indicator) ซึ่งถ้าสามารถหาตัวชี้วัดที่ดีมาทำการวัดก็จะทำให้การวัดผลมีประสิทธิภาพและใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด

2.2.2 ตัวชี้วัด (Indicator)

Indicator สามารถใช้แทนได้หลายคำ เช่น ตัววัดผล ตัวบ่งชี้ ตัวชี้วัด เครื่องชี้วัดเป็นต้น ซึ่งในแต่ละความหมายมีความหมายลักษณะเดียวกับคือ เป็นตัวแสดงสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลง แต่ยังคงให้ความหมายโดยรวมที่เหมือนกันดังเช่น

งานวิจัยของ อาทิตยา ดวงมณี (2540) ได้ทำการนิยามตัวชี้วัดว่า ตัวชี้วัดคือ ข้อมูลทางสารสนเทศที่สามารถบ่งบอกสภาวะหรือสภาพการณ์ของสิ่งที่เราสนใจ ซึ่งข้อมูลสารสนเทศดังกล่าวอาจอยู่ในรูปแบบของตัวประกอบ ตัวแปร ข้อความ หรือค่าที่สังเกตได้เป็นตัวเลข โดยลักษณะดังกล่าวเป็นการนำข้อมูลหรือตัวแปรมาสร้างความสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดค่าหรือคุณค่าที่สามารถชี้ให้เห็นลักษณะของการดำเนินงานหรือผลการดำเนินงานของบริษัทและทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ตั้งไว้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ความหมายตัวชี้วัดของ Johnstone ,J. D. (1981) ได้บอกว่าตัวชี้วัด หมายถึงข้อมูลสารสนเทศที่บ่งบอกปริมาณเชิงสัมพัทธ์ หรือสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัดในเวลาใดเวลาหนึ่ง ตัวชี้วัดจะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงสถานการณ์ต่างๆ หรือแนวทางที่จะบรรลุวัตถุประสงค์โดยรวมของบริษัท ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคตโดยตัวชี้วัดจะเป็นสิ่งที่บ่งชี้สถานการณ์โดยรวม เช่นเดียวกับ Peter Muchiri และคณะ (2010) ได้ทำการวิจัยในเชิงการอธิบายถึงความสามารถของตัวชี้วัด โดยแสดงให้เห็นการทำงานของตัวชี้วัดไม่ได้ทำงานแค่เพียงตัวเดียว แต่จะเป็นผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่างๆ ในการทำการบำรุงรักษากับข้อมูลต่างๆ ในการทำงาน โดยมีแนวคิดและกรอบการทำงาน คือ จะเป็นนำเสนอการเลือกตัวชี้วัดทางด้านความสามารถของงานบำรุงรักษาจะเริ่มจากการสำรวจของวัตถุประสงค์ของงานบำรุงรักษาจากกระบวนการผลิตและวิสัยทัศน์ของ

องค์กร พร้อมกับเป็นการนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์, ขั้นตอนการและผลลัพธ์ของงานบำรุงรักษา

2.2.3 สมรรถนะ (Performance)

นิยามเกี่ยวกับสมรรถนะระบบใดๆ ของ Sink, S. D. (1985) ได้กล่าวไว้ว่าเป็นการวัดได้ด้วยสิ่งที่แตกต่างกัน อย่างน้อย 7 ตัว ซึ่งได้แก่

1) ประสิทธิผล (Effectiveness)

2) ประสิทธิภาพ (Efficiency)

3) คุณภาพ (Quality)

4) ผลิตภาพ (Productivity)

5) ความสามารถในการสร้างผลกำไร (Profitability)

6) คุณภาพชีวิต (Quality of work life)

7) การสรรค์สร้างสิ่งใหม่ๆ (Innovation)

โดยในการทำงานของทั้ง 7 ตัวนี้จะมีการออกแบบระบบการเฝ้าติดตามผล การประเมินผล การควบคุมและการจัดการ ซึ่งทุกตัวต่างจะมีความความสำคัญ ในการประเมินสมรรถนะทั้งสิ้น

1) ประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ระดับของความประสบผลสำเร็จของระบบ ในการวัดประสิทธิผลนี้จะมีเกณฑ์อย่างน้อย 3 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินระดับของประสิทธิผล คือคุณภาพ ปริมาณ และเวลา ประสิทธิผลจะให้ความสนใจไปที่ผลที่จะได้รับ(Output) โดยเป็นการเปรียบเทียบในช่วงเวลาหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกช่วงเวลาหนึ่ง

2) ประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ ระดับของการใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้อัตราส่วนของ การใช้ทรัพยากรที่กำหนดไว้เทียบกับกับการใช้ทรัพยากรจริง เพื่อสามารถบรรลุตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นประสิทธิภาพจึงเป็นการวัดสมรรถนะขององค์กรซึ่งให้ความสนใจที่ปัจจัยนำเข้า (Input)

3) คุณภาพ (Quality) เป็นระดับที่สามารถผลิตได้ตามความต้องการ ตามข้อกำหนด หรือสิ่งที่คาดหวังไว้ ซึ่งคุณภาพในที่นี้จะแตกต่างกันกับคุณภาพในเรื่องของประสิทธิผลคือ คุณภาพในที่นี้จะให้ความสนใจที่คุณลักษณะทางคุณภาพของปัจจัยนำเข้าและผลผลิตแต่ในเรื่องของประสิทธิผลจะมองเฉพาะเรื่องของผลผลิตเพียงอย่างเดียว

4) ผลิตภาพ (Productivity) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตที่ได้จากปริมาณของปัจจัยนำเข้าที่ให้กับระบบ ในช่วงเวลาเดียวกัน หรือเป็นอัตราส่วนของปริมาณผลผลิตที่ได้ตามระดับคุณภาพที่กำหนดต่อปริมาณทรัพยากรที่ใช้จริง

5) ความสามารถในการสร้างผลกำไร (Profitability) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างรายได้และต้นทุนทั้งหมด มีเกณฑ์ส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนทางการเงินซึ่งการวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน เป็นการปรับปรุงค่าเฉลี่ยขององค์กรให้ดีขึ้นได้เพราะสามารถทำให้ทราบถึงสถานภาพและข้อบกพร่องขององค์กร

6) คุณภาพชีวิต (Quality of work life) คือผลตอบแทนในการดำเนินชีวิตทางสังคม ซึ่งในการทำงานต่างๆ พนักงานทุกคนจะมีผลของการกระทำต่อการทำงานในองค์กรซึ่งมีอิทธิพลกับสมรรถนะขององค์กร

7) การสรรค์สร้างสิ่งใหม่ๆ (Innovation) เป็นขบวนการที่ทำการสร้างสรรค์ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือบริการ

2.3 การบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงรักษา

แต่ละองค์กรต้องมีกลยุทธ์เพื่อต่อสู้ภายใต้สภาวะทางการแข่งขันทางธุรกิจที่สูงเพื่อทำให้องค์กรสามารถปรับตัวเพื่อความอยู่รอด ผู้บริหารจึงต้องเล็งเห็นเป็นประเด็นสำคัญที่จะต้องมีการวางแผนและบริหารงานอย่างมีระบบ มีการวิเคราะห์ปัญหางานอย่างมีระบบ และมีการบริหารจัดการระบบการซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งมีความสำคัญแก่องค์กร

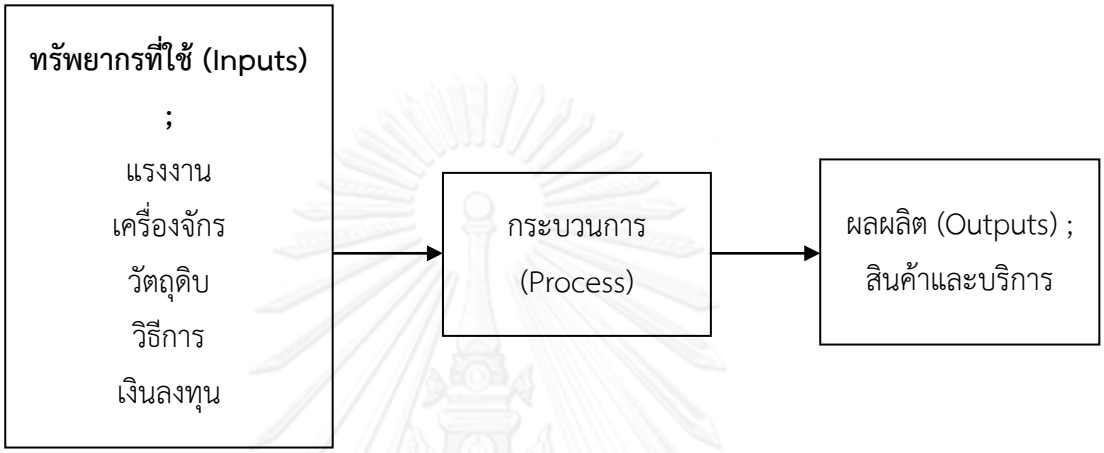
ซึ่ง Jeffrery Lewis (2002) ได้มีการเสนอการจัดโครงสร้างของระบบการบริหารจัดการซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งมีการนำมาตรฐานสากล (International Standard) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมสำหรับแต่ละองค์กร สามารถทำให้การบริหารจัดการซ่อมบำรุงรักษาขององค์กรดำเนินไปได้อย่างดีที่สุดบนความน่าเชื่อถือ โดยมี 3 องค์ประกอบที่สำคัญคือ การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance), การตรวจสอบสภาวะ (Condition Monitoring) และการวางแผนเพื่อทดแทนส่วนที่เกิดความเสียหาย (Planed Overhaul) เมื่อการตรวจสอบสภาวะพบว่าอัตราของความทดถอยหรือเสื่อมสภาพมีค่าสูงขึ้น

2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการบำรุงรักษา

การเพิ่มประสิทธิภาพเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญทางธุรกิจ โดยเฉพาะกับอุตสาหกรรมภาคการผลิตที่มีการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญ ในปัจจุบันเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์หากเครื่องจักรยิ่งมีความทันสมัยก็จะมีความซับซ้อนของการทำงานและการดูแลรักษา จึงทำให้เกิดความสูญเสียทั้งทางโอกาสในการแข่งขันและความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ทำให้จึงต้องการมุ่งเน้นและให้ความสำคัญไปที่การดูแลและบำรุงรักษามากกว่าการซ่อมแซม ดังนั้นการบำรุงรักษาจึงเป็นเป็นสิ่งสำคัญหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำนิยามของประสิทธิภาพ (Efficiency) Sumanth, D.J. (1985) คือ เป็นการให้ความสามารถในการใช้ทรัพยากรของการผลิตด้านต่างๆ เช่น ด้านแรงงาน ด้านเครื่องจักร ด้านวัตถุดิบ และด้านเงินทุน ที่มีอยู่อย่างจำกัดจัดสรรและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อการผลิตสินค้าและบริการนอกจากนั้นในการผลิตสินค้ายังมีการพิจารณาถึง ประสิทธิผล (Effectiveness) ซึ่งคือความสามารถในการบรรลุเป้าหมายในการผลิตตามปริมาณที่ต้องการ



รูปที่ **2.3** ความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรในการผลิตและผลผลิต

สามารถสรุปได้ว่าหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการผลิตคือ ทรัพยากรเครื่องจักร(Machine) ซึ่งหากสามารถลดค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้ลดลงได้ โดยที่ยังมีสมรรถนะการทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลง

ดังนั้นการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ในการผลิต จึงมีส่วนสำคัญเพื่อเป็นการลดจำนวนครั้ง และระยะเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรให้น้อยลง ลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการซ่อม ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) เช่น ค่าแรงของพนักงานซ่อมบำรุง ค่าซ่อมแซมชิ้นส่วนอุปกรณ์เนื่องจากการชำรุด เสียหาย เป็นต้น และลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) เช่น ค่าทำงานล่วงเวลา ค่ารักษาพยาบาลอันเกิดจากอุบัติเหตุเนื่องจากเครื่องจักรบกพร่อง เป็นต้น รวมถึงค่าเสียโอกาสขณะเครื่องจักรชำรุด ลดการสูญเสียด้านวัสดุ กำลังคน และพลังงาน นอกจากนี้การบำรุงรักษาเครื่องจักรยังช่วยเพิ่มช่วงเวลาความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร เพิ่มความปลอดภัยให้กับพนักงานควบคุมเครื่องจักร เพิ่มขวัญและกำลังใจให้กับพนักงาน และเพิ่มความเชื่อมั่นด้านความพร้อมในการส่งมอบ

2.5 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เป็นการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ โดยเครื่องจักรที่ดีนั้นไม่ใช่เป็นเพียงแค่เครื่องจักรที่ไม่เสีย หากแต่ต้องเป็นเครื่องจักรที่มีความพร้อมที่จะสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ คำนิยามของ OEE มีความหมายแตกต่างกันมากมาย โดยในเชิงของการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM) ที่ (Dal,1999) ได้กล่าวไว้นั้น OEE เป็นการรวมการปฏิบัติงานการบำรุงรักษา และการจัดการเครื่องมือและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต

ในการแก้ไขปัญหาการสูญเสียทางการผลิต ค่าใช้จ่ายทางอ้อมและค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่นั้น Nakajima (1988) ได้ทำการเสนอแนะว่า OEE สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดที่เป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ซ่อนอยู่ได้ และ OEE จะให้ผลที่เต็มประสิทธิภาพนั้นควรนำเครื่องมือทางด้านคุณภาพ QC Tools มาวิเคราะห์ร่วมกัน เช่น ผังพาเรโต เป็นต้น สามารถสรุปได้ว่า OEE เป็นตัวชี้วัดด้านกระบวนการทำงาน การวัดค่า OEE สามารถนำไปใช้งานภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้หลากหลายเช่น

1. การใช้ OEE ในการ Benchmark กับประสิทธิภาพดั้งเดิมภายในโรงงาน ซึ่งในลักษณะนี้ จะเป็นการนำค่า OEE เดิมเปรียบเทียบกับค่า OEE ใหม่

2. ค่า OEE สามารถบอกถึงสมรรถนะของเครื่องจักรได้

3. สามารถใช้ค่า OEE ที่คำนวณจาก 1 สายในการผลิตมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสายการผลิตอื่นๆ หรือระหว่างโรงงานได้โดยเน้นที่สายการผลิตที่มีประสิทธิภาพไม่ดี

2.5.1 ความสูญเสียใหญ่ 6 ประการ (Six big loss)

1.) ความสูญเสียของเครื่องจักรขัดข้องเสียหาย (Breakdowns losses) โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของเครื่องจักรขัดข้องได้เป็น 2 แบบคือ (สุพร อัศวินนิมิต. และ ธีรพร พัดภู่.,2548)

1.1) แบบเสียหาย (Loss-Breakdown) หมายถึง การสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้องอย่างทันทีทันใด จนกระทั่งเครื่องจักรหยุดทำงาน

1.2) แบบเสื่อมสภาพลง (Reductions-Breakdown) หมายถึง การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยเครื่องจักรยังสามารถทำงานได้ตามปกติ แต่ต้องใช้เวลานานมากในการปรับแต่งเครื่องจักร นอกจากนั้นยังอาจมีความสูญเสียในด้านสินค้ามีตำหนิหรือต้องทำการผลิตสินค้าใหม่เป็นต้น

2) ความสูญเสียของการปรับตั้งและปรับแต่ง (Setup and adjustment losses) โดทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการปรับแต่งจะประมาณครึ่งหนึ่งของเวลาปรับตั้งและปรับแต่งรวมกันซึ่งการปรับแต่งส่วนใหญ่ไม่มีการเรียนรู้อย่างถูกต้องและเป็นผลทำให้การปรับแต่งใช้เวลานานมาก

3) ความสูญเสียจากการเดินเครื่องเปล่าและหยุดเล็กๆ น้อยๆ (Idling and minor stoppages losses) โดยครอบคลุมกรณีความสูญเสียดังต่อไปนี้

3.1) หยุดเนื่องจากภาระเกินกำหนด (Stoppages due to over loading) มักพบบ่อยในระบบแบบอัตโนมัติและระบบงานประกอบชิ้นงาน

3.2) หยุดเนื่องจากคุณภาพผลิตภัณฑ์ผิดปกติ (Stoppages due to quality abnormalities) มักพบบ่อยๆ ในเหตุการณ์ที่เซนเซอร์เกิดการทริปและทำให้เครื่องจักรหยุดทำงาน

3.3) การเดินเครื่องเปล่า (Idling) เมื่อระบบการไหลของสินค้าหยุดลงแต่เครื่องจักรยังคงเดินเครื่องต่อไป หรือการเดินเครื่องเพื่ออุ่นเครื่องก่อนเริ่มผลิตสินค้าจริงเป็นต้น

4) ความสูญเสียของการลดความเร็วในการผลิต (Reducing speed losses)

ความสูญเสียที่เกิดจากความเร็วจริงที่ใช้ในการผลิตต่ำกว่าความเร็วตามมาตรฐานที่กำหนดของเครื่อง ซึ่งความสูญเสียชนิดนี้สามารถป้องกันได้ โดยทำให้เครื่องจักรทำงานที่ความเร็วตามมาตรฐาน แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่จะควบคุม แต่หากปฏิบัติได้นั้นจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมได้มากขึ้น

5) ความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตของเสียและการแก้ไขงาน (Defect and Rework)

ความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องผลิตสินค้าไม่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า ความสูญเสียประเภทนี้ โรงงานส่วนใหญ่จะมีการจดบันทึกกันอยู่แล้ว โดยการจัดเก็บข้อมูลความสูญเสียประเภทนี้ควรจะบันทึกแยกตามลักษณะของการเสีย และแยกตามชนิดของเครื่องในกรณีที่เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง เพื่อที่จะสะดวกในการนำเอาข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

6) ความสูญเสียที่เกิดขึ้นช่วงเริ่มต้นผลิต (Started up losses)

ความสูญเสียของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากเครื่องในช่วงเริ่มต้นผลิต เช่น เริ่มเดินจากการหยุดประจำสัปดาห์ ความสูญเสียประเภทนี้เป็นความสูญเสียด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะมีความสูญเสียมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของเครื่อง

ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรจะอยู่ในระดับที่ดีได้นั้น จะต้องเกิดการสูญเสียต่างๆ หากมีความสูญเสียดังที่กล่าวมาของ ความสูญเสียใหญ่ 6 ประการ เกิดขึ้นก็จะส่งผลถึงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

2.5.2 การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)

ขั้นแรกก่อนที่จะคำนวณหาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ทำความเข้าใจในความหมายของคำนิยามที่เกี่ยวกับเวลาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนี้

- เวลาทั้งหมด (Total available Time) ช่วงเวลาทำงานทั้งหมดในการทำงาน เช่น 1 กะหรือ 1 สัปดาห์ เป็นต้น
- เวลารับภาระงาน (Loading Time) เวลาที่มีการวางแผนไว้ว่าต้องใช้ในการผลิต โดยนำเวลาทั้งหมดมาหักออกด้วยเวลาหยุดตามแผน และเวลารับภาระงานเป็นเวลาที่เราต้องการให้เดินได้ตลอดเวลา
- เวลาเดินเครื่อง (Operating Time) เวลาที่เครื่องจักรทำงานได้ซึ่งเป็นเวลารับภาระงานหักด้วยเวลาที่สูญเสียจากเครื่องจักรหยุด เช่น การขัดข้องของเครื่องจักร การสูญเสียเวลาในการปรับตั้งปรับแต่ง เป็นต้น
- เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) เป็นเวลาเดินเครื่องหักออกด้วยเวลาจากความสูญเสียในการที่เครื่องจักรเสียกำลัง หรือเครื่องจักรหยุดเล็กๆ น้อยๆ ทำให้เวลาเดินเครื่องที่น้อยอยู่แล้ว เหลือน้อยลงไปอีก

การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพและประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งเกิดจาก 3 ตัวแปรหลัก คือ อัตราการเดินเครื่อง (Availability), ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) และอัตราคุณภาพ (Quality Rate) โดยมีสูตร การคำนวณดังนี้

OEE (%) = Availability (%) X Performance (%) X Quality Rate (%)

1. อัตราการเดินเครื่อง (Availability : A)

การแสดงความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงานเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) กับเวลารับภาระงาน (Loading Time)สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}}$$

โดยที่การสูญเสียอัตราการเดินเครื่องจะมีการสูญเสียที่มาเกี่ยวข้องคือ การสูญเสียเวลาที่เครื่องหยุด (Downtime Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง (Machine Breakdowns) และความสูญเสียจากการปรับแต่ง (Setups and Adjustments)

2. ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P)

การแสดงสมรรถนะเครื่องจักรในการทำงานเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลามาตรฐาน } x \text{ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

$$= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

โดยการสูญเสียด้านประสิทธิภาพ (Performance Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากการหยุดเล็กๆน้อยๆ การเดินเครื่องตัวเปล่า (Minor stoppage and Idling Losses) และความ

สูญเสียความเร็วของเครื่องจักร (Speed Losses) ซึ่งเวลาต่างๆ จะวัดผลได้ไม่แน่นอนทางผู้จัดทำจึงทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาโดยการประยุกต์ใช้ดังนี้

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = ความเร็วตัดมาตรฐาน/ ความเร็วตัดจริง

<u>ภายใต้เงื่อนไข</u>

1. หัวตัดภายใต้กระแสไฟฟ้า 100 แอมป์ 2. ความหนาเหล็ก 10 มิลลิเมตร

3. ความเร็วตัดมาตรฐาน (คู่มือ) = (2,000)/35 mm./min.psi

3. อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q)

การแสดงความสามารถในการผลิตของดีตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด สามารถคำนวณได้ดังนี้

อัตราคุณภาพ =(จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด - จำนวนชิ้นงานที่เสีย)/จำนวนชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด

= จำนวนชิ้นงานดี/จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด

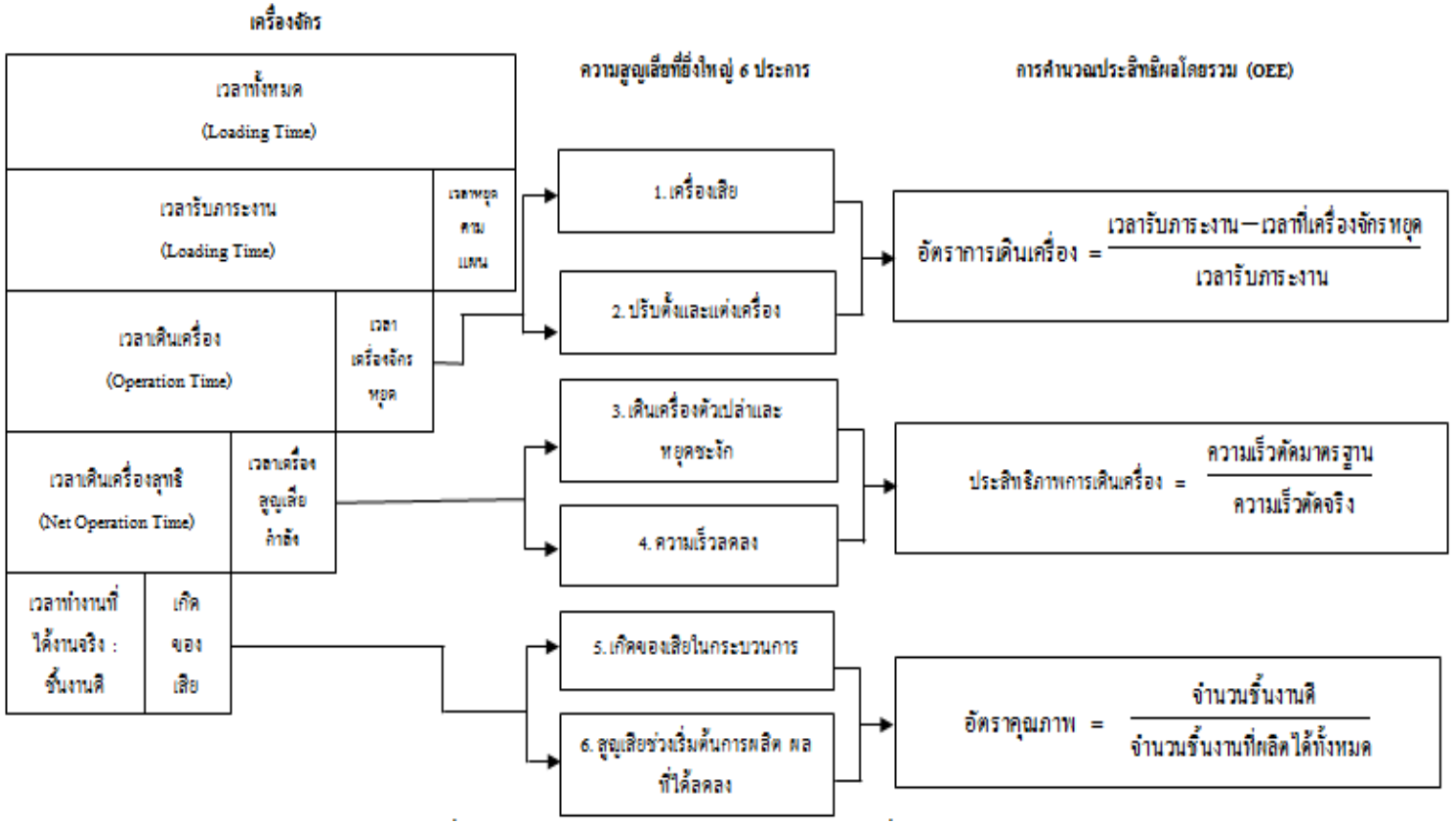
โดยการสูญเสียด้านคุณภาพ (Quality Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากงานเสีย (Defects) งานซ่อม (Rework) และความสูญเสียช่วงเริ่มต้นการผลิต (Start up Loss) และมีการกำหนดเกณฑ์ของอัตราคุณภาพเพื่อแบ่งเกณฑ์ชิ้นงานดีให้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังนี้

- ชิ้นงานไม่มีครีบ
- ชิ้นงานได้ตรงตามรูปแบบโปรแกรม
- ชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน ± 1mm.

ในการหาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของ เครื่องจักร



รูปที่ 2.4 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

ซึ่งมีการเสนอค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณ OEE ไว้มากมาย แต่งานวิจัยของ Nakajima (1988) ได้เสนอค่าของส่วนประกอบต่างๆของ OEE ดังนี้

- อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability) ควรมีค่ามากกว่า 90%
- ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร (Performance Efficiency) ควรมีค่ามากกว่า 95%
- อัตราคุณภาพ (Quality Rate) ควรมีค่ามากกว่า 99%

หลังจากการคำนวณจะพบว่า OEE = A * P * Q = 90 x 95 x 99 = ประมาณ 85% งานวิจัยในเรื่องของระดับของอัตราการเดินเครื่องจักร ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพที่เหมาะสมนั้น ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน เนื่องจากมีการแสดงความคิดเห็นที่หลากหลายแตกต่างกันไปถึงระดับของค่า OEE ที่ยอมรับได้

ในการเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆของค่า OEE, Ljungberg (1998) เสนอว่าโดยทั่วไปเฉลี่ยแล้วจะมีค่า OEE ที่ 50% และเมื่อใช้ข้อมูลเดียวกัน จะได้ค่าอัตราการเดินเครื่องจักร 80% (โดยที่ Nakajima ได้เสนออยู่ที่ 90%) Ljungberg เสนอค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรโดยพบว่าส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า 70% และมีเพียงส่วนน้อยได้มาตรฐานของประสิทธิภาพการเดินเครื่องที่ 95% สอดคล้องกับ Nakajima กล่าวไว้ ส่วนค่าอัตราคุณภาพ Ljungberg ได้บอกไว้ว่า จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 99% ซึ่งสอดคล้องกับค่ามาตรฐานที่ Nakajima เสนอไว้ คือ 99%

ดังนั้นจะเห็นไว้ว่าเป็นการยากที่จะกำหนดค่า OEE ให้มีค่าที่เหมาะสม ซึ่งมีการนำค่า OEE มาใช้เป็นหลักการสำคัญในการวัดผลประสิทธิภาพของเครื่องจักร ดังเช่น กาญจนา จิตรจุน (2550) ได้มีการเสนอแนวทางการในการการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักร โดยอาศัยหลักการของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร และเป็นการเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งานและเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร เช่นเดียวกับ โกสินทร์ ชวลีพันธ์สกุล (2550) ได้ทำการพัฒนานำเอาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับค่าการคำนวณหาค่า OEE ซึ่งมีการจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการปรับปรุงประสิทธิผลของเครื่องจักร ประกอบไปด้วย ส่วนการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ส่วนการบำรุงรักษา และส่วนการจัดตารางการซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรไอออนเวิร์คของโรงงานผลิตลิฟต์

2.6 การคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร

เวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure : MTBF) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ จะมีอายุเฉลี่ยของระยะเวลาสำหรับการใช้งาน ว่าชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังกล่าว

สามารถทำงานครบตามระยะเวลาที่กำหนดนั้นหรือไม่ จะต้องมีการทำการบำรุงรักษา เพื่อให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

การบำรุงรักษาในขั้นพื้นฐานจะมีหลักปฏิบัติที่สำคัญ ได้แก่ การตรวจสอบ (Inspection) , การทำความสะอาด (Clean) , การหล่อลื่น(Lubrication) , การปรับแต่ง (Adjustment) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักร สำหรับการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานนั้น จำเป็นที่ต้องหาอายุเฉลี่ยในการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักร การหาอายุการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์ สามารถกำหนดได้จากระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร ซึ่งเป็นเวลาที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์มีระยะเวลาตามความสมควรที่จะได้รับการบำรุงรักษาเพื่อเป็นการลดสาเหตุการขัดข้องที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดความมั่นใจในการใช้งานได้ของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนด (โกศล , 2547)

MTBF = T/R

กำหนดให้ MTBF = ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร

T = เวลาการทำงานของเครื่องทั้งหมด

R = จำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้อง

อาจแสดงได้ว่า

$$\text{ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร} = \frac{\text{เวลาในการทำงานของเครื่องจักร}}{\text{จำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้อง}}$$

2.7 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ

การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) คือกระบวนการที่สร้างขึ้น เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมต่างๆในด้านการออกแบบหรือในกระบวนการผลิต เพื่อให้แน่ใจได้ว่ามีการระบุถึงปัญหาหรือข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกิจกรรมหรือกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษระดับความรุนแรงผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งระบุถึงวิธีการป้องกันปัญหาดังกล่าวและตรวจสอบประสิทธิผลของการป้องกัน

FMEA สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.FMEA ด้านการออกแบบ เป็นการออกแบบของกิจกรรมต่างๆ เพื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของสินค้าว่าตรงตามข้อคำสั่งหรือกำหนดของลูกค้าและสามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย

2.FMEA ด้านกระบวนการ เป็นกระบวนการที่จัดทำขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นมีการนำมาพิจารณาได้อย่างครอบคลุม รวมทั้งวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบในการเกิดที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต โดยการทำ FMEA จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบทั้งการออกแบบ

ผลิตภัณฑ์ (Product) หรือการออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ (Process) และมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพิจารณาและประเมินลักษณะข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นตามมาจากข้อบกพร่องนั้น
2. เพื่อเป็นการกำหนดกิจกรรมที่สามารถลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องข้างต้น
3. เพื่อจัดทำเป็นเอกสารการพัฒนาด้านคุณภาพของอุตสาหกรรมคือ การปรังปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่างๆ อย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ด้านที่เป็นไปได้ ดังนั้น การนำเอา FMEA มาประยุกต์ เพื่อการบ่งชี้และช่วยลดโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องลง ให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

อาจกล่าวได้ว่าวัตถุประสงค์ของ (FMEA) สำหรับกระบวนการคือ การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเทียบกับกระบวนการผลิต หรือกระบวนการประกอบที่ได้วางแผนไว้ก่อนหน้า เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นไปตามการแก้ไขสามารถที่จะจัดทำขึ้นเพื่อที่จะขจัดสิ่งเหล่านี้ลดลงอย่างต่อเนื่อง และนอกจากนี้ (FMEA) สามารถจัดทำเป็นเอกสารที่มีประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา กระบวนการผลิตกระบวนการประกอบ โดย(FMEA) มีหลักการดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ ประเมินปัญหา และสภาพของการขัดข้องที่เป็นไปได้ (potential failure modes) ของชิ้นส่วน หรือกระบวนการ
2. ประเมินผลกระทบ (effect on outcomes) and/or product performance
3. ประเมินสภาพขัดข้องที่สามารถแยกแยะ ลดและควบคุมได้ (risk reduction)
4. ศึกษาให้ครอบคลุมการทำงานทั้งกระบวนการหรือของเครื่องจักร (process understanding)
5. สรุปสภาพขัดข้องที่สำคัญ ปัจจัยที่มีผลกระทบหรือเป็นสาเหตุทำให้เกิดสภาพขัดข้อง

โดยมีการนำหลักการของการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบมาใช้ในการแก้ปัญหาไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ด้านกระบวนการผลิต หรือวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆ ในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังเช่น

งานวิจัยของ นิวัฒน์ คำวงค์ และคณะ (2548) ได้มีการนำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีการหารูปแบบของการเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังกล่าว จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุในรูปของตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องละผลกระทบในกระบวนการผลิต ซึ่งทราบผลว่าค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN)

ที่มีค่ามากที่สุด คือ ปัญหาตัดขึ้นรูปและทำการเจาะของชิ้นส่วนยานยนต์ Part UR 58 38 068 โดยมีค่า RPN เท่ากับ 70 จึงได้ทำการปรับปรุงปัญหาตัดขึ้นรูปและทำการเจาะซึ่งศึกษาจากสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย คือดายและพั้นช์ชำรุด โดยที่มีการตั้งความเร็วในการปั้มเร็วเกินไป และมีการปรับตั้งเครื่องจักรไม่ได้ตามมาตรฐานเนื่องจากพนักงานใหม่เป็นผู้ปรับตั้ง และใส่ชิ้นงานไม่ถูกต้องตามกำหนด หลังจากนั้นมีการจัดทำทำการออกแบบสอบถามการให้คะแนนความสำคัญของสาเหตุการเกิดปัญหาจากการปั้มชิ้นงาน แล้วนำไปให้พนักงานให้คะแนนจากนั้นรวบรวมคะแนนหาค่าเฉลี่ยของปัญหาที่แท้จริง จากนั้นเลือกปัญหาที่มีค่าน้ำหนักมากมาทำการแก้ไขปรับปรุงโดยผลที่ได้คือ ปัญหาตัดขึ้นรูปและทำการเจาะ มีค่า RPN ลดลงเหลือ 25 จากเดิมค่า RPN อยู่ที่ 70

2.8 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพลาสมา

พลาสมา คือ ก๊าซที่มีสภาพเป็นไอออน และเป็นสถานะหนึ่งของสสาร เป็นการเริ่มจากสสารที่อยู่ในสถานะต่างๆ เมื่อได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซตามลำดับ ซึ่งพลาสมาก็เช่นกัน เมื่อก๊าซที่มีสถานะเป็นกลางได้รับพลังงานจำนวนที่มากพอส่งผลให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอม และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม กระบวนการดังกล่าวเรียกว่ากระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดออก เป็นการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากทำให้ก๊าซเกิดการแตกตัวและกลายเป็นพลาสมา (นรงฤทธิ์ เสนาจิตร) จะเห็นว่าพลังงานที่เกิดจากพลาสมาจะมีพลังงานความร้อนสูงจึงนำมาสู่การทำให้เกิดอาร์คพลาสมาเพื่อนำความร้อนที่ได้มาใช้ในการตัดโลหะ การเกิดอาร์คพลาสมาสามารถทำให้เกิดขึ้นได้โดยการอาร์คด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนแก่ก๊าซที่เป็นตัวกลาง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์คจะทำให้ก๊าซได้รับพลังงานและร้อนสูงขึ้นจนทำให้โมเลกุลของก๊าซบางส่วนแยกตัวและถูกไอออไนซ์ทำให้เกิดเป็นอาร์คพลาสมาในที่สุด

ลำอาร์คพลาสมาที่เกิดขึ้นจะมีอุณหภูมิสูงมากซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยคือกระแสในการอาร์คและรูปร่างของลำอาร์ค รวมไปถึงความเร็วที่ไหลของก๊าซผ่านลำอาร์คพลาสมาด้วยโดยที่อุณหภูมิในแกนกลางของลำอาร์คพลาสมาอาจสูงถึง 20,000 – 30,000 ^{0}K และอุณหภูมิรอบนอกลำพลาสมาอาจลดลงเหลือเพียง 4,000 – 5,000 ^{0}K

3. สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

ในการศึกษาถึงสภาพปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหาของโรงงานเบื้องต้น จะเริ่มศึกษาตั้งแต่ข้อมูลปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษานี้และทำการศึกษากระบวนการผลิต และการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ หาแนวทางในการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสม โดยจะแบ่งเป็นหัวข้อหลักๆ คือ

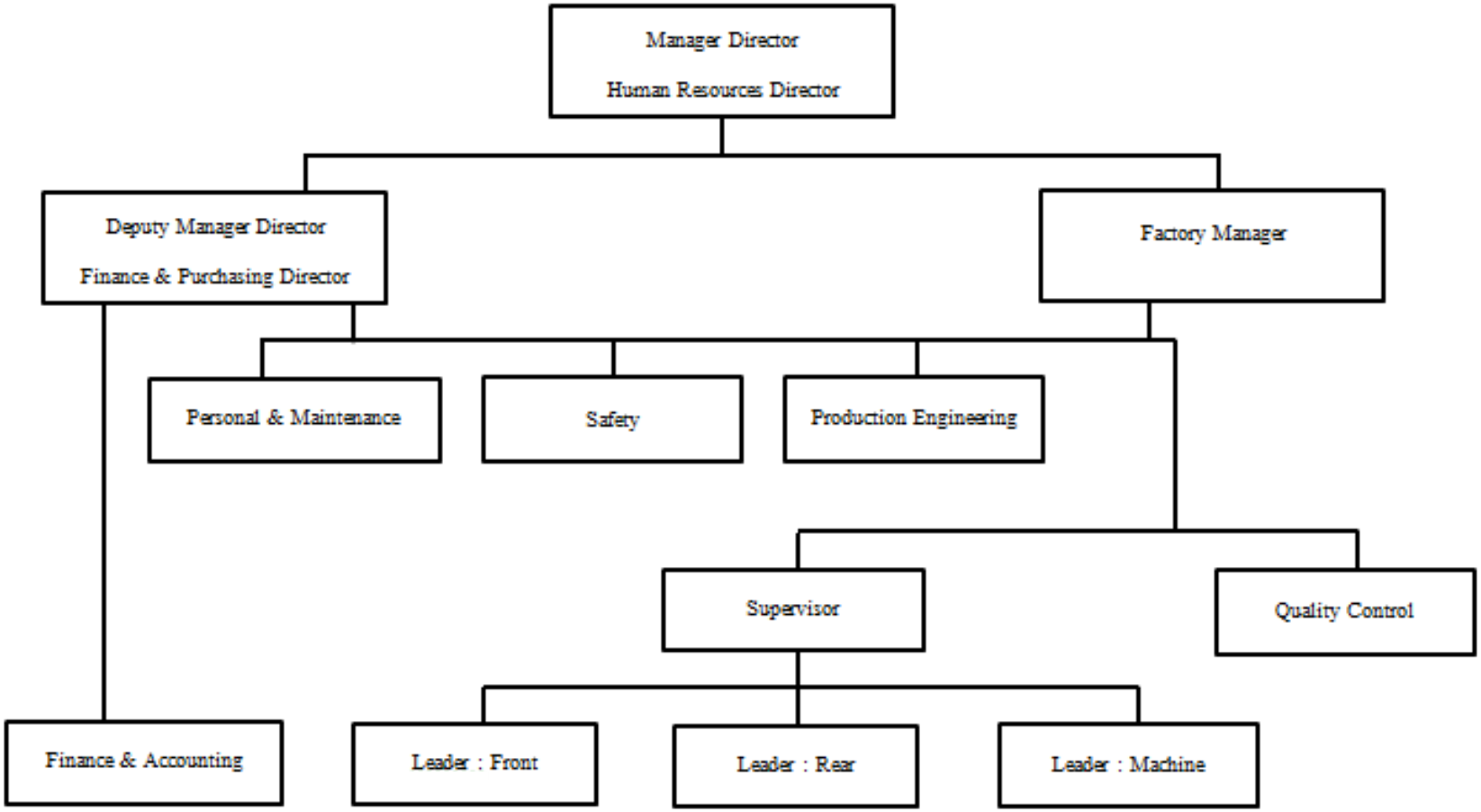
3.1 ข้อมูลทั่วไปและโครงสร้างองค์กรของโรงงาน

3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

กลุ่มอุตสาหกรรมประเภท	: อุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์
ที่ตั้ง	: จังหวัดชลบุรี บนเนื้อที่ 6.13 ไร่ (10,012 ตารางเมตร)
ก่อตั้งเมื่อ	: เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548
เงินลงทุนจดทะเบียน	: 90 ล้านบาท
เวลาทำการ	: วันจันทร์ ถึง วันเสาร์ 08.00 น. – 17.00 น.
จำนวนพนักงาน	: 48 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 แผนผังโครงสร้างองค์กร



รูปที่ 3.1 แผนผังองค์กร

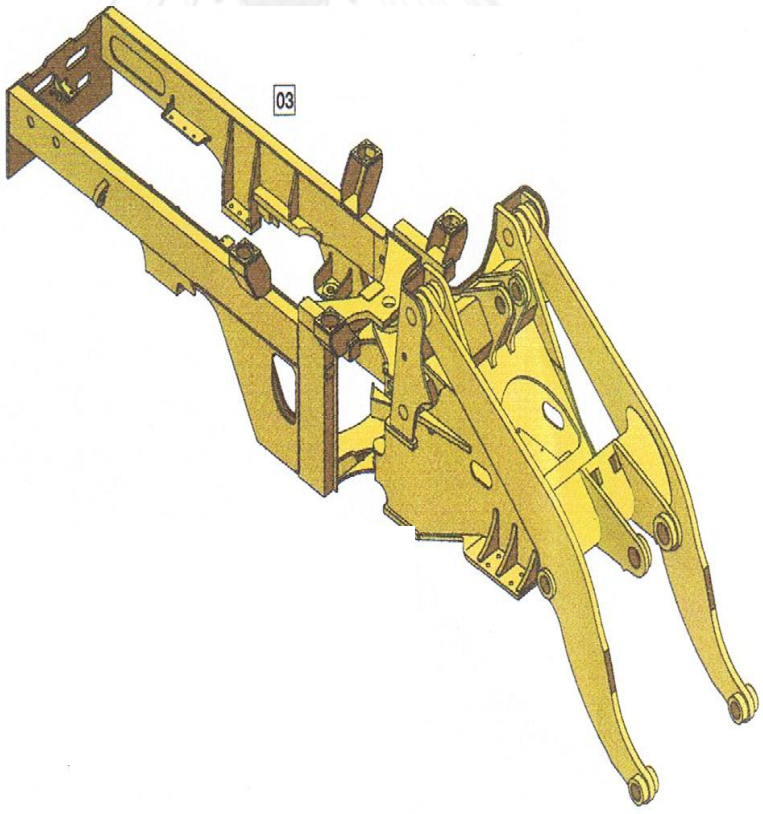
3.2 ผลิตภัณฑ์และยอดขายของโรงงงาน

3.2.1 ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

สินค้าที่ผลิตในปัจจุบันคือแชสซี ส่วนหน้า และหลัง ที่ใช้สำหรับการประกอบรถแทรกเตอร์ของบริษัททางญี่ปุ่นโดยเป็นสินค้าที่ผลิตเพื่อการส่งออกทั้งหมด ทางบริษัทจะทำการผลิตทั้งหมด 3 รุ่น เรียกชื่อรุ่นตามขนาดของรถแทรกเตอร์ คือ รุ่น 50 รุ่น 55 และรุ่น 60 โดยในแต่ละขนาดจะมีความแตกต่างกันที่ความหนาของเหล็กที่จะนำมาประกอบ และลักษณะขนาดของ แชสซี รุ่น 50 จะมีขนาดรถที่เล็กที่สุด และตามลำดับไปถึงรุ่น 60 ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

รูปที่ 3.2 แชสซีส่วนหน้า

รูปที่ 3.3 แชสซีส่วนหลัง



รูปที่ 3.4 แชสซีที่ประกอบทั้งส่วน หน้า – หลัง

จากนั้นจะทำการส่ง Chassis ทั้งส่วนหน้าและหลังไปยังบริษัทในประเทศญี่ปุ่นที่ร่วมธุรกิจ เพื่อนำไปประกอบเป็นรถแทรกเตอร์ที่สมบูรณ์

รูปที่ 3.5 รูปรถแทรกเตอร์รุ่น 50

รูปที่ 3.6 รูปรถแทรกเตอร์รุ่น 55

รูปที่ 3.7 รูปรถแทรกเตอร์รุ่น 60

3.2.2 ยอดขาย Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง

ตารางที่ **3.1** ยอดขายปี พ.ศ.25**53** - พ.ศ.25**55**

ลำดับ	เดือน	ปี 53	ปี 54	ปี 55
1	มกราคม	1,518,111.91	609,543.42	4,813,484.95
2	กุมภาพันธ์	2,370,364.32	2,788,663.91	4,058,815.88
3	มีนาคม	2,126,109.35	2,501,305.12	4,802,348.21
4	เมษายน	2,520,379.72	2,965,152.61	2,065,563.45
5	พฤษภาคม	2,647,273.43	3,114,439.33	4,982,087.27
6	มิถุนายน	3,214,845.61	3,782,171.31	5,281,216.45
7	กรกฎาคม	3,632,049.74	4,272,999.69	4,249,222.74
8	สิงหาคม	4,231,685.00	4,978,452.94	5,226,013.04
9	กันยายน	4,811,943.72	5,661,110.26	4,292,482.94
10	ตุลาคม	3,235,439.61	3,806,399.54	3,516,968.34
11	พฤศจิกายน	3,333,227.25	3,921,443.82	4,496,348.59
12	ธันวาคม	3,911,516.88	4,601,784.57	2,293,267.60
ยอดรวม		**37,552,946.54**	**43,003,466.52**	**50,077,819.46**

จุฬาลงกรณ์มหาวิ
CHULALONGKORN U

จากข้อมูลยอดขายใน ตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่ายอดขายรวมมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ ปี พ.ศ.2553 ที่ทำการเก็บข้อมูลมา อาจมีบางเดือนจะเห็นว่ายอดขายมีการผันแปรบ้างในบางเดือน ซึ่งขึ้นลงตามสภาวะตลาดและสถานการณ์ แต่พอจะเห็นได้ว่าแนวโน้มสภาวะตลาดของอุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์นี้ยังมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งยอดขายโดยรวมในแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2555 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุก

3.3 ข้อมูลการพิจารณาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

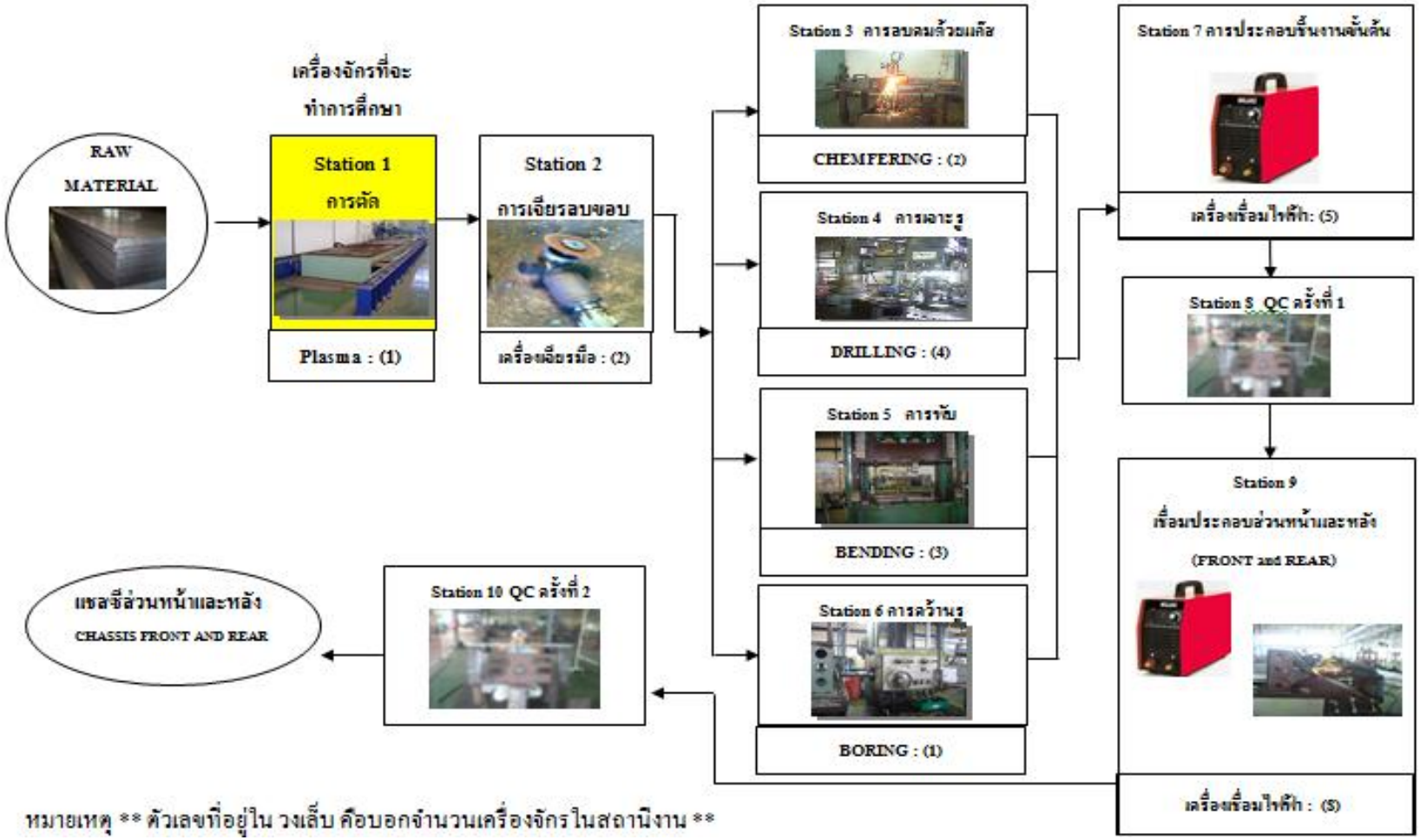
3.3.1 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 10 สถานีงานหลักๆ คือ

Station 1 การตัด
Station 2 การเจียรลบขอบ
Station 3 การลบคมด้วยแก๊ส
Station 4 การเจาะรู
Station 5 การพับ
Station 6 การคว้านรู
Station 7 การประกอบชิ้นงานขั้นต้น
Station 8 การตรวจสอบคุณภาพครั้งที่ 1
Station 9 การเชื่อมประกอบ จะแยกส่วนออกเป็นเชื่อมประกอบส่วน FRONT และ ส่วน REAR
Station 10 การตรวจสอบคุณภาพครั้งที่ 2

สามารถเขียนรูปภาพแสดงลักษณะการทำงานตามแต่ละกระบวนการผลิตได้ดังรูปที่ 3.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.8 แผนผังกระบวนการผลิต

จาก รูปที่ 3.8 จะขออธิบายกระบวนการผลิตพอสังเขป ดังนี้

Station 1 การตัด

รับแผ่นเหล็กเข้ามา ทำการตัดเป็นรูปชิ้นส่วนต่างๆ ตามโปรแกรม เพื่อนำไปประกอบให้ตรงกับรุ่นต่างๆ ของรถแทรกเตอร์และส่งต่อเพื่อไปทำการตกแต่งต่อยังแผนกต่อไป

Station 2 การเจียรลบขอบ

นำชิ้นส่วนที่ได้หลังจากการตัดด้วยพลาสมา มาทำการเจียรเพื่อทำให้ขอบของพื้นผิวของเหล็กเกิดความเรียบเนียน

Station 3 การลบคมด้วยแก๊ส

พนักงานจะทำการลบคมด้วยแก๊สเพื่อให้ชิ้นงานมีระยะในการประกอบระหว่างชิ้นงาน และง่ายต่อการเชื่อมประกอบ

Station 4 การเจาะรู

นำชิ้นส่วนมาทำการเจาะให้เป็นรู ตามรูปแบบและระยะต่างๆ ที่กำหนด เพื่อนำไปประกอบ

Station 5 การพับ

นำชิ้นส่วนต่างๆ มาพับ ให้มีการพับงอตามลักษณะรูปร่างที่กำหนด เพื่อนำไปประกอบกับอีกชิ้นส่วนหนึ่ง

Station 6 การคว้านรู

ชิ้นส่วนจะต้องมีการนำมาคว้านรู เพื่อขยายขนาดของรู ให้มีความเหมาะสมในการประกอบระหว่างชิ้นส่วนมากขึ้น

Station 7 การประกอบชิ้นงานขั้นต้น

หลังจากนั้นเมื่อชิ้นส่วนต่างๆ ผ่านการตกแต่งด้วยเครื่องจักรตามสถานีงานต่างๆ แล้วนั้นจะนำชิ้นส่วนมาทำการประกอบขั้นต้น และทำการเชื่อมประกบจุดต่างๆ เพื่อให้ชิ้นส่วนสามารถประกอบติดกันในเบื้องต้น และมีระยะในการประกอบที่เหมาะสม เป็นการลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น

Station 8 การตรวจสอบคุณภาพ ครั้งที่ 1

นำชิ้นส่วนมาทำการตรวจสอบก่อนการเชื่อมจริง ตรวจสอบระยะต่างๆ ให้อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ เพื่อป้องกันการผิดพลาดก่อนการนำไปเชื่อมจริง

Station 9 การเชื่อมประกอบ จะแยกส่วนออกเป็นเชื่อมประกอบส่วน FRONT และ ส่วน REAR

- เชื่อมประกอบส่วน FRONT

  เป็นการเชื่อมประกอบ Chassis ส่วนหน้าของรถแทรกเตอร์ โดยใช้เวลาเชื่อประมาณ 8 – 10 ชั่วโมง

- เชื่อมประกอบส่วน REAR

เป็นการเชื่อมประกอบ Chassis ส่วนหลังของรถแทรกเตอร์ โดยใช้เวลาเชื่อมประมาณ 10 – 12 ชั่วโมง จะมีระยะเวลาในการเชื่อมมากกว่า ชิ้นส่วนในส่วนหน้า เพราะ REAR จะมีขนาดที่ใหญ่กว่าและมีความซับซ้อนของการเชื่อมมากกว่าส่วน FRONT

Station 10 การตรวจสอบคุณภาพ ครั้งที่ 2

นำชิ้นส่วนมาทำการตรวจสอบหลังการเชื่อมเสร็จสิ้นเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อตรวจสอบระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนให้ละเอียดขึ้น เพื่อป้องกันการผิดพลาดก่อนการส่งออกไปยังต่างประเทศ

ตารางที่ **3.2** จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ลำดับ	ประเภทเครื่องจักร	เครื่องจักร	จำนวน
1	Cutting / Welding	* PLASMA	1
2		เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	13
3		CHAMFERING	2
4	Machining Machine เครื่องจักรกล	เครื่องเจียรมือ	2
5		DRILLING	4
6		BORING	1
7	Bending Machine	BENDING	3
รวม			26

* ทุกชิ้นส่วนจำเป็นต้องผ่านการ Cutting จากเครื่องพลาสมา

จากตารางที่ 3.2 ทำให้ทราบจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะเห็นได้ว่าเราสามารถแบ่งประเภทของเครื่องจักรดังนี้

4. Cutting / Welding Machine : PLASMA , WELDING และ CHAMFERING
5. Machining Machine เครื่องจักรกล : เครื่องเจียร , DRILLING และ BORING
6. Bending Machine เครื่องพับ : BENDING

3.3.2 ข้อมูลการพิจารณาเครื่องจักร

เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบแชสซีของรถแทรกเตอร์ มีการพิจารณาถึงความสำคัญของเครื่องจักรโดยพิจารณาจากข้อมูลดังนี้

1. จำนวนของเครื่องจักร
2. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
3. อัตราการใช้งานของเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าบำรุงรักษาของเครื่องจักรหากมีจำนวนที่สูงมากจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตมากขึ้น และเครื่องจักรที่เป็นสาเหตุของการทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงที่สุด สามารถแสดงได้ดังตาราง 3.3

ตารางที่ **3.3** ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องจักร ปี พ.ศ. **2555**

ลำดับ	**ประเภทเครื่องจักร**	**เครื่องจักร**	**จำนวน**	**ค่าซ่อมบำรุงรักษา (บาท)**	**คิดเป็นร้อยละ**
1	Cutting / Welding	* PLASMA	1	173,882	42 %
2		เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	13	97,484	24 %
3		CHAMFERING	2	26,312	6 %
4	Machining Machine เครื่องจักรกล	เครื่องเจียรมือ	2	15,853	4 %
5		DRILLING	4	42,399	10 %
6		BORING	1	22,533	5 %
7	Bending Machine	BENDING	3	35,453	9 %
รวมทั้งหมด			26	413,915	100 %

* ทุกชิ้นส่วนจำเป็นต้องผ่านการ Cutting จากเครื่องพลาสมา

ในสายการผลิตนั้นเครื่องพลาสมาเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญและเป็นเครื่องจักรที่อยู่ในขั้นตอนแรกของสายการผลิตไม่ว่าชิ้นส่วนใดที่จะไปทำการผลิตยังสถานีงานต่อไปจะต้องผ่านการตัดจากเครื่องพลาสมาเป็นอันดับแรก และหากพิจารณาจากจำนวนเครื่องจักร เครื่องจักรที่มีจำนวนน้อยที่สุดในสายการผลิตมี 2 เครื่องคือ เครื่องพลาสมาและเครื่อง Boring จากการสอบถามพนักงานทำให้ทราบข้อมูลเพิ่มเติมว่า ชิ้นส่วนหลังจากแผ่นเหล็กตัดจากเครื่องพลาสมามีการนำมาผ่านเครื่อง Boring ทำการคว้านรูมีเพียง 4 ชิ้นส่วน ในแต่ละรุ่น ที่จะมีการนำมาเจาะคว้านรูจากเครื่อง Boring ทั้งนี้เครื่อง Boring ไม่มีระบบการทำงานที่ซับซ้อนทำให้เครื่องจักรไม่เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบรุนแรง มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องพลาสมา ซึ่งข้อมูลที่พนักงานได้บอกกล่าวมาก็ตรงกับข้อมูลทางสถิติที่ทางผู้จัดทำได้เก็บรวบรวมข้อมูลดังตารางค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ที่ 3.3 และเครื่องจักรอื่นๆ มีจำนวนเครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่อง สามารถมีการใช้งานทดแทนซึ่งกันและกันได้

ค่าบำรุงรักษาโดยรวมของบริษัทภายในระยะเวลาของปี 2555 เป็นเงินทั้งหมด 413,915บาท โดยแบ่งเป็นค่าบำรุงรักษาของเครื่องพลาสมา 173,881.96 บาท และค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรอื่นๆ 240,033 บาท โดยประกอบไปด้วยค่าบำรุงรักษา เครื่องเจียรมือ15,853 บาท , CHAMFERING 26,312 บาท , DRILLING 42,399 บาท , BENDING 35,453 บาท , BORING 22,533 บาท และเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 97,484 บาท จะเห็นได้ว่าค่าบำรุงรักษาเครื่องพลาสมามีค่าสูงกว่าค่าบำรุงรักษาของเครื่อง Boring ประมาณ 8 เท่า หรือ คิดเป็นค่าบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาเป็นร้อยละ 42% ของค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรทั้งหมด การพิจารณาจะเห็นว่าการบำรุงรักษาเครื่องจักรพลาสมามีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรอื่นๆ เครื่องพลาสมาไม่เพียงแต่มีค่าบำรุงรักษาอย่างเดียว ในช่วงที่เครื่องพลาสมาเสียหายเกิดค่าใช้จ่ายที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องพลาสมาเสียหายมี 2 ส่วนด้วยกัน คือ 1. ค่าบำรุงรักษาของเครื่องพลาสมา และ 2. ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นจำนวนเงินมีปริมาณที่สูงมาก พิจารณาจากตารางที่ 3.4

ตารางที่ **3.4** ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนของปี พ.ศ. **2555**

(ค่าใช้จ่าย : บาท)

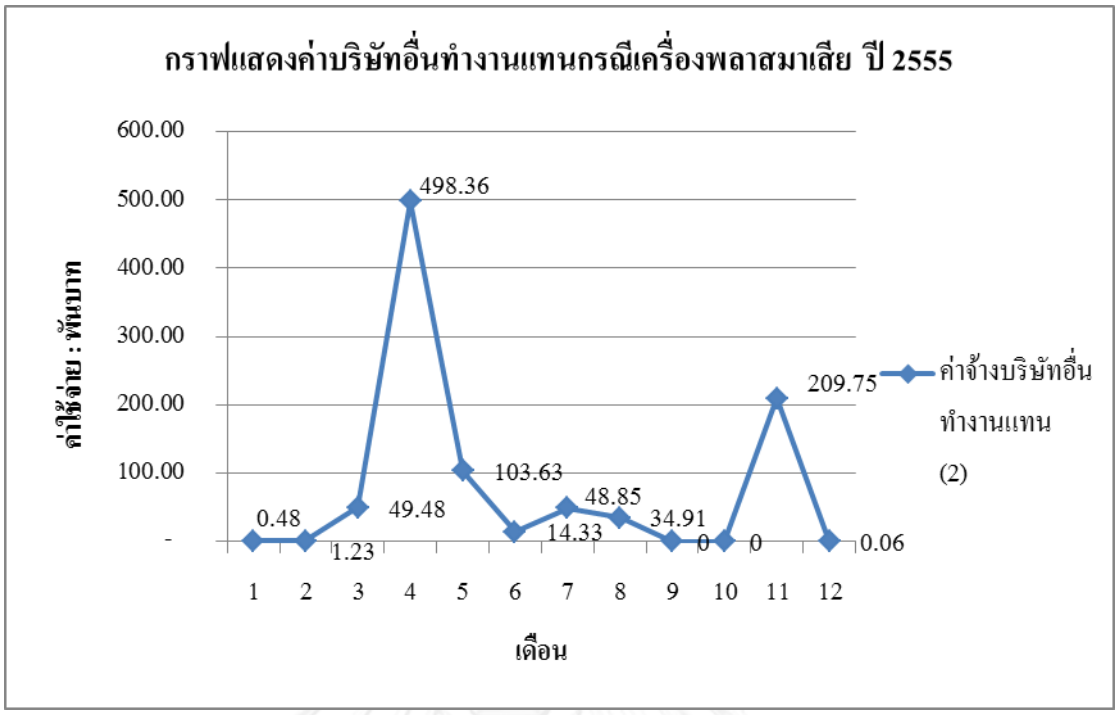
เดือน	**ค่าซ่อมบำรุง (1)**	**ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน (2)**	**รวม (3) = (1) + (2)**
มกราคม	43,373.52	481.50	43,855.02
กุมภาพันธ์	9,202.00	1,226.33	10,428.33
มีนาคม	3,284.90	49,480.55	52,765.45
เมษายน	18,618.00	498,356.78	516,974.78
พฤษภาคม	7,519.43	103,630.22	111,149.64
มิถุนายน	38,910.55	14,332.65	53,243.20
กรกฎาคม	5,557.58	48,845.50	54,403.08
สิงหาคม	15,629.49	34,914.13	50,543.62
กันยายน	10,464.60	0	10,464.60
ตุลาคม	14,177.50	0	14,177.50
พฤศจิกายน	2,168.89	209,746.48	211,915.37
ธันวาคม	4,975.50	62.92	5,038.42
รวม	***173,881.96***	***961,077.05***	1,134,959.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าค่าจ้างบริษัทอื่นมาทำหน้าที่แทนขณะเครื่องพลาสมาเสียหาย ในปี พ.ศ. 2555 มีจำนวนที่สูงมากเป็นจำนวนเงิน 961,007.55 บาท และหากนำมารวมกับค่าซ่อมบำรุงของเครื่องพลาสมา จะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในขณะเครื่องพลาสมาเสียหายเป็นจำนวนเงินทั้งหมด 1,134,959 บาท ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมากต่อปี เมื่อนำค่าใช้จ่ายดังตารางข้างต้นมาแสดงเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.9 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องพลาสมาปี 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ **3.10** กราฟแสดงค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนกรณีเครื่องพลาสมาเสีย ปี 2555

จากรูปที่ 3.9 และ 3.10 พิจารณาได้ว่ามีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนที่ไม่คงที่ เนื่องจากแผนการผลิตที่ไม่คงที่ในแต่ละเดือน มีผลทำให้ค่าซ่อมบำรุงรักษาและค่าจ้างตัดเหล็กอาจมีคำสั่งที่ไม่คงที่เช่นกัน หากเดือนใดมีค่าบำรุงรักษาเกิดขึ้นจำนวนมากจะเห็นได้ว่าจะมีค่าจ้างบริษัทตัดเหล็กน้อย เนื่องจากทางโรงงานมีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรได้เองเมื่อเครื่องพลาสมาเกิดความเสียหาย ทำให้มีค่าจ้างตัดเกิดขึ้นบางส่วนเนื่องจากช่วงระยะเวลาในการซ่อมขณะนั้นมีความจำเป็นจะต้องใช้ชิ้นส่วนมากประกอบ ยกตัวอย่างจากเดือน มกราคม 2555 จะเห็นได้ว่ามีค่าบำรุงรักษาที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 43,373.52 บาท และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างตัดเพียง 481.5 บาท หรือจากกรณีตัวอย่างของเดือนเมษายน จะเห็นได้ว่ามีค่าซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้นของเครื่องพลาสมา 18,618 บาทและมีค่าจ้างตัดเป็นจำนวนเงินที่สูงมากคือ 498,356.78 บาท จะเห็นได้ว่าค่าซ่อมบำรุงและค่าจ้างตัดจะมีความสัมพันธ์ประเภทแปรผกผัน สรุปได้ว่าหากมีการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาก็จะส่งผลให้เดือนนั้นๆ มีค่าจ้างตัดที่ต่ำลง เช่นเดียวกัน หากเดือนๆ นั้นมีค่าบำรุงรักษาที่น้อย ก็จะมีค่าจ้างตัดที่สูงเนื่องจากเครื่องพลาสมาไม่สามารถใช้งานได้หรือมีเหตุขัดข้องเกิดขึ้นระยะยาว เนื่องจากในแต่ละเดือนมีแผนการผลิตไม่คงที่ตามที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้ในการจ้างตัดมีการสั่งทางบริษัทอื่นให้ทำการตัดให้ครอบคลุมถึงแผนการผลิตในเดือนถัดไป หรือเป็นการสั่งตัดเหล็กเป็นจำนวนมากต่อครั้ง เป็นต้น เพื่อจะได้ไม่เสียเวลาในการจ้างครั้งต่อไป

อีกทั้งเครื่องพลาสมายังมีอัตราการใช้งานของเครื่องจักรที่อยู่ในระดับน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องจักรต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าเครื่องพลาสมามีการเกิดเหตุขัดข้องบ่อยมากในสายผลิต ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ **3.5** อัตราการใช้งานของเครื่องจักรตั้งแต่เดือน มกราคม **–** พฤษภาคม **พ.ศ. 2556**

เครื่องจักร	Machine Utilization	Break Down	**ว่าง**
Plasma	46%	54%	-
WELDING	93%	-	7%
CHAMFERING	81%	-	19%
เครื่องเจียรมือ	79%	-	21%
DRILLING	87%	4%	9%
BORING	62%	4%	34%
BENDING	65%	-	35%

หลังจากทำการพิจารณาที่ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาและอัตราการใช้งานของเครื่องจักร สามารถสรุปความสำคัญในการคัดเลือกเครื่องพลาสมามาทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงเหตุขัดข้องและผลกระทบ พร้อมกับการเก็บข้อมูลทางด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มเติมคือ

4. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องพลาสมาได้รับความเสียหายมีจำนวนมาก
5. เป็นกิจกรรมขั้นต้นและสำคัญที่ทุกชิ้นส่วนต้องผ่านการตัดที่เครื่องพลาสมา
6. อัตราการใช้งานของเครื่องจักรต่ำที่สุด

ซึ่งจากปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้จัดทำจึงทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แน่ชัดเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องพลาสมาและจะได้จัดทำแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาได้อย่างเหมาะสม

3.4 สภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน

โรงงานอุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และ ส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์มีเป้าหมายที่สามารถตอบสนองลูกค้าอย่างทันถ่วงที ทำให้มีความละเลยในการบำรุงรักษาเครื่องจักร เมื่อเกิดเหตุขัดข้องต่อเครื่องจักรก็จะต้องมีการหยุดเครื่องจักรเนื่องจากสาเหตุเครื่องจักรขัดข้องในกรณีฉุกเฉิน ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายอื่นๆตามมา เนื่องจากระบบการบำรุงรักษาใน

โรงงานไม่มีการวางแผน และการบริหารจัดการระบบบำรุงรักษาเท่าที่ควร เหตุการณ์ของโรงงานแห่งนี้จะเป็นการบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรหยุด (Breakdown Maintenance) ซึ่งในบางวันก็มีการตรวจเช็คเครื่องจักรและบางวันก็ไม่ได้ทำการตรวจเช็คเครื่องจักร ทั้งนี้ยังขาดการจัดการด้านการบำรุงรักษาที่ดี ส่งผลให้เวลาที่เสียไปส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับงานประจำที่เป็นการซ่อมแก้ไขเครื่องจักรที่เสียหาย ส่งผลกระทบต่อเนื่องทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านกำลังการผลิต สูญเสียพลังงาน โอกาสทางการตลาดและการแข่งขัน ซึ่งส่งผลเสียต่อชื่อเสียงของบริษัท

ในด้านความรับผิดชอบของหน้าที่และขอบเขตของการทำงานของแผนกบำรุงรักษา จะไม่สามารถแบ่งหน้าที่ออกระหว่างแผนกซ่อมเครื่องจักร และแผนกบำรุงรักษาเครื่องจักร ทำให้เกิดความสับสนในหน้าที่ ที่ตนเองรับผิดชอบและการปัดความรับผิดชอบต่อหน้าที่การงาน ในส่วนของพนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักรจะขาดความรับผิดชอบ ความดูแลและใส่ใจในงานบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งเป็นผลเสียที่ทำให้ไม่สนใจในงานบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่าที่ควร ประกอบกับเป้าหมายของทางบริษัทที่ส่วนใหญ่เป็นการเน้นในด้านการผลิต เนื่องจากจำเป็นต้องบริการลูกค้าให้ทันต่อความต้องการเสมอ ทำให้เกิดปัญหาโดยขาดความสนใจในงานด้านบำรุงรักษาเครื่องจักรมากขึ้น

ในการทำงานของแผนกบำรุงรักษาจะมีผู้จัดการส่วนบำรุงรักษาเป็นผู้ควบคุมและดูแลงาน พร้อมกับทีมช่าง 1 คนเป็นดูแลรับผิดชอบ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผู้ควบคุมดูแลงานเพียงคนเดียวในการดำเนินงานเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเพราะทีมช่างนั้นจะมีการหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ทำให้พนักงานขาดความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง และในการทำงานไม่มีการแยกความรับผิดชอบในการบำรุงรักษาของแต่ละสถานีงานในกระบวนการผลิต ซึ่งจะเป็นการใช้ช่างซ่อมบำรุงแบบคนเดียว ทำให้การทำงานในบ้างครั้งขาดความต่อเนื่องไม่สามารถทำหน้าที่เต็มความสามารถ พร้อมกับเวลาเร่งรีบที่จะไปซ่อมเครื่องจักรต่อไป บางครั้งในการซ่อมบางงานผู้ดูแลยังขาดความรู้ความสามารถต่างๆ ที่เกี่ยวกับเครื่องจักร อาจเป็นเพราะมีประสบการณ์ทำงานน้อย ไม่มีความรู้เฉพาะด้านเกี่ยวกับเครื่องจักรนั้นๆ อีกทั้งไม่มีการอบรมเกี่ยวกับเครื่องจักร ทำให้การเกิดปัญหา หรือข้อเสียในการทำงานเพียงคนเดียว ถ้าเครื่องจักรเกิดการขัดข้องหรือหยุดทำงาน จะทำให้เวลาในการตัดสินใจและแก้ปัญหามีระยะเวลาที่มากทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน หรือในบางครั้งไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ทำให้เกิดระยะเวลาการรอที่นานก่อให้เกิดการสูญเสียต่อระบบการผลิต นอกจากนี้ทางแผนกบำรุงรักษาเครื่องจักรยังไม่มีการเตรียมอะไหล่สำรองหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องจักร ซึ่งอะไหล่และอุปกรณ์บางตัวไม่สามารถหาได้ภายในประเทศ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และในกรณีที่เครื่องจักรเสีย หรือขัดข้องจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งนี้จะทำให้เสียเวลาการรอคอยในการสั่งซื้อ การรอซ่อม เป็นต้น

การบำรุงรักษาเครื่องจักรของโรงงานนี้ไม่มีมีระบบการจดบันทึก ข้อมูลที่ละเอียด การทำงานทั้งหมดจัดอยู่ในมาตรฐานที่มีเกณฑ์ที่ต่ำมาก ซึ่งการแก้ปัญหาต่างๆ ของเครื่องจักรจะเป็นการอ้างอิง

จากประสบการณ์การ สอบถาม และคำแนะนำจากผู้ที่เป็นพนักงานประจำเครื่องจักร ทั้งนี้จึงจำเป็นจะต้องจัดทำเอกสารที่บ่งบอกถึงรายละเอียดในการบำรุงรักษาหรือบ่งบอกถึงรายละเอียดในสาเหตุการขัดข้องของเครื่องจักร และมีการจัดทำแนวทางการบำรุงรักษาเพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงานให้เป็นระบบแบบแผนมากขึ้น

ทั้งนี้จากการสำรวจค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องพลาสมาเสียมีจำนวนที่มาก ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามีค่าต่ำ และโรงงานต้องหยุดการผลิตในแผนกของการ Cutting อย่างต่อเนื่องจากเครื่องพลาสมาเสียบ่อยครั้ง ดังนั้นการศึกษาจึงได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษา และมุ่นเน้นเสนอแนะแนวทางการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องพลาสมาเสียหายและแนวทางการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา โดยเริ่มจากการทำการสำรวจสภาพปัญหาในโรงงานกรณีศึกษา เพื่อชี้จุดบกพร่อง และแนวทางการแก้ไข

3.5 ข้อมูลด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาในปัจจุบัน

เนื่องจากทางโรงงานไม่มีมีประวัติหรือการเก็บข้อมูลในด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา จึงทำให้ต้องมีการเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ เป็นระยะเวลาประมาณ 5 เดือน โดยมีระยะเริ่มต้นที่เดือน มกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2555 เพื่อให้ทราบถึงความพร้อมของเครื่องพลาสมา ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ ว่าในปัจจุบันมีสมรรถนะเป็นอย่างไร

ตารางที่ 3.6 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง พ.ค. ปี 2556

เดือน	อัตราการเดินเครื่อง (%)	ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (%)	อัตราคุณภาพ (%)	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (%)
มกราคม	44.6%	77.6%	77.5%	26.85%
กุมภาพันธ์	42.7%	79.7%	78.9%	26.84%
มีนาคม	45.5%	77.9%	77.9%	27.59%
เมษายน	46.0%	75.5%	76.4%	26.54%
พฤษภาคม	49.3%	80.1%	80.8%	31.90%
ค่าเฉลี่ย	45.6%	78.2%	78.3%	27.9%

ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา เป็นข้อมูลเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม ปี 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม ปี 2556 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทำการเก็บก่อนทำการศึกษาและพัฒนาแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ย 27.9% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ จากตารางที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของอัตราการเดินเครื่องมีค่าน้อยที่สุด อาจเป็นผลมาจากเครื่องจักรเสียหายบ่อยหรือพนักงานขาดความใส่ใจในการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาทำให้เครื่องจักรไม่มีความพร้อมในการทำงาน ส่วนด้านประสิทธิภาพและอัตราคุณภาพมีเปอร์เซ็นต์ที่ยังไม่จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก อาจเป็นเพราะเกิดจากการขัดข้อง เสียหายของเครื่องจักรมีจำนวนมาก จึงทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรทำงานไม่ได้เต็มความสามารถและอัตราคุณภาพของเครื่องมีเปอร์เซ็นต์อยู่ในเกณฑ์ที่น้อยเช่นกัน

ตารางที่ 3.7 อัตราการขัดข้องของเครื่อง Plasma ก่อนการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	เวลาการทำงานทั้งหมด (ชม.)	เวลาทำงานของเครื่องจักร (ชม.)	เวลาเครื่องจักรหยุด (ชม.)			อัตราการบำรุงรักษา (%)	อัตราการทำงานของเครื่องจักร (%)	อัตราการขัดข้องของเครื่องจักร (%)	อัตราการปรับเครื่องและอื่นๆ (%)
			เวลาบำรุงรักษา (ชม.)	เวลาเครื่องจักรขัดข้อง (ชม.)	เวลาปรับเครื่องและอื่นๆ (ชม.)				
มกราคม	129.20	57.68	-	57.60	13.92	-	44.64%	44.58%	10.77%
กุมภาพันธ์	121.60	51.91	-	56.46	13.23	-	42.69%	46.43%	10.88%
มีนาคม	144.40	65.69	-	64.91	13.80	-	45.49%	44.95%	9.56%
เมษายน	129.20	59.45	-	59.26	10.49	-	46.01%	45.87%	8.12%
พฤษภาคม	136.80	67.48	-	57.87	11.45	-	49.33%	42.30%	8.37%
รวม	661.20	302.21	-	296.10	62.89	-	218.17%	224.13%	47.70%
เฉลี่ย	132	60	-	59	13	-	45.63%	44.83%	9.54%

จากตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์เวลาการขัดข้องของเครื่องพลาสมาต่อเดือน โดยพิจารณาเวลาขัดข้องของเครื่อง Plasma ซึ่งมีเวลากาทำงานเฉลี่ย 132 ชั่วโมงต่อเดือน โดยที่ในแต่ละเดือนมีการทำงานที่ไม่คงที่เนื่องจากเครื่องพลาสมาไม่ได้เปิดทำงานทุกวัน ทำให้พบว่า

1. จำนวนเวลาทำงานจริงของเครื่องจักร มีอัตราเฉลี่ย 60 ชั่วโมงต่อเดือน
2. จำนวนเวลาเครื่องจักรหยุดเนื่องจากการขัดข้อง มีอัตราเฉลี่ย 59 ชั่วโมงต่อเดือน
3. จำนวนเวลาเครื่องจักรหยุดเนื่องจากการจัดปรับเครื่องจักรและอื่นๆ มีอัตราเฉลี่ย 13 ชั่วโมงต่อเดือน

จากข้อมูลของชั่วโมงการทำงานของเครื่องพลาสมาพบว่า เครื่องพลาสมามีเวลาในการทำงานจริง 45.63 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นระยะเวลาเครื่องจักรหยุดเนื่องจากการขัดข้อง 44.83เปอร์เซ็นต์ เวลาที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากการจัดปรับและอื่นๆ 9.54 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงนำเวลาที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากการขัดข้อง มาทำการศึกษาวิเคราะห์

จากตารางที่ 3.7 จะพบว่าเวลาที่เครื่องพลาสมาหยุด ประกอบด้วย

1) เครื่องจักรหยุดเนื่องมาจากการขัดข้องด้านของเครื่องจักร

2) เครื่องจักรหยุดเนื่องมาจากการจัดปรับเครื่องจักรและการหยุดเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ

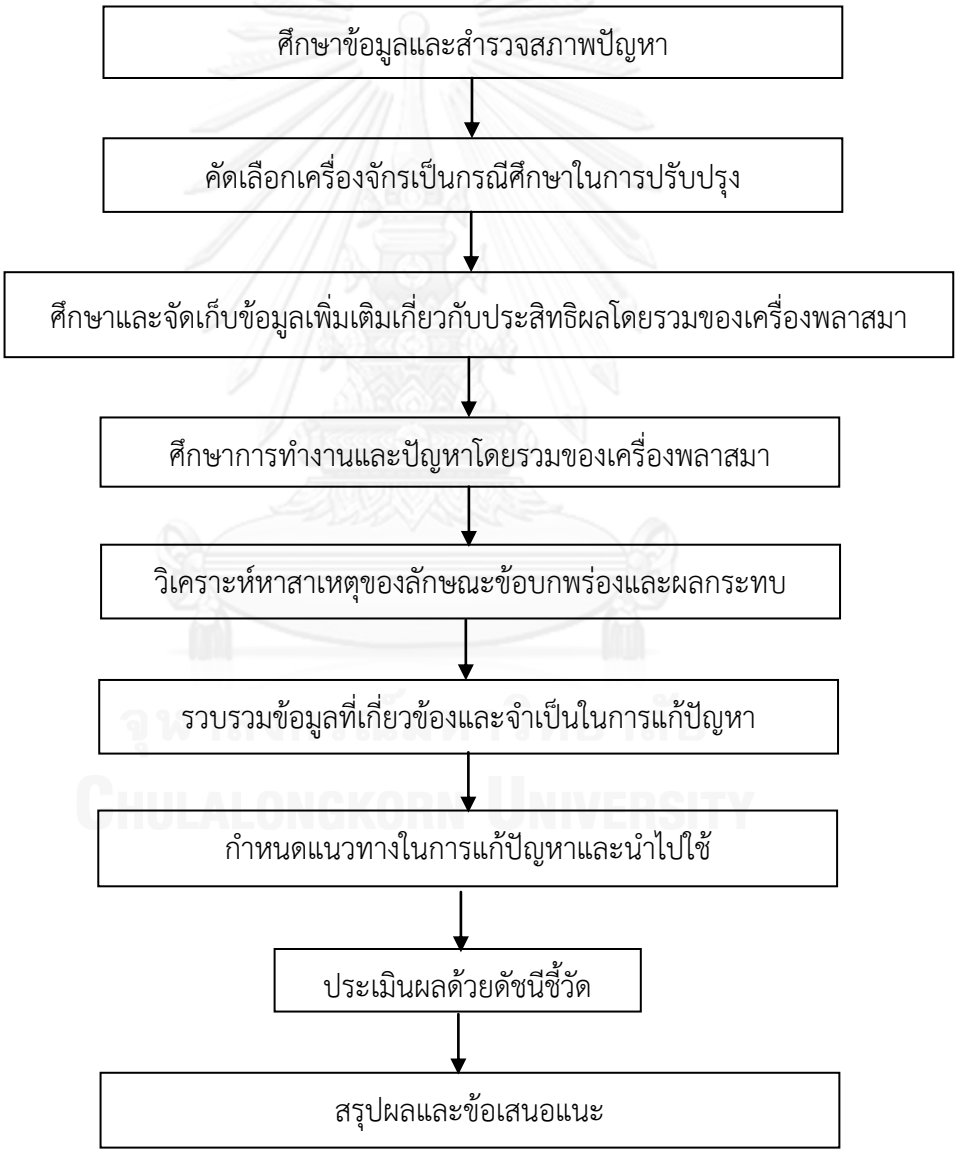
เมื่อรวบรวมข้อมูลเวลาต่างๆ ที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากการขัดข้องในแต่ละด้าน พบว่าจำนวนเวลาเครื่องจักรหยุดเนื่องจากการขัดข้องด้านเครื่องจักรเฉลี่ย 59 ชั่วโมงต่อเดือน ซึ่งมีระยะเวลาการขัดข้องสูง สืบเนื่องจากข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่สูง อัตราการใช้งานของเครื่องจักรต่ำ ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ อัตราการขัดข้องของเครื่องจักรสูง ดังนั้นจึงทำการเลือกเครื่องพลาสมามาทำการศึกษาวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบเพื่อหาวิธีการในการปรับปรุงต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. วิธีดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพโดยรวมในการดำเนินการศึกษาว่ามีขั้นตอนในการปฏิบัติอย่างไร ซึ่งจะเป็นการสร้างความเข้าใจถึงจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้ และเป็นการวิเคราะห์ถึงรายละเอียดต่างๆของเครื่องจักรที่เราจะทำการศึกษา โดยเริ่มต้นจากข้อมูลต่างๆของเครื่องจักร และเครื่องจักรที่สนใจที่จะศึกษา โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

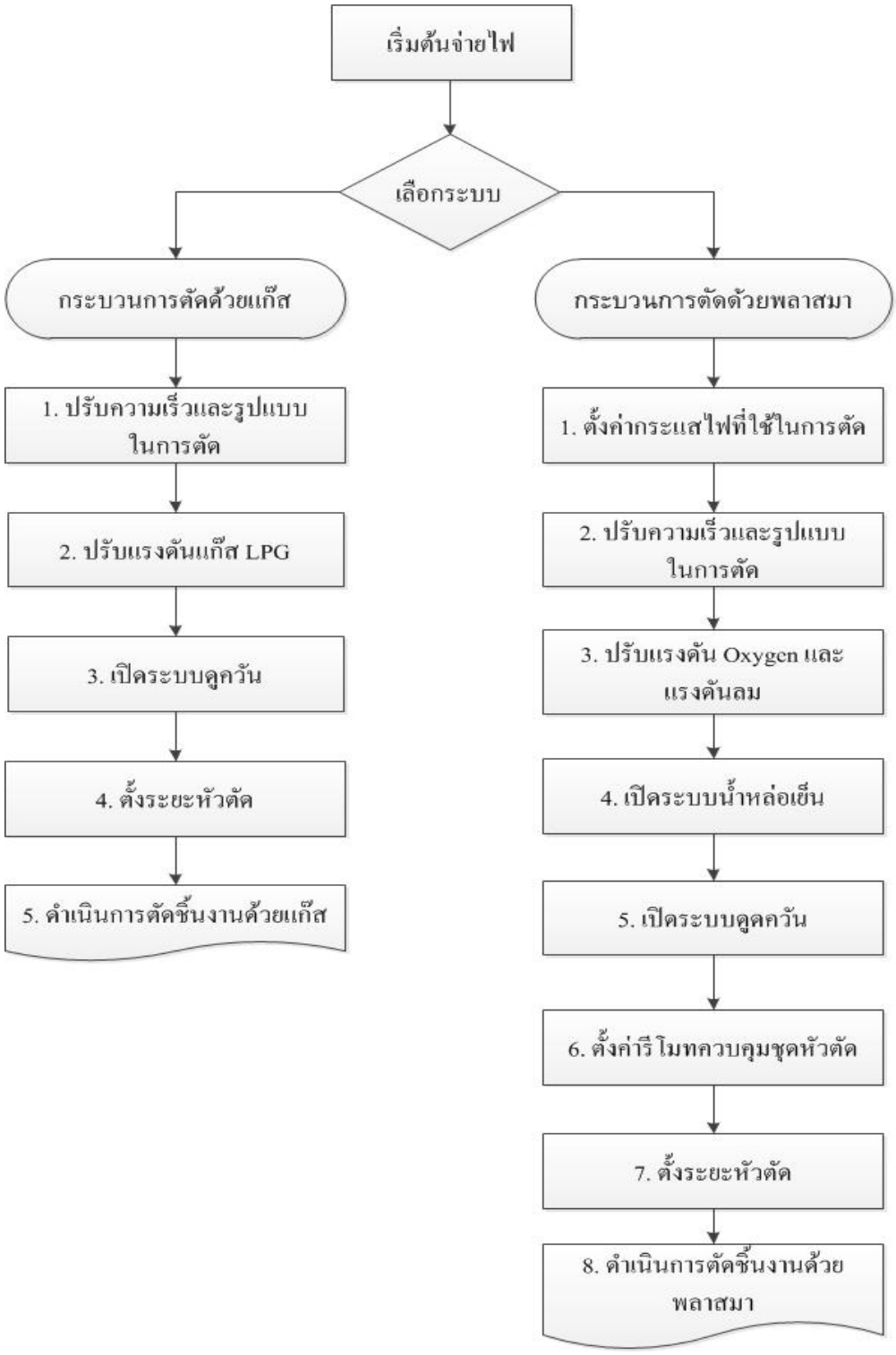
4.1 วิธีการดำเนินการศึกษา



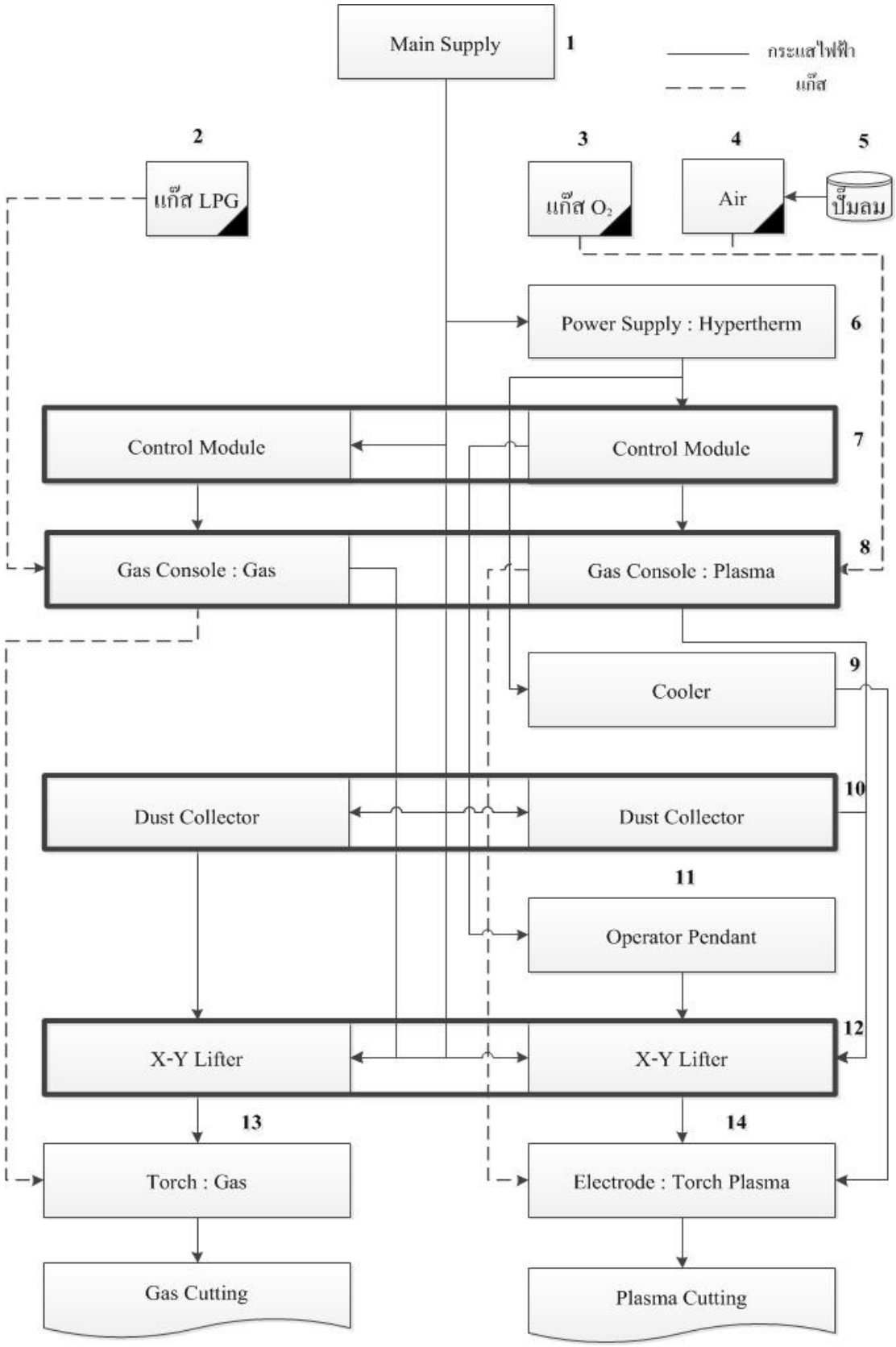
รูปที่ **4.1** วิธีการดำเนินการศึกษา

4.2 การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องพลาสมา

แนวคิดขั้นตอนการทำงานโดยรวมของเครื่องพลาสมา HT4400



รูปที่ **4.2** แผนผังกระบวนการทำงานของเครื่องพลาสมา



รูปที่ **4.3** แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ในกระบวนการทำงานของเครื่องพลาสมา

ตารางที่ **4.1** รายละเอียดอุปกรณ์ในระบบการทำงานของเครื่อง **Plasma**

ลำดับ	รายการ	รายละเอียด
1	Main Supply	แหล่งจ่ายไฟ 100 Amp. (4 ตัว) = 400 Amp
2	ถังแก๊ส Gas : LPG	ถังบรรจุแก๊ส LPG เพื่อใช้ในกระบวนการตัดแก๊ส
3	ถังแก๊ส Plasma : O_2	ถังบรรจุแก๊ส O_2 เพื่อใช้ในขบวนการตัดพลาสมา
4	ถังลม : Air	ถังบรรจุลมเพื่อใช้ในขบวนการตัดพลาสมา
5	ปั๊มลม	ปั๊มลมเพื่อเข้าสู่ถังเก็บลมเพื่อใช้ในกระบวนการตัด
6	แหล่งจ่ายกำลัง (Power Supply : Hypertherm)	- แหล่งจ่ายไฟของในการตัดพลาสมา (DC ไฟฟ้ากระแสตรง) - บอร์ดวงจงปรับค่ากระแสไฟและสัญญาณของพลาสมาเพื่อส่งไปยังอุปกรณ์อื่นๆ
7	ระบบควบคุม (Control Module)	บอร์ดศูนย์กลางการควบคุมทั้งระบบ ไม่ว่าจะเป็นการตัดด้วยแก๊สหรือ พลาสมา รูปแบบการตัด ความเร็วในการตัด ระยะห่างการตัด ระยะการเคลื่อนที่ต่างๆ ของเครื่อง แปลงและส่งสัญญาณให้กับริโมทและหัวตัดสามารถใช้งานได้
8	ระบบควบคุมแก๊ส (Gas Console : Gas)	ปรับตั้งค่าแรงดันแก๊ส ต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดระบบแก๊ส
	ระบบควบคุมแก๊ส Gas Console : Plasma	ปรับตั้งค่าแรงดันแก๊ส ต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดระบบพลาสมา
9	ระบบหล่อเย็น (Cooler)	ระบบน้ำหล่อเย็นของการตัดพลาสมาเพื่อไม่ให้หัวตัดมีความร้อนสะสมมากเกินความเหมาะสม เสี่ยงต่อการระเบิด และแตกหัก
10	ระบบดูดอากาศ (Dust Collector)	เครื่องดูดฝุ่นเพื่อป้องกันอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในขณะเครื่องตัดทำงาน
11	รีโมทควบคุม (Operator Pendant)	เป็นรีโมทควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดหัวตัดทั้งแนวนอนและแนวตั้ง
12	ชุดเคลื่อนที่ของระบบการตัด (X-Y Lifter)	ชุดเคลื่อนที่ของระบบการตัด

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดอุปกรณ์ในระบบการทำงานของเครื่อง Plasma (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	รายละเอียด
13	ชุดหัวตัด (Torch : Gas)	ชุดหัวตัดของระบบแก๊ส
14	ชุดหัวตัด (Torch : Plasma)	ชุดหัวตัดของระบบพลาสมา

4.3 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา :

FMEA 4th edition ของ AIAG : Automotive Industry Action Group

ในกระบวนการทำงานของเครื่องพลาสมานั้นสามารถวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูลทั้งเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้น และรวมไปถึงเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยเป็นกระบวนการที่สร้างขึ้น เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมต่างๆ ในด้านการออกแบบหรือในกระบวนการผลิตเพื่อให้แน่ใจได้ว่ามีการระบุถึงปัญหาหรือข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกิจกรรมหรือกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษระดับความรุนแรงผลกระทบ (Severity : S)ที่เกิดขึ้น ระดับโอกาสที่จะเกิดความล้มเหลว (Occurrence : O) และความสามารถการตรวจพบในปัจจุบัน (Detection :D) พร้อมทั้งระบุถึงวิธีการป้องกันปัญหาดังกล่าวและตรวจสอบประสิทธิผลของการป้องกัน โดยการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบแล้วนั้น ทำให้ทราบค่าของตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) ซึ่งได้มาจากการคูณกันระหว่างตัวแปรต่างๆ คือ S x O x D ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินของแต่ละตัวแปร ดังตารางที่ 4.2 4.3 และ 4.4. ตามลำดับ โดยเกณฑ์การที่นำมาใช้คือหลักการ FMEA 4th edition ของ AIAG ซึ่งเกณฑ์การประเมินต่างๆ เป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการนำมาวิเคราะห์ปัญหาและผลกระทบต่างๆ ของเครื่องพลาสมาจึงได้หยิบยกการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสเกิดความล้มเหลว และความสามารถการตรวจพบนำมาใช้ควบคู่กับการวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องพลาสมา อีกทั้งเป็นเกณฑ์ในระดับมาตรฐานโดยที่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้นั้นจะการเทียบเคียงอาการขัดข้องต่างๆ อิงตามเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบ (**Severity : S**)

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ระดับความรุนแรงของผลกระทบ	ระดับ
อันตรายร้ายแรง	ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นมีผลต่อเครื่องจักร อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือประกอบส่วน) โดยปราศจากการเตือน	10
	ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นมีผลต่อเครื่องจักร อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือประกอบส่วน) โดยมีการเตือน	9
มีอุปสรรคอย่างรุนแรง สูญเสียการทำงานหลัก	ความเสียหายทำให้เครื่องจักรไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงาน)	8
	ความเสียหายซึ่งทำให้เครื่องจักรมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้	7
มีอุปสรรคปานกลาง สูญเสียการทำงานรอง	ความเสียหายซึ่งทำให้เครื่องจักรทำงานได้ แต่อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องไม่สามารถทำงานได้	6
	ความเสียหายซึ่งทำให้เครื่องจักรทำงานได้ แต่อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ยังสามารถใช้งานได้	5
ความรำคาญ	เครื่องจักรสามารถใช้งานได้ อาจมีเสียงสั่นเครือ ขัดข้องเล็กน้อย (พนักงานส่วนใหญ่สังเกตได้มากกว่า 75%)	4
	เครื่องจักรสามารถใช้งานได้ อาจมีเสียงสั่นเครือ ขัดข้องเล็กน้อย (พนักงานส่วนใหญ่สังเกตได้มากกว่า 50%)	3
	เครื่องจักรสามารถใช้งานได้ อาจมีเสียงสั่นเครือ ขัดข้องเล็กน้อย (พนักงานส่วนใหญ่สังเกตได้น้อยกว่า 25%)	2
ไม่มีผล	ไม่มีผลใด ๆ	1

ตารางที่ **4.3** เกณฑ์การประเมินระดับโอกาสที่จะเกิดความล้มเหลว (**Occurrence : O**)

โอกาสเกิดความล้มเหลว	**เกณฑ์ : ความถี่ / โอกาสเกิดโอกาสเกิด (เหตุการณ์ต่ออุปกรณ์)**	**ระดับ**
โอกาสสูงมาก : เกิดความเสียหายบ่อยมาก	≥ 100 / 1,000 หรือ 1 ใน 10	10
โอกาสสูง : เกิดความเสียหายถี่	50 / 1,000 หรือ 1 ใน 20	9
	20 / 1,000 หรือ 1 ใน 50	8
	10 / 1,000 หรือ 1 ใน 100	7
โอกาสปานกลาง : เกิดความเสียหายเป็นครั้งคราว	2 / 1,000 หรือ 1 ใน 500	6
	0.5 / 1,000 หรือ 1 ใน 2,000	5
	0.1 / 1,000 หรือ 1 ใน 10,000	4
โอกาสต่ำ : เกิดความเสียหายน้อยครั้ง	0.01 / 1,000 หรือ 1 ใน 100,000	3
	< 0.001 / 1,000 หรือ 1 ใน 1,000,000	2
โอกาสต่ำมาก : ความเสียหายไม่น่าจะเกิดขึ้นได้	ความล้มเหลวถูกกำจัด โดยการควบคุมแบบป้องกัน	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ **4.4** เกณฑ์การประเมินระดับขีดความสามารถการตรวจพบในปัจจุบัน(**Detection :D**)

การตรวจพบ	**เกณฑ์ : ความเป็นไปได้ในการตรวจพบโดยการควบคุมการออกแบบ**	**ระดับ**
แทบเป็นไปไม่ได้	ไม่สามารถตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่างๆได้ : หรือไม่มีการตรวจสอบ	10
น้อยมาก	เป็นไปได้ยากมากที่จะตรวจพบสาเหตุเป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	9
น้อย	เป็นไปได้ยากที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	8
ต่ำมาก	มีโอกาสต่ำมากที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	7
ต่ำ	มีโอกาสต่ำที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	6
ปานกลาง	มีโอกาสปานกลางที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูงที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	4
สูง	มีโอกาสสูงที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	3
สูงมาก	มีโอกาสสูงมากที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	2
แทบแน่นอน	ค่อนข้างแน่นอนที่จะตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้ของความเสียหายในระดับต่าง ๆ ได้	1

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
1	กระแสไฟไม่เข้าหัวตัด	1.1	หัวตัดไม่เคลื่อนที่	1.1.1	ไม่สามารถตัดชิ้นงานได้	8	Control module ทำงานผิดปกติ	9	S	✓	-	ตรวจสอบการรันโปรแกรมจากชุดควบคุม	6	432
		1.2	เซ็นเซอร์กระแสไฟเสียหาย	1.2.1	กระแสไฟมีปริมาณที่มากเกินเข้าสู่ระบบ	7	Current sensor : Power Supply มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน	5	S		-	ไม่มีการตรวจสอบ	8	280
		1.3	วงจรไฟฟ้าไม่ทำงาน	1.3.1	ระบบการตัดไม่ทำงาน	8	มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของ Chopper ในระบบ Power Supply	8	S	✓	-	ไม่มีการตรวจสอบ	7	448
2	Phase loss error การจ่ายไฟไม่ครบภายในเฟส	2.1	หน้าสัมผัสของ Contactor เปิดระหว่างการทำงาน	2.1.1	กระแสไม่ครบวงจร	8	คอยล์ของ Contactor ขาด หรือหน้าสัมผัส Contactor เมื่อถูกความร้อนมากเกินไปทำให้สะสายติดกัน	7	S	✓	-	ไม่มีการตรวจสอบ	6	336
		2.2	กระแสไฟฟ้าไม่เหมาะสม	2.2.1	อุปกรณ์อื่นๆ ในวงจรได้รับกระแสไฟที่มากเกินทำให้เกิดความเสียหาย	5	หน้าสัมผัสของ Circuit Breaker สะสายติดกัน และทำให้เกิดการไหม้	5	S		-	ไม่มีการตรวจสอบ	7	175
				2.2.2	ระบบการตัดไม่ทำงาน	8	fuse ได้รับกระแสไฟเกินพิกัดทำให้ฟิวส์ขาด	9	S	✓	-	ไม่มีการตรวจสอบ	6	432
				2.2.3	ระบบการตัดขัดข้อง	7	สายไฟชำรุด หรือมีการทับงอของสายไฟ เนื่องจากอายุการใช้งาน	6	S		-	วิธีสายตาตรวจสอบ และสังเกตสายไฟ	6	252

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
3	ค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า (Voltage) ไม่อยู่ระหว่าง +15% ถึง -15%	3.1	ค่า Voltage ของ Power Supply ไม่ได้ระดับที่เหมาะสม	3.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	5	มีการปรับตั้งค่าความต่างศักย์ของกระแสไฟผิดพลาด	4	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบค่าความต่างศักย์จากจอแสดงผลให้ได้ค่าตามความเหมาะสม	4	80
4	กระแสไฟ output ลดลง	4.1	หัวตัดไม่เคลื่อนที่	4.1.1	ไม่สามารถตัดชิ้นงานได้	8	Power Supply ทำงานไม่ครบวงจร ทำให้กระแส output ที่จะส่งต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ มีความผิดพลาด	6	S		-	ใช้สายตาสังเกตการเคลื่อนที่ของหัวตัด	9	432
5	วงจรเกิดความร้อน	5.1	ระบบระบายความร้อนของ Power Supply ไม่ทำงาน	5.1.1	เครื่องพลาสมามีอุณหภูมิสูงและอาจเสี่ยงต่อการระเบิด	9	Fan : Power Supply สกรูของพัดลมอาจหลวมจึงทำให้การทำงานขัดข้องหรือมีฝุ่นละออง , เศษขยะ เข้าไปติดอยู่ที่ตัวพัดลมทำให้พัดลมไม่ทำงาน	6	C		-	ใช้สายตาสังเกตและหูฟังเสียงของการทำงานระบบระบายความร้อน	6	324

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะการขัดข้องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
6	ระบบน้ำหล่อเย็นขัดข้อง	6.1	ระดับน้ำหล่อเย็นต่ำ	6.1.1	หัวตัดไม่ทำงาน	4	Check Valve : Cooler เสื่อม ทำให้การตรวจจับระดับน้ำหล่อเย็นผิดพลาด	5	M		-	ใช้ลายตา สังเกต เกจแสดงระดับน้ำยาหล่อเย็น	8	160
		6.2	สายของน้ำหล่อเย็นอุดตัน	6.2.1	ไม่มีน้ำหล่อเย็นไปสู่ระบบหัวตัด ทำให้หัวตัดมีความร้อนสูงขึ้น และอาจเสี่ยงต่อการระเบิด	8	สายของน้ำหล่อเย็นอาจบิดงอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	S		-	ใช้ลายตาตรวจสอบ และสังเกตสายของน้ำหล่อเย็น	5	240
		6.3	มอเตอร์ของระบบ Cooler ขัดข้อง	6.3.1	เครื่องพลาสมามีอุณหภูมิสูง	6	มอเตอร์รับภาระมากเกินทำให้เกิดความร้อน และการทำงานหยุดชั่วคราว	5	S		-	ไม่มีการตรวจสอบ	8	240
		6.4	ปั๊มของระบบ Cooler ขัดข้อง	6.4.1	ไม่มีน้ำไหลเวียนภายในระบบ	6	ลูกสูบแตกของปั๊มมีการชำรุดแตกหัก หรือมีฝุ่นละออง , เศษขยะเข้าไปทำให้ทำงานไม่ได้	5	S		-	ไม่มีการตรวจสอบ	8	240
		6.5	Flow Switch เสียหาย	6.5.1	น้ำหล่อเย็นไม่สามารถถูกลำเลียงจ่ายไปยังหัวตัดได้	8	ขั้วของ Flow Switch ลัดวงจรหรือเกิดจากการเสื่อมตามอายุการใช้งาน	6	S	✓	-	ไม่มีการตรวจสอบ	8	384

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะการขัดข้องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
7	สัญญาณ START ผิดพลาด	7.1	ชุด control ประมวลผลผิดพลาด	7.1.1	ระบบการตัดไม่ทำงาน	8	สัญญาณที่ถูกป้อนเข้าโปรแกรมโดยชุด Control ผิดพลาด ทำให้การประมวลผลผิดพลาดและระบบไม่ทำงาน	6	S		-	ใช้สายตาสังเกตหน้าจอแสดงผลของระบบควบคุมเครื่องพลาสมา	8	384
8	แรงดัน Plasma Cutflow ผิดพลาด	8.1	แรงดัน Plasma Cutflow ขณะตัดไม่อยู่ระหว่าง 30 - 140 psi / 2.07 - 9.65 bar	8.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Plasma Cutflow แรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	M	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบระดับความดันระดับที่ได้มาตรฐาน	5	60
				8.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบ และสังเกตสายลำเลียง	4	120

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	สภาพการขัดข้องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	Class	เลยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
9	แรงดัน Plasma Preflow ผิดพลาด	9.1	แรงดัน Plasma Preflow ไม่อยู่ระหว่าง 10 - 140 psi / 0.69 - 9.65 bar	9.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Plasma Preflow แรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	M	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบระดับความดันให้อยู่ในระดับที่ได้มาตรฐาน	5	60
				9.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบและสังเกตสายลำเลียง	4	120
10	แรงดัน Shield Cutflow ผิดพลาด	10.1	แรงดัน Shield Cutflow ขณะตัดไม่อยู่ระหว่าง 10 - 140 psi / 0.69 - 9.65 bar	10.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Shield Cutflow แรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	M	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบระดับความดันให้อยู่ในระดับที่ได้มาตรฐาน	5	60
				10.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบและสังเกตสายลำเลียง	4	120

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
11	แรงดัน Shield Preflow ผิดพลาด	11.1	แรงดัน Shield Preflow ไม่อยู่ระหว่าง 15 -140 psi / 1.03 - 9.65 bar	11.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Shield Preflowแรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	M	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบระดับความดันให้อยู่ในระดับที่ได้มาตรฐาน	5	60
				11.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิดงอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบ และสังเกตสายลำเลียง	4	120
12	ไม่มีการอาร์คที่หัว	12.1	สายไฟต่อไม่สมบูรณ์	12.1.1	ระบบตัดไม่ทำงาน	8	สายไฟทั้งระบบหลอมละลายจากความร้อนหรือมีการบิดงอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ	5	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบ และสังเกตสายไฟโดยรอบของเครื่องพลาสมา	7	280
		12.2	ระยะระหว่างชิ้นงานถึงหัวตัดสูงเกินไป 1-2 cm.	12.2.1	หัวตัดไม่มีการอาร์ค	6	ตั้งค่า Torch ไม่ได้ระดับ	7	S	✓	-	ใช้สายตาสังเกตและคาดคะเนระยะระหว่างชิ้นงานถึงหัวตัด	3	126

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
12	ไม่มีการอาร์คที่หัว	12.3	กระแสป้อนเข้าไม่เพียงพอ	12.3.1	ระบบตัดไม่ทำงาน	8	กระแสภายในวงจร Power Supply ไม่ครบวงจร	6	S		-	ใช้สายตาสังเกตการเริ่มทำงานของเครื่องพลาสมา	6	288
		12.4	หัวตัดแตกหัก	12.4.1	หัวตัดไม่มีการอาร์ค	5	การใช้งานที่ไม่ถูกต้องหรือขาดการตรวจเช็คสภาพก่อนการใช้งาน	5	S		-	ใช้สายตาตรวจสอบหัวตัดก่อนการใช้งาน	4	100
		12.5	การส่งสัญญาณเซ็นเซอร์ผิดพลาด	12.5.1	ไม่มีสัญญาณส่งไปยังชุด Control ทำให้ชุด Control ไม่ทำงาน	6	Current Sensor ของวงจรเสียหาย หรือมีการเสื่อมตามอายุการใช้งานจึงทำให้ไม่มีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์อื่น	4	S		-	ไม่มีการตรวจสอบ	7	168

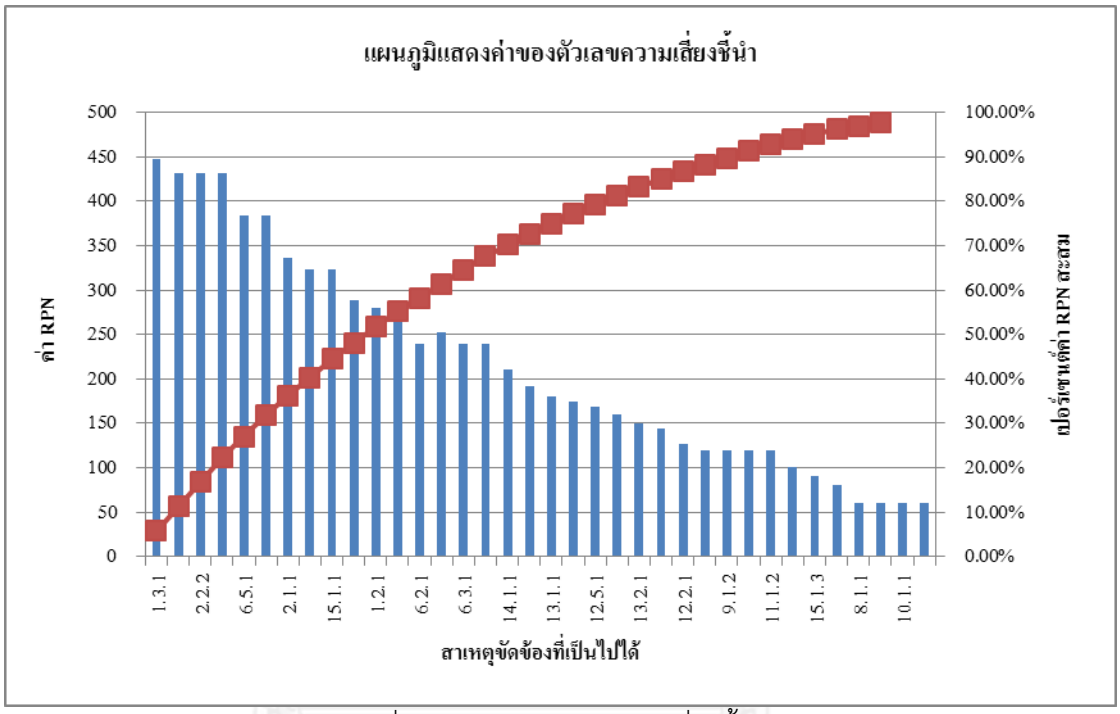
ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	สภาพการขัดข้องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
13	น้ำหล่อเย็นรั่วไหลออกจากหัวตัด	13.1	O-ring ของ Torch ไม่ได้ระดับ	13.1.1	เกิดการรั่วไหลภายในหัวตัด	6	O-ring ของหัวตัดชำรุดหรือเสื่อมตามอายุการใช้งาน	6	S	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบ O-ring ก่อนการใช้งาน	5	180
		13.2	สายของน้ำหล่อเย็นมีการพับงอหรือชำรุด	13.2.1	น้ำหล่อเย็นส่งไปถึงหัวตัดได้น้อย	5	สายของน้ำหล่อเย็นอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	S	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบและสังเกตสายของน้ำหล่อเย็น	5	150
		13.3	ติดตั้งสายของน้ำหล่อเย็นให้กับหัวตัดผิดตำแหน่ง	13.3.1	ไม่มีน้ำหล่อเย็นไปสู่ระบบหัวตัด ทำให้หัวตัดมีความร้อนสูงขึ้น	8	สายของระบบน้ำหล่อเย็นถูกติดตั้งผิดตำแหน่งทำให้น้ำหล่อเย็นรั่วออกจากหัวตัด	3	S		-	ใช้สายตาคาดคะเนระยะการติดตั้งสายน้ำหล่อเย็นบนหัวตัด	6	144
14	Main transformer มีอุณหภูมิสูง	14.1	ระบบระบายความร้อนไม่ทำงาน	14.1.1	ระบบการตัดหยุดการทำงาน	7	Fan : Cooler สกรูของพัดลมอาจหลวมจึงทำให้การทำงานขัดข้องหรือมีฝุ่นละออง ทำให้พัดลมไม่ทำงาน	6	S	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบการทำงานของพัดลม	5	210

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหา	ลำดับย่อย	ลักษณะการขัดข้องที่เป็นไปได้ (Failure Mode)	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	Class	เคยเกิดขึ้น	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
											การป้องกัน	การตรวจสอบ		
		14.2	แหล่งจ่ายไฟมีรอบการทำงานมากเกินหน้าที่	14.2.1	ระบบการตัดหยุดการทำงาน	8	ขดลวดของ Control Transformer ชำรุดเนื่องจากรับภาระการทำงานที่หนักเกินความเหมาะสม	3	S		-	ไม่มีการตรวจสอบ	8	192
15	น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิสูง	15.1	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกสูง หรือรอบการทำงานในการตัดสูงจะส่งผลกระทบทำให้อุณหภูมิของน้ำยาคูแรนท์สูงเกิน 160 F (71 C)	15.1.1	เครื่องพลาสมามีอุณหภูมิสูงและอาจเสี่ยงต่อการระเบิด	9	Fan : Cooler สกรูของพัดลมอาจหลวมจึงทำให้การทำงานขัดข้องหรือมีฝุ่นละออง, เศษขยะ เข้าไปติดอยู่ที่ตัวพัดลมทำให้พัดลมไม่ทำงาน	6	C	✓	-	ใช้สายตาตรวจสอบการทำงานของพัดลม	6	324
				15.1.2	น้ำหล่อเย็นที่ถูกลำเลียงส่งไปยังหัวตัดมีอุณหภูมิที่สูงอาจทำให้หัวตัดมีความเสียหาย	4	Temp. Switch : Cooler เสื่อม ทำให้การตรวจจับระดับน้ำหล่อเย็นผิดพลาด	2	M		-	ไม่มีการตรวจสอบ	7	56
				15.1.3	ระบบ Cooler หยุดการทำงานชั่วคราว	3	Filter : Cooler มีสิ่งแปลกปลอมอุดตันในระบบ	5	M		-	ไม่มีการตรวจสอบ	6	90

จากการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบแล้วนั้น ทำให้ทราบค่าของตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) ซึ่งได้มาจากการคูณกันระหว่างตัวแปรต่างๆ คือ S x O x D เพื่อชี้ให้เห็นถึงระดับความสำคัญของปัญหานั้นๆ เมื่อนำมาพิจารณาด้วยกราฟพาเรโตเพื่อหาระดับความสำคัญ ดังรูปที่ 4.4 จะทำการตัดเกณฑ์การแก้ไขที่ 80% ซึ่งหากปัญหาเหตุขัดข้องใดมีค่า RPN สูงกว่า 160 ควรได้รับการแก้ไข



รูปที่ **4.4** ค่าของตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ

แต่การพิจารณาค่า RPN อย่างเดียวอาจเป็นการแบ่งระดับความเสี่ยงของอาการขัดข้องและผลกระทบที่ไม่แน่ชัดเนื่องจากการที่อาการขัดข้องนั้นๆ มีค่า RPN สูงและต่ำไม่เท่ากัน ซึ่งในบางสาเหตุอาจมีค่าความรุนแรงที่ไม่เท่ากัน ในหลักความเป็นจริงเราจะต้องดูสาเหตุที่มีระดับความรุนแรงที่มีค่าสูงและดำเนินการปรับปรุงสาเหตุนั้นๆ ให้มีความเสี่ยงที่ลดลง

ตัวอย่างเช่น

รายการ	ระดับความรุนแรง	โอกาสที่จะเกิด	โอกาสที่จะตรวจพบ	RPN
4.1.1	8	6	9	432
5.1.1	9	6	6	324

ในตัวอย่างนี้ค่า RPN สูงกว่าในลักษณะเหตุขัดข้อง 4.1.1 แต่ควรให้ลำดับความสำคัญกับ 5.1.1 ที่มีระดับความรุนแรงสูงกว่าคือ 9 แม้ว่า RPN เป็น 324 ที่มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นไม่ควรใช้ค่าจำกัด RPN เพื่อกำหนดความจำเป็นของมาตรการในการแก้ไข และปรับปรุง

โดยในหลักการของ FMEA 4th edition ของ AIAG นั้น ได้มีการเน้นถึงการพิจารณาเฉพาะตัวแปร ระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Severity : S) และ ระดับโอกาสที่จะเกิดความล้มเหลว (Occurrence : O) ซึ่งตัวแปรทั้งสองจะเป็นตัวชี้วัดได้ว่าปัญหาใดที่จัดอยู่ในระดับวิกฤต ระดับสำคัญ หรือระดับสร้างความรำคาญเล็กน้อย ดังนี้

4.3.1 เกณฑ์การแบ่งระดับของผลกระทบและโอกาสที่จะเกิดขึ้นของอาการขัดข้องเพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง

รายละเอียดของเกณฑ์การแบ่งระดับความเสียหายโดยพิจารณาร่วมระหว่างผลกระทบและโอกาสที่จะเกิดขึ้นดังในรูปที่ 4.5 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

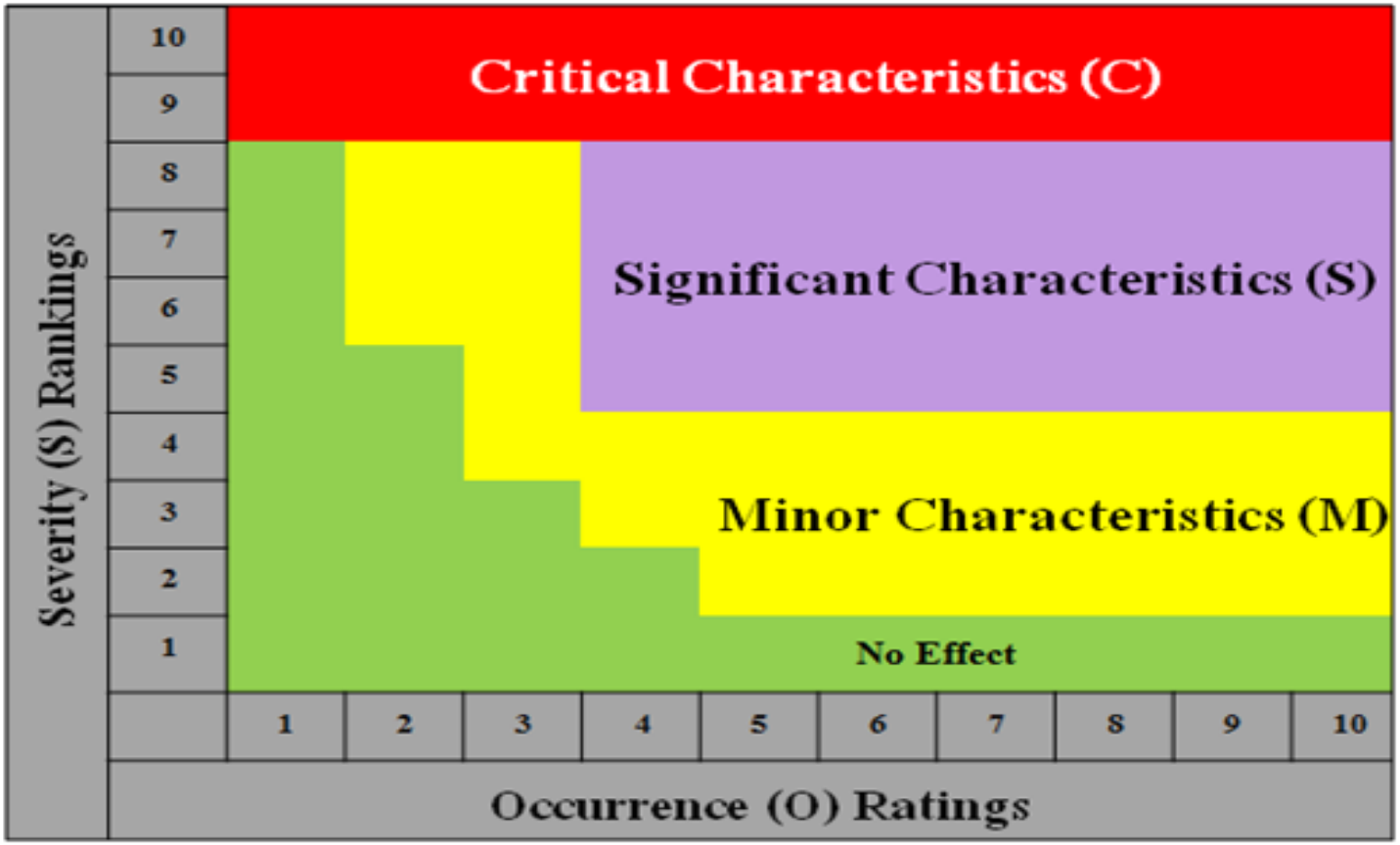
1. ระดับวิกฤต (Critical Characteristics : C) คือค่าระดับความเสียหายที่มีค่าความรุนแรง 9-10 และค่าโอกาสเกิดตั้งแต่ 1-10

2. ระดับความสำคัญ (Significant Characteristics : S) คือค่าระดับความเสียหายที่มีความรุนแรงอยู่ระหว่า 5-8 และโอกาสเกิดอยู่ระหว่าง 4-10

3. ระดับสร้างความรำคาญ (Minor Issue Characteristics : M) คือค่าระดับความเสียหายที่มีความรุนแรงระหว่าง 2-8 และโอกาสเกิดอยู่ระหว่าง 2-10

4. ระดับไม่มีผลกระทบ (No Effect) คือค่าระดับความเสียหายที่มีความรุนแรงและโอกาสเกิดระหว่าง 1-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.5 FMEA 4th edition Matrix ข้อมูลจาก The Automotive Industry Action Group (AIAG)

ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบของเครื่องพลาสมา

ระดับ	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
วิกฤต (C)	5.1.1	เครื่องพลาสมามีอุณหภูมิสูงและอาจเสี่ยงต่อการระเบิด	9	Fan : Power Supply สกรูของพัดลมอาจหลวมจึงทำให้การทำงานขัดข้องหรือมีฝุ่นละออง, เศษขยะ เข้าไปติดอยู่ที่ตัวพัดลมทำให้พัดลมไม่ทำงาน	6	Fan : Power Supply Front Panel Outside
	15.1.1	เครื่องพลาสมามีอุณหภูมิสูงและอาจเสี่ยงต่อการระเบิด	9	Fan : Cooler สกรูของพัดลมอาจหลวมจึงทำให้การทำงานขัดข้องหรือมีฝุ่นละออง, เศษขยะ เข้าไปติดอยู่ที่ตัวพัดลมทำให้พัดลมไม่ทำงาน	6	Fan : Cooler
สำคัญ (S)	1.1.1	ไม่สามารถตัดชิ้นงานได้	8	Control module ทำงานผิดปกติ	9	Control module
	1.3.1	ระบบการตัดไม่ทำงาน	8	มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของ Chopper ในระบบ Power Supply	8	Chopper : Power Supply Front Panel Inside
	2.1.1	กระแสไม่ครบวงจร	8	คอยล์ของ Contactor ขาด หรือหน้าสัมผัส Contactor เมื่อถูกความร้อนมากเกินไปทำให้ละลายติดกัน	7	Contractor : Power Supply Rear Panel Inside and Outside
	6.2.1	ไม่มีน้ำหล่อเย็นไปสู่ระบบหัวตัด ทำให้หัวตัดมีความร้อนสูงขึ้นและเสี่ยงต่อการระเบิด	8	สายของน้ำหล่อเย็นอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	สายของน้ำหล่อเย็น : Cooler

ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบ ของเครื่องพลาสมา(ต่อ)

ระดับ	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
สำคัญ (S)	2.2.2	ระบบการตัดไม่ทำงาน	8	Fuse ได้รับกระแสไฟเกินพิกัด ไม่เหมาะสมทำให้ฟิวส์เกิดขาด	9	Fuse : Power Supply Front Bail (Wall)
	4.1.1	ไม่สามารถตัดชิ้นงานได้	8	Power Supply ทำงานไม่ครบวงจร ทำให้กระแส output ที่จะส่งต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ มีความผิดพลาด	6	ทุกวงจรของ Power Supply
	6.5.1	น้ำหล่อเย็นไม่สามารถถูกลำเลียงจ่ายไปยังหัวตัดได้	8	ขั้วของ Flow Switch ลัดวงจรหรือเกิดจากการเสื่อมตามอายุการใช้งาน	6	Flow Switch : Cooler
	7.1.1	ระบบการตัดไม่ทำงาน	8	สัญญาณที่ถูกป้อนเข้าโปรแกรมโดยชุด Control ผิดพลาด ทำให้การประมวลผลผิดพลาดและระบบไม่ทำงาน	6	Control module
	12.1.1	ระบบตัดไม่ทำงาน	8	สายไฟทั้งระบบหลอมละลายจากความร้อนหรือมีการบิดงอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ	5	สายไฟทั้งระบบ
	12.3.1	ระบบตัดไม่ทำงาน	8	กระแสภายในวงจร Power Supply ไม่ครบวงจร	6	ทุกวงจรของ Power Supply
	13.3.1	ไม่มีน้ำหล่อเย็นไปสู่ระบบหัวตัด ทำให้หัวตัดมีความร้อนสูงขึ้น	8	สายขอระบบน้ำหล่อเย็นถูกผิดตั้งผิดตำแหน่งทำให้น้ำหล่อเย็นรั่วออกจากหัวตัด	3	สายของน้ำหล่อเย็น : Cooler

ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบ ของเครื่องพลาสมา(ต่อ)

ระดับ	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
สำคัญ (S)	14.2.1	ระบบการตัดหยุดการทำงาน	8	ขดลวดของ Control Transformer ชำรุด เนื่องจากรับภาระการทำงานที่หนักเกินความเหมาะสม	3	Control Transformer : Power Supply Rear Bail (wall)
	1.2.1	กระแสไฟมีปริมาณที่มากเกินเข้าสู่ระบบ	7	Current sensor : Power Supply มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน	5	Current sensor : Power Supply
	2.2.3	ระบบการตัดขัดข้อง	7	สายไฟชำรุด หรือมีการพับงอของสายไฟ เนื่องจากอายุการใช้งาน	6	สายไฟ : Power Supply
	14.1.1	ระบบการตัดหยุดการทำงาน	7	Fan : Cooler สกรูของพัดลมอาจหลวมจึงทำให้การทำงานขัดข้องหรือมีฝุ่นละออง , เศษขยะ เข้าไปติดอยู่ที่ตัวพัดลมทำให้พัดลมไม่ทำงาน	6	Fan : Cooler
	6.3.1	เครื่องพลาสมามีอุณหภูมิสูง	6	มอเตอร์รับภาระมากเกินทำให้เกิดความร้อน และการทำงานหยุดชั่วคราว	5	Motor : Cooler
	6.4.1	ไม่มีน้ำไหลเวียนภายในระบบ	6	ลูกสูบแตกของปั๊มมีการชำรุดแตกหัก หรือมีฝุ่นละออง , เศษขยะเข้าไปทำให้ทำงานไม่ได้	5	Pump : Cooler
	12.2.1	หัวตัดไม่มีการอาร์ค	6	ตั้งค่า Torch ไม่ได้ระดับ	7	Torch
	12.5.1	ไม่มีสัญญาณส่งไปยังชุด Control ทำให้ชุด Control ไม่ทำงาน	6	Current Sensor ของวงจรเสียหายหรือมีการเสื่อมตามอายุการใช้งานจึงทำให้ไม่มีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์อื่น	4	Current Sensor :Power Supply Rear Bail (wall)

ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบ ของเครื่องพลาสมา(ต่อ)

ระดับ	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
สำคัญ (S)	13.1.1	เกิดการรั่วไหลภายในหัวตัด	6	O-ring ของหัวตัดชำรุดหรือเสื่อมตามอายุการใช้งาน	6	O-ring : Torch
	2.2.1	อุปกรณ์อื่นๆ ในวงจรได้รับกระแสไฟที่มากเกินทำให้เกิดความเสียหาย	5	หน้าสัมผัสของ Circuit Breaker ละลายติดกัน และทำให้เกิดการไหม้	5	Circuit Breaker : Power Supply Rear Panel Inside and Outside
	3.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	5	มีการปรับตั้งค่าความต่างศักย์ของกระแสไฟผิดพลาด	4	PCB Power Supply Front Panel Inside
	8.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	สายหรือท่อลำเลียง : Gas Console
	9.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	สายหรือท่อลำเลียง : Gas Console
	10.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิด งอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	สายหรือท่อลำเลียง : Gas Console

ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบ ของเครื่องพลาสมา(ต่อ)

ระดับ	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
สำคัญ (S)	11.1.2	แก๊สไม่ไหลเข้าหัวตัด	5	สายหรือท่อลำเลียงอาจบิดงอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	สายหรือท่อลำเลียง : Gas Console
	12.4.1	หัวตัดไม่มีการอาร์ค	5	การใช้งานที่ไม่ถูกต้องหรือขาดการตรวจเช็คสภาพก่อนการใช้งาน	5	Torch
	13.2.1	น้ำหล่อเย็นส่งไปถึงหัวตัดได้น้อย	5	สายของน้ำหล่อเย็นอาจบิดงอ เกิดจากการกดทับจากอุปกรณ์ต่างๆ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในสายทำให้เกิดการอุดตัน	6	สายของน้ำหล่อเย็น : Cooler
สำคาญ (M)	6.1.1	หัวตัดไม่ทำงาน	4	Check Valve : Cooler เสื่อม ทำให้การตรวจจับระดับน้ำหล่อเย็นผิดพลาด	5	Check Valve : Cooler
	8.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Plasma Cutflow แรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	Pressure Switch : Plasma Cutflow : Gas Console
	9.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Plasma Preflow แรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	Pressure Switch : Plasma Cutflow : Gas Console
	10.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Shield Cutflowแรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	Pressure Switch : Plasma Cutflow : Gas Console
	11.1.1	ผิวของชิ้นงานที่ตัดได้ไม่เรียบเนียน	3	ปรับตั้งค่า Pressure Switch : Shield Preflowแรงดันขณะตัดไม่ถูกต้อง	4	Pressure Switch : Plasma Cutflow : Gas Console

ตารางที่ 4.6 ระดับความเสียหายของอาการขัดข้องและผลกระทบ ของเครื่องพลาสมา(ต่อ)

ระดับ	ลำดับย่อย	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
ร้ำคาญ (M)	15.1.2	น้ำหล่อเย็นที่ถูกลำเลียงส่งไปยังหัวตัดมีอุณหภูมิที่สูง อาจทำให้หัวตัดมีความเสียหาย	4	Temp. Switch : Cooler เสื่อม ทำให้การตรวจจับระดับน้ำหล่อเย็นผิดพลาด	2	Temp. Switch : Cooler
	15.1.3	ระบบ Cooler หยุดการทำงานชั่วคราว	3	Filter : Cooler มีสิ่งแปลกปลอมอุดตันในระบบ	5	Filter : Cooler

จากการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุประดับของสำคัญของปัญหาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ **4.7** ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของปัญหาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

ระดับ	ลำดับย่อย	เคยเกิด	ไม่เคยเกิด	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
วิกฤต (C)	5.1.1		✓	Fan ภายใน Power Supply Front Panel Outside
	15.1.1	✓		Fan ภายใน Cooler
	รวม	1	1	
สำคัญ (S)	1.1.1	✓		Control module
	1.3.1	✓		Chopper ภายใน Power Supply Front Panel Inside
	2.1.1	✓		Contactor ภายใน Power Supply Rear Panel Inside and Outside
	6.2.1		✓	สายของน้ำหล่อเย็น ภายใน Cooler
	2.2.2	✓		Fuse ภายใน Power Supply Front Bail (Wall)
	4.1.1		✓	ทุกวงจรภายใน Power Supply
	6.5.1	✓		Flow Switch ภายใน Cooler
	7.1.1		✓	Control module
	12.1.1		✓	สายไฟทั้งระบบ
	12.3.1		✓	ทุกวงจรภายใน Power Supply
	13.3.1		✓	สายของน้ำหล่อเย็นของ Cooler
	14.2.1		✓	Control Transformer ภายใน Power Supply Rear Bail (wall)
	1.2.1		✓	Current sensor ภายใน Power Supply
	2.2.3		✓	สายไฟของ Power Supply
	14.1.1	✓		Fan ภายใน Cooler
	6.3.1		✓	Motor ภายใน Cooler
	6.4.1		✓	Pump ภายใน Cooler

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของปัญหาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ระดับ	ลำดับย่อย	เคยเกิด	ไม่เคยเกิด	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
สำคัญ (S)	12.2.1	✓		Torch
	12.5.1		✓	Current Sensor ภายใน Power Supply Rear Bail (wall)
	13.1.1	✓		O-ring ภายใน Torch
	2.2.1		✓	Circuit Breaker ภายใน Power Supply Rear Panel Inside and Outside
	3.1.1		✓	PCB Power Supply Front Panel Inside
	8.1.2		✓	สายหรือท่อลำเลียงของ Gas Console
	9.1.2		✓	สายหรือท่อลำเลียงของ Gas Console
	10.1.2		✓	สายหรือท่อลำเลียงของ Gas Console
	11.1.2		✓	สายหรือท่อลำเลียงของ Gas Console
	12.4.1		✓	Torch
	13.2.1	✓		สายของน้ำหล่อเย็นของ Cooler
	รวม	9	19	
รำคาญ (M)	6.1.1		✓	Check Valve ภายใน Cooler
	8.1.1	✓		Pressure Switch : Plasma Cutflow ภายใน Gas Console
	9.1.1	✓		Pressure Switch : Plasma Cutflow ภายใน Gas Console
	10.1.1	✓		Pressure Switch : Plasma Cutflow ภายใน Gas Console
	11.1.1	✓		Pressure Switch : Plasma Cutflow ภายใน Gas Console
	15.1.2		✓	Temp. Switch ภายใน Cooler
	15.1.3		✓	Filter ภายใน Cooler
	รวม	4	3	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ **4.8** จำนวนปัญหาที่แต่ละระดับความเสียหาย

ระดับ	จำนวน เหตุขัดข้อง	เคยเกิด	ไม่เคยเกิด
วิกฤต (C) *	2	1	1
สำคัญ (S) *	28	9	19
รำคาญ (M)	7	4	3
ไม่มีผลกระทบ (N)	0	0	0
รวม	37	14	23

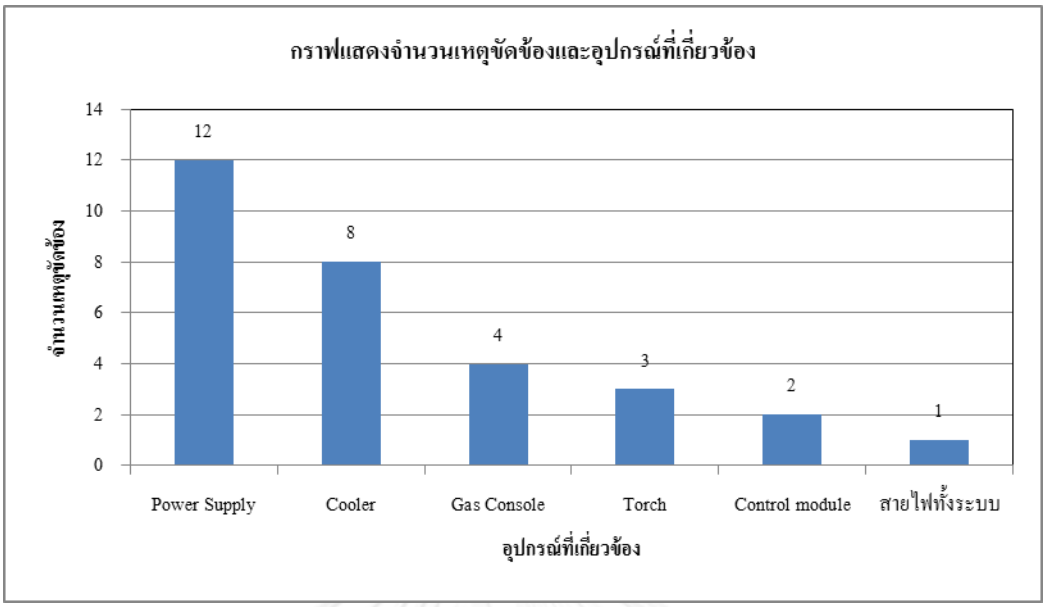
หมายเหตุ : เครื่องหมาย * แสดงระดับที่จะทำการปรับปรุง

จากตารางที่ 4.8 เราจะทำการพิจารณาหามาตรการในการแก้ไขปรับปรุงเฉพาะระดับ Critical Characteristic และ Significant Characteristics โดยทำการวิเคราะห์ว่าอุปกรณ์ใดที่มีความเกี่ยวข้องจัดอยู่ในทั้งสองระดับนี้มากที่สุด ทำการแบ่งตามประเภทการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ **4.9** จำนวนเหตุขัดข้องที่ทำให้อุปกรณ์เสียหายในระดับระดับวิกฤตและสำคัญ

อุปกรณ์	จำนวนเหตุขัดข้อง		
	เคยเกิด	ไม่เคยเกิด	รวม
Power Supply	3	9	12
Cooler	4	4	8
Gas Console	0	4	4
Torch	2	1	3
Control module	1	1	2
สายไฟทั้งระบบ	0	1	1
รวม	10	20	30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ **4.6** จำนวนเหตุขัดข้องที่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย

จากรูป 4.6 จะเห็นว่าสถิติการเก็บข้อมูลของการเกิดเหตุขัดข้องต่างๆ ทั้งเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นแล้วและยังไม่เคยเกิดขึ้น ในระดับ Critical Characteristic และ Significant Characteristics ส่วนใหญ่เหตุขัดข้องจะเกิดจากอุปกรณ์ของระบบ Power Supply , Cooler , Gas Console , Torch , Control Module , และสายไฟทั้งระบบ ตามลำดับ เมื่อเราทราบถึงอาการขัดข้อง ผลกระทบ และสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดเหตุขัดข้องแล้วนั้น จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงประเภทการขัดข้องของอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องพลาสมา

4.4 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

จากการวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องและผลกระทบแล้วนั้น จะทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ใดทำให้เกิดอาการขัดข้องและมีความเสี่ยงทำให้เครื่องพลาสมาได้รับความเสียหาย จากนั้นทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุ ลักษณะ และประเภทการขัดข้องของชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์นั้นๆ ที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องพลาสมา

ประเภทการขัดข้องสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1. การขาดการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง เช่น การบำรุงรักษาเครื่องจักรตามแผนที่กำหนด

2. การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วน เช่น ชิ้นส่วนเครื่องจักรได้มีการนำมาใช้งานจนกระทั่งครบอายุการใช้งาน หรือนำมาใช้งานเป็นระยะเวลาที่ยาวนานมาก

3. การใช้งานไม่ถูกวิธี เช่น ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำหรือคู่มือการใช้งาน ใช้งานเกินกำลัง ใช้งานเกินสมรรถนะ หรือใช้งานชิ้นส่วนผิดประเภท

4. วิธีการซ่อมหรือการติดตั้งไม่รอบคอบหรือไม่ถูกต้อง เช่น การใช้เครื่องมือในการซ่อมไม่ถูกต้อง หรือทำการซ่อมไม่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ผู้ผลิตเครื่องจักรกำหนด

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้อขัดข้อง	
					รายการ	ประเภท
	Power Supply : Front Panel Outside					
1	Lens, Green	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	หลอดขาด	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
2	Lens, White	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	หลอดขาด	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
3	Light Bulb, 120 VAC	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	หลอดขาด	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
4	PCB Assy.	วงจรไม่ทำงาน	Relay , Analog , Serial Board หรือ Microprocessor Control	แตกหัก , เสียหาย	ดุลยพินิจวิสัย	B
5	Fan	ลดปรก อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ฝุ่นละออง สายไฟชำรุด	เสื่อม แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A A
	Power Supply : Front Panel Inside					
1	PCB : PhaseLoss Detection	วงจรไม่ทำงาน	Chopper ของวงจรเสียหาย	แตกหัก , เสียหาย	ดุลยพินิจวิสัย	B
	Power Supply : Front Bail (Wall)					
1	Start Circuit Assembly	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	แผงวงจรละลายติดกัน , ไหม้	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
2	Fuse : 125A 250V	ฟิวส์ขาด อุปกรณ์ไม่ทำงาน	กระแสไฟตก , ขัดวงจร	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	รับภาระมากเกิน	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
	Power Supply : Rear Bail (Wall)					
1	PCB Assy : Power Distribution	วงจรไม่ทำงาน	Relay , Microprocessor Control หรือ Switch Control	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B
2	Plasma Interface	วงจรไม่ทำงาน	Plasma Switch , Relay หรือ Ohmic Contract	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B
3	Control Transformer	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ขดลวดขาด , ลัดวงจร	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
4	Current Sensor	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ลัดวงจร	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside					
1	Chassis Assembly, In-Rush	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ลัดวงจร	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
2	Contactor	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	คอยล์ขาด , หน้าสัมผัสละลาย	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
3	Circuit Breaker	อุปกรณ์ไม่ทำงาน ไฟรั่ว	หน้าสัมผัสละลายติดกัน , ไหม้ สายไฟชำรุด , ลัดวงจร	แตกหัก , เสียหาย แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A A
4	Filter	อุปกรณ์ไม่ทำงาน สกปรก	รับภาระหนักเกินไป ฝุ่นละออง	แตกหัก , เสียหาย เสื่อม	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการทำความสะอาด	A A
	ชุดสายไฟ : Power Supply					
1	สายไฟ	สายขาด ชำรุด	ความร้อนหลอมละลาย	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
			สายไฟ บิด งอ เกิดจากการกดทับ	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการระมัดระวังในการใช้งาน	C
			ระยะเวลาของการใช้งานที่มากเกินไป	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
	Cooler					
1	Fan	สั่นสะเทือน อุปกรณ์ไม่ทำงาน	สกรูหลวม ฝุ่นละออง, เศษขยะ	แตกหัก , เสียหาย เสื่อม	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการทำความสะอาด	A A
2	Solenoid Valve Replacement	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	สายไฟเปื่อย ชำรุด	เสื่อม	การใช้งานเป็นเวลานานเกิน	B
3	Motor	ไหม้, เสียงดัง	ลัดวงจร , รับภาระมากเกิน	เสื่อม	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
4	Pump : Coolant system	อุปกรณ์ไม่ทำงาน อุดตัน	ลูกสูบแตก ฝุ่นละออง, เศษขยะ	แตกหัก , เสียหาย แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการทำความสะอาด	A A
5	Temp. Switch Assembly	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ลัดวงจร	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B
6	Check Valve	อุปกรณ์ค้าง, อุปกรณ์ไม่ทำงาน	สายไฟชำรุด	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
7	Filter	สกปรก อุดตัน	ฝุ่นละออง ฝุ่นละออง , เศษขยะ	เสื่อม เสื่อม	ขาดการทำความสะอาด ขาดการป้องกันฝุ่นละออง	A A
8	Flow switch Assembly	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ลัดวงจร	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B
	ชุดสายไฟ : Cooler					
1	สายไฟ	สายขาด ชำรุด	ความร้อนหลอมละลาย	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
			สายไฟ บิด งอ เกิดจากการกดทับ	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการระมัดระวังในการใช้งาน	C
			ระยะเวลาของการใช้งานที่มากเกินไป	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
	Gas Console					
1	Toggle switch : สวิตช์สลับ	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	แรงกระแทก ต่อขั้วผิด , ลัดวงจร	แตกหัก , เสียหาย แตกหัก , เสียหาย	เปิด - ปิด แรงไป ช่างซ่อมบกพร่อง	C D
2	Pressure Switch	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ลัดวงจร	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B
3	PCB Assy : LED Display Broad	วงจรไม่ทำงาน	แผงวงจรหลอมละลาย	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
4	Thump-wheel Assembly	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	รับภาระมากเกิน	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
5	Manifold and Solenoids	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ขดลวดขาด , ลัดวงจร	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console					
1	สายลำเลียง	สายขาด ชำรุด	ความร้อนหลอมละลาย	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
			สายไฟบิดงอเกิดจากการกดทับ	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการระมัดระวังในการใช้งาน	C
			ระยะเวลาของการใช้งานที่มากเกินไป	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
	Torch					
1	Torch adapter	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	แรงกระแทก	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการระมัดระวัง	C
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)	ฉีกขาด	รับภาระมากเกิน	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
3	Retaining Cap	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	เลือกใช้ขนาดไม่เหมาะสม	แตกหัก , เสียหาย	ขนาดอุปกรณ์ไม่เหมาะสม	C
4	Nozzle	อุปกรณ์ไม่ทำงาน อุดตัน รั่วซึม	แรงกระแทก , สัมผัสตลอดเวลา ฝุ่นละออง เกลียวรูดเสีย	แตกหัก , เสียหาย เสื่อม แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการทำความสะอาด ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A A A
5	Swirl Ring	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ฝุ่นละออง	เสื่อม	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
6	Electrode	อุปกรณ์ไม่ทำงาน สกปรก	เลือกใช้ขนาดไม่เหมาะสม ฝุ่นละออง	แตกหัก , เสียหาย เสื่อม	ขนาดอุปกรณ์ไม่เหมาะสม ขาดการทำความสะอาด	C A

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ

C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
7	Water Tube	อุดตัน อุปกรณ์ไม่ทำงาน	เศษขยะ แรงเสียดสี , แรงกระแทก	แตกหัก , เสียหาย แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการระมัดระวัง	A C
8	O-ring (Part of torch body assembly)	ฉีกขาด	รับภาระมากเกิน	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
9	Torch body	อุปกรณ์ไม่ทำงาน สั่นสะเทือน เสียดัง	เลือกใช้ขนาดไม่เหมาะสม สกรูหลวม	แตกหัก , เสียหาย เสื่อม	ขาดการตรวจเช็คสภาพ ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A A
	Control module					
1	Enclosure, Control module	สกปรก สั่นสะเทือน	ฝุ่นละออง สกรูหลวม	เสื่อม เสื่อม	ขาดการทำความสะอาด ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A A
2	Heat sink	สกปรก	ฝุ่นละออง	เสื่อม	ขาดการทำความสะอาด	A
3	Module, Power entry	อุปกรณ์ไม่ทำงาน	ฟิวส์ขาด 3.15 Amp	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A

ตารางที่ 4.10 เหตุขัดข้องของอุปกรณ์เครื่องพลาสมา(ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เหตุขัดข้องของชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องพลาสมา

สัญลักษณ์แทนที่ใช้ในตาราง A = การขาดการบำรุงรักษา B = การเสื่อมสภาพ
C = การใช้งานไม่ถูกวิธี D = การซ่อม/ติดตั้งไม่ดี

ลำดับ	รายการ	ลักษณะการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	ชนิดของเหตุขัดข้อง (เสื่อม/แตกหัก , เสียหาย)	ต้นเหตุของการข้องข้อง	
					รายการ	ประเภท
4	Control Switch	ชำรุด แตกหัก	แรงกระแทก	แตกหัก , เสียหาย	เปิด - ปิด แรงเกิน	C
5	PCB (Print Circuit Board) assembly	วงจรไม่ทำงาน	ต่อสายไฟผิด สายแพรชำรุด	แตกหัก , เสียหาย แตกหัก , เสียหาย	ช่างซ่อมบกพร่อง ขาดการตรวจเช็ค	D A
	ชุดสายไฟ : Control module					
1	สายไฟ	สายขาด ชำรุด	ความร้อนหลอมละลาย	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการตรวจเช็คสภาพ	A
			สายไฟ บิด งอ เกิดจากการกดทับ	แตกหัก , เสียหาย	ขาดการระมัดระวังในการใช้งาน	C
			ระยะเวลาของการใช้งานที่มากเกินไป	เสื่อม	คุณสมบัติวัสดุ	B

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเหตุขัดข้องเกิดจากปัญหาเล็กๆ น้อยๆ อย่างเช่น ฝุ่นผง การเสื่อมสภาพ อายุการใช้งาน การสึกหรอ ความเสียหาย ชำรุดแตกหักต่างๆ ซึ่งในรายละเอียดต่างๆ ได้แสดงไว้ดังตารางข้างต้น โดยข้อมูลต่างๆ ที่วิเคราะห์นั้นมาจากการที่ได้สอบถามทางฝ่ายวิศวกร ทีมพนักงานบำรุงรักษา พนักงานประจำเครื่องพลาสมา และจากประวัติการซ่อมบำรุง เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ โดยมีการแบ่งชนิดของเหตุขัดข้องต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการหาสาเหตุและแนวทางในการป้องกันรักษาเครื่องพลาสมา ซึ่งในการวิเคราะห์เหตุขัดข้องต่างๆ ของทั้งปัญหาโดยรวมและรายละเอียดอาการขัดข้องของชิ้นส่วนต่างๆ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการบำรุงรักษา เพราะจะทำให้เครื่องจักรนั้นๆ มีความน่าเชื่อถือในการทำงานมากขึ้น ซึ่งหากอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือสูง แสดงว่าเกิดอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนเกิดเหตุขัดข้องเพียงเล็กน้อยนั่นเอง

4.5 การวิเคราะห์อายุการใช้งานเฉลี่ยของชิ้นส่วนอุปกรณ์

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ล้วนแต่จะต้องมีระยะเวลาของอายุการใช้งานที่เป็นขอบเขตเวลาที่ทำให้เกิดความมั่นใจว่า สามารถทำงานได้ตามกำหนดระยะเวลาและทำการบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องจักรมีความพร้อมในการใช้งานอยู่เสมอ ซึ่งหลักการสำคัญของการบำรุงรักษานั้น สามารถแบ่งได้ดังนี้

- การทำความสะอาด (Clean)
- การตรวจสอบ (Inspection)
- การปรับแต่ง (Adjustment)
- การเปลี่ยน (Replacement)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจะทำให้เครื่องจักรมีความพร้อมในการใช้งานอยู่เสมอนั้นควรที่จะพิจารณาถึงอายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อที่จะใช้ข้อมูลเหล่านี้เป็นตัวกำหนดแผนแนวทางในการบำรุงรักษา เพื่อลดเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น และเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวิเคราะห์อายุการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องพลาสมานั้นมีการรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามทางฝ่ายวิศวกร ทีมพนักงานบำรุงรักษา พนักงานประจำเครื่อง ข้อมูลในการบำรุงรักษาและจากการศึกษาคู่มือของเครื่องพลาสมา แสดงดังตารางที่ 4.11

กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดอายุการใช้งานเฉลี่ยของเหตุขัดข้องหรืออายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องพลาสมาดังนี้

- M แทน Month เป็นการแสดงระยะเวลาของเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น โดยเฉลี่ยทุกเดือน (M3 = ทุก 3 เดือน , M6 = ทุก 6 เดือน)
- Y แทน Year เป็นการแสดงระยะเวลาของเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น โดยเฉลี่ย ทุกปี (Y1= ทุก 1 ปี, Y3 = ทุก 3 ปี)

รายละเอียดของอายุการใช้งานเฉลี่ยของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบดังตารางที่ 4.10 ที่คาดว่าเป็นสาเหตุ จากการวิเคราะห์การขัดข้องและผลกระทบของปัญหาที่อยู่ในระดับวิกฤตและระดับที่ควรทำการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยง

ตารางที่ **4.11** อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา

ลำดับ	รายการอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน	อายุการใช้งานเฉลี่ย
	Power Supply : Front Panel Outside	
1	Lens, Green	6 เดือน
2	Lens, White	6 เดือน
3	Light Bulb, 120 VAC	6 เดือน
4	PCB Assy	1 ปี
5	Fan	3 ปี
	Power Supply : Front Panel Inside	
1	PCB : PhaseLoss Detection	1 ปี
	Power Supply : Front Bail (Wall)	
1	Start Circuit Assembly	1 ปี
2	Fuse : 125A 250V	3 เดือน
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)	3 เดือน
	Power Supply : Rear Bail (Wall)	
1	PCB Assy : Power Distribution	1 ปี
2	Plasma Interface	3 ปี
3	Control Transformer	6 เดือน
4	Current Sensor	6 เดือน

ตารางที่ 4.11 อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	รายการอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน	อายุการใช้งานเฉลี่ย
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside	
1	Chassis Assembly, In-Rush	3 ปี
2	Contactor	1 ปี
3	Circuit Breaker	3 เดือน
4	Filter	1 ปี
	ชุดสายไฟ : Power Supply	
1	สายไฟ	6 เดือน
	Cooler	
1	Fan	3 ปี
2	Solenoid Valve Replacement	6 เดือน
3	Motor	3 ปี
4	Pump : Coolant system	1 ปี
5	Temp. Switch Assembly	6 เดือน
6	Check Valve	6 เดือน
7	Filter	1 ปี
8	Flow switch Assembly	6 เดือน
	ชุดสายลำเลียง : Cooler	
1	สายลำเลียง	6 เดือน
	Gas Console	
1	Toggle switch : สวิตซ์สลับ	6 เดือน
2	Pressure Switch	6 เดือน
3	PCB Assy : LED Display Broad	1 ปี
4	Thump-wheel Assembly	1 ปี
5	Manifold and Solenoids	6 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.11 อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	รายการอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน	อายุการใช้งานเฉลี่ย
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console	
1	สายลำเลียง	6 เดือน
	Torch	
1	Torch adapter	1 ปี
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)	6 เดือน
3	Retaining Cap	6 เดือน
4	Nozzle	6 เดือน
5	Swirl Ring	1 ปี
6	Electrode	6 เดือน
7	Water Tube	3 เดือน
8	O-ring (Part of torch body assembly)	6 เดือน
9	Torch body	1 ปี
	Control module	
1	Enclosure, Control module	3 ปี
2	Heat sink	1 ปี
3	Module, Power entry	1 ปี
4	Control Switch	6 เดือน
5	PCB (Print Circuit Board) assembly	1 ปี
	ชุดสายไฟ	
1	สายไฟ	6 เดือน

5. การปรับปรุงและการประยุกต์ใช้

5.1 แนวทางการบำรุงรักษา

จากากรวิเคราะห์สภาพปัญหาในบทที่ 4 จึงนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร ทั้งข้อมูลด้านปัญหาที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์ถึงเหตุขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักร อีกทั้งมีการหาอายุเฉลี่ยของชิ้นส่วนอุปกรณ์ เพื่อนำมากำหนดระยะเวลาในการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษา

แผนการบำรุงรักษาที่จะจัดทำขึ้นนั้น จะเป็นการบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งที่ให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM : Preventive Maintenance) ซึ่งแผนการบำรุงรักษาโดยส่วนใหญ่จะอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากบทที่ 4 ซึ่งได้วิเคราะห์ปัญหาและสรุปสาเหตุของการขัดข้องของเครื่องพลาสมาว่ามีสาเหตุมาจากชิ้นส่วนอุปกรณ์ใด ทั้งนี้แผนการบำรุงรักษาที่จะจัดทำขึ้นนั้นจะเป็นแผนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์อุปกรณ์ของเครื่องจักร ก่อนที่จะกำหนดแผนการบำรุงรักษา นอกจากจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาต่างๆ ในบทที่ 3 แล้วยังต้องมีการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทั้งหมด และวิเคราะห์การบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยจัดทำในรูปแบบตาราง เมื่อการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนแล้วจะทำการกำหนดเป็นแผนการบำรุงรักษา ซึ่งแผนการบำรุงรักษาแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี แผนการบำรุงรักษาประจำปี และแผนการบำรุงรักษารายเดือน นอกจากนี้ยังได้กำหนดแผนการตรวจสอบรายวันแผนการตรวจสอบโดยรายละเอียดต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นจะกล่าวหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.1.1 การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(Preventive Maintenance) เป็นหลักการที่ได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อไม่ให้เกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรแบบกระทันหันขึ้น วิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้กับเครื่องพลาสมาเป็นกรณีศึกษาครั้งนี้ และการบำรุงรักษาเครื่องจักรยังเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการผลิต และมีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในการรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างน่าเชื่อถือ

การบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบันจะดำเนินการก็ต่อเมื่อเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องหรือจัดว่าเป็นการบำรุงรักษาเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown Maintenance) ซึ่งวิธีการเช่นนี้ส่งผลทำให้สายการผลิตจะต้องหยุดชะงัก และส่งผลกระทบเป็นอย่างมากในด้านต้นทุนและเวลาในการผลิต จึงได้มีการนำหลักการของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในการปฏิบัติงานของเครื่องจักร เพื่อป้องกันเหตุขัดข้องของเครื่องจักรที่จะเกิดขึ้น และเป็นการส่งผลทำให้การสูญเสียในด้านต้นทุนและเวลาในการผลิตลดลง

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการดำเนินการเพื่อการป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องและต้องหยุดการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญดังนี้ การทำความสะอาด การตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ การปรับแต่งเพื่อให้เครื่องจักรอยู่ในสภาวะที่พร้อมใช้งาน และการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักร โดยการดำเนินการของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างเหมาะสม ต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจของพนักงานฝ่ายผลิตและพนักงานฝ่ายบำรุงรักษา ที่จะทำให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือและมีความพร้อมในการใช้งาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้สูงขึ้นอีกด้วย

5.2 แผนการบำรุงรักษา

แผนการบำรุงรักษาเป็นกิจกรรมขั้นต้นเพื่อทำให้การผลิตสามารถดำเนินการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการติดตามสภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ และมีความผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา บุคลากร ตลอดจนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษา

แผนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักร จะประกอบด้วยกิจกรรมในการบำรุงรักษาที่สำคัญดังนี้

1. C : CLEAN การทำความสะอาดชิ้นส่วนอุปกรณ์
2. In : INSPECTION การตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์
3. A : ADJUSTMENT การปรับแต่งชิ้นส่วนอุปกรณ์
4. Re : REPLACEMENT การเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์

แผนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นจะแยกตามระยะเวลาดังนี้ แผนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ราย 3 ปี รายปี และรายเดือน นอกจากนี้ยังมีแผนรายการในการตรวจเช็ครายวันให้กับพนักงานได้ดำเนินการ อีกทั้งยังมีมาตรฐานด้านเทคนิคต่างๆ ของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร เมื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาแล้วนั้นก็จะทำการปฏิบัติและทำการประเมินผล เพื่อทำให้ทราบว่าแผนที่กำหนดมานั้นมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งอาจจะต้องมีการปรับแผนและมีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนครั้งต่อไป

ในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเพื่อให้มีความสมบูรณ์จึงมีการวิเคราะห์ปัญหาเหตุขัดข้องของของเครื่องจักร และปัญหาเหตุขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ที่ได้จัดทำในบทที่ 4 พร้อมกับนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ในด้านเหตุขัดข้องมาทำการจัดตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษาของเครื่องจักรดังตารางที่ 5.1 สำหรับเครื่องจักรที่นำมาวิเคราะห์ปัญหาเหตุข้อข้องของเครื่องจักรและชิ้นส่วนอุปกรณ์และวิเคราะห์การบำรุงรักษาตลอดจนทำแผนการบำรุงรักษานั้นเป็นเครื่องจักรที่อยู่ในกระบวนการตัด (Cutting) คือเครื่องพลาสมา โดยกำหนดรายละเอียดของแผนการบำรุงรักษาไว้ดังนี้

5.2.1 ประเภทของแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

- แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี
- แผนการบำรุงรักษารายปี
- แผนการบำรุงรักษารายเดือน

5.2.2 ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา

ในการวิเคราะห์การบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นเป็นการนำเอารายการเหตุขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในตารางที่ 4.10 มาทำการวิเคราะห์การบำรุงรักษาที่เหมาะสม การวิเคราะห์จะตั้งแต่ชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชิ้นควรได้รับการบำรุงรักษาด้วยกิจกรรมใดบ้าง และควรมีความถี่ของระยะเวลาในการบำรุงรักษาเท่าไร โดยมีการกำหนดในช่องอายุการใช้งานเฉลี่ยของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ซึ่งหมายถึงความถี่ที่จะต้องทำการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง โดยแจกแจงความถี่ดังนี้

Daily (D)	แสดง	การบำรุงรักษารายวัน
Weekly (W)	แสดง	การบำรุงรักษารายสัปดาห์
Monthly (M)	แสดง	การบำรุงรักษารายเดือน
Yearly (Y)	แสดง	การบำรุงรักษารายปี

กิจกรรมบางกิจกรรมจะมีตัวเลขต่อท้ายสัญลักษณ์กิจกรรมต่างๆ เช่น C3 ในช่อง M ของตาราง หมายถึง กิจกรรมทำความสะอาดควรดำเนินการ 3 เดือนต่อครั้ง ดังตารางที่ 5.1

5.2.2.1 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี

แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี เป็นการกำหนดการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรระยะยาวที่ครอบคลุมในระยะ 3 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม โดยเป็นการรวบรวมกิจกรรมการบำรุงรักษาในช่องรายเดือน (M) และรายปี (Y) ของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษาทั้งหมด เพื่อนำมากำหนดรวบรวมเป็นแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี ในรูปแบบตาราง ซึ่งในรายละเอียดของแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี จะมีการกำหนดเดือนต่างๆ ที่ทำการบำรุงรักษาทั้งหมดในระยะเวลา 3 ปี จึงมีทั้งหมด 36 เดือน ดังตารางที่ 5.2

5.2.2.2 แผนการบำรุงรักษาประจำปี

แผนการบำรุงรักษาประจำปี จะกำหนดแผนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรในระยะเวลา 1 ปี จากตารางที่ 6.2 จะรวบรวมข้อมูลของกิจกรรมการบำรุงรักษาของแผนการบำรุงรักษาในช่องรายเดือน (M) และรายปี (Y) ของตาราง 6.1 การวิเคราะห์การบำรุงรักษา เพื่อมากำหนดเป็นแผนการบำรุงรักษารายปี ซึ่งจะกำหนดกิจกรรมตั้งแต่ช่วงรายสัปดาห์ (W) ของตารางที่ 5.1 โดยจะทำการแบ่งช่วงเดือน 12 เดือนในตารางเป็นรายสัปดาห์ จะทำให้มีจำนวนของกิจกรรมมากขึ้น และจากแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี ทำให้แผนการบำรุงรักษารายปี สามารถแบ่งออกได้เป็น 3

ช่วง ตามระยะเวลาในแต่ละปี ดังตารางที่ 5.3 โดยจะแสดงตัวอย่างแผนการบำรุงรักษาประจำปีของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรในเฉพาะช่วงปีแรก

5.2.2.3 แผนการบำรุงรักษารายเดือน

แผนการบำรุงรักษารายเดือน เป็นแผนการบำรุงรักษาที่จะแสดงกิจกรรมในการบำรุงรักษาทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา ของตารางที่ 5.1 ซึ่งได้กำหนดระยะเวลาไว้ 3 ปี ดังนั้นจะมีแผนการบำรุงรักษารายเดือนทั้งหมด 36 เดือน ดังตารางที่ 5.4 ซึ่งทำการแบ่งรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- การกำหนดการดำเนินการของกิจกรรมในช่องรายวัน (D)

  กิจกรรมการบำรุงรักษาส่วนใหญ่ของช่องรายวัน ได้กำหนดการทำงานไว้ทุกวันที่มีการทำงาน ซึ่งไม่รวมวันหยุด เช่น วันอาทิตย์ และวันหยุดพิเศษ และเป็นกิจกรรมที่ไม่ต้องใช้ระยะเวลามากเพื่อจะได้ไม่รบกวนการผลิต

- การกำหนดการดำเนินการของกิจกรรมในช่องรายสัปดาห์ (W)

  กิจกรรมในช่องรายสัปดาห์ จะกำหนดการทำงานไว้ในวันเริ่มต้นของสัปดาห์นั้นๆ คือวันจันทร์ ซึ่งหากวันหยุดพิเศษได้ตรงกับวันจันทร์ จะพิจารณาขั้นต้นก่อนว่าในสัปดาห์นั้นๆ จะต้องกำหนดการทำงานเป็นวันเสาร์ของสัปดาห์ก่อนหน้า 1 สัปดาห์ เนื่องจากในสัปดาห์สุดท้ายของเดือน จะต้องมีกิจกรรมการบำรุงรักษาของช่องรายเดือนและรายปีมาเกี่ยวข้อง แต่ถ้าไม่ใช่สัปดาห์สุดท้ายของเดือนก็จะกำหนดวันทำงานในช่องรายสัปดาห์เป็นวันถัดไปที่ไม่ใช่วันหยุดพิเศษ

- การกำหนดการดำเนินการของกิจกรรมในช่องรายเดือน (M)

  กิจกรรมของการบำรุงรักษารายเดือนนั้น จะเป็นการกำหนดการทำงานไว้ทุกวันพุธ เพราะเป็นช่วงกลางๆ อาทิตย์ โดยในสัปดาห์สุดท้ายของแต่ละเดือนที่มีวันทำงานครบตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ โดยไม่มีวันหยุดพิเศษในสัปดาห์นั้นๆ

- การกำหนดการดำเนินการของกิจกรรมในช่องรายปี (Y)

  กิจกรรมการบำรุงรักษาในช่องรายปีนั้น โดยส่วนมากจะเป็นกิจกรรมในการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการจำนวนมาก ในการที่จะกำหนดการทำงานนั้นจะต้องกำหนดให้เป็นสัปดาห์สุดท้ายที่มีวันทำงานครบ ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ ในเดือนสุดท้ายที่ครบรอบเวลาตามกำหนดที่จะต้องทำการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในช่องรายปี

5.2.2.4 แผนรายการในการตรวจเช็ครายวัน

แผนรายการในการตรวจเช็ครายวันเป็นแผนที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการตรวจติดสภาพของเครื่องจักรหลังการใช้งาน และเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดความเสียหายนำไปสู่การหยุดการทำงาน

ของเครื่องจักร ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ที่ได้กำหนดลงในแผนรายการในการตรวจเช็ครายวันจะเป็นกิจกรรมที่ตรวจเช็คได้อย่างรวบเร็วและไม่ใช้ระยะเวลาจำนวนมาก เพื่อให้พนักงานสะดวกในการตรวจเช็คที่สามารถดำเนินการได้ทุกวัน ดังตารางที่ 5.5

5.2.2.5 ใบแจ้งซ่อม

แบบการบันทึกรายการข้อมูลการขัดข้องหรือแจ้งเสียของเครื่องจักร จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการบันทึกประวัติข้อมูลการเสียหายขัดข้องของเครื่องจักร และเพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการวิเคราะห์ป้องกันการเสียและการบำรุงรักษาให้กับเครื่องจักร ซึ่งใบแจ้งซ่อมที่จัดทำขึ้นเกิดจากการประยุกต์จากใบรายการต่างๆ เพื่อให้สะดวกและง่ายในการจัดเก็บข้อมูลและการใช้งานของพนักงาน ดังตารางที่ 5.6

ซึ่งจากการวิเคราะห์ระดับปัญหาจาก FMEA ในบทที่ 4 สามารถกำหนดแนวทางการใช้แผนการบำรุงรักษาแบ่งตามระดับความสำคัญของปัญหาได้ดังนี้

- ระดับ Critical และ Significant ใช้แผนการบำรุงรักษา ทั้ง 4 ประเภท
  1. แผนการบำรุงรักษาหลักสามปี
  2. แผนการบำรุงรักษารายปี
  3. แผนการบำรุงรักษารายเดือน
  4. แผนการบำรุงรักษารายวัน
- ระดับ Minor ใช้แผนการบำรุงรักษา เพียง 3 ประเภท
  1. แผนการบำรุงรักษาหลักสามปี
  2. แผนการบำรุงรักษารายปี
  3. แผนการบำรุงรักษารายเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ **5.1** ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา

ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา

MAINTENANCE ANALYSIS AND PLANNING เครื่อง Plasma

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

ลำดับ	รายการ	MAINTENANCE ANALYSIS			
		D/T	W/T	M/T	Y/T
	Power Supply : Front Panel Outside				
1	Lens, Green		In2		
2	Lens, White		In2		
3	Light Bulb, 120 VAC		In2		
4	PCB Assy			In6	
5	Fan			C3, In3	
	Power Supply : Front Panel Inside				
1	PCB : PhaseLoss Detection			In6	
	Power Supply : Front Bail (Wall)				
1	Start Circuit Assembly			In3	
2	Fuse : 125A 250V			In3	
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)			In3	
	Power Supply : Rear Bail (Wall)				
1	PCB Assy : Power Distribution			In6	
2	Plasma Interface			In6	
3	Control Transformer			In3	
4	Current Sensor			In3	
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside				
1	Chassis Assembly, In-Rush			C6 , In6	
2	Contactor			A3	Re3
3	Circuit Breaker		In2		
4	Filter			C3	
	ชุดสายไฟ : Power Supply				
1	สายไฟ			In3	Re3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.1 ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา (ต่อ)

ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา

MAINTENANCE ANALYSIS AND PLANNING เครื่อง Plasma

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

ลำดับ	รายการ	MAINTENANCE ANALYSIS			
		D/T	W/T	M/T	Y/T
	Cooler				
1	Fan		In2	C3	
2	Solenoid Valve Replacement			In3	
3	Motor		In2		Re3
4	Pump : Coolant system		In2	C3	
5	Temp. Switch Assembly		In2		
6	Check Valve		In2		Re3
7	Filter			C3	
8	Flowswitch Assembly			In3	
	Gas Console				
1	Toggle switch : สวิตซ์สลับ			In3	
2	Pressure Switch			In3	
3	PCB Assy : LED Display Broad			In6	
4	Thump-wheel Assembly			In6	
5	Manifold and Solenoids			In3	
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console				
1	สายลำเลียง			In3	Re3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.1 ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา (ต่อ)

ตารางการวิเคราะห์การบำรุงรักษา

MAINTENANCE ANALYSIS AND PLANNING เครื่อง Plasma

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

ลำดับ	รายการ	MAINTENANCE ANALYSIS			
		D	W	M	Y
	Torch				
1	Torch adapter		C2 ,In2		
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)		In2		
3	Retaining Cap		C2	A3	
4	Nozzle		C2 ,In2		Re3
5	Swirl Ring		In2		
6	Electrode		C2 ,In2		
7	Water Tube		C2 ,In2		
8	O-ring (Part of torch body assembly)		In2		
9	Torch body		C2 ,In2		
	Control module				
1	Enclosure, Control module			C3 , In6	
2	Heatsink			C3 , In6	
3	Module, Power entry			In6	
4	Control Switch			In3	
5	PCB (Print Circuit Board) assembly			In6	
	ชุดสายไฟ				
1	สายไฟ			In3	Re3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

No.	รายการ	YEAR : 2015												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Power Supply : Front Panel Outside																																				
1	Lens, Green																																				
2	Lens, White																																				
3	Light Bulb, 120 VAC																																				
4	PCB Assy	In						In						In						In						In						In					
5	Fan	C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In			C, In		
	Power Supply : Front Panel Inside																																				
1	PCB : PhaseLoss Detection	In						In						In						In						In						In					

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	YEAR : 2013												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	S	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	S	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	S	9	10	11	12
	Power Supply : Front Bail (Wall)																																				
1	Start Circuit Assembly	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
2	Fuse : 125A 250V	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
	Power Supply : Rear Bail (Wall)																																				
1	PCB Assy : Power Distribution	In						In						In						In						In						In					
2	Plasma Interface	In						In						In						In						In						In					
3	Control Transformer	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
4	Current Sensor	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	YEAR : 2013												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside																																				
1	Chassis Assembly, In-Rush	C, In						C, In						C, In						C, In						C, In						C, In					
2	Contactor	A, Re			A			A			A			A			A			A			A			A			A			A			A		
3	Circuit Breaker																																				
4	Filter	C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C		
	ชุดสายไฟ : Power Supply																																				
1	สายไฟ	In, Re			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

No.	รายการ	YEAR : 2013												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	S	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	S	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	S	9	10	11	12
	Cooler																																				
1	Fan	C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C		
2	Solenoid Valve Replacement	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
3	Motor	Re																																			
4	Pump : Coolant system	C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C		
5	Temp. Switch Assembly																																				
6	Check Valve	Re																																			
7	Filter	C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C		
8	Flow switch Assembly	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
	ชุดสายไฟ : Cooler																																				
1	สายไฟ	In, Re			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	YEAR : 2013												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Gas Console																																				
1	Toggle switch : สวิตช์สลับ	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
2	Pressure Switch	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
3	PCB Assy : LED Display Broad	In						In						In						In						In						In					
4	Thump-wheel Assembly	In						In						In						In						In						In					
5	Manifold and Solenoids	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console																																				
1	สายลำเลียง	In, Re			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	YEAR : 2013												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Torch																																				
1	Torch adapter																																				
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)																																				
3	Retaining Cap	A			A			A			A			A			A			A			A			A			A			A			A		
4	Nozzle	Re																																			
5	Swirl Ring																																				
6	Electrode																																				
7	Water Tube																																				
8	O-ring (Part of torch body assembly)																																				
9	Torch body																																				

ตารางที่ 5.2 แผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาหลัก 3 ปี (3-YEARS MASTER PLAN SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	YEAR : 2013												YEAR : 2014												YEAR : 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Control module																																				
1	Enclosure, Control module	C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C		
2	Heatsink	C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C			C		
3	Module, Power entry	In						In						In						In						In						In					
4	Control Switch	In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		
5	PCB (Print Circuit Board) assembly	In						In						In						In						In						In					
	ชุดสายไฟ																																				
1	สายไฟ	In, Re			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In			In		

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพิมพ์สลิป

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

No	รายการ	2015																																														
		Jan				Feb				Mar				Apr				May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
Power Supply : Front Panel Outside																																																	
1	Lens, Green	I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n	
2	Lens, White	I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n	
3	Light Bulb, 120 VAC	I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n			I n	
4	PCB Assy				I n																					I n																								
5	Fan				C ,I n										C ,I n												C ,I n												C ,I n												
Power Supply : Front Panel Inside																																																	
1	PCB : PhaseLoss Detection				I n																					I n																								

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2013																																													
		Jan				Feb				Mar				Apr				May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
	Power Supply : Front Bail (Wall)																																														
1	Start Circuit Assembly			In												In												In												In									
2	Fuse : 125A 250V			In												In												In												In									
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)			In												In												In												In									
	Power Supply : Rear Bail (Wall)																																														
1	PCB Assy : Power Distribution			In																								In																					
2	Plasma Interface			In																								In																					
3	Control Transformer			In												In												In												In									
4	Current Sensor			In												In												In												In									

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2015																																															
		Jan				Feb				Mar				Apr				May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside																																																
1	Chassis Assembly, In-Rush			C, In																						C ,In																							
2	Contactor			A, Re												A										A														A									
3	Circuit Breaker	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
4	Filter			C												C										C														C									
	ชุดสายไฟ : Power Supply																																																
1	สายไฟ			In, Re												In										In														In									

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN (2) In : INSPECTION

(3) A : ADJUSTMENT (4) Re : REPLACEMENT

No	รายการ	2015																							
		Jan				Feb				Mar				Apr				May				Jun			
	Cooler																								
1	Fan	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
2	Solenoid Valve Replacement			In												In									
3	Motor	In		In, Re		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
4	Pump : Coolant system	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
5	Temp. Switch Assembly	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
6	Check Valve	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
7	Filter			C												C									
8	Flowswitch Assembly			In												In									
	ชุดสายไฟ : Cooler																								
1	สายไฟ			In, Re												In									

No	รายการ	2015																							
		Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
	Cooler																								
1	Fan	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
2	Solenoid Valve Replacement			In												In									
3	Motor	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
4	Pump : Coolant system	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
5	Temp. Switch Assembly	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
6	Check Valve	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
7	Filter			C												C									
8	Flowswitch Assembly			In												In									
	ชุดสายไฟ : Cooler																								
1	สายไฟ			In												In									

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2013											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	Gas Console												
1	Toggle switch : สวิตช์สลับ	In			In			In			In		
2	Pressure Switch	In			In			In			In		
3	PCB Assy : LED Display Broad	In						In					
4	Thump-wheel Assembly	In						In					
5	Manifold and Solenoids	In			In			In			In		
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console												
1	สายลำเลียง	In, Re			In			In			In		

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2015															
		Jan				Feb				Mar				Apr			
	Torch																
1	Torch adapter	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)	In		In		In		In		In		In		In		In	
3	Retaining Cap	C		A, C		C		C		C		C		C		A, C	
4	Nozzle	C, In		In, Re		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	

No	รายการ	2015															
		May				Jun				Jul				Aug			
	Torch																
1	Torch adapter	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)	In		In		In		In		In		In		In		In	
3	Retaining Cap	C		C		C		C		C		A, C		C		C	
4	Nozzle	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	

No	รายการ	2015															
		Sep				Oct				Nov				Dec			
	Torch																
1	Torch adapter	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)	In		In		In		In		In		In		In		In	
3	Retaining Cap	C		C		C		A, C		C		C		C		C	
4	Nozzle	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2015																																													
		Jan				Feb				Mar				Apr				May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
5	Swirl Ring	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
6	Electrode	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	
7	Water Tube	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	
8	O-ring (Part of torch body assembly)	In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In		In	
9	Torch body	C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In		C, In	

ตารางที่ 5.3 แผนการบำรุงรักษาประจำปี (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษาประจำปี (ANNUALLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2013											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	Control module												
1	Enclosure, Control module	C			C			C			C		
2	Heatsink	C			C			C			C		
3	Module, Power entry	In						In					
4	Control Switch	In			In			In			In		
5	PCB (Print Circuit Board) assembly	In						In					
	ชุดสายไฟ												
1	สายไฟ	In,Re			In			In			In		

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	2013																													
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Power Supply : Front Panel Outside																															
1	Lens, Green							In														In										
2	Lens, White							In														In										
3	Light Bulb, 120 VAC							In														In										
4	PCB Assy																															
5	Fan																							C , In								
	Power Supply : Front Panel Inside																															
1	PCB : PhaseLoss Detection																															

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	2013																														
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Power Supply : Front Bail (Wall)																															
1	Start Circuit Assembly																							In								
2	Fuse : 125A 250V																							In								
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)																							In								
	Power Supply : Rear Bail (Wall)																															
1	PCB Assy : Power Distribution																															
2	Plasma Interface																															
3	Control Transformer																							In								
4	Current Sensor																							In								

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	2013																														
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside																															
1	Chassis Assembly, In-Rush																															
2	Contactor																							A								
3	Circuit Breaker																							In								
4	Filter																							C								
	ชุดสายไฟ : Power Supply																															
1	สายไฟ																							In								

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2013																														
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Cooler																															
1	Fan							In														In										
2	Solenoid Valve Replacement																							In								
3	Motor							In														In										
4	Pump : Coolant system							In														In										
5	Temp. Switch Assembly							In														In										
6	Check Valve							In														In										
7	Filter																							C								
8	Flowswitch Assembly																							In								
	ชุดสายไฟ : Cooler																															
1	สายไฟ																							In								

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2013																													
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Gas Console																															
1	Toggle switch : สวิตช์สลับ																							In								
2	Pressure Switch																							In								
3	PCB Assy : LED Display Broad																															
4	Thump-wheel Assembly																															
5	Manifold and Solenoids																							In								
	ชุดลายลำเลียง : Gas Console																															
1	ลายลำเลียง																							In								

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No.	รายการ	2013																														
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Torch																															
1	Torch adapter							C,In														C,In										
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)							In														In										
3	Retaining Cap							C														C		A								
4	Nozzle							C,In														C,In										
5	Swirl Ring							In														In										
6	Electrode							C,In														C,In										
7	Water Tube							C,In														C, In										
8	O-ring (Part of torch body assembly)							In														In										
9	Torch body							C,In														C,In										

ตารางที่ 5.4 แผนการบำรุงรักษารายเดือน (ตุลาคม) (ต่อ)

ตารางแผนการบำรุงรักษารายเดือน (MONTHLY MAINTENANCE SCHEDULE) เครื่องพลาสมา ประจำเดือน : ตุลาคม ปี : 2013

(1) C : CLEAN **(2) In : INSPECTION**

(3) A : ADJUSTMENT **(4) Re : REPLACEMENT**

No	รายการ	2013																														
		T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th	F	Sa	Su	M	T	W	Th
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Control module																															
1	Enclosure, Control module																							C								
2	Heatsink																							C								
3	Module, Power entry																															
4	Control Switch																							In								
5	PCB (Print Circuit Board) assembly																															
	ชุดสายไฟ																															
1	สายไฟ																							In								

ตารางที่ 5.5 การตรวจเช็คเครื่องพลาสมาประจำวัน

รายการ การตรวจเช็คเครื่องพลาสมาประจำวัน (Plasma Daily Check)

ประจำเดือน (Month)_____

ลำดับ (Num.)	รายการตรวจสอบ (Detail)	มาตรฐาน (Standard)	วิธีการ (Method)	วันที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	ตรวจสอบความสะอาดรอบๆ เครื่อง จัดการให้สะอาด	ไม่มีฝุ่น / ผงเหล็ก เกาะ เครื่องมือหรือแผงวงจร	มือ																															
2	ตรวจสอบผงเหล็กตรงหัวตัด	ไม่มีผงเหล็กติดที่หัวตัด	มือ, สายตา																															
3	ตรวจสอบแรงดัน O_2, Air จนระดับทำงาน	ระดับ 0	สายตา																															
4	ตรวจสอบระดับของน้ำยาหล่อเย็น	ระดับขีดแดง	สายตา																															
5	ตรวจสอบการทำงานของระบบระบายความร้อน	พัดลมระบายความร้อนทำงาน	สายตา																															
6	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องดูดฝุ่น (Dust Collector) ว่าทำงานปกติหรือไม่	ไม่มีผงฝุ่นออกมานอกเครื่อง และเสียงการทำงานของเครื่องปกติ	สายตา / หูฟังเสียง																															
ตรวจสอบโดย (Check by)																																		

		Issue	Check	Approve
✓	ปกติ (OK)			
X	ผิดปกติ (No)			
R	ดำเนินการแก้ไข (Repair)			

แผนกวางแผน	
ผลิต : FRONT	
ผลิต : REAR	
อื่นๆ _____	

ตารางที่ **5.6** ตัวอย่างใบแจ้งซ่อม

ใบแจ้งซ่อม

Work Order

_____

ลำดับความสำคัญ

เครื่องจักร/ อุปกรณ์_____ CM PM Shut Down

วันกำหนดเสร็จ_____ ☐ ☐ ☐

รายละเอียดลักษณะงาน

_____

_____

_____

สาเหตุของการเสีย

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ร้องโดย_____วันที่ _____ เวลารับงาน _____

ผู้รับงาน _____ วันที่ _____ ระยะเวลาซ่อม _____

แจ้งผลซ่อม

_____

_____

_____

ปิดใบงาน ลงชื่อ โดย _____ ผู้ตรวจงาน

วันที่ _____ เวลาปิดงาน_____

5.3 เทคนิคการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีจุดมุ่งหมายเพื่อการป้องกัน การหยุดของเครื่องจักรเนื่องจากการเสีย หรือการขัดข้องที่ไม่มีการแจ้งเตือนล่วงหน้า (Breakdown) การหยุดทำงานของเครื่องจักรขณะทำการผลิตทำให้มีผลกระทบต่อสายการผลิต สูญเสียวัตถุดิบและพลังงาน สูญเสียโอกาสทางการ อีกทั้งการเสียชื่อเสียงในด้านการจัดส่งสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ไม่ทันกำหนดระยะเวลาไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ตาม ดังนั้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงหมายถึง “การบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นการป้องกันการหยุดของเครื่องจักรในกรณีฉุกเฉิน”

เทคนิคในการดำเนินการของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สำหรับกรณีศึกษานั้นได้เสนอแนวทางและได้ดำเนินการในบางส่วนตามเทคนิคต่างๆ ดังนี้

1. การทำความสะอาด (C : CLEAN)
2. การตรวจสภาพ (In : INSPECTION)
3. การปรับแต่งชิ้นส่วนอุปกรณ์ (A : ADJUSTMENT)
4. การเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ (Re : REPLACEMENT)

5.3.1 การทำความสะอาด

เครื่องจักรในโรงงานควรมีความสะอาด เพราะถือว่าเป็นสิ่งสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรในกรณีศึกษา เป็นการชี้ให้เห็นถึงการจัดการภายในโรงงานและเป็นสิ่งที่ส่งต่อถึงความรู้สึกในการทำงานของพนักงาน

- **ความสำคัญของการทำความสะอาดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน**

1. การทำความสะอาดจะเป็นการทำให้พนักงานได้ติดตามสภาพของเครื่องจักรเป็นประจำจนสามารถทรายถึงสภาพของเครื่องจักรภายนอก การสั่นสะเทือน สภาพเสียง และความร้อนที่เกิดขึ้น หรือเป็นสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานของเครื่องจักรว่า สภาพโดยปกติแล้วเครื่องจักรเป็นอย่างไร และรู้สึกได้ทันทีเมื่อพบความผิดปกติของเครื่องจักร

2. การขจัดฝุ่นละอองหรือความสกปรกต่างๆที่เกิดขึ้นบนเครื่องจะจักร จะเป็นการช่วยลดความเสื่อม และความสึกหรอของเครื่องจักร เป็นการช่วยลดความผิดพลาดของอุปกรณ์และป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเนื่องไปได้อีกด้วย

3. เป็นการช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุในการทำงานลงได้

- **ปัญหาในด้านการทำความสะอาดสำหรับโรงงานกรณีศึกษา**

1. พนักงานขาดความรับผิดชอบและเกี่ยงหน้าที่ในการรับผิดชอบด้านการทำความสะอาด
2. ไม่มีแรงจูงใจพนักงานให้มีความร่วมมือในเรื่องความสะอาด
3. ผู้บริหารโรงงานไม่ให้ความสนใจและไม่เคร่งครัดในเรื่องการทำความสะอาด

- แนวทางในการแก้ปัญหา

1. การแบ่งหน้าที่และขอบเขตความรับผิดชอบในการรักษาความสะอาด

- พนักงานฝ่ายผลิตจะรับผิดชอบความสะอาดของเครื่องจักรและบริเวณรอบๆ เครื่องจักรและส่วนอื่นๆ ของเครื่องจักร พร้อมกับให้ความร่วมมือกับพนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักรในการทำความสะอาดเมื่อมีการซ่อมใหญ่

- พนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักรจะรับผิดชอบความสะอาดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักร และในกรณีที่เข้าไปดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาให้กับเครื่องจักรใดๆ จะต้องทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโดยรอบให้กลับเข้าสู่สภาพปกติทุกครั้งหลังดำเนินการเสร็จ

2. สร้างแรงจูงใจให้กับพนักงานในการร่วมกับรักษาความสะอาด

ผู้บริหารจะต้องสร้างสิ่งจูงใจให้กับพนักงานเพื่อให้เกิดแรงกระตุ้นที่จะดำเนินการรักษาความสะอาด เช่น มีการประกวดความสะอาดระหว่างหน่วยงาน และให้รางวัลแก่ผู้ชนะเป็นต้น แต่ไม่ควรให้ในรูปแบบของเงินรางวัล เพราะแรงจูงใจประเภทนี้จะไม่สามารถปลูกฝังความรู้สึกที่จะทำให้พนักงานรักษาความสะอาดได้

3. สร้างนโยบายการรักษาความสะอาด

ผู้บริหารจะต้องกำหนดนโยบายในการรักษาความสะอาดให้ชัดเจน เช่นเดียวกับนโยบายด้านความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งนโยบายที่กำหนดขึ้นจะต้องเผยแพร่ให้พนักงานทุกระดับชั้นรับรู้

5.3.2 การตรวจสภาพ

การตรวจสอบสภาพของงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีหน้าที่หลักเพื่อเป็นการค้นหาการชำรุดหรือสิ่งผิดปกติที่จะนำไปสู่การขัดข้องเสียหายของเครื่องจักร

การชำรุด (Defect) คือ สภาพการณ์ที่คุณลักษณะของอุปกรณ์เปลี่ยนไปถึงขั้นที่ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ

การขัดข้อง (Failure) คือสภาพการณ์ที่อุปกรณ์ของเครื่องจักรเสื่อมสภาพซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด หรือต้องหยุดการทำงานโดยสิ้นเชิง

ในด้านการทำงานนั้นการชำรุดและการขัดข้องบางเหตุการณ์ไม่มีสัญญาณเตือนล่วงหน้าอาจจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และสาเหตุของการเสียที่เกิดจากขึ้นอาจต้องใช้เวลารอ ที่จะให้เกิดอาการให้เห็นเป็นลักษณะภายนอกที่สังเกตได้ บางสาเหตุอาจจะใช้เวลาเพียงสั้นๆ ที่ลุกลามกลายเป็นสาเหตุของความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งบางสาเหตุของการเสียหายมีทั้งสาเหตุที่สามารถค้นหาและตรวจพบได้ในระยะเริ่มต้น หรือไม่สามารถค้นหาและตรวจพบได้ ซึ่งการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรอาจ

เปรียบเสมือนการตรวจสุขภาพของมนุษย์ เพื่อค้นหาโรคที่แอบแฝงอยู่ในร่างกายและหาทางขจัดหรือรักษาโรคก่อนที่จะมีการลุกลามไปสู่การล้มป่วยและเสียชีวิต

ในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันควรมีความจำเป็นที่ต้องรู้และเข้าใจในด้านสาเหตุประเภทและชนิดของการชำรุดและการขัดข้อง (Failure Mode) สามารถแบ่งรายละเอียดได้ดังนี้

1. สาเหตุการชำรุดและขัดข้องชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของเครื่องจักร

2. ผลกระทบจากการชำรุดและการขัดข้องของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานในเครื่องจักร รวมทั้งระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้น

3. วิธีการตรวจพบ (Detect) อาการผิดปกติ (Deviating Condition) ของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของเครื่องจักร

ปัจจัยอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญและมีผลต่อการชำรุดและการขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ เป็นอย่างมาก คือ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

- สภาพแวดล้อมการทำงาน หมายถึง ภาระของเครื่องจักร วิธีใช้งานเครื่องจักรและการซ่อมบำรุง
- สภาพแวดล้อมของบรรยากาศ หมายถึง ความร้อน ความชื้น ความดัง ฝุ่นผง ไอจากสารเคมี เป็นต้น

ซึ่งการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงเกี่ยวข้องกับ Failure Mode และสภาพแวดล้อมที่ควรได้รับการตรวจสอบ แก้ไข เพื่อให้เข้าสู่สภาพปกติในการทำงาน

5.3.2.1 การตรวจสอบสภาพสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธี คือ

1. การตรวจสอบสภาพด้วยความรู้สึก (Subjective Inspection) อาศัยประสารทสัมผัสและความรู้สึกของมนุษย์เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ด้วยการฟังระดับเสียง ใช้ความรู้สึกเพื่อวัดความสั่นสะเทือน การมองเห็น การได้กลิ่น เป็นต้น

อุปกรณ์ชิ้นส่วนของเครื่องจักรในโรงงานกรณีศึกษาได้ใช้วิธีการตรวจสอบสภาพด้วยความรู้สึก และใช้วิธีการวัดค่า ว่าอยู่ในระยะที่กำหนดหรือไม่

2. การตรวจสอบด้วยกรรมวิธี (Objective Inspection) อาศัยกรรมวิธีที่มีหลักเกณฑ์และเครื่องที่เหมาะสมทำการวัดประเมินค่าเทียบกับมาตรฐานทางวิศวกรรม ซึ่งจะบอกถึงข้อกำหนดความคลาดเคลื่อนของมาตรฐานและวิธีการแก้ไข

ซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษาอยู่ในขั้นตอนการศึกษาหาเครื่องมือที่เหมาะสม เพื่อนำมาประเมินค่าเทียบกับค่ามาตรฐานทางวิศวกรรม

ในการดำเนินการจำเป็นต้องใช้ทั้งสองวิธีในการตรวจสอบสภาพ โดยที่วิธีการแรกสามารถดำเนินการได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว แต่ต้องอาศัยความชำนาญในการตรวจสอบอย่างมาก และวิธีที่สองจะเป็นวิธีที่สนับสนุนให้เกิดความแน่ใจ และสามารถควบคุมได้อย่างถูกต้องในการตัดสินใจในการ

แก้ปัญหา การตรวจสอบในแต่ละอุปกรณ์จะมีการคำนึงถึงความเหมาะสมก่อนการตัดสินใจเลือกวิธีในการตรวจสอบโดยหน่วยงานบำรุงรักษาของโรงงาน

5.3.2.2 เวลาที่ใช้ในการก่อเหตุขัดข้อง (Failure Development Time)

ในการกำหนดช่วงความถี่ของระยะเวลาที่ต้องทำการตรวจสอบสภาพ หากมีการกำหนดอย่างไม่เหมาะสม โดยมีกำหนดระยะเวลาหรือความถี่ที่เร็วเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองมาก และหากมีความถี่ที่มากเกินไปจะทำให้ไม่ก่อประโยชน์ ทั้งนี้ความเหมาะสมในการกำหนดระยะเวลาต่างๆ ขึ้นอยู่กับความรู้ในด้าน Failure Mode ที่ได้กล่าวไป

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ จะทำให้ทราบถึงรายละเอียดชิ้นส่วนของเครื่องจักร เพื่อนำมากำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบสภาพ โดยระยะเวลาในการตรวจสอบที่นิยมให้เป็นมาตรฐานคือ 1 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ 3 เดือน 6 เดือน 1 ปี และ 2 ปี ตามความเหมาะสม และควรคำนึงถึงสภาวะแวดล้อม สภาพการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งส่งผลกระทบอย่างมากต่อระยะเวลาการเสียหายขัดข้อง

5.3.2.3 วิธีการตรวจสภาพ (Inspection Mode)

ในการตรวจสอบสภาพทางการปฏิบัตินั้นจะต้องอาศัยทั้งเครื่องมือวัด และความรู้สึก โดยใช้วิธีการและขั้นตอนที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความแม่นยำและสมบูรณ์ที่สุดสำหรับแต่ละเครื่อง โดยควรตรวจสอบจากเหตุการณ์ดังนี้

1. การตรวจสอบขณะเดินเครื่อง (On-stream inspection) เป็นการตรวจสอบเพื่อหาความผิดปกติในขณะที่เครื่องจักรทำงาน ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันคือ
    - การสั่นสะเทือน เสียง และกลิ่น
    - อุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหล
    - การใช้กระแส กำลังไฟฟ้า และความถูกต้องในการทำงาน
    - การรั่ว ซึม
2. การตรวจสอบขณะหยุดเครื่อง (Shutdown Inspection) เป็นการตรวจสอบเพื่อหาความผิดปกติที่จะเป็นสาเหตุทำให้เครื่องจักรหยุดชะงัก โดยส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรภายนอก ซึ่งหากจะทำการตรวจสอบภายในนั้นสามารถทำได้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ถอดและประกอบได้รวดเร็ว โดยทำการตรวจสอบดังนี้
    - การแตกร้าว สึกหรอ และผุกร่อน
    - มีแนวโน้มถึงการเกิดการแตกร้าว สึกหรอ และผุกร่อน
    - สภาพศูนย์ของเครื่องจักร (Machine Alignment)

3. การตรวจสอบขณะบำรุงรักษาเครื่องจักรครั้งใหญ่ (Overhaul Inspection) เป็นการตรวจสอบขณะที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรครั้งใหญ่ที่จะต้องมีการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ เกือบทั้งหมดของเครื่องจักร โดยการตรวจสอบครั้งใหญ่จะให้ความสำคัญกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไม่สามารถตรวจสอบขณะเครื่องจักรทำงานหรือหยุดการทำงานตามปกติ โดยครอบคลุมดังต่อไปนี้
    - การชำรุด (Defect) ของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถวัดหรือรู้สึกได้ด้วยประสาทสัมผัส
    - การสึกหรอ และผุกร่อน โดยจะทำการตรวจสอบอย่างละเอียดด้วยวิธีการที่ถูกต้อง
    - แนวโน้มการสึกหรอ และผุกร่อนของชิ้นส่วนอุปกรณ์

5.3.2.4 เทคนิคในการตรวจสอบสภาพ (Inspection Technique)

เป็นการนำเทคนิคต่างๆ มาปรับใช้ในการตรวจสอบสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังนี้

1. การตรวจสอบสภาพโดยวิธีการตรวจสอบที่แน่นอนและมีเครื่องมือที่เหมาะสม หรือเป็นวิธีการที่เรียกได้ว่าเป็น “อุดมการณ์ (Ideal)” ของการตรวจสอบ เพราะมีความน่าเชื่อถือที่สูงเท่าที่ข้อกำหนดของการตรวจจะวางไว้
2. การตรวจสอบด้วยความรู้สึก เป็นการตรวจสอบเบื้องต้นของพนักงานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรทุกคนต้องศึกษาเรียนรู้ เพื่อเพิ่มความชำนาญ สร้างประสาทสัมผัสและความรู้สึกของการเป็นช่างที่ดี ซึ่งสิ่งแรกที่ควรให้ความสำคัญและเป็นพื้นฐานของการตรวจสอบ คือ อุณหภูมิ เสียง กลิ่น และการสั่นสะเทือน ที่เกิดจากเครื่องจักรทั้งสภาพที่ปกติและผิดปกติ

5.3.2.5 ความรับผิดชอบของพนักงานตรวจสอบ

ในส่วนหน้าที่และความรับผิดชอบของการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรนั้นจะต้องมีความซื่อตรงในการตรวจสอบ และมีความเข้าใจว่าหน้าที่การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรนั้นไม่ใช่เน้นการจับผิด แต่เป็นขั้นตอนในการค้นหาความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจักรขณะทำงาน เพื่อหาทางป้องกันและซ่อมแซมให้ทันเวลาก่อนจะเกิดเหตุลุกลามไปจนกระทั่งเครื่องจักรต้องหยุดการใช้งาน และในการปฏิบัติงานของพนักงานจะต้องดำเนินการตรวจสอบอย่างไม่มีอคติ และไม่รายงานผลในรูปแบบการแจ้งหรือฟ้องต่อหน่วยงานหรือพนักงานใดๆทั้งสิ้น

ในส่วนการรายงานผล จะเป็นการรายงานผลต่อหัวหน้าหน่วยงานบำรุงรักษา เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเกรงใจและการบีบคั้นระหว่างเพื่อนร่วมงาน ซึ่ง

จะก่อให้เกิดการสมยอมระหว่างเพื่อนร่วมงานในการจัดทำรายงานผลของการตรวจสอบสภาพและส่งผลเสียต่อการซ่อมบำรุงรักษา

5.3.3 การปรับแต่ง

การบำรุงรักษาถึงแม้จะมีการทำความสะอาดและการตรวจสอบสภาพดีเพียงใดแล้วนั้นอาจมีการสึกหรอหรือความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไม่มีทางหลีกเลี่ยง ดังนั้นการปรับแต่งจึงเป็นอีกวิธีเพื่อทำให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์กลับเข้าสู่สภาวะการทำงานปกติ

ผู้จัดทำจึงได้ให้คำแนะนำเพื่อเป็นแนวทางสำหรับโรงงานกรณีศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในการปรับแต่งชิ้นส่วน จะต้องดำเนินการในกรณีต่อไปนี้

กรณีที่วัสดุที่ใช้ชิ้นส่วนเกิดความล้า (Fatigue) แต่ยังคงอยู่ในขีดจำกัดของการใช้งาน เช่น ความล้าของสปริง การยืดตัวของสายพาน เป็นต้น

2. กรณีที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์เกิดการสึกหรอ และการสึกหรอยังคงอยู่ในขีดจำกัดของการใช้งาน เช่น การสึกหรอของผ้าเบรก เป็นต้น

3. เมื่อมีการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ โดยทำการตั้งศูนย์ และระยะห่าง

5.3.3.1 มาตรฐานการปรับแต่ง

ในด้านมาตรฐานการปรับแต่งของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นลักษณะเฉพาะตัว ความรู้ความเข้าใจในเครื่องจักรจะนำมาใช้แทนกันไม่ได้

ในด้านการปฏิบัติ เครื่องจักรก็จะถูกออกแบบด้วยมาตรฐานทางวิศวกรรมที่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการทำงานกับเครื่องจักรอีกประเภทนำมาปรับใช้ได้โดยไม่มีปัญหา เพราะฉะนั้นจึงสามารถนำมากำหนดเป็นมาตรฐานและขั้นตอนที่แน่นอนของเครื่องจักรอีกประเภทก็ได้ อย่างเช่น การปรับระยะห่างของแบริ่งกับเพลา การปรับความตึงของสายพานเป็นต้น

5.3.3.2 คำแนะนำในการปรับแต่ง

การปรับแต่งแต่ละประเภทจะดำเนินตามมาตรฐานที่กำหนดนั้น ควรจัดทำคำแนะนำและแนวทางที่ชัดเจน

5.3.3.3 คุณสมบัติของพนักงานปรับแต่ง

ในการปรับแต่งเป็นการดำเนินการที่ต้องอาศัยทั้งความรู้และความชำนาญ ดังนั้นการจัดพนักงานให้เหมาะสมต่อหน้าที่จะต้องคำนึงถึงความต้องการของงานต่างๆ ดังนี้

- เครื่องมือที่ใช้งาน
- ความละเอียดของงาน
- เทคนิคและวิธีในการปฏิบัติงาน

พนักงานที่ได้รับหน้าที่ในการปรับแต่งนั้นจะต้องมีความละเอียดสูง และต้องได้รับการฝึกมามากพอในด้านเทคนิคการปรับแต่งต่างๆ และเทคนิคการใช้เครื่องมือ เครื่องวัด

5.3.4 การเปลี่ยนชิ้นส่วน

ในการเปลี่ยนชิ้นส่วนของเครื่องจักรนั้นเป็นวิธีการที่จะทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนด จะต้องดำเนินในกรณีดังต่อไปนี้

- เมื่อชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เกิดการชำรุดหรือขัดข้อง เป็นเหตุทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดหรือต้องหยุดการทำงานลง (Breakdown)
- เมื่อชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เกิดการสึกหรอ ผุกร่อนเกินขีดจำกัดของการใช้งาน
- เมื่อชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์มีอายุการใช้งานเกินกำหนด ไม่ว่าการสึกหรอจะเกินขีดจำกัดหรือไม่ก็ตาม
- เมื่อชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์มีอายุใกล้เคียงกับกำหนดเวลาในการใช้งาน แต่เมื่อได้ทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนไปแล้ว ก็ทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนดังกล่าวอีกครั้ง

5.3.4.1 สภาวะที่ควรทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนคือ

1. ทำการบำรุงรักษาครั้งใหญ่ (Overhaul)
2. เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องเสียและต้องหยุดลงโดยทันที (Breakdown)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของเครื่องจักรนั้นเป็นผลกระทบโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ในการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ อะไหล่บ่อยย่อมทำให้การเกิดเหตุขัดข้องลดลงได้ แต่ในทางกลับกันก็เป็นสาเหตุในการเพิ่มค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาให้สูงขึ้น และหากทำการประหยัดในด้านการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่มากเกินไปสามารถส่งผลเสียให้เกิดความสูญเสียต่างๆ ที่เป็นผลมาจากการหยุดการทำงานของเครื่องจักร ดังนั้นการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ควรมีการศึกษาอย่างละเอียดถึงความเหมาะสมในทางสถิติในการเปลี่ยนชิ้นส่วนและค่าใช้จ่ายทีเกิดขึ้นพร้อมกับทำการวิเคราะห์ให้ละเอียดถี่ถ้วน

5.3.4.2 เทคนิคการเปลี่ยนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของเครื่องจักร

ในการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรนั้นเป็นเรื่องที่ควรใช้ความละเอียดและให้ความสำคัญอย่างมาก จึงควรให้ความระมัดระวังในการปฏิบัติงานต่างๆ คือ

- ดำเนินการตามคำแนะนำ เนื่องจากการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนของเครื่องจักรบางชนิดจะต้องใช้ความระมัดระวังหรือลักษณะการถอดเปลี่ยนเฉพาะเครื่อง เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายและสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว

- การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ถูกวิธี หากมีการใช้เครื่องมืออย่างถูกวิธีในการเปลี่ยนถอดชิ้นส่วนจะเป็นไปตามหลักการมาตรฐาน และเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ อย่างไม่ตั้งใจ
- ปฏิบัติตามกฎและความปลอดภัยในการทำงาน เนื่องจากในการดำเนินการเปลี่ยนถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะของเครื่องจักรขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากและบางกรณีชิ้นส่วนมีการเคลื่อนไหว อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ หรือบางกรณีอาจมีชิ้นส่วนที่มีกำลังไฟฟ้าเป็นต้น ดังนั้นอาจจัดทำป้ายเตือนหรือทำการป้องกันทางระบบวงจรไฟฟ้า เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากความประมาทได้
- การเลือกใช้พนักงานให้เหมาะสมกับงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิผลที่สุด

ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดหลักการแนวความคิดของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นแนวคิดที่ดีและได้รับการยอมรับโดยทั่วไปของทุกอุตสาหกรรม ดังนั้นอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงเลือกหลักการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาประยุกต์ใช้กันอย่างมาก

ทางด้านการปฏิบัตินั้นในแต่ละหน่วยงานรวมถึงหน่วยงานการบำรุงรักษามักจะประสบปัญหาลักษณะต่างๆ จึงไม่มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ดังนั้นในการที่จะนำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้นั้นควรมีการดำเนินการแบบค่อยเป็นค่อยไป ไม่ควรวางแผนหรือกำหนดขอบเขตที่กว้างและเกินความสามารถของหน่วยงาน เพราะจะทำให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่างๆ ตามมา ดังนั้นจึงควรดำเนินการขั้นต้นตามกำลังและความสามารถ หรืออาจเริ่มต้นจากการนำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลุ่มเล็กๆ ที่มีความสำคัญ หากผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจจึงควรเริ่มขยายแผนงานออกไปตามความเหมาะสม

5.4 มาตรฐานและการจัดการด้านทรัพยากรในการบำรุงรักษา

มาตรฐานและการจัดการในการบำรุงรักษาจัดทำขึ้นเพื่อให้แผนในการบำรุงรักษาที่ได้จัดทำมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้านมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรสามารถนำไปเป็นแนวทางในการดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องจักร และในส่วนด้านการจัดการในด้านทรัพยากรนั้นจะเป็นการจัดการด้านพนักงานและชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการบำรุงรักษาเครื่องจักร

5.4.1 มาตรฐานในการบำรุงรักษา

มาตรฐาน คือ ข้อกำหนดที่ใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการอ้างอิงซึ่งจะส่งผลในการพัฒนา โดยจะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อให้สอดคล้องกับระยะเวลา มาตรฐานในการบำรุงรักษาที่ได้จัดทำขึ้นนั้นเป็นการนำเอาหลักเกณฑ์ในการบำรุงรักษามากำหนดเป็นมาตรฐานที่นำมาปรับใช้กับเครื่องจักร โดยนำมาใช้ควบคู่กับแผนการบำรุงรักษาที่ได้จัดทำขึ้น เพื่อให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น

แผนในการบำรุงรักษานั้นจะต้องมีการตรวจติดตามข้อมูลในการบำรุงรักษาเพื่อให้เป็นไปตามความถูกต้องและบรรลุวัตถุประสงค์ในการบำรุงรักษา โดยใช้มาตรฐานเป็นตัวสนับสนุนและเป็นเกณฑ์ในการปฏิบัติ เพื่อนำผลที่ได้เป็นตัวชี้วัดว่าแผนการบำรุงรักษาที่ได้จัดทำขึ้นนั้นเหมาะสมหรือไม่ และสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนในครั้งต่อๆไป

มาตรฐานการบำรุงรักษาที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการปฏิบัติงานนั้น ได้กำหนดขึ้น โดยให้ความสำคัญในเรื่องการตรวจสอบ เพื่อเป็นการตรวจติดตามการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์		เครื่องพลาสมา					
No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
	Power Supply : Front Panel Outside						
1	Lens, Green	หลอดไฟ	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของหลอดไฟ	-	ไฟติด	2 สัปดาห์
2	Lens, White	หลอดไฟ	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของหลอดไฟ	-	ไฟติด	2 สัปดาห์
3	Light Bulb, 120 VAC	หลอดไฟ	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของหลอดไฟ	-	ไฟติด	2 สัปดาห์
4	PCB Assy	วงจร	ความต้านทาน	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	6 เดือน
5	Fan	MOTOR	สั่นสะเทือน	วัดด้วยเครื่องวัดความสั่นสะเทือน	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	ความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 0.1 mm/s	3 เดือน
		BODY	ความร้อน	วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์	เทอร์โมมิเตอร์	อุณหภูมิไม่เกิน 50 °C	3 เดือน
	Power Supply : Front Panel Inside						
1	PCB : PhaseLoss Detection	วงจร	ความต้านทาน	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	6 เดือน

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ต่อ)

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์		เครื่องพลาสมา					
No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
	Power Supply : Front Bail (Wall)						
1	Start Circuit Assembly	BODY	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม		สามารถควบคุมการทำงานได้	3 เดือน
2	Fuse : 125A 250V	COIL	การเหนี่ยวนำ	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	3 เดือน
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)	วงจร	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงาน	-	สามารถทำงานได้	3 เดือน
	Power Supply : Rear Bail (Wall)						
1	PCB Assy : Power Distribution	วงจร	ความต้านทาน	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	6 เดือน
2	Plasma Interface	วงจร	ความต้านทาน	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	6 เดือน
3	Control Transformer	วงจร	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	3 เดือน
4	Current Sensor	Sensor	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงาน	-	สามารถทำงานได้	3 เดือน

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ต่อ)

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์		เครื่องพลาสมา					
No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside						
1	Chassis Assembly, In-Rush	BODY	ข้อต่อหลวม	สายตา , หู	-	ตัวเครื่องปิดสนิท และไม่มีเสียงรบกวน	6 เดือน
2	Contactor	วงจร	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	3 เดือน
3	Circuit Breaker	BODY	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	3 เดือน
4	Filter	BODY	ความสะอาด	สายตา	-	ไม่มีสิ่งสกปรก ฝุ่นผงอุดตัน	3 เดือน
	ชุดสายไฟ : Power Supply						
1	สายไฟ	สาย	ชำรุด	สายตา	-	สายไม่ขาด ชำรุด หรือพับงอ	3 เดือน
	Cooler						
1	Fan	MOTOR	สั่นสะเทือน	วัดด้วยเครื่องวัดความสั่นสะเทือน	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	ความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 0.1 mm/s	3 เดือน
		BODY	ความร้อน	วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์	เทอร์โมมิเตอร์	อุณหภูมิไม่เกิน 50 OC	3 เดือน

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ต่อ)

No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
2	Solenoid Valve Replacement	Valve	ร้อน	ใช้มือลองจับ	-	สามารถจับต้องได้ชั่วครู่	3 เดือน
3	Motor	BODY	สั่นสะเทือน	วัดด้วยเครื่องวัดความสั่นสะเทือน	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	ความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 0.1 mm/s	2 สัปดาห์
		BODY	เสียงดัง	ใช้หูฟัง	-	เสียงต้องไม่ดังกว่าระดับปกติ	2 สัปดาห์
		BODY	ร้อน	วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์	เทอร์โมมิเตอร์	อุณหภูมิไม่เกิน 50 °C	2 สัปดาห์
4	Pump : Coolant system	BODY	สั่นสะเทือน	วัดด้วยเครื่องวัดความสั่นสะเทือน	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	ความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 0.1 mm/s	2 สัปดาห์
		BODY	เสียงดัง	ใช้หูฟัง	-	เสียงต้องไม่ดังกว่าระดับปกติ	2 สัปดาห์
		BODY	ร้อน	วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์	เทอร์โมมิเตอร์	อุณหภูมิไม่เกิน 50 °C	2 สัปดาห์
5	Temp. Switch Assembly	BODY	ไม่ทำงาน	ทดสอบแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	2 สัปดาห์
6	Check Valve	BODY	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	2 สัปดาห์
7	Filter	BODY	ความสะอาด	สายตา		ไม่มีสิ่งสกปรกฝุ่นผงอุดตัน	3 เดือน
8	Flowswitch Assembly	BODY	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	3 เดือน
	ชุดสายลำเสียง : Cooler						
1	สายลำเสียง	สาย	ชำรุด	สายตา	-	สายไม่ขาดชำรุดหรือหักงอ	3 เดือน

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ต่อ)

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์		เครื่องพลาสมา					
No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
	Gas Console						
1	Toggle switch : สวิตช์สลับ	BODY	เสีย	ทดสอบการทำงาน	-	สามารถทำงานได้	3 เดือน
2	Pressure Switch	BODY	เสีย	ทดสอบการทำงาน	-	สามารถทำงานได้	3 เดือน
3	PCB Assy : LED Display Broad	วงจร	ความต้านทาน	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	6 เดือน
4	Thump-wheel Assembly	BODY	เสีย	ทดสอบการทำงาน	-	สามารถทำงานได้	3 เดือน
5	Manifold and Solenoids	COIL	การเหนี่ยวนำ	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	3 เดือน
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console						
1	สายลำเลียง	สาย	ชำรุด	สายตา	-	สายไม่ขาด ชำรุด หรือพับงอ	3 เดือน
	Torch						
1	Torch adapter	BODY	ชำรุด	สายตา , มือ	-	ไม่มีเศษผงหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ต่อ)

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์		เครื่องพลาสมา					
No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
3	Retaining Cap	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์
4	Nozzle	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์
5	Swirl Ring	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์
6	Electrode	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์
7	Water Tube	สาย	ชำรุด	สายตา	-	สายไม่ขาด ชำรุด หรือพับงอ	2 สัปดาห์
8	O-ring (Part of torch body assembly)	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์
9	Torch body	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอยแตกหัก	2 สัปดาห์

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ (ต่อ)

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์		เครื่องพลาสมา					
No.	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	จุดตรวจ	หัวข้อ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ระยะเวลาการตรวจสอบ
	Control module						
1	Enclosure, Control module	BODY	รอยต่อ , สั่นสะเทือน	สายตา , หู	-	ตัวเครื่องปิดสนิท และไม่มีเสียงรบกวน	6 เดือน
2	Heatsink	BODY	ความสะอาด	สายตา	-	ไม่มีสิ่งสกปรก ฝุ่นผง อุดตัน	6 เดือน
3	Module, Power entry	BODY	ชำรุด	สายตา	-	ไม่มีการเสื่อมหรือรอย แตกหัก	3 เดือน
4	Control Switch	BODY	ไม่ทำงาน	ทดสอบการทำงานของแผงควบคุม	-	สามารถควบคุมการทำงานได้	6 เดือน
5	PCB (Print Circuit Board) assembly	วงจร	ความต้านทาน	วัดด้วย OHM METER	OHM METER	มากกว่า 0.2 Mohm	6 เดือน
	ชุดสายไฟ						
1	สายไฟ	สาย	ชำรุด	สายตา	-	สายไม่ขาด ชำรุด หรือพับงอ	3 เดือน

5.4.2 การจัดการด้านทรัพยากรในการบำรุงรักษา

เป็นการจัดการในด้านการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรกรบำรุงรักษา ที่มีอยู่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุด และทรัพยากรต่างๆ นี้ได้แก่ พนักงานด้านการบำรุงรักษา ชิ้นส่วนอะไหล่ เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่างๆ ทั้งหมดนี้ล้วนแต่จำเป็นต้องมีการจัดการในการใช้ประโยชน์ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับแผนการบำรุงรักษาที่ได้กำหนด

5.4.2.1 พนักงานด้านการบำรุงรักษา

พนักงานในการบำรุงรักษา ปกติจะหมายถึง พนักงานที่จะปฏิบัติหน้าที่ในการบำรุงรักษาซึ่งจะมีการบริหารจัดการโดย จะจัดแผนงานในการดำเนินงานตามแผนของการบำรุงรักษาที่ได้กำหนดไว้แสดงดังรูปที่ 5.1 เป็นการจัดตารางพนักงานในการบำรุงรักษาตามแผนการบำรุงรักษา ซึ่งได้ทำการแบ่งจำนวนของพนักงานให้เหมาะสมกับปริมาณงานที่จะต้องรับผิดชอบ ซึ่งโดยปกติในทุกสัปดาห์ จะมีการบำรุงรักษาของรายการประจำวันในช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. ของทุกๆวัน และการบำรุงรักษารายสัปดาห์ในช่วงเวลา 10.00-17.00 น. ทุกวันจันทร์และหากเป็นสัปดาห์สุดท้ายของเดือนจะรายละเอียดของการบำรุงรักษารายเดือนเพิ่มขึ้นมาโดยมีช่วงปฏิบัติงานคือ 10.00 - 17.00 น. ทุกวันพุธ และส่วนรายการบำรุงรักษารายปีนั้นจะปฏิบัติงานในสัปดาห์สุดท้ายของปีที่มีวันครบ โดยมีช่วงเวลาอยู่ที่ 10.00 – 17.00 น. ของวันศุกร์ถึงวันอาทิตย์ โดยมีการกำหนดรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

Daily (D)	แสดง	การบำรุงรักษารายวัน
Weekly (W)	แสดง	การบำรุงรักษารายสัปดาห์
Monthly (M)	แสดง	การบำรุงรักษารายเดือน
Yearly (Y)	แสดง	การบำรุงรักษารายปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลา 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
วันทำงาน									
จันทร์	D 2 คน		W 2 คน		พักกลางวัน		W 2 คน		
อังคาร	D 2 คน								
พุธ	D 2 คน		M 2 คน				M 2 คน		
พฤหัสบดี	D 2 คน								
ศุกร์	D 2 คน		Y 2 คน				Y 2 คน		
เสาร์	D 2 คน		Y 2 คน				Y 2 คน		
อาทิตย์			Y 2 คน				Y 2 คน		

รูปที่ **5.1** แผนผังจำนวนพนักงานและเวลาในการบำรุงรักษา

5.4.2.2 ชิ้นส่วนอะไหล่

ชิ้นส่วนอะไหล่นั้นจัดเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญมากต่อการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพราะหากไม่มีการเตรียมชิ้นส่วนอะไหล่ไว้นั้นจะทำให้การผลิตหยุดและส่งผลกระทบต่างๆ ให้กับทางโรงงาน หากเครื่องจักรได้รับความเสียหายเนื่องจากการเกิดเหตุฉุกเฉิน จะต้องมีการจัดเตรียมชิ้นส่วนอะไหล่ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งชิ้นส่วนอะไหล่เหล่านี้จะต้องมีการพิจารณาอะไหล่ที่จำเป็นเพื่อนำมาเก็บไว้ในคลังสำรอง ซึ่งชิ้นส่วนอะไหล่จะไม่เกี่ยวข้องกับชิ่นส่วนอุปกรณีที่ต้องบำรุงรักษาตามแผนการบำรุงรักษาที่กำหนดไว้ แต่จะเป็นอะไหล่ที่ได้ทำการจัดเตรียมไว้สำหรับเครื่องจักรนอกเหนือจากแผนการบำรุงรักษา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ **5.8** รายการชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

ลำดับ	รายการ	จำนวน
	Power Supply	
1	Light Bulb, 120VAC	2
2	Fan 225 cfm (Cubic Foot per Minute), 120 VAC, 50-60 Hz.	1
3	Fan 450-550 cfm (Cubic Foot per Minute), 120 VAC, 50-60 Hz.	1
4	PCB Assy : Relay	1
5	PCB Assy : µP Control (Microprocessor Control)	1
6	Chopper Assembly	1
7	Fuse : 125A 250V	4
8	PCB Assy : Power Distribution	1
9	Current Sensor : hall	2
10	Contactor	1
11	Chopper Assembly	1
12	Circuit Breaker : 3 Phase	1
	Gas Console	
1	Pressure Switch	1
2	PCB Assy : LED Display Broad	1
	Cooler	
1	Solenoid Valve Replacement	1
2	Temp. Switch Assembly	1
3	Filter Element	2
4	Flowswitch Assembly	1

จากตารางที่ 5.8 เป็นรายการชิ้นส่วนอะไหล่สำรองที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากปัญหาของเครื่องจักรและนำมาจากคู่มือของเครื่องพลาสมา เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการบริหารจัดการด้านอะไหล่สำรองให้กับทางโรงงานกรณีศึกษา เพื่อแก้ปัญหาทางด้านการขัดข้องของเครื่องจักร อีกทั้งไม่ให้เป็นการเสียเวลาและส่งผลกระทบต่อสายการผลิต โดยในการบำรุงรักษาจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนอะไหลโดยตรง ซึ่งการจับเก็บอะไหล่สำรองในกรณีฉุกเฉิน เพื่อลดเวลาการหยุดหรือขัดข้องของเครื่องจักรให้น้อยลง จะต้องมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นในด้าน การซื้อชิ้นส่วนอะไหล่ ค่าดอกเบี้ย เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นในการบริหารจัดการจึงควรให้ความสำคัญและคำนึงถึงความประหยัดและทำการบริหารจัดการให้มีความเหมาะสมมากที่สุด

5.4.2.2.1 การแบ่งประเภทของช่างซ่อมบำรุงอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา

ในการจัดการด้านทรัพยากรด้านชิ้นส่วนอะไหล่อุปกรณ์จะครอบคลุมไปถึงการแบ่งประเภทชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องพลาสมาใดบ้างที่อาศัยช่างจากต่างประเทศ ในประเทศ หรือช่างภายในโรงงานเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจและทางเลือกให้กับผู้ศึกษาต่อๆไป ดังตารางที่ 5.9 โดยทำให้ทราบถึงแนวทางการว่าจ้างช่างในการซ่อมบำรุงรักษาได้ดังนี้

1. อาศัยช่างจากต่างประเทศ ระบบวงจรของ Power Supply ระบบ ชุด Control
2. อาศัยช่างภายในประเทศ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของ Power Supply ระบบ Cooler Gas Console และ Torch
3. อาศัยช่างภายในโรงงาน ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับอุปกรณ์เล็กๆ น้อยๆ การเดินสายไฟ หรือสายลำเลียง ที่พอจะแก้ไขได้ เพราะช่างภายในโรงงานในบางกรณีก็มีความรู้ไม่เพียงพอในการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ **5.9** ประเภทของช่างซ่อมบำรุงอุปกรณ์ **/** ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา

ลำดับ	รายการอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน	ช่างซ่อมบำรุงรักษา		
		ต่างประเทศ	ในประเทศ	ในโรงงาน
	Power Supply : Front Panel Outside			
1	Lens, Green			/
2	Lens, White			/
3	Light Bulb, 120 VAC			/
4	PCB Assy	/		
5	Fan		/	
	Power Supply : Front Panel Inside			
1	PCB : PhaseLoss Detection	/		
	Power Supply : Front Bail (Wall)			
1	Start Circuit Assembly		/	
2	Fuse : 125A 250V		/	
3	Relay : 120 VAC (Volts Alternating Current)		/	
	Power Supply : Rear Bail (Wall)			
1	PCB Assy : Power Distribution	/		
2	Plasma Interface	/		
3	Control Transformer		/	
4	Current Sensor		/	
	Power Supply : Rear Panel Inside and Outside			
1	Chassis Assembly, In-Rush			/
2	Contactor		/	
3	Circuit Breaker		/	
4	Filter			/
	ชุดสายไฟ : Power Supply			
1	สายไฟ			/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.9 ประเภทของช่างซ่อมบำรุงอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	รายการอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน	ช่างซ่อมบำรุงรักษา		
		ต่างประเทศ	ใน ประเทศ	ใน โรงงาน
	Cooler			
1	Fan		/	
2	Solenoid Valve Replacement		/	
3	Motor		/	
4	Pump : Coolant system		/	
5	Temp. Switch Assembly		/	
6	Check Valve		/	
7	Filter			/
8	Flow switch Assembly		/	
	ชุดสายลำเลียง : Cooler			
1	สายลำเลียง			/
	Gas Console			
1	Toggle switch : สวิตซ์สลับ		/	
2	Pressure Switch			/
3	PCB Assy : LED Display Broad		/	
4	Thump-wheel Assembly			/
5	Manifold and Solenoids		/	
	ชุดสายลำเลียง : Gas Console			
1	สายลำเลียง			/
	Torch			
1	Torch adapter		/	
2	O-ring (Part of torch adapter with leads assembly)			/
3	Retaining Cap			/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

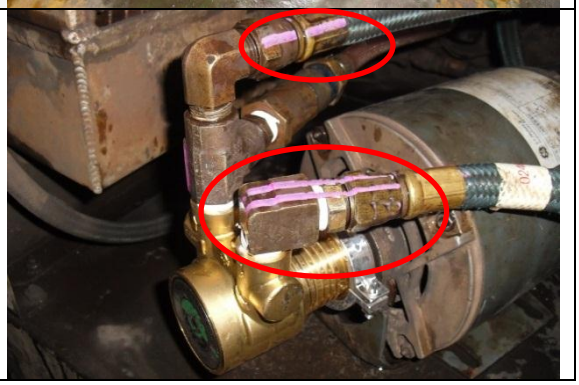
ตารางที่ 5.9 ประเภทของช่างซ่อมบำรุงอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน ของเครื่องพลาสมา (ต่อ)

ลำดับ	รายการอุปกรณ์ / ชิ้นส่วน	ช่างซ่อมบำรุงรักษา		
		ต่างประเทศ	ในประเทศ	ในโรงงาน
4	Nozzle		/	
5	Swirl Ring			/
6	Electrode		/	
7	Water Tube		/	
8	O-ring (Part of torch body assembly)		/	
9	Torch body		/	
	Control module			
1	Enclosure, Control module	/		
2	Heat sink	/		
3	Module, Power entry	/		
4	Control Switch	/		
5	PCB (Print Circuit Board) assembly	/		
	ชุดสายไฟ			
1	สายไฟ			/

5.5 ตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาอุปกรณ์

หลังจากการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการบำรุงรักษา รวมถึงการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในแต่ละอุปกรณ์ของเครื่องพลาสมา โดยที่แต่ละอุปกรณ์นั้นจะมีรายละเอียดและขั้นตอนการบำรุงรักษาแตกต่างกันออกไป ซึ่งในหัวข้อย่อยนี้จะเป็นการแสดงตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาระบบ Cooler และระบบหัวตัด ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ **5.10** ตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาอุปกรณ์

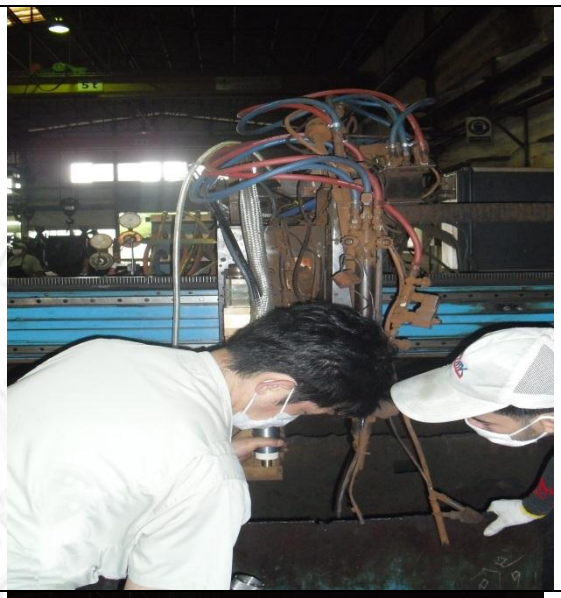
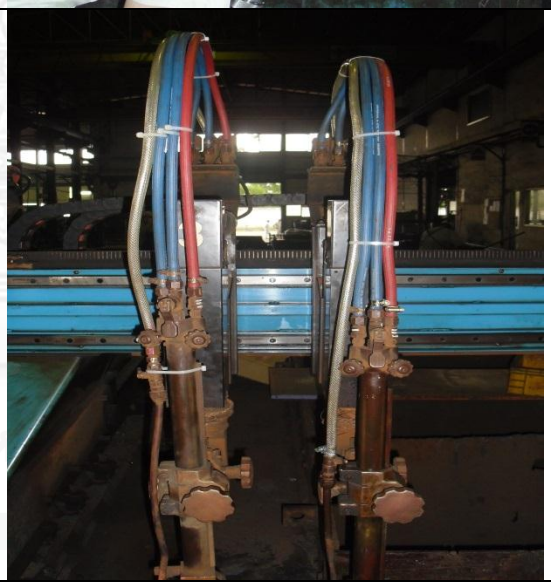
รายการ	รายละเอียด	ภาพประกอบ
1. ระบบ Cooler เกิดการรั่วซึม	1. เช็คบริเวณรอยรั่ว	
	2.ตรวจสอบระบบวาล์วและสายของบริเวณรอยรั่ว	
	3. นำข้อต่อวาล์วที่เกิดการชำรุด เปลี่ยนและใส่ตัวใหม่กลับ	
	4. ขำประแจขันข้อต่อต่างๆ ให้แนวสีชมชมพูตรงกัน	

ตารางที่ 5.10 ตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	ภาพประกอบ
2. ตรวจเช็คและทำความสะอาดหัวตัด	1. เตรียมหมุนเปลี่ยนหัวตัด	
	2. ทำการหมุนหัวตัดออกจากตัวจับยึดเพื่อนำมาทำความสะอาด	
	3. ตรวจเช็คและทำความสะอาดหัวตัด	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.10 ตัวอย่างขั้นตอนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	ภาพประกอบ
	4. ใส่หัวตัดเข้าที่จับยึดพร้อมตรวจดูความเรียบร้อย	
	5. ตรวจเช็คสายลำเลียงแก๊สและสายไฟต่างๆ	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ผลการปรับปรุง

การวัดผลของเครื่องพลาสมาได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลและวัดผลในด้านค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ซึ่งมีส่วนประกอบจาก อัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ โดยเป็นการนำข้อมูลดังกล่าวก่อนการใช้แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ในช่วงเดือนมกราคม ปี 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม ปี 2556 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลหลังการใช้แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ในช่วงเดือนตุลาคม ปี 2556 ถึงเดือนธันวาคม ปี 2556 และด้านค่าใช้จ่ายระหว่างการดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมา ซึ่งแบ่งเป็นค่าซ่อมบำรุง และค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนก่อนและหลังทำการปรับปรุง

การวัดผลดังกล่าวข้างต้นเป็นการวัดผลที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมา
2. MTBF : Mean Time Between Failure เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย และ MTTR : Mean Time To Repair เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม
3. อัตราการเดินเครื่อง (Availability : A)
4. ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P)
5. อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q)
6. ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)
7. ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมา
    7.1 ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพลาสมา
    7.2 ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนกรณีเครื่องพลาสมาเสีย

ซึ่งผลการปรับปรุงทั้ง 7 ข้อที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นจะแบ่งเป็นหัวข้อย่อยในการรายงานผลดังนี้

1. ผลก่อนการปรับปรุง
2. ผลหลังการปรับปรุง
3. ผลการเปรียบเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1 ผลก่อนการปรับปรุง

ผลก่อนการปรับปรุงจะนำเสนอข้อมูลต่างๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการวัดผลก่อนที่จะกำหนดแนวทางและวิธีในการแก้ปัญหา แสดงรายละเอียดดังนี้

6.1.1 . อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

ผลของอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง แสดงรายละเอียดตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม 2556 ซึ่งอัตราการทำงานของเครื่องมีค่า 45.63% อัตราการขัดข้องมีค่า 44.83% และอัตราการปรับเครื่องและอื่นๆ มีค่า 9.54% ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ **6.1** อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน	เวลาการทำงานทั้งหมด (ชม.)	เวลาทำงานของเครื่องจักร (ชม.)	เวลาเครื่องจักรหยุด (ชม.)			อัตราการบำรุงรักษา (%)	อัตราการทำงานของเครื่องจักร (%)	อัตราการขัดข้องของเครื่องจักร (%)	อัตราการปรับเครื่องและอื่นๆ (%)
			เวลาบำรุงรักษา (ชม.)	เวลาเครื่องจักรขัดข้อง (ชม.)	เวลาปรับเครื่องและอื่นๆ (ชม.)				
ค่าเฉลี่ย ม.ค. ถึง พ.ค. 56	132	60	-	59	13	-	45.63	44.83	9.54

จากตารางที่ 6.1 สามารถสรุปได้ว่าเครื่องพลาสมามีความเสียหายจำนวนมาก ส่งผลทำให้อัตราการเดินเครื่องต่ำ และมีอัตราการขัดข้องสูง

6.1.2 MTBF : Mean Time Between Failure เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย และ MTTR : Mean Time To Repair เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม ก่อนการปรับปรุง

เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมก่อนการปรับปรุง มีระยะเวลาในการเก็บผลก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม 2556 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย : MTBF (ชั่วโมง)	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม: MTTR (ชั่วโมง)
มกราคม	25.8	7.5
กุมภาพันธ์	30.4	6.2
มีนาคม	28.9	7.2
เมษายน	21.5	6.0
พฤษภาคม	27.4	7.0
รวม	134.0	33.8
เฉลี่ย	26.8	6.8

จากตารางที่ 6.2 แสดงเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 26.8 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก อันสืบเนื่องมาจาก การซ่อมในหนึ่งครั้งและทำให้เครื่องพลาสมาสามารถใช้งานไปได้เพียง 26.8 จึงเกิดความเสียหายและต้องทำการซ่อมอีกครั้งหนึ่ง และเวลาเฉลี่ยระหว่างการซ่อมแซมมีค่า 6.8 ชั่วโมง ซึ่งทำให้ทราบว่าในการซ่อมต่อครั้งมีเวลาการซ่อมเฉลี่ยอยู่ที่ 6.8 ชั่วโมง

6.1.3 อัตราการเดินเครื่อง (Availability : A) ก่อนการปรับปรุง

อัตราการเดินเครื่องก่อนการปรับปรุง มีการเก็บข้อมูลเวลาและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเดินเครื่องพลาสมา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม 255 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ **6.3** อัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**อัตราการเดินเครื่อง : A (%)**
มกราคม	44.6%
กุมภาพันธ์	42.7%
มีนาคม	45.5%
เมษายน	46.0%
พฤษภาคม	49.3%
ค่าเฉลี่ย	45.6%

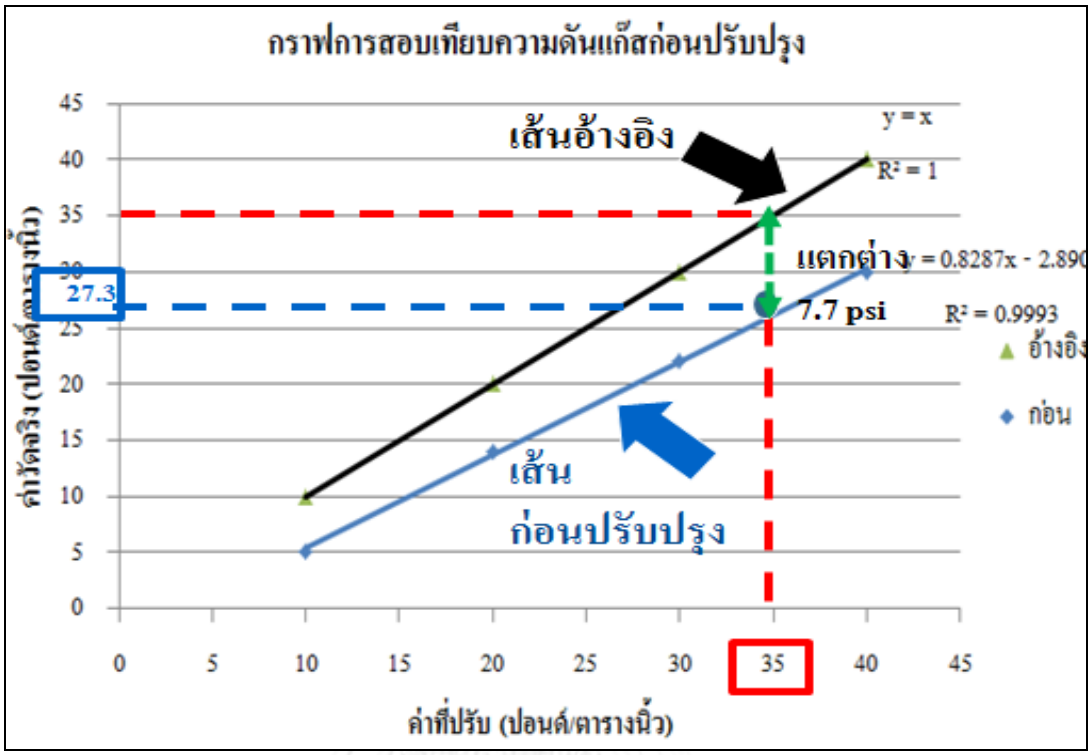
จากตารางที่ 6.3 แสดงอัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมา ก่อนการปรับปรุงโดยมีการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลา ซึ่งจะพบว่าช่วงก่อนการปรับปรุงเครื่องพลาสมามีอัตราการเดินเครื่องเพียง 45.6%

6.1.4 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P) ก่อนการปรับปรุง

ในการวัดประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมานั้นจะต้องมีการสอบเทียบค่าความดันแก๊สเพื่อสามารถทำให้การวัดค่าประสิทธิภาพนั้นมีความแม่นยำมากขึ้น และจากผลก่อนการปรับปรุงในการสอบเทียบความดันแก๊สนั้นทำให้ได้ค่าดังตารางที่ 6.5 และรูปที่ 6.1

ตารางที่ **6.4** การสอบเทียบความดันแก๊สก่อนการปรับปรุง

ผล	**ค่าที่ต้องการ (1)**	**ก่อนการปรับปรุง**	
		ค่าวัดจริง (3)	**%P (4) = (3) / (1)**
ความดันแก๊ส (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	35±0.7	27.3±5.4	78%
เวลา (วินาที/เมตร)	30	38	78%



รูปที่ 6.1 การสอบเทียบความดันแก๊สก่อนการปรับปรุง

จากตารางที่ 6.4 และรูปที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าค่าก่อนการปรับปรุงมีความแตกต่างจากค่าอ้างอิงมาก ดังการทดสอบที่ระดับความดันแก๊สที่ 35 psi ซึ่งวัดค่าความดันจริงได้เพียง 27.3 psi ดังนั้นทำให้ทราบว่าเครื่องพลาสมานั้นยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ครบ 100 เปอร์เซ็นต์จึงควรได้รับการแก้ไข และสามารถเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ **6.5** ประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**ประสิทธิภาพ : P (%)**
มกราคม	77.6
กุมภาพันธ์	79.7
มีนาคม	77.9
เมษายน	75.5
พฤษภาคม	80.1
ค่าเฉลี่ย	78.2

จากตารางที่ 6.5 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง ซึ่งมีการเก็บผลก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือน ม.ค. – พ.ค. 56 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 78.2 %

6.1.5. อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q) ก่อนการปรับปรุง

อัตราคุณภาพตัดของเครื่องพลาสมารวบรวมผลก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม 2556 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ **6.6** อัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**อัตราคุณภาพ : Q (%)**
มกราคม	77.5
กุมภาพันธ์	78.9
มีนาคม	77.9
เมษายน	76.4
พฤษภาคม	80.8
ค่าเฉลี่ย	78.3

จากตารางที่ 6.6 สามารถทราบถึงแนวโน้มของอัตราการคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง ตั้งแต่เดือน ม.ค. – พ.ค. 56 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 78.3%

6.1.6 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) ก่อนการปรับปรุง

ในวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรนั้นเป็นการคำนวณจากการคูณกันของค่าตัวแปรสามตัวคือ OEE = A*P*Q ซึ่งตัวแปรทั้งสามได้มีการรายงานผลไปในข้างต้นแล้วนั้น ต่อไปจะเป็นการรายงานผลของค่า OEE เฉลี่ยก่อนการปรับปรุงดังตารางที่ 6.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ **6.7** ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน	**อัตราการเดินเครื่อง (A) (%)**	**ประสิทธิภาพ (P) (%)**	**อัตราคุณภาพ (Q) (%)**	**ประสิทธิผลโดยรวม (OEE=A*P*Q) (%)**
มกราคม ถึง พฤษภาคม 2556	45.6	78.2	78.3	27.9

จากตารางที่ 6.7 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง พฤษภาคม 2556 มีค่าอยู่ที่ 27.9 % ซึ่งเป็นค่าประสิทธิผลโดยรวมที่อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก สืบเนื่องมาจากมีผลของอัตราการเดินเครื่องที่ต่ำ ซึ่งสาเหตุที่แท้จริงแล้วก็เกิดมาจากเครื่องพลาสมามีความเสียหายและขัดข้องบ่อยมาก ซึ่งสงผลกระทบให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนในกรณีเครื่องพลาสมาเสียหาย ซึ่งจะกล่าวถึงเป็นผลในหัวข้อถัดไป

6.1.7 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

ผลก่อนการปรับปรุงของค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมานั้นซึ่งมีส่วนประกอบของค่าซ่อมบำรุงรักเครื่องพลาสมาและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน ดังตารางที่ 6.8

Chulalongkorn University

ตารางที่ **6.8** ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน (ปี 2555)	**ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อม**	
	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	**ค่าจ้างบริษัทอื่น (บาท)**
มกราคม	43,373.52	481.50
กุมภาพันธ์	9,202.00	1,226.33
มีนาคม	3,284.90	49,480.55
เมษายน	18,618.00	498,356.78
พฤษภาคม	7,519.43	103,630.22
มิถุนายน	38,910.55	14,332.65
กรกฎาคม	5,557.58	48,845.50
สิงหาคม	15,629.49	34,914.13
กันยายน	10,464.60	0.00
ตุลาคม	14,177.50	0.00
พฤศจิกายน	2,168.89	209,746.48
ธันวาคม	4,975.50	62.92
รวม	*173,881.96*	*961,077.05*

จากตารางที่ 6.8 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุงจะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วย ค่าบำรุงรักษาจำนวน 173,882 บาท/ปี และ ค่าจ้างบริษัทอื่นจำนวน 961,077 บาท/ปี ซึ่งถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียจำนวนสูงมาก หากทางโรงงานสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ลงไปได้จะเกิดทำให้เกิดเงินทุนหมุนเวียนที่มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 ผลหลังการปรับปรุง

เมื่อมีการประยุกต์ใช้วิธีการปรับปรุงคือ

1. แผนการบำรุงรักษา
2. เทคนิคการบำรุงรักษา
3. มาตรฐานการบำรุงรักษาและการจัดการด้านทรัพยากร
4. การสอบเทียบความดันแก๊ส
5. ข้อกำหนดด้านอัตราคุณภาพ

ทำให้ได้ผลหลังการปรับปรุงที่ดีขึ้นในหลายๆ ด้าน แสดงผลดังนี้

6.2.1 . อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

ผลของอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง แสดงรายละเอียดตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2556 ดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ **6.9** อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**เวลาการทำงานทั้งหมด (ชม.)**	**เวลาทำงานของเครื่องจักร (ชม.)**	**เวลาเครื่องจักรหยุด (ชม.)**			**อัตราการบำรุงรักษา (%)**	**อัตราการทำงานของเครื่องจักร (%)**	**อัตราการขัดข้องของเครื่องจักร (%)**	**อัตราการปรับเครื่องและอื่นๆ (%)**
			เวลาบำรุงรักษา (ชม.)	**เวลาเครื่องจักรขัดข้อง (ชม.)**	**เวลาปรับเครื่องและอื่นๆ (ชม.)**				
ต.ค.	182	141.6	12.50	22.50	5.40	7	77.63	12.36	2.97
พ.ย.	175	145.8	8.5	16.2	4.5	5	83.41	9.26	2.57
ธ.ค.	152	130.9	6.2	11.3	3.6	4	86.12	7.43	2.37
ค่าเฉลี่ย	170	139	9	17	5	5	82.39	9.68	2.64

จากตารางที่ 6.9 เป็นตารางแสดงผลเกี่ยวกับอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง เมื่อมีการนำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้พบว่าเครื่องจักรมีอัตราการขัดข้องในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ปี 2556 เท่ากับ 12.36 9.26 และ 7.43 %ตามลำดับ

6.2.2 MTBF : Mean Time Between Failure เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย และ MTTR : Mean Time To Repair เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม หลังการปรับปรุง

เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมหลังการปรับปรุง โดยประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และเก็บผลหลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2556 มีรายละเอียดดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ **6.10** เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	MTBF : Mean Time Between Failure (ชั่วโมง)	MTTR : Mean Time To Repair (ชั่วโมง)
ตุลาคม	70.8	4.5
พฤศจิกายน	145.8	5
ธันวาคม	130.9	0
รวม	347.5	9.5
เฉลี่ย	115.8	3.2

จากตารางที่ 6.10 แสดงเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 115.8 ชั่วโมง ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น อันสืบเนื่องมาจาก การประยุกต์ใช้วิธีการปรุงปรุงที่เหมาะสม และมีเวลาเฉลี่ยระหว่างการซ่อมแซม 3.2 ชั่วโมง

6.2.3 อัตราการเดินเครื่อง (Availability : A) หลังการปรับปรุง

ผลของอัตราการเดินเครื่องหลังการปรับปรุง แสดงให้เห็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น หลังจากที่มีการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษา ดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ **6.11** อัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**อัตราการเดินเครื่อง : A (%)**
ตุลาคม	77.6%
พฤศจิกายน	83.4%
ธันวาคม	86.1%
ค่าเฉลี่ย	82.4%

จากตารางที่ 6.11 แสดงอัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุงโดยมีการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ หลังจากที่มีการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลา ซึ่งจะพบว่าช่วงหลังการปรับปรุงเครื่องพลาสมามีอัตราการเดินเครื่องเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 82.4%

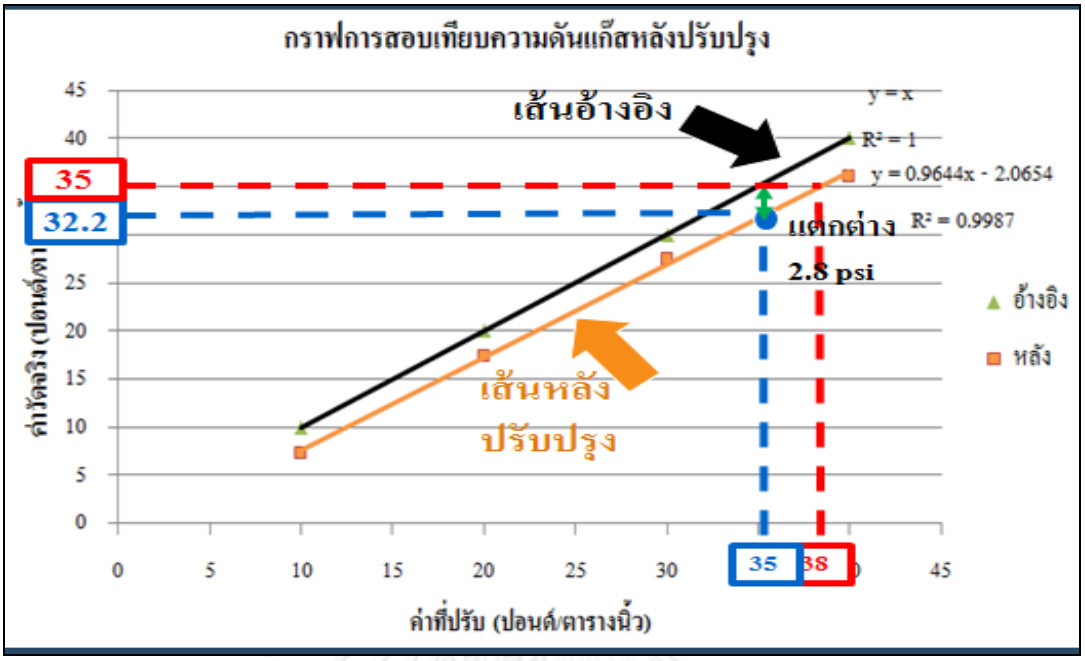
6.2.4 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P) หลังการปรับปรุง

หลังจากทำการสอบเทียบความดันแก๊สแล้วนั้นผลหลังการปรับปรุงในการสอบเทียบความดันแก๊สนั้นทำให้ได้ค่าดังตารางที่ 6.12 และรูปที่ 6.2

ตารางที่ **6.12** การสอบเทียบความดันแก๊สหลังการปรับปรุง

ผล	**ค่าที่ต้องการ (1)**	**ก่อนการปรับปรุง**	
		ค่าวัดจริง (3)	**%P (4) = (3) / (1)**
ความดันแก๊ส (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	35±0.7	32.2±2.0	92%
เวลา (วินาที/เมตร)	30	33	92%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ **6.2** การสอบเทียบความดันแก๊สหลังการปรับปรุง

จากตารางที่ 6.12 และรูปที 6.2 แสดงให้เห็นว่าค่าหลังการปรับปรุงมีความแตกต่างจากค่าอ้างอิงลดลง ดังการทดสอบที่ระดับความดันแก๊สที่ 35 psi ซึ่งวัดค่าความดันจริงหลังการปรับปรุงได้ที่ 32.2 psi ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุง ค่าความดันแก๊สที่วัดจริงมีค่าเข้าใกล้ค่าอ้างอิงมากขึ้นถึงจะไม่ 100% ก็ตาม แต่ก็สามรถทำให้ค่าประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นได้มากทีเดียว ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ **6.13** ประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**ประสิทธิภาพ : P (%)**
ตุลาคม	90.3%
พฤศจิกายน	92.0%
ธันวาคม	93.6%
ค่าเฉลี่ย	92.0%

จากตารางที่ 6.13 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง โดยมีการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษา เทคนิค มาตรฐานและการจัดการด้านทรัพยากรของการบำรุงรักษา อีกทั้งมีการสอบเทียบความดันแก๊ส ซึ่งผลหลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือน ต.ค. – ธ.ค. 56 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 92.0 %

6.2.5. อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q) หลังการปรับปรุง

อัตราคุณภาพตัดหลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2556 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6.14 อัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**อัตราคุณภาพ : Q (%)**
ตุลาคม	88.3%
พฤศจิกายน	92.0%
ธันวาคม	93.5%
ค่าเฉลี่ย	91.2%

จากตารางที่ 6.14 แสดงอัตราการคุณภาพของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง ซึ่งมีประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษา เทคนิค มาตรฐานและการจัดการด้านทรัพยากร การสอบเทียบความดันแก๊ส และข้อกำหนดด้านอัตราคุณภาพ ซึ่งมีผลหลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือน ต.ค. – ธ.ค. 56 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 91.2%

6.2.6 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) หลังการปรับปรุง

เมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่าประสิทธิผลโดยรวม มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลกระทบทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังตารางที่ 6.15

ตารางที่ 6.15 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน	**อัตราการเดินเครื่อง (A) (%)**	**ประสิทธิภาพ (P) (%)**	**อัตราคุณภาพ (Q) (%)**	**ประสิทธิผลโดยรวม (OEE=A*P*Q) (%)**
ตุลาคม ถึง ธันวาคม 2556	82.4	92.0	91.2	69.1

Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6.15 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุงเฉลี่ยตั้งแต่เดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม 2556 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 69.1 % ซึ่งมีค่าที่เพิ่มขึ้นจากก่อนการทำการปรับปรุง สืบเนื่องมาจากการที่อัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพ และอัตราคุณภาพมีค่าเพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมมีค่าสูงขึ้น

6.2.7 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมา หลังการปรับปรุง

ผลหลังการปรับปรุงของค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมานั้นซึ่งมีส่วนประกอบของค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน ดังตารางที่ 6.16

ตารางที่ **6.16** ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี 2556)	**ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อม**	
	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	**ค่าจ้างบริษัทอื่น (บาท)**
มกราคม	25,361.46	11,065.12
กุมภาพันธ์	6,441.40	981.06
มีนาคม	4,598.86	19,688.33
เมษายน	13,032.60	298,685.23
พฤษภาคม	6,767.48	82,904.17
มิถุนายน	13,346.33	17,095.33
กรกฎาคม	3,890.31	19,582.00
สิงหาคม	10,940.64	15,388.37
กันยายน	7,325.22	6,870.19
ตุลาคม	13,850.00	79,045.00
พฤศจิกายน	8,156.50	55,032.00
ธันวาคม	4,318.00	0.00
รวม	*118,028.81*	*606,336.80*

จากตารางที่ 6.16 แสดงค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุงจะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วย ค่าบำรุงรักษาจำนวน 118,029 บาท/ปี และ ค่าจ้างบริษัทอื่นจำนวน 606,337 บาท/ปี ซึ่งมีจำนวนลดลงก่อนการปรับปรุงในปี 2555 จำนวนมาก

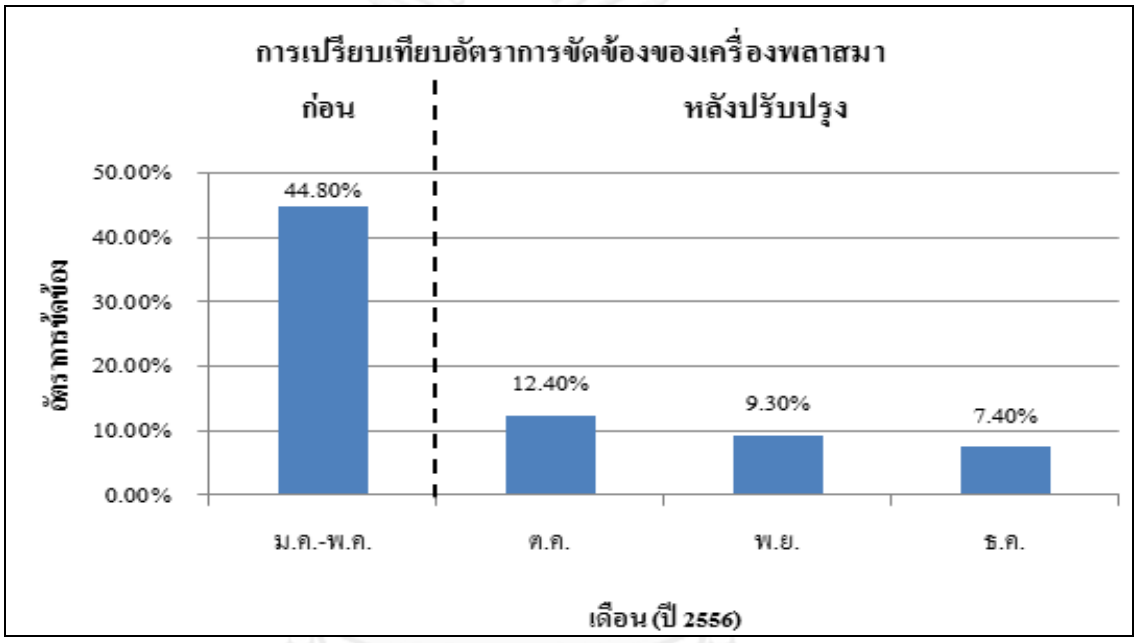
6.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง

หลังจากที่มีการเก็บรวมรวมผลก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำเสนอการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังตามละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 6.17 ผลการเปรียบเทียบอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมา

การปรับปรุง	เวลาการทำงานทั้งหมด (ชม.)	เวลาทำงานของเครื่องจักร (ชม.)	เวลาเครื่องจักรหยุด (ชม.)			อัตราการบำรุงรักษา (%)	อัตราการทำงานของเครื่องจักร (%)	อัตราการขัดข้องของเครื่องจักร (%)	อัตราการปรับเครื่องและอื่นๆ (%)
			เวลาบำรุงรักษา (ชม.)	เวลาเครื่องจักรขัดข้อง (ชม.)	เวลาปรับเครื่องและอื่นๆ (ชม.)				
ก่อน (ม.ค. – พ.ค. 56)	132	60	-	59	13	-	45.63	44.83	9.54
หลัง (ต.ค. – ธ.ค. 56)	170	139	9	17	5	5	82.39	9.68	2.64

ตารางที่ 6.17 เป็นตารางผลการเปรียบเทียบแสดงอัตราการขัดข้องของเครื่องจักร มีการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลา ซึ่งจะพบว่าช่วงก่อนการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรมีอัตราการขัดข้องสูงถึง 44.83% แต่เมื่อมีการนำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้พบว่าเครื่องจักรมีอัตราการขัดข้องในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ปี 2556 เท่ากับ 12.36 9.26 และ 7.43 % ตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบว่าเครื่องจักรมีแนวโน้มของอัตราการขัดข้องลดลงแสดงดังรูปที่ 6.3 และในด้านเวลาการปรับเครื่องจักรลดลง เนื่องจากความถี่ในการจัดปรับมีจำนวนลดลงตามการลดลงของความถี่ในการขัดข้องของเครื่องจักร ซึ่งเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของพนักงาน



รูปที่ **6.3** การเปรียบเทียบอัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

ในการวัดผลด้านประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรนั้นจะประกอบไปด้วยรายละเอียดการคูณกันของ อัตราการเดินเครื่อง (Availability : A) ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P) และ อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q) ดังนั้นในการเสนอผลจากศึกษาจึงขอแยกให้เห็นถึงแต่ละผลของตัวแปรแต่ละตัวดังนี้

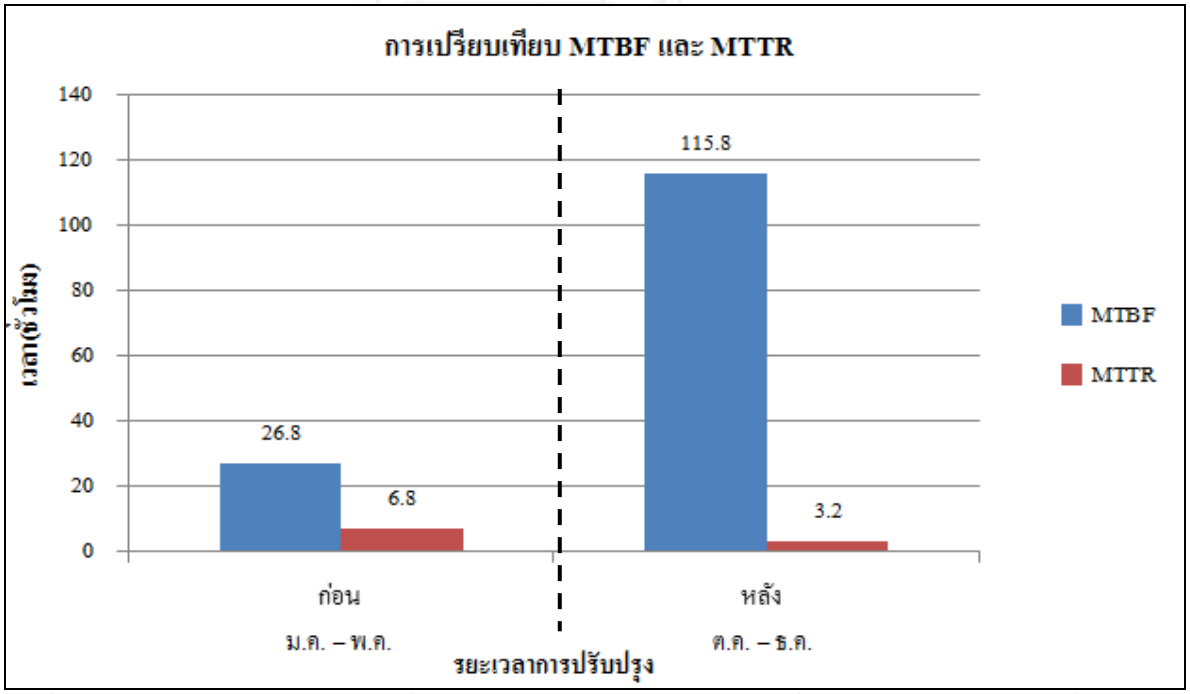
6.3.2 ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม

ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมก่อนและหลังปรับปรุง โดยมีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ด้านข้อมูลเวลา ดังตารางที่ 6.18

ตารางที่ **6.18** ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมา

การปรับปรุง	**เดือน (ปี 2556)**	เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย : MTBF (ชั่วโมง)	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม: MTTR (ชั่วโมง)
ก่อน	ม.ค. – พ.ค.	26.8	6.8
หลัง	ต.ค. – ธ.ค.	115.8	3.2

จากตารางที่ 6.18 พบว่าก่อนการปรับปรุงเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมมีค่า 26.8 ชั่วโมง และ 6.8 ชั่วโมงตามลำดับ แต่หลังจากการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษา เทคนิค มาตรฐานและการจัดการด้านทรัพยากรต่างๆ ทำให้เวลาทั้งสองประเภทมีค่าเพิ่มขึ้นดังนี้ เวลาระหว่างการเสียหายเพิ่มขึ้นเป็น 115.8 ชั่วโมง แสดงว่าหลังจากการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพลาสมานั้น ทำให้เครื่องพลาสมาสามารถใช้งานเฉลี่ย 115.8 ชั่วโมง จึงจะมีการซ่อมบำรุงอีกครั้ง และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมลดลงเป็น 3.2 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเวลาในการใช้งานเพิ่มขึ้นและยังลดเวลาซ่อมแซมเครื่องจักรในให้ลดลงได้ ซึ่งมีสามารถดูรูปกราฟแสดงแนวโน้มได้ดังรูปที่ 6.4



รูปที่ **6.4** การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายและเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

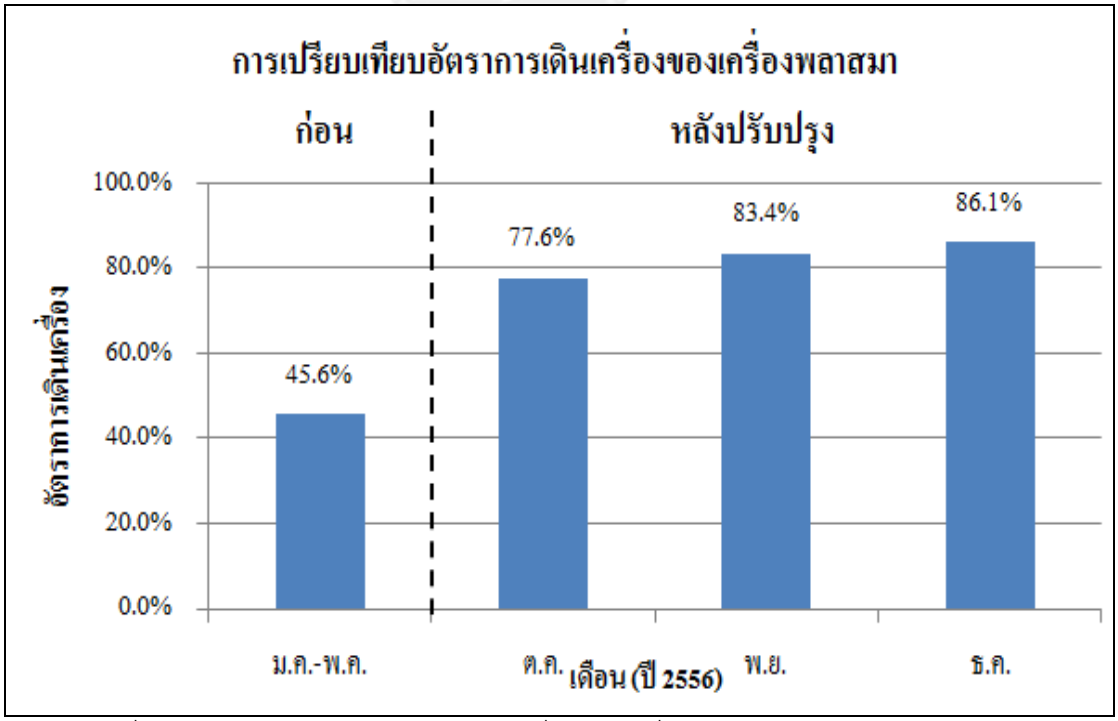
6.3.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเดินเครื่อง (Availability : A)

อัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมา มีการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลาดังตารางที่ 6.19

ตารางที่ **6.19** ผลการเปรียบเทียบอัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

การปรับปรุง	**เดือน (ปี 2556)**	**อัตราการเดินเครื่อง**
ก่อน	มกราคมถึงพฤษภาคม	45.6%
หลัง	ตุลาคม	77.6%
	พฤศจิกายน	83.4%
	ธันวาคม	86.1%
	ค่าเฉลี่ย	82.4%

จากตารางที่ 6.19 พบว่าช่วงก่อนการปรับปรุงเครื่องพลาสมามีอัตราการเดินเครื่องเพียง 45.6% แต่เมื่อมีการนำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาประยุกต์ใช้พบว่าเครื่องพลาสมามีอัตราการเดินเครื่องในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ปี 2556 เท่ากับ 77.6 83.4 และ 86.1 % ตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบว่าเครื่องจักรมีแนวโน้มของอัตราการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น สืบเนื่องจากเครื่องพลาสมามีอัตราการขัดข้องที่น้อยลง แสดงผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 6.5



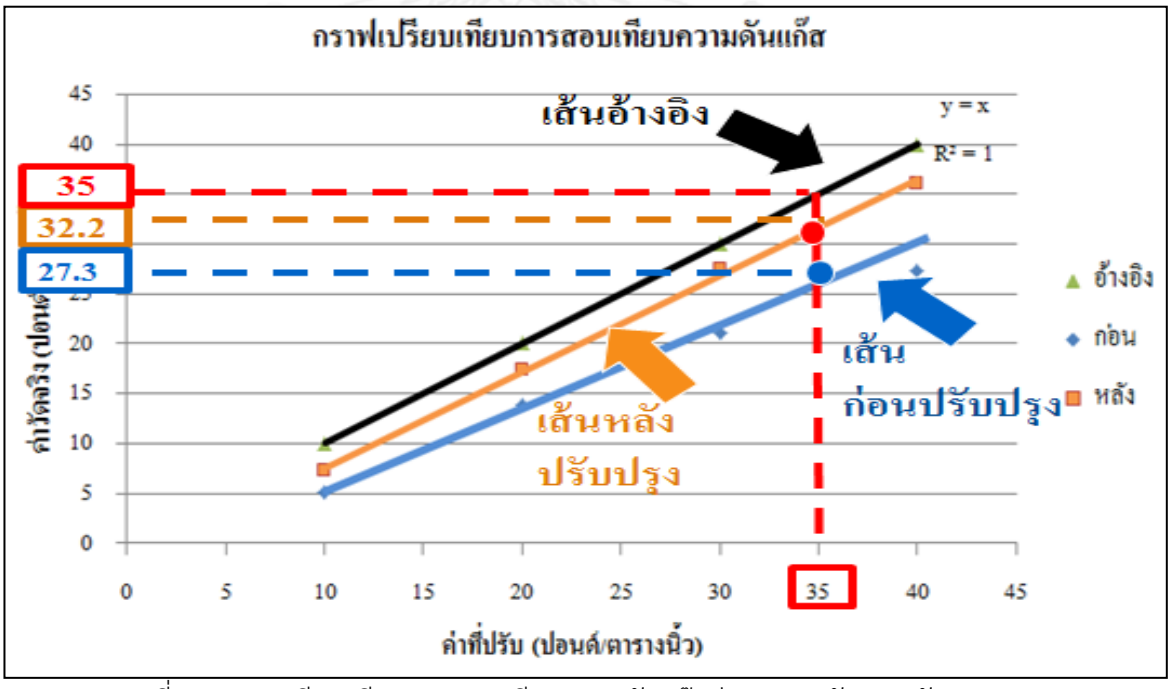
รูปที่ **6.5** การเปรียบเทียบอัตรากาเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

6.3.4 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (**Performance Efficiency : P**)

อย่างที่กล่าวไปข้างต้น ซึ่งในการวัดผลประสิทธิภาพการเดินเครื่องนั้นมีการเพิ่มเติมโดยใช้การสอบเทียบความดันแก๊ส ซึ่งผลสรุปของการสอบเทียบความดันแก๊สสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟได้ดังตารางที่ 6.20 และรูปที่ 6.6

ตารางที่ **6.20** ผลการเปรียบเทียบการสอบเทียบความดันแก๊สของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

ผล	ค่าที่ต้องการ (1)	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
		ค่าวัดจริง (3)	%P (4) = (3) / (1)	ค่าวัดจริง (6)	%P (7) = (6) / (1)
ความดันแก๊ส (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	35±0.7	27.3±5.4	78%	32.2±2.0	92%
เวลา (วินาที/เมตร)	30	38	78%	33	92%



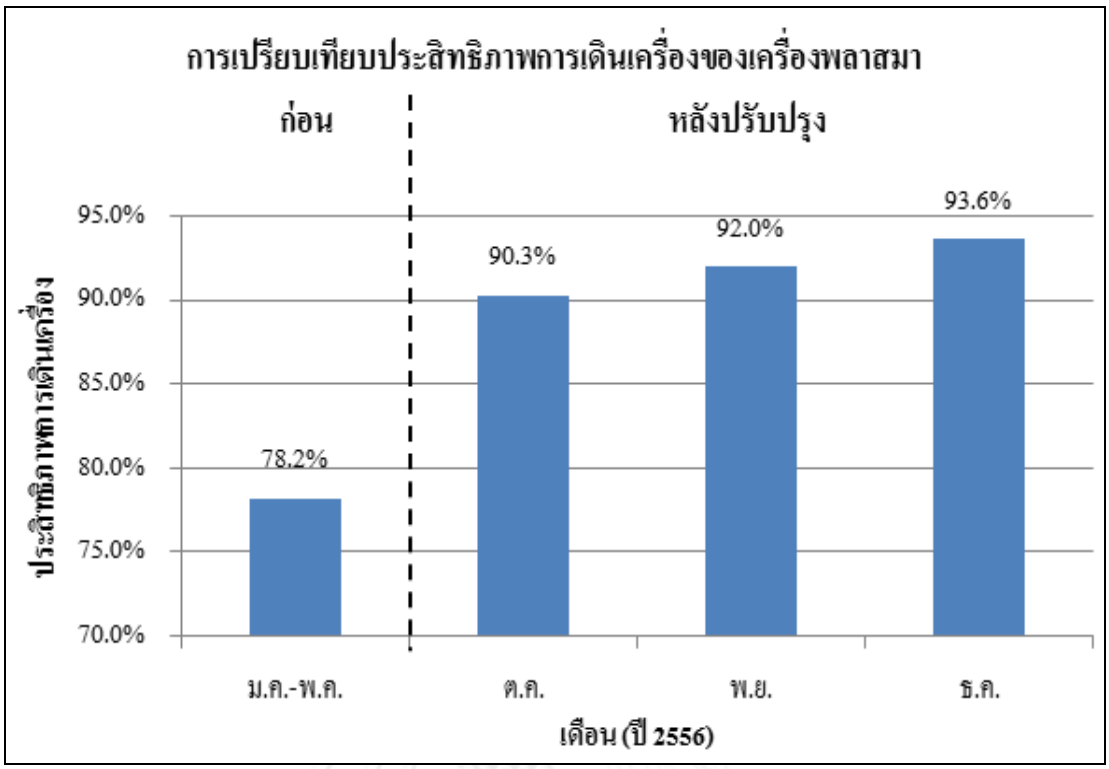
รูปที่ 6.6 การเปรียบเทียบการสอบเทียบความดันแก๊สก่อนและหลังการปรับปรุง

จากตารางที่ 6.20 และรูปที่ 6.6 หลังจากการสอบเทียบความดันแก๊สก่อนและหลังปรับปรุง จะเห็นได้ว่ากราฟเส้นหลังการปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงเส้นอ้างอิงมากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ทราบว่าหลังจากมีการสอบเทียบและประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษา เทคนิคและมาตรฐานและการจัดการทรัพยากร ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องพลาสมาดีขึ้น ซึ่งจากการทดสอบอ้างอิงค่าที่ความดัน 35 psi ซึ่งค่าก่อนการปรับปรุงวัดจริงได้ที่ 27.3 psi และหลังการปรับปรุงวัดจริงได้ที่ 32.2 psi ซึ่งหลังการปรับปรุงมีแนวโน้มที่ดีขึ้น ดังนั้นจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านประสิทธิผลของเครื่องพลาสมาดังตารางที่ 6.21

ตารางที่ **6.21** ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

การปรับปรุง	**เดือน**	**ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง**
ก่อน	มกราคมถึงพฤษภาคม	78.2%
หลัง	ตุลาคม	90.3%
	พฤศจิกายน	92.0%
	ธันวาคม	93.6%
	ค่าเฉลี่ย	92.0%

ตารางที่ 6.21 เป็นตารางแสดงประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมา ซึ่งเป็นการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการปรับปรุง โดยเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านการสอบเทียบความดันแก๊ส วัดผลจากความเร็วตัดตามมาตรฐานเทียบกับความเร็วตัดจริง ซึ่งขึ้นกับความดันแก๊สที่ใช้ จากนั้นจึงทำการวัดผลซึ่งจะพบว่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุงมีค่า 78.2% หลังจากนำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาประยุกต์ใช้พร้อมกับมีกาสอบเทียบความดันแก๊ส ทำให้ประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุงในช่วงเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 90.3 92.0 และ 93.6% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นแนวโน้มที่ดีในการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการเดินเครื่อง ดังกราฟแสดงการเปรียบเทียบรูปที่ 6.7



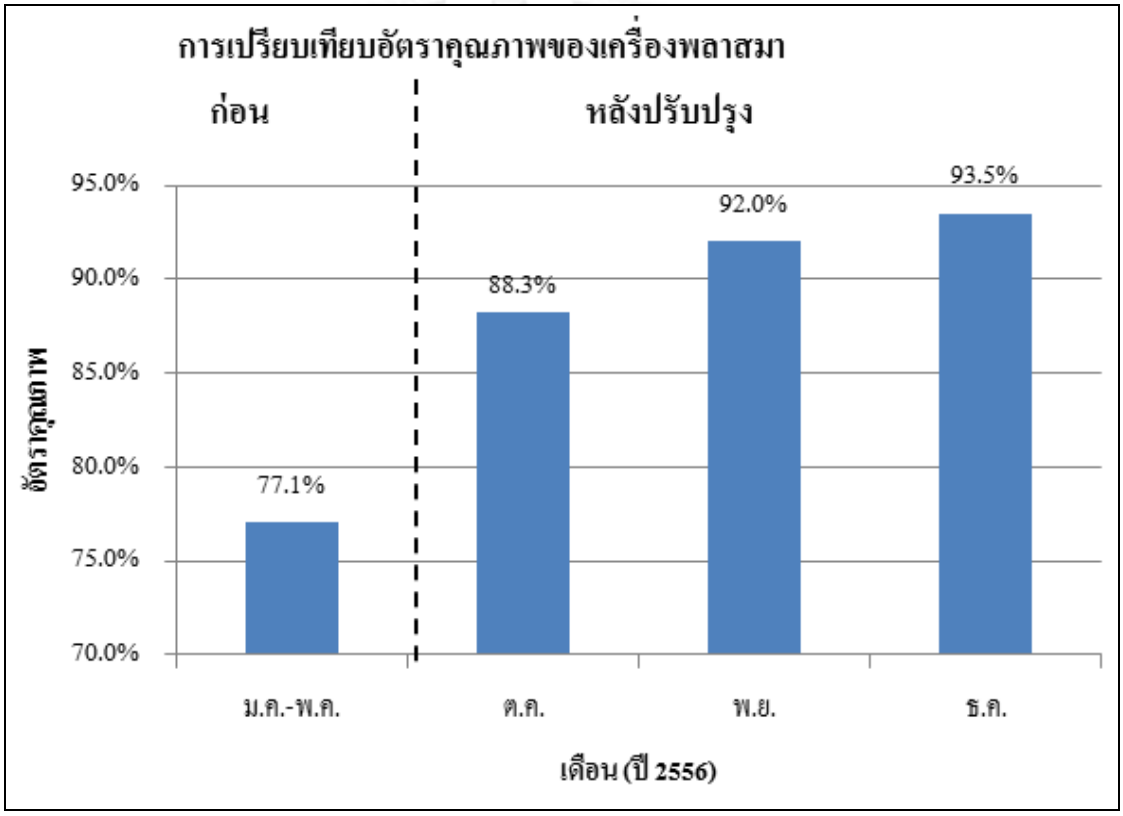
รูปที่ **6.7** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเดินเครื่องก่อนและหลังปรับปรุง

6.3.5 อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q)

อัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาเป็นการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง โดยเป็นการเก็บรวบรวมทางด้านชิ้นงานดี ซึ่งเมื่อมีการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเทคนิค มาตรฐานและการจัดการด้านทรัพยากร การสอบเทียบความดันแก๊สและข้อกำหนดด้านอัตราคุณภาพของชิ้นงานที่ได้มีลักษณะที่ไม่มีครีบ ชิ้นงานได้ตรงตามรูปแบบในโปรแกรม และชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน ± 1mm. ซึ่งจะพบว่าช่วงก่อนการปรับปรุงเครื่องพลาสมามีอัตราการคุณภาพอยู่ที่ 77.1% และหลังการปรับปรุงพบว่าเครื่องพลาสมามีอัตราคุณภาพในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ปี 2556 เท่ากับ 88.3 92.0 และ 93.5 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเครื่องจักรมีแนวโน้มของอัตราการคุณภาพเพิ่มขึ้นในทางที่ดี สืบเนื่องจากเครื่องพลาสมามีประสิทธิภาพการเดินเครื่องที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราคุณภาพดีขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 6.22 และรูปที่ 6.8

ตารางที่ **6.22** ผลการเปรียบเทียบอัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

การปรับปรุง	เดือน	อัตราคุณภาพ
ก่อน	มกราคมถึงพฤษภาคม	77.1%
หลัง	ตุลาคม	88.3%
	พฤศจิกายน	92.0%
	ธันวาคม	93.5%
	ค่าเฉลี่ย	91.2%



รูปที่ **6.8** การเปรียบเทียบอัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

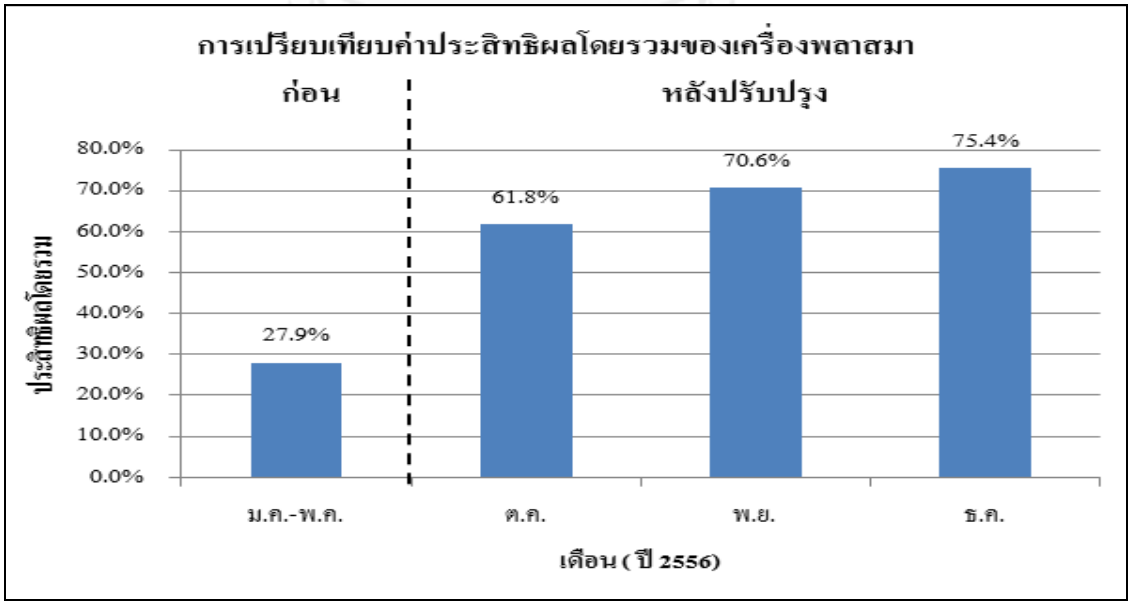
6.3.6 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)

เมื่อแสดงผลในแต่ละตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของการวัดผลค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรแล้วนั้น จึงนำตัวแปรทั้งสามตัวมาประเมินผลออกมาเป็นค่าประสิทธิผลโดยรวมซึ่งแสดงผลก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.23 และ 6.24

ตารางที่ **6.23** ผลการเปรียบเทียบประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังการปรับปรุง

การปรับปรุง	เดือน (ปี 2556)	อัตราการเดินเครื่อง (%)	ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (%)	อัตราคุณภาพ (%)	ประสิทธิผลโดยรวม (%)
ก่อน	ม.ค. – พ.ค.	45.6	78.2	78.3	27.9
หลัง	ตุลาคม	77.6%	90.3%	88.3%	61.8%
	พฤศจิกายน	83.4%	92.0%	92.0%	70.6%
	ธันวาคม	86.1%	93.6%	93.5%	75.4%
	ค่าเฉลี่ย	82.4%	92.0%	91.2%	69.3%

ตารางที่ 6.23 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยข้อมูลต่างๆ ที่นำมาวิเคราะห์เป็นการจัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์จากข้อมูลด้านเวลาความดันแก๊ส และอัตราคุณภาพของชิ้นงานที่ได้วัดผลหลังจากทำการบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งจากตารางทั้งสองที่กล่าวมานั้นพบว่า ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนปรับปรุงมีค่า 27.9 % และหลังการปรับปรุงในช่วงเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าเท่ากับ 61.8 70.6 และ 75.4 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของประสิทธิผลโดยรวมมีแนวโน้มที่ดีขึ้นเรื่อยๆ สืบเนื่องจากค่าตัวแปรตั้งสาม ด้านอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพ และอัตราคุณภาพ ที่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 6.9



รูปที่ **6.9** การเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรุง

6.3.7 ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมา

ในการเปรียบเทียบด้านค่าใช้จ่ายสามารถแบ่งการพิจารณาเป็นสองส่วนคือ

1. ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการซ่อมบำรุงเครื่องพลาสมาในระยะเวลาต่างๆ ที่เครื่องพลาสมาเกิดความเสียหาย หรือมีการบำรุงรักษาเครื่องพลาสมาตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ได้กำหนดไว้

2. ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างระยะเวลาที่เครื่องพลาสมาของทางโรงงานกรณีศึกษาเกิดความเสียหาย และทางโรงงานได้มีการว่าจ้างให้บริษัทอื่นทำงานแทน

ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายก่อนและหลังปรับปรุงจะแสดงดังตารางที่ 6.24 และ 6.25 ตามลำดับ

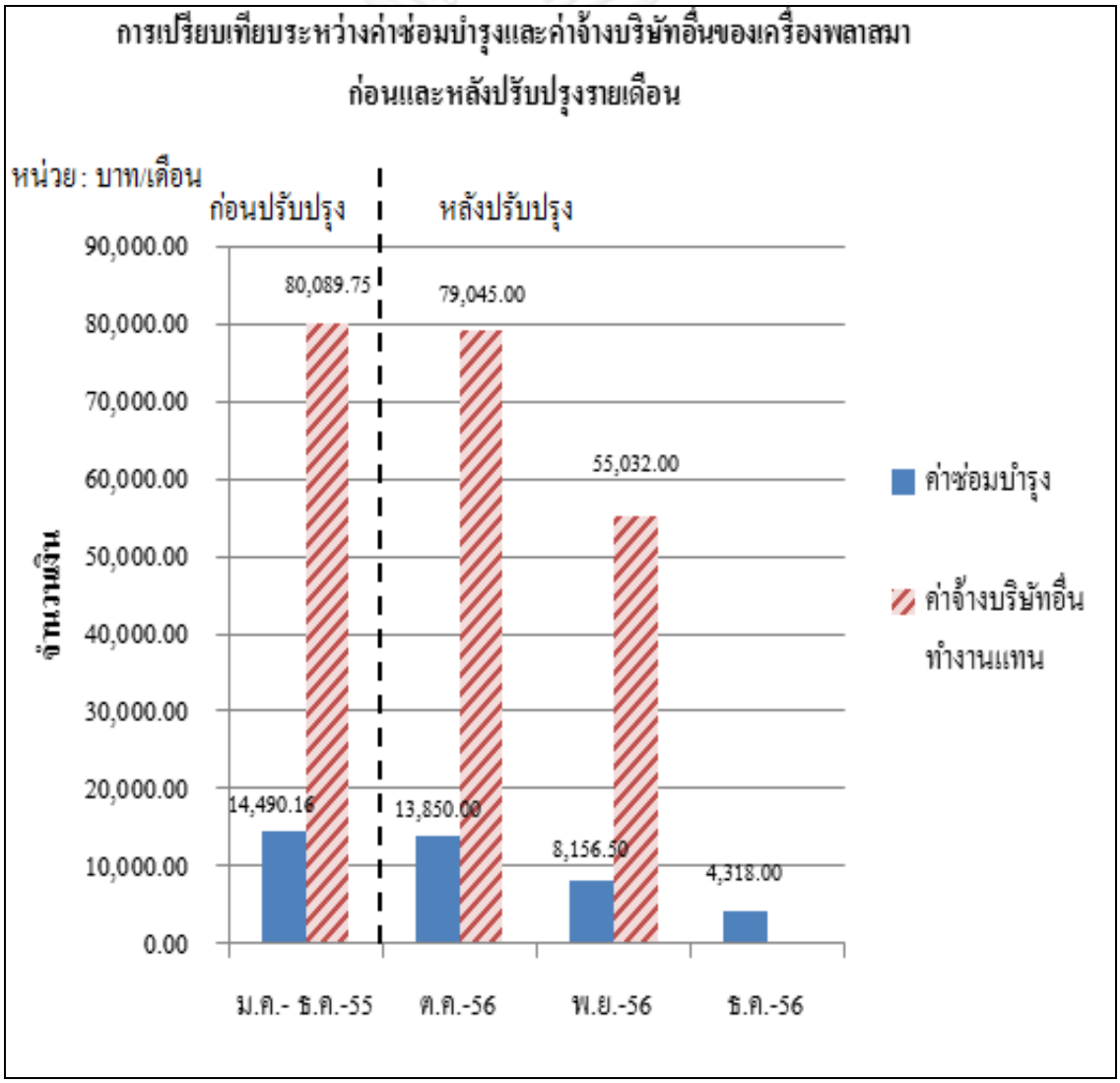
ตารางที่ **6.24** ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนการปรับปรุง

เดือน	**ค่าซ่อมบำรุง (บาท)**	**ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน (บาท)**	**รวม (บาท)**
มกราคม ถึง ธันวาคม 2555	173,881.96	961,077.05	1,134,959.00
ค่าเฉลี่ย (บาท/เดือน)	14,490.16	80,089.75	94,579.92

ตารางที่ **6.25** ค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาหลังการปรับปรุง

เดือน	**ค่าซ่อมบำรุง (บาท)**	**ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน (บาท)**	**รวม (บาท)**
ตุลาคม	13,850.00	79,045.00	92,895.00
พฤศจิกายน	8,156.50	55,032.00	63,188.50
ธันวาคม	4,318.00	0	4,318.00
รวม	26,324.50	134,077.00	160,401.50
ค่าเฉลี่ย (บาท/เดือน)	8,774.83	44,692.33	53,467.17

จากตารางที่ 6.24 และ 6.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในด้านการซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าก่อนการปรับปรุงมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนโดยเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 14,490.16 และ 80,089.75 บาท ตามลำดับ หลังการปรับปรุงในช่วงเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงเท่ากับ 13,850.00 8,156.50 และ 4,318.00 บาท ตามลำดับ และมีค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนเท่ากับ 79,045.00 55,032.00 และ 0 บาท ตามลำดับ ซึ่งค่าใช้จ่ายต่างๆ มีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆ ในเดือนธันวาคมไม่มีค่าใช้จ่ายในด้านการว่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทน แสดงดังรูปที่ 6.10



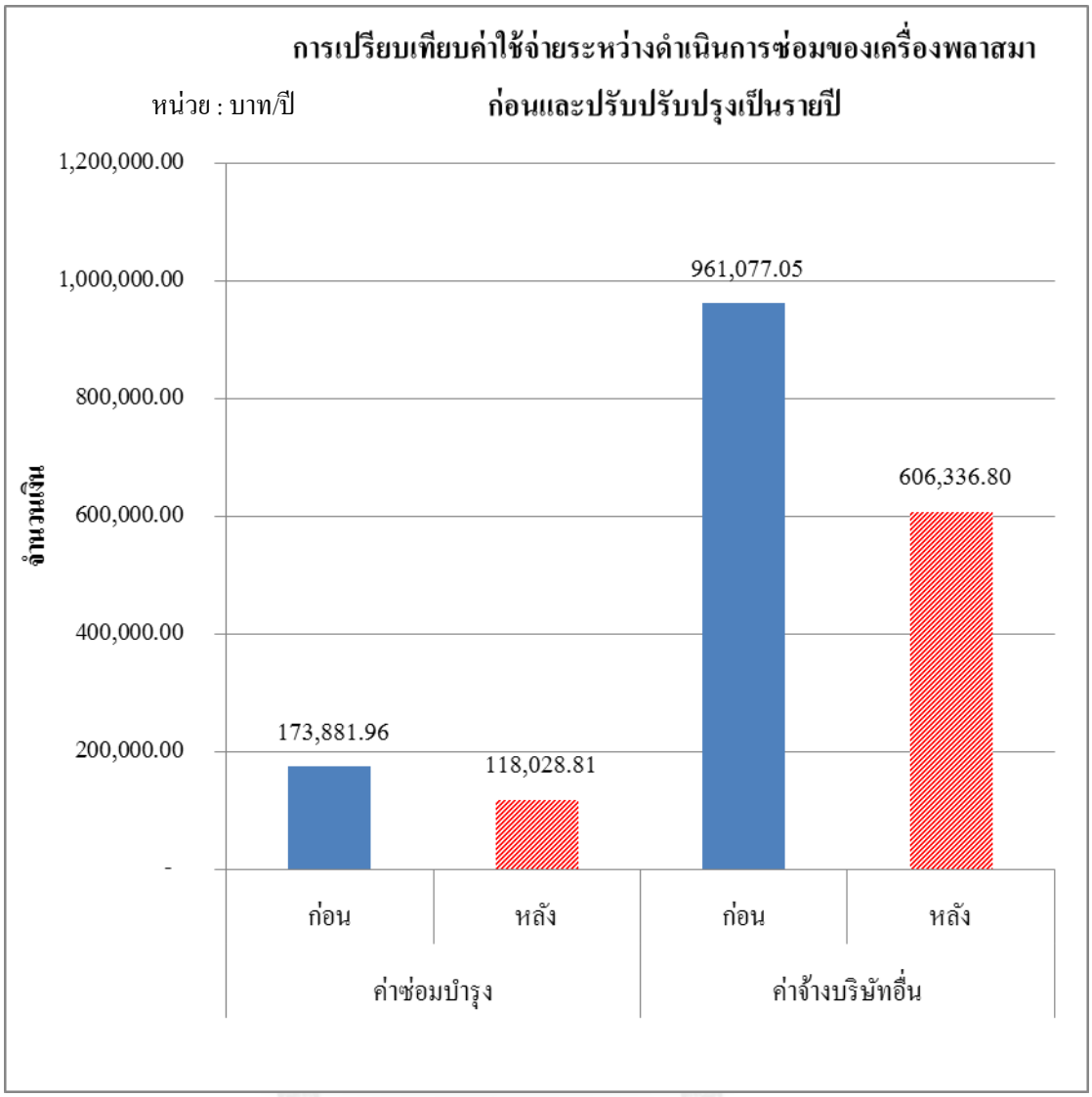
รูปที่ **6.10** การเปรียบเทียบระหว่างค่าซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นของเครื่องพลาสมา ก่อนและหลังปรับปรุงเฉลี่ยรายเดือน

หากนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นมาประเมินผลและเปรียบเทียบกับเป็นรายปีสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 6.26 และรูปที่ 6.11

ตารางที่ **6.26** ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนและหลังปรับปรับปรุงเป็นรายปี

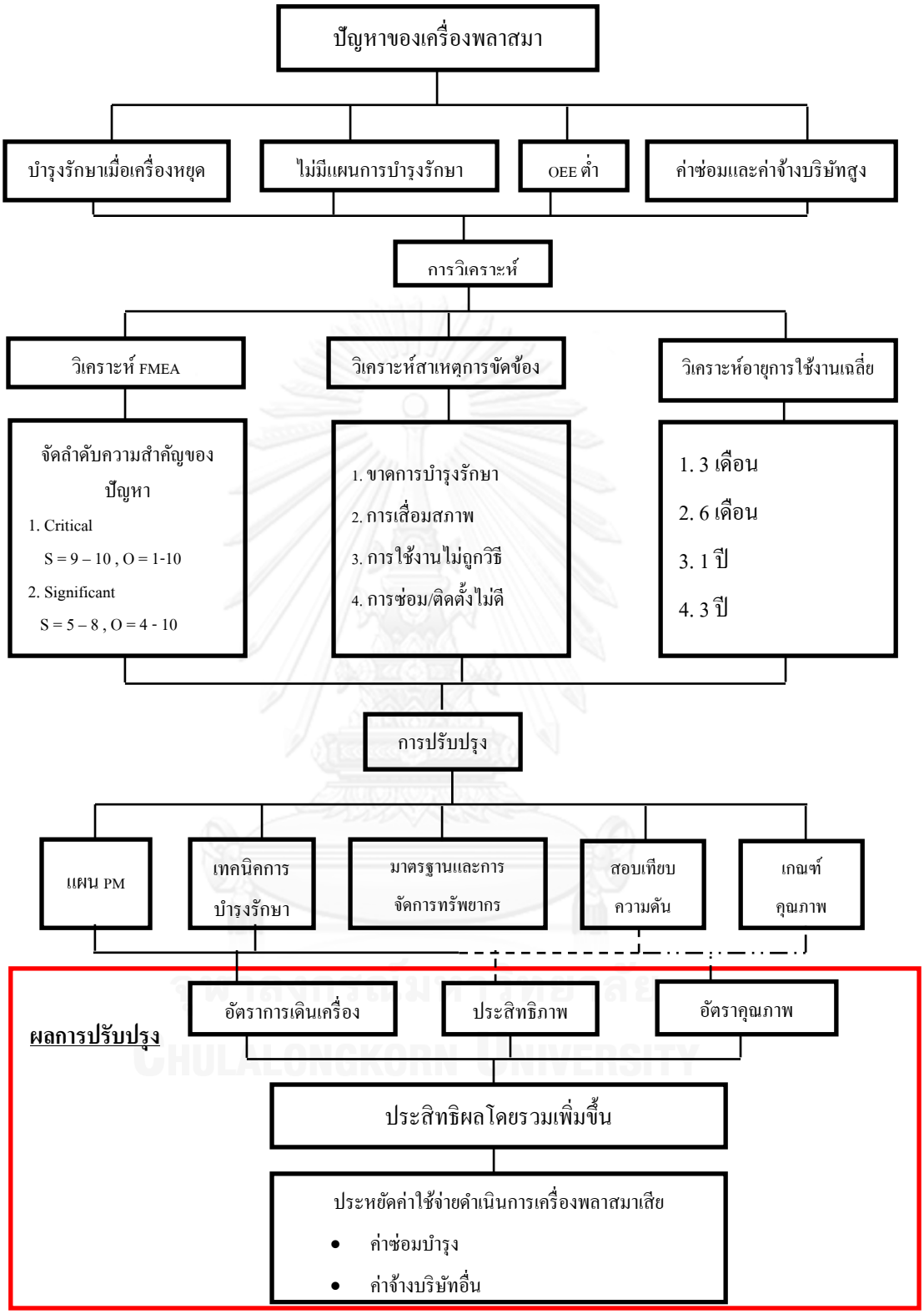
เดือน	ค่าซ่อมบำรุง		ค่าจ้างบริษัทอื่น	
	ก่อนปรับปรุง (2555) (บาท)	หลังปรับปรุง (2556) (บาท)	ก่อนปรับปรุง (2555) (บาท)	หลังปรับปรุง (2556) (บาท)
มกราคม	43,373.52	25,361.46	481.50	11,065.12
กุมภาพันธ์	9,202.00	6,441.40	1,226.33	981.06
มีนาคม	3,284.90	4,598.86	49,480.55	19,688.33
เมษายน	18,618.00	13,032.60	498,356.78	298,685.23
พฤษภาคม	7,519.43	6,767.48	103,630.22	82,904.17
มิถุนายน	38,910.55	13,346.33	14,332.65	17,095.33
กรกฎาคม	5,557.58	3,890.31	48,845.50	19,582.00
สิงหาคม	15,629.49	10,940.64	34,914.13	15,388.37
กันยายน	10,464.60	7,325.22	0.00	6,870.19
ตุลาคม	14,177.50	13,850.00	0.00	79,045.00
พฤศจิกายน	2,168.89	8,156.50	209,746.48	55,032.00
ธันวาคม	4,975.50	4,318.00	62.92	0.00
รวม	*173,881.96*	*118,028.81*	*961,077.05*	*606,336.80*

จากตารางที่ 6.26 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในด้านการซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุงเป็นลักษณะภาพรวมรายปี พบว่าก่อนการปรับปรุงในปี 2555 มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนจำนวน 173,881.96 บาทและ 961,077.05 บาท ตามลำดับ หลังการปรับปรุงในปี 2556 มีค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนจำนวน 118,028.81 บาท และ 606,336.80 บาท ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องพลาสมาและค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนลดลงได้ประมาณปีละ 55,853 บาท และ 354,740 บาท ตามลำดับ และสามารถแสดงเป็นแนวโน้มในรูปแบบกราฟแสดงการเปรียบเทียบดังรูปที่ 6.11



รูปที่ **6.11** การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาก่อนและปรับปรับปรุงรายปี

หลังจากดำเนินการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงแล้วนั้น เพื่อความเข้าใจในเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ในเรื่องการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามากยิ่งขึ้น จึงได้ทำการสรุปผลภาพรวมได้ดังรูปที่ 6.12 ซึ่งเป็นการสรุปผลภาพรวมของวิทยานิพนธ์ โดยเริ่มตั้งแต่ ปัญหาของเครื่องพลาสมา การวิเคราะห์ การปรับปรุง และผลการปรับปรุง



รูปที่ 6.12 สรุปผลภาพรวมในการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมา

6.4 ปัญหา การแก้ไข และผลตอบรับ

จากการสรุปผลในแต่ละด้าน ตามข้างต้นที่กล่าวมานั้น หลังจากทำการปรับปรุงนั้นทำให้อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมามีแนวโน้มที่ลดลง ส่งผลทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามีค่าเพิ่มขึ้น และสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายระหว่างการดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาลดลง ทั้งนี้ในการดำเนินงานยังสามารถทำให้ประสิทธิผลโดยรวมสามารถเพิ่มขึ้นได้อีก แต่ในบางกรณีระหว่างการปรับปรุงอาจมีการตรวจสอบหรือข้อบกพร่องที่ยังเกิดการติดขัดเล็กๆ น้อยๆ ทำให้ผลที่ออกมาสามารถที่จะทำการพัฒนาให้มีค่าได้มากขึ้นกว่าเดิม หรืออาจรวมไปถึงการหาวิธีการปรับปรุงทางด้านอื่นๆ ให้กับเครื่องพลาสมาที่เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาให้เพิ่มขึ้นได้อีกในอนาคต อีกทั้งยังมีกาสรุปปัญหา การแก้ไข และผลตอบรับที่ได้พบระหว่างการดำเนินงานได้ดังตารางที่ 6.27 เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาในอนาคต

ตารางที่ 6.27 ปัญหา การแก้ไข และผลตอบรับระหว่างการดำเนินงาน

ปัญหา/อุปสรรค	การแก้ไข	ผลตอบรับ
1. พนักงานขาดทัศนคติที่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	1. ทำการประสานงานกันระหว่างแผนกอย่างใกล้ชิดเพื่อวางแผนร่วมกัน	1. พนักงานมีความกระตือรือร้นในการดำเนินงานเมื่อทราบถึงความสำคัญของงานและสามารถลดการขัดข้องของเครื่องจักรลงได้
2. ไม่มีความพร้อมในการจัดเตรียมอะไหล่	2. ร่วมกันประสานงานกับฝ่ายจัดซื้ออย่างใกล้ชิด	2. ตรวจติดตามอะไหล่อย่างใกล้ชิดเพื่อเป็นการเร่งรัดในการจัดส่ง
3. พนักงานบางคนถือตัว ไม่ยอมรับฟังความคิดเห็นหรือข้อเสนอที่เปลี่ยนไปต่อการทำงาน	3. ให้ความสนิทและไม่ถือตัวไม่ว่าพนักงานอยู่ในระดับใดก็ตามพร้อมกับรับฟังความคิดเห็นเพิ่มเติมของพนักงานทุกคน	3. พนักงานมีให้ความเป็นกันเองและใส่ในในทุกๆงานที่ได้เสนอแนะพร้อมกับมีความร่วมมือช่วยกันดำเนินการจนสำเร็จตามแผน

7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาสภาพโดยรวมของโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต Chassis ส่วนหน้า (Front) และส่วนหลัง (Rear) ของรถแทรกเตอร์ พบว่า ปัญหาทางด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเกิดจากเครื่องพลาสมาเสียหายทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาต่ำ เกิดค่าใช้จ่ายในด้านการซ่อมบำรุง และค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาเกิดขึ้นจากทางโรงงานไม่มีการบริหารจัดการด้านการบำรุงรักษา ไม่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทำให้เครื่องจักรเกิดความเสียหายจำนวนและ และมีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในเวลาที่เครื่องจักรเกิดความเสียหายเท่านั้น ดังนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลในอดีต และได้จัดทำแผนการปรับปรุงในด้านการซ่อมบำรุงเครื่องพลาสมา เพื่อเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมให้กับเครื่องพลาสมาและเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างเครื่องพลาสมาเสียหาย

7.1 สรุปผล

จากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ความเสียหายที่ระดับวิกฤตคือแหล่งจ่ายกำลังและระบบหล่อเย็นของเครื่องพลาสมา

2. ความเสียหายที่ระดับสำคัญคือแหล่งจ่ายกำลัง ระบบหล่อเย็น ระบบควบคุมแก๊ส ระบบควบคุมหัวตัด และระบบควบคุมของเครื่องพลาสมา

3. อัตราการขัดข้องของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 44.8 % และหลังการปรับปรุง 9.7 % คิดเป็นการลดลง 78.35 %

4. เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายมีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 26.8 ชั่วโมง หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 115.8 ชั่วโมง และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมก่อนการปรับปรุง 6.8 ชั่วโมง และหลังการปรับปรุงลดลงเป็น 3.2 ชั่วโมง

5. อัตราการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 45.6 % และหลังการปรับปรุง 82.4 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 80.70%

6. ประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 78.2 % และหลังการปรับปรุง 92.0 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 17.64 %

7. อัตราคุณภาพของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 78.3 % และหลังการปรับปรุง 91.2 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 16.48 %

8. ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 27.9 % และหลังการปรับปรุง 69.3 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้นประมาณ 100 %

9. ค่าซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องพลาสมามีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 173,881.96 บาท/ปี และ และหลังการปรับปรุง 118,028.81 บาท/ปี คิดเป็นการลดลง 32.12 %

10. ค่าจ้างบริษัทอื่นทำงานแทนมีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 961,077.05 บาท/ปี และ หลังการปรับปรุง 606,336.80 บาท/ปี คิดเป็นการลดลง 36.91 %

7.2 ข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการปรับปรุง โดยทำการบริหารจัดการด้านการบำรุงรักษาด้วยแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องพลาสมาแล้วนั้น มีผลทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพลาสมาเพิ่มขึ้น และมีค่าใช้จ่ายระหว่างการดำเนินการซ่อมของเครื่องพลาสมาลดลง แต่อย่างไรก็ดีในการปรับปรุงที่ได้จัดทำเป็นเพียงขั้นพื้นฐานและแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อสามารถนำไปปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องพลาสมาต่อๆไป ในส่วนข้อเสนอแนะนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรมีการดำเนินการต่อไป ดังนี้

1. แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันควรจะต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมต่อกาลเวลาที่เปลี่ยนไปเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของเครื่องจักรในปัจจุบัน และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ในแผนการบำรุงรักษาที่เสนอแนะนั้นจะต้องมีการดำเนินการที่ต่อเนื่องตลอดทั้งแผนที่ได้กำหนดไป เนื่องจากหากมีการดำเนินการที่ไม่ต่อเนื่อง จะส่งผลกระทบต่อการดำเนินการและก่อให้เกิดเหตุขัดข้องเพิ่มเติม

3. พนักงานควรปฏิบัติงานอย่างมีความรอบคอบอยู่เสมอ เพื่อเป็นการเพิ่มทักษะและความรู้ในการปฏิบัติงานให้ทันต่อเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

4. สร้างขวัญและกำลังใจให้กับพนักงานทุกระดับ เพื่อสร้างความร่วมมือ และความสามัคคีในการทำงานร่วมกัน

5. ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและระบบระบายอากาศเพิ่มเพื่อป้องกันการระเบิดของระดับปัญหาวิกฤต

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญจนา จิตรจุน. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร
,2539.

โกศีล ดีศีลธรรม. “การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม.” เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. ฉบับที่ 18 (ก.ย. 2547) : 45-48.

โกสินทร์ ชวลีพันธ์สกุล. การปรับปรุงประสิทธิผลของเครื่องจักรโดยการวิเคราะห์ค่าประสิทธิผล-โดยรวม ของเครื่องจักรและต้นทุนของการบำรุงรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชา
วิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ,2550.

ดนัย สาหร่ายทอง. การวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ,2539.

นรงฤทธิ์ เสนาจิตร. เทคโนโลยีการตัดโลหะด้วยลำอาร์คพลาสมา.ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

นิวัฒน์ คำวงค์., ขจรเดช เจือกโว้น. และ ประสิทธ์ ทองใบ. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา การผลิตชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร ,2548.

สุพร อัศวินนิมิต. และ ธีรพร พัดภู่. วิศวกรรมการบำรุงรักษา. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

อาทิตยา ดวงมณี. การพัฒนาตัวบ่งชี้รวมสำหรับความเป็นเลิศทางวิชาการของสาขาวิชาวิจัยทางการศึกษาในมหาวิทยาลัยของรัฐ. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ., 2540.

ภาษาอังกฤษ

Hans Lind and Henry Muyingo .(2012), “Department of Real Estate and Construction Management”, Property Management, Vol. 30 No. 1, pp. 14-28.

Jeffrery Lewis. “Maintenance Management As a Quality Process”[Online]. Available from : http://www.plant-maintenance.com/articlesmaintenance_quality.shtml. (2002,Novemble 1)

Johnstone, J.D. “Indicators of Education System”. UNESCO, Paris, 1981.

Nakajima, S. TPM Development Program. First Edition. Tokyo : Asian Productivity Organization,1989.

Olanrewaju Abdul Lateef. “Case for alternative approach to building maintenance management of public universities”. Journal of Building Appraisal, Vol. 5,3, 201–212, 2010.

Peter Muchiri., Liliane Pintelon., Ludo Gelders., and Harry Martin. “Development of maintenance function performance measurement framework and indicators”. Centre for Industrial Management, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2010.

Shenoy, D. and Bhadury, B. “Maintenance Resources Management Adapting MRP”. First Edition, London : Taylor&Francis, 1998.

Sink, S. D. Productivity Management : Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement. First Edition. New York : John Wiley & Sons , 1985.

Sumanth, D.J., Productivity Engineering and Management. McGraw-Hill, Singapore, 1985.

Tsang, A.H.C. “A strategic approach to managing maintenance performance”. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4 No. 2, pp. 87-94, 1998.

Wenzhu Liao., Ershun Pan. and Lifeng Xi. “Preventive maintenance scheduling for repairable system with deterioration”. Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China., 2009.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก. รายละเอียดจากคู่มือในด้านการคุณสมบัติของเครื่องพลาสมา

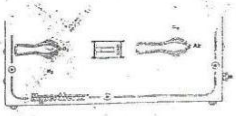
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

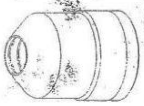
Mild Steel

O_2 Plasma / Air Shield

100 Amps

Flow Rates @ 120 psi / 8.3 bar (scfh / slh)		
	Air	O_2
Preflow	164.2 / 4620	0 / 0
Cutflow	97.2 / 2748	48 / 1356

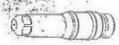




120786
Retaining Cap

120777
Nozzle

120783
Swirl Ring



120785
Electrode

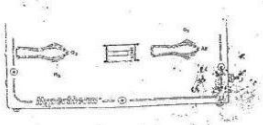
English

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	Inches	Volts	in.	mm	ipm	mm/m	in.	mm	seconds
35	0	0	0	36		17	25	31	23	35	17	1/8	125	.094	2	240	6100	.188	5	0.3
												3/16	125	.125	3	180	4570	.250	6	0.5
												1/4	130	.125	3	120	3050	.250	6	0.7
												3/8	135	.157	4	85	2160	.314	8	0.9
												1/2	135	.157	4	60	1520	.314	8	1.5

Metric

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	mm	Volts	mm	in.	mm/m	ipm	mm	in.	seconds
35	0	0	0	36		17	25	31	23	35	17	3	125	2	.094	6462	255	5	.188	0.3
												5	125	3	.125	4355	172	6	.250	0.5
												6	130	3	.125	3226	127	6	.250	0.7
												10	135	4	.157	2056	81	8	.314	0.9
												12	135	4	.157	1613	64	8	.314	1.5

Minimum inlet pressures remain at one setting of 120 psi (8.3 bar) for all material thicknesses.
Approximate pressures while cutting in RUN mode: PG1 76
PG2 17

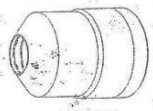


Mild Steel

O_2 Plasma / Air Shield

200 Amps

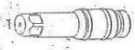
Flow Rates @ 120 psi / 8.3 bar (scfh / slh)		
	Air	O_2
Preflow	184.3 / 5220	55.7 / 1578
Cutflow	149.1 / 4224	78 / 2208



120786
Retaining Cap

120787
Nozzle

120791
Swirl Ring



120793
Electrode

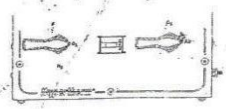
English

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	Inches	Volts	in.	mm	ipm	mm/m	in.	mm	seconds
35	0	0	10	30		32	35	24	42	35	32	1/4	120	.125	3	160	4060	.250	6	0.5
												3/8	120	.125	3	100	2540	.250	6	0.5
												1/2	125	.157	4	80	2030	.314	8	0.7
												5/8	130	.157	4	70	1780	.314	8	0.9
												3/4	135	.188	5	55	1400	.375	10	1.2
												7/8	135	.25	6	45	1140	.500	13	1.5
												1	140	.25	6	35	889	.500	13	2.5

Metric

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	mm	Volts	mm	in.	mm/m	ipm	mm	in.	seconds
35	0	0	10	30		32	35	24	42	35	32	6	120	3	.125	4301	169	6	.250	0.5
												10	120	3	.125	2419	95	6	.250	0.5
												12	125	4	.157	2151	85	8	.314	0.7
												15	130	4	.157	1851	73	8	.314	0.9
												20	135	5	.188	1331	52	10	.375	1.2
												22	135	6	.25	1155	46	13	.500	1.5
												25	140	6	.25	903	36	13	.500	2.5

Minimum inlet pressures remain at one setting of 120 psi (8.3 bar) for all material thicknesses.
Approximate pressures while cutting in RUN mode: PG1 56
PG2 32

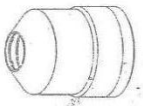


Mild Steel

O_2 Plasma / Air Shield

300 Amps

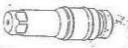
Flow Rates @ 120 psi / 8.3 bar (scfh / slh)		
	Air	O_2
Preflow	172.5 / 4860	57.2 / 1620
Cutflow	157.5 / 4440	84.3 / 2388



120786
Retaining Cap

120794
Nozzle

120913
Swirl Ring



120802
Electrode

English

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	Inches	Volts	in.	mm	ipm	mm/m	in.	mm	seconds
46	0	0	10	24		35	35	20	42	46	35	1/4**	120	.062	2	190	4830	.125	3	0.3
												3/8**	125	.125	3	160	4060	.250	6	0.5
												1/2	130	.157	4	120	3050	.314	8	0.7
												5/8	135	.188	5	100	2540	.375	10	0.9
												3/4	140	.188	5	80	2030	.375	10	1.1
												7/8	145	.188	5	70	1780	.375	10	1.3
												1	145	.188	5	55	1400	.375	10	1.5
												1-1/8	150	.188	5	50	1270	*	*	*
												1-1/4	155	.250	6	45	1140	*	*	*
												1-1/2	155	.250	6	35	890	*	*	*

Metric

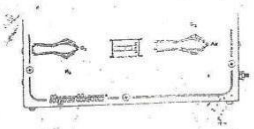
Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	mm	Volts	mm	in.	mm/m	ipm	mm	in.	seconds
46	0	0	10	24		35	35	20	42	46	35	6**	120	2	.062	5108	201	3	.125	0.3
												10**	125	3	.125	3871	153	6	.250	0.5
												12	130	4	.157	3226	127	8	.314	0.7
												15	135	5	.188	2681	106	10	.375	0.9
												20	140	5	.188	1935	76	10	.375	1.1
												22	145	5	.188	1796	71	10	.375	1.3
												25	145	5	.188	1419	56	10	.375	1.5
												30	150	5	.188	1213	48	*	*	*
												32	155	6	.250	1134	45	*	*	*
												35	155	6	.250	1014	40	*	*	*

* Piercing not recommended

** Cuts on these thicknesses may result in increased cut angle variation and surface roughness. Reduce cut speed by 5%-10% for improvement with some materials.

Minimum inlet pressures remain at one setting of 120 psi (8.3 bar) for all material thicknesses.

Approximate pressures while cutting in RUN mode: PG1 72
PG2 35



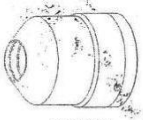
Mild Steel

O_2 Plasma / Air Shield

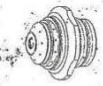
400 Amps

Straight and Bevel Cutting to 45°

Flow Rates @ 120 psi / 8.3 bar (scfh / slh)		
	Air	O_2
Preflow	184.3 / 5220	58.8 / 1662
Cutflow	167.5 / 4740	92.2 / 2610

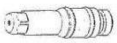


120786
Retaining Cap



120934
Nozzle

120939
Swirl Ring



120810
Electrode

English

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	Inches	Volts	in.	mm	ipm	mm/m	in.	mm	seconds
68	0	0	10	43		38	38	36	43	68	38	3/8**	135	.125	3	195	4950	.250	6	0.4
												1/2**	138	.157	4	160	4060	.314	8	0.5
												5/8	140	.157	4	120	3050	.314	8	0.6
												3/4	142	.157	4	95	2413	.314	8	0.7
												7/8	145	.188	5	80	2032	.375	10	0.8
												1	145	.188	5	70	1778	.375	10	1
												1-1/8	145	.188	5	60	1520	.375	10	1.4
												1-1/4	148	.188	5	55	1400	.375	10	1.9
												1-1/2	150	.188	5	40	1020	*	*	*
												2	175	.250	6	15	381	*	*	*

Metric

Test Preflow and Cutflow Adjust (psi)								Test Preflow Verify (psi)		Test Cutflow Verify (psi)		Material Thickness	Arc Voltage	Torch-to-Work Distance		Cutting Speed		Initial Pierce Height		Pierce Delay Time
Plasma		Shield		Plasma		Shield														
MV1	MV2	MV3	MV4	MV5		MV6	MV7	PG1	PG2	PG1	PG2	mm	Volts	mm	in.	mm/m	ipm	mm	in.	seconds
68	0	0	10	43		38	38	36	43	68	38	10**	135	3	.125	4718	186	6	.250	0.4
												12**	138	4	.157	4301	169	8	.314	0.5
												15	140	4	.157	3320	131	8	.314	0.6
												20	142	4	.157	2298	91	8	.314	0.7
												22	145	5	.188	2053	81	10	.375	0.8
												25	145	5	.188	1806	71	10	.375	1
												30	145	5	.188	1468	58	10	.375	1.2
												32	148	5	.188	1386	55	10	.375	1.4
												35	150	5	.188	1204	47	10	.375	1.9
												40	155	5	.188	929	37	*	*	*
												50	175	6	.250	421	17	*	*	*

* Piercing not recommended

** Cuts on these thicknesses may result in increased cut angle variation and surface roughness. Reduce cut speed by 5%-10% for improvement with some materials.

Minimum inlet pressures remain at one setting of 120 psi (8.3 bar) for all material thicknesses.

Approximate pressures while cutting in RUN mode: PG1 75
PG2 38

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธนพร วรวาส เกิดเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University