

การวางแผนการบำรุงรักษาสายการผลิต Heat Treatment

ธนา รุ่งเรืองโชติสกุล

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2559

PLANNED MAINTENANCE FOR HEAT TREATMENT LINE

Thana Rungruangchotsakul

TNI

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2016

หัวข้อสารนิพนธ์

โดย

สาขาวิชา

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

การวางแผนการบำรุงรักษาสายการผลิต Heat Treatment

ธนา รุ่งเรืองโชติสกุล

การจัดการอุตสาหกรรม

ดร. ปาลีรัฐ เลขะวัฒนะ

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร ดิงศภักดิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ดร. ปาลีรัฐ เลขะวัฒนะ)

ชนา รุ่งเรืองโชติสกุล : การวางแผนการบำรุงรักษาสายการผลิต Heat Treatment.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ปาลีรัฐ เลขะวัฒนะ, 75 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในสถานการณ์จริง มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้การบำรุงรักษาตามระยะเวลา เข้ามาวางแผนการบำรุงรักษาสายการผลิตซบแข็ง

จากการสำรวจสภาพสายการผลิตซบแข็ง Z1 และ Z2 พบว่ามี 2 ปัญหา จากการไม่ทำการบำรุงรักษาตามคู่มือรายการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่องจักร พบคือปัญหาท่อปล่อยก๊าซอุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติดจากการใช้งานเครื่องจักรมากเกินไป โดยขาดการบำรุงรักษาและตรวจสอบ และพบปัญหายางภายในประตูเลื่อนชำรุดก่อนระยะเวลาที่กำหนด ทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงานอยู่บ่อยครั้ง จึงใช้การบำรุงรักษาตามระยะเวลา (TBM) ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม เข้ามาแก้ไขและวางแผนในการบำรุงรักษาให้ครอบคลุมทั้งแผนการซ่อมบำรุงรักษาและแผนการตรวจสอบ

จากผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่าจำนวนท่อปล่อยก๊าซที่อุดตันไม่มีเพิ่มขึ้น โดยใช้แผนการบำรุงรักษาที่ระยะเวลา 4 เดือน หรือไม่ให้เครื่องจักร TC ใช้งานเกิน 2,000 ครั้ง และใช้พนักงานที่มีความชำนาญเป็นผู้ปฏิบัติงาน ส่วนยางภายในประตูเลื่อนชำรุดก่อนระยะเวลาที่กำหนด แก้ไขโดยการให้ผู้ที่มีความชำนาญในการทำงานเป็นผู้ปฏิบัติงาน และเน้นให้มีการตรวจสอบให้ตรงตามคู่มือรายการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่องจักร

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

THANA RUNGRUANGCHOTSAKUL : PLANNED MAINTENANCE FOR HEAT TREATMENT LINE. ADVISOR : DR. PALEERAT LEKHAWATTHANA, 75 PP.

The objective of this research is to apply Time Based Maintenance (TBM) for heat treatment line. This research was conducted as an action research in the practical situation.

From the investigation of current line condition, heat treatment line Z1 and heat treatment line Z2 had 2 problems, because maintenance was not conducted according to Equipment Inspection List. The first problem was related to the nozzles blocked and carbon plax due to too much machine usage without of proper maintenance and inspection. Another problem was related to inflate seals damaged before the scheduled time. It caused the machines to break down frequently. Therefore, TBM which is one of Total Preventive Maintenance (TPM) was applied to plan the maintenance schedule and inspection plan.

The countermeasures were carried out to conduct the maintenance properly. The result shows that the number of blocked nozzles were not increased. The maintenance was planned to be done within 4 month period or 2,000 machines run-times by skilled operators. For the problem of inflate seal damaged before the scheduled change time, the inspection according to Equipment Inspection List was emphasized and was done by skilled operators.

Graduate School
Field of Study Industrial Management
Academic Year 2016

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร. ปาลีรัฐ เลขะวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาในการให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ และตรวจสอบข้อบกพร่องในการจัดทำสารนิพนธ์ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร ดิงศภักดิ์ สำหรับการให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการเริ่มทำสารนิพนธ์ ตลอดจนติดตามผลความก้าวหน้าในการทำสารนิพนธ์ของนักศึกษาจนสามารถดำเนินการได้ทันตามเวลาที่ตั้งเป้าหมายไว้

ขอขอบพระคุณ มาซาโตชิ ยามาตะ ที่อนุญาต และให้ข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณพนักงานทุกคนในบริษัทที่ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์และให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำสารนิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นแรงใจและแรงผลักดันให้ผู้จัดทำมีกำลังใจในการศึกษาในระดับปริญญาโทจนประสบผลสำเร็จ

ธนา รุ่งเรืองโชติสกุล

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
นิยามศัพท์.....	3
แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	5
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
วงจร PDCA.....	6
การบำรุงรักษาแบบทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM).....	10
เครื่องมือคุณภาพ QC 7 Tools.....	26
หลักการชุบแข็งด้วยความร้อน Heat Treatment.....	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	39
ขั้นตอนการศึกษา.....	39
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	40
ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลสรุปการศึกษา และข้อเสนอแนะ	44
ผลจากการสำรวจสภาพปัจจุบัน.....	44
การแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตัน และ Inflate Seal ชำรุด.....	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม.....	62
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก. คู่มือรายการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่องจักร.....	66
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์	75

TNI

TAHT - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน	5
2 ข้อมูลผลการบำรุงรักษาของเครื่องจักร OM.....	45
3 ข้อมูลผลการบำรุงรักษาของเครื่องจักร HCTM	45
4 ข้อมูลผลการบำรุงรักษาของเครื่องจักร TC.....	46
5 ข้อมูลการอุดตันของ Nozzle สะสม	48
6 ข้อมูลการเปลี่ยน Inflate Seal ในปี 2015-2016	49
7 แผนการบำรุงรักษาของปี 2015 และ 2016	50
8 ข้อมูลการใช้งานของเครื่องจักรต่อรอบการบำรุงรักษาของ Nozzle	51
9 แผนการบำรุงรักษาที่ใช้ทดสอบ	54
10 ผลจากการบำรุงรักษาตามแผนทดสอบ	55
11 จำนวน Nozzle ที่อุดตันในปี 2017.....	56
12 แผนการบำรุงรักษาปี 2017	57
13 การเปลี่ยน Inflate Seal ในปี 2017.....	59
14 แผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาของ Inflate Seal	60

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	สายการผลิต Heat Treatment	1
2	กรอบแนวคิดของงานวิจัย	3
3	วงจร PDCA	7
4	วงจร PDCA กับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	8
5	อัตราการชำรุดต่อเวลาของเครื่องจักร	14
6	กระบวนการดำเนินการ 7 ขั้นตอนของ RCM	16
7	อายุช่วงชีวิตของอุปกรณ์	19
8	อายุช่วงชีวิตของอุปกรณ์หลายรูปแบบ	20
9	เสาหลักของ TPM	23
10	ตัวอย่างแผนภาพกังปลา	27
11	ตัวอย่างแผนภูมิ Pareto	27
12	ตัวอย่างกราฟเส้น	28
13	ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ	28
14	ตัวอย่างฮิสโตแกรม	29
15	ตัวอย่างผังกระจาย	29
16	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม	30
17	ความเข้มข้นของคาร์บอนในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	31
18	ความเข้มข้นของคาร์บอนหลังคาร์เบอร์ไรซิงด้วยเวลาต่างๆ กัน	32
19	แอกติวิตีของคาร์บอนที่ศักระยะคาร์บอนต่างๆ	35
20	การควบคุมอุณหภูมิและศักระยะคาร์บอนในการทำคาร์เบอร์ไรซิงแบบสองชั้น	36
21	ความเค้นล้าที่เกิดขึ้นขณะใช้งานและความเค้นล้าสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ ในชั้นผิวแข็ง	37
22	แผนผังการดำเนินการวิจัย	39
23	จำลองสายการผลิต Heat Treatment	41
24	กราฟแสดงความร้อนในชิ้นงาน ณ เวลานั้นๆ	41
25	ตัวอย่าง Check Sheet เครื่องจักร TC	42
26	ตัวอย่าง Check Sheet เครื่องจักร TC แบบ Picture Report	43
27	การก่อตัวของคาร์บอนในเครื่องจักร TC ด้านบน ของ Nozzle	47
28	Inflate Seal จากบริษัทในประเทศเยอรมัน	50
29	กราฟแท่งแสดง ข้อมูลการอุดตันของ Nozzle ต่อการเดินเครื่องจักร	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
30	แผนภาพกังปลาแสดง สาเหตุที่ทำให้ Nozzle อุดตัน 53
31	ภายในเครื่อง TC หลังบำรุงรักษาในระยะเวลา 4 เดือน..... 54
32	แผนภาพกังปลาแสดง สาเหตุที่ทำให้ Inflate Seal เสียหาย..... 58

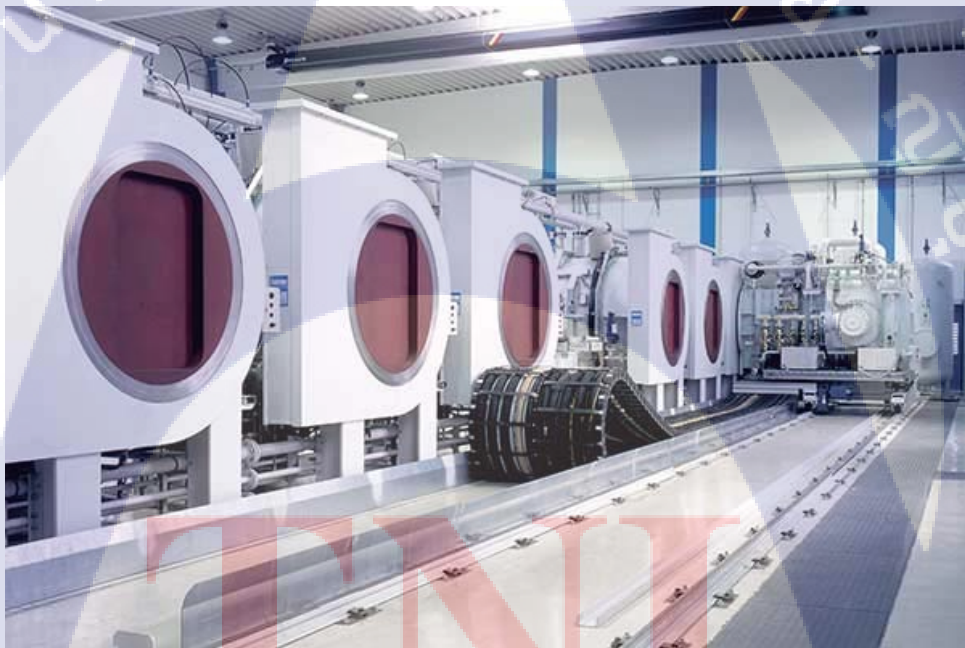


บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สายการผลิต Heat Treatment ประเภท Vacuum Gas Carburizing มีหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับเหล็กโดยใช้ความร้อน สายการผลิตนี้เป็นสายการผลิตแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย เครื่องจักรจำนวนมาก เป็นสายการผลิตที่ยาวและมีหลายขั้นตอนในกระบวนการทำงาน การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรทำโดยระบบอัตโนมัติ เครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นมีมูลค่าสูง เมื่อเกิดปัญหขึ้น เครื่องจักรจะหยุดการทำงาน ชิ้นงานภายในเครื่องจักรจะได้รับความร้อนมากเกินไปทำให้เหล็กเกิดความแข็งที่ไม่ตรงตามที่ต้องการ ชิ้นงานที่อยู่ภายในเครื่องจะกลายเป็น ของเสียทั้งหมด



รูปที่ 1 สายการผลิต Heat Treatment

ที่มา : ALD Vacuum Technology. (2010). **Modultherm Flexible Vacuum Heat Treatment Systems for Ultimate Product Quality.** Online.

ในโรงงานกรณีศึกษาสายการผลิต Heat Treatment เป็นสายการผลิตอันดับต้นของโรงงาน สายการผลิตที่เหลืต้องรองานจากสายการผลิตนี้ สายการผลิต Heat Treatment นั้นทำงานตลอดเวลาติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายเดือนโดยไม่มีการซ่อมบำรุง เมื่อเกิดการ Break Down เครื่องจักรจะหยุดเป็นระยะเวลานาน ทั้งโรงงานจะไม่สามารถทำการผลิตได้ และกว่าจะเริ่มทำงานได้อีกครั้ง ต้องทำการตรวจสอบ และทำการทดลองเดินเครื่องจักรซึ่งใช้ระยะเวลาหลายชั่วโมงก่อนจะเริ่มใช้งานสายการผลิตได้

สายการผลิต Heat Treatment ประเภท Vacuum Gas Carburizing ในกรณีศึกษาผลิตโดยบริษัท Daido Steel จากประเทศญี่ปุ่น และได้นำเข้ามาใช้งานในประเทศไทยไม่ถึง 3 ปี เป็นเครื่องจักรชนิดใหม่ในประเทศไทย สายการผลิตนี้ยังไม่ค่อยเกิดปัญหามากนัก ทำให้ไม่ได้รับความสนใจในเรื่องของการบำรุงรักษาและตรวจสอบ ทำให้สายการผลิตไม่ได้รับการบำรุงรักษาที่เหมาะสมส่งผลให้มีบางชิ้นส่วนของเครื่องจักรเสียหายและเสื่อมสภาพก่อนระยะเวลาที่กำหนด ถึงแม้ว่ามีคู่มือการบำรุงรักษาจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักร ที่เรียกว่า Equipment Inspection List

นอกเหนือจากประเด็นเครื่องจักรใหม่ที่ไม่ได้รับความสนใจในด้านการบำรุงรักษาแล้วสายการผลิตยังต้องการผลิตชิ้นงานตลอดเวลา จึงเป็นอีกหนึ่งเหตุผลที่ผู้ใช้งานเครื่องจักรไม่ให้ความสำคัญต่อการบำรุงรักษาเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามการบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นสิ่งที่ต้องทำ เพื่อคงสภาพการใช้งานที่ดีของเครื่องจักร ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้การบำรุงรักษาตามระยะเวลา (TBM) ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือการบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม(TPM) มาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร ในสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

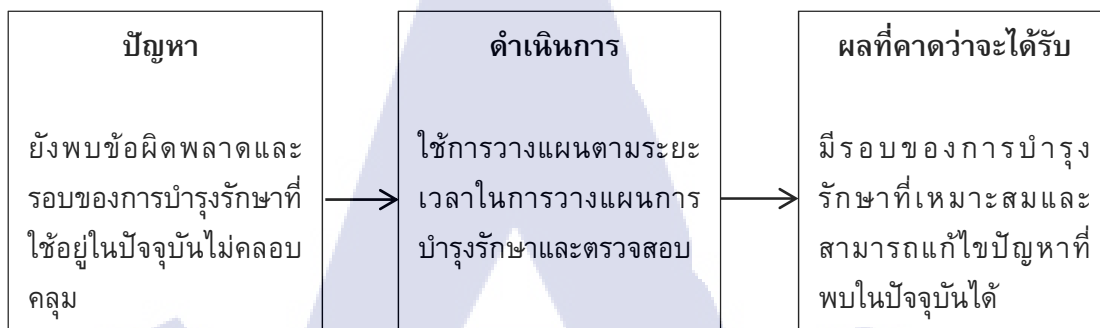
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาตามระยะเวลา (TBM) เข้ามาในวางแผนการบำรุงรักษาของสายการผลิต Heat Treatment แบบ Vacuum Gas Carburizing

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับสายการผลิต Heat Treatment แบบ Vacuum Gas Carburizing ในสายการผลิตประกอบไปด้วยเครื่องจักร TC เครื่องจักร HCTM เครื่องจักร OM และใช้ TBM เป็นเครื่องมือเพื่อปรับปรุง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. เลือกหัวข้อเรื่อง
2. สืบเสาะสภาพปัจจุบัน
3. วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ
4. วางแผนและแก้ไขปัญหา
5. ดำเนินการแก้ไขปัญหา
6. ตรวจสอบผลการแก้ไข้ปัญหา
7. กำหนดมาตรการแก้ไข้ปัญหา
8. สรุปและข้อเสนอแนะ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างแผนการบำรุงรักษา ของสายการผลิต Heat Treatment แบบ Vacuum Gas Carburizing
2. ลดหรือจัดปัญหาความเสียหายของเครื่องจักร

นิยามศัพท์

1. **Vacuum Carburizing Module** ตู้อบเหล็กเพื่อเพิ่มคาร์บอนโดยใช้ความร้อนจากคาร์บอนHeater และใช้ความดันต่ำใกล้เคียงสภาพสุญญากาศ ให้โมเลกุลของคาร์บอนรวมกับโมเลกุลของเหล็ก ทำให้เหล็กแข็งขึ้น
2. **คาร์บอน Heater** อีตเตอร์ที่ทำมาจากคาร์บอนทั้งหมด เมื่อใช้งานจะทำให้เกิดเขม่าคาร์บอนภายในเครื่องจักร ถ้ามีในปริมาณมากจะยากต่อการทำความสะอาด

3. **คราบคาร์บอน**เกิดจากการใช้งานของเครื่องจักร TC และเครื่องจักร HCTM ในกระบวนการชุบแข็งเพื่อเพิ่มคาร์บอนให้กับชิ้นงาน จะมีคาร์บอนส่วนเกินที่ไม่ยึดเกาะชิ้นงานมายึดเกาะภายในเครื่องจักร และเมื่อเครื่องจักรใช้งานไปเป็นระยะเวลานาน คราบคาร์บอนที่ยึดเกาะส่วนต่างๆภายในเครื่องจักรจะเริ่มแข็งตัว ทำให้หม่ยากต่อการทำความสะอาดหรือไม่สามารถทำความสะอาดได้

4. **ท่อ Nozzle** ท่อปล่อยก๊าซ N_2 และ C_2H_2 ภายในเครื่องจักร TC และเครื่องจักร HCTM โดยจะปล่อยก๊าซทั้ง 2 ชนิด ในท่อเดียวกัน แต่สลับกันปล่อยคนละเวลากันโดยมีวาล์วในการบังคับการปล่อยตามสูตรการผลิต

5. **Acetylene อะเซทิลีน** ก๊าซชนิดหนึ่ง มีสูตรทางเคมีคือ C_2H_2 ลักษณะเป็นแก๊สไม่มีสี เป็นพิษ จุดไฟติด ใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่นนำไปจุดกับแก๊สออกซิเจนได้เปลวไฟออกซิอะเซทิลีนซึ่งร้อนจัดจนใช้เชื่อมและตัดโลหะได้ ใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อสังเคราะห์สารอื่นได้มากมาย

6. **Oil Quenching Module** เตาชุบแข็งโลหะด้วยน้ำมัน โดยการลดอุณหภูมิของโลหะลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เหล็กเกิดความแข็ง

7. **Telescope** เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักร HCTM ใช้ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

8. **Inflate Seal** เส้นยางในประตู **Slide Door** ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ คล้าย O-Ring แต่ภายในเส้นยางสามารถเพิ่มหรือลดแรงดันลมเพื่อควบคุมการพองตัวของเส้นยาง

9. **ATM** บรรยากาศมาตรฐาน (สัญลักษณ์ : atm) เป็นความดันอ้างอิงระหว่างประเทศซึ่งนิยามว่ามีค่าเท่ากับ 101,325 ปาสกาล และอดีตเคยใช้เป็นหน่วยวัดความดัน เพื่อการนำไปใช้ จึงใช้หน่วยบาร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10^5 ปาสกาล แทน ความแตกต่างประมาณ 1% นี้ไม่สำคัญมากนักสำหรับการนำไปใช้หลายกรณี และอยู่ในพิสัยผิดพลาดของเครื่องมือวัดความดันมาตรฐาน

10. **Heat Treatment** คือ การอบชุบความร้อนให้กับโลหะ ด้วยการผสมผสานระหว่างกระบวนการให้ความร้อน และการปล่อยให้เย็นตัว โดยใช้อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมกับโลหะ หรือโลหะผสมในสถานะของแข็ง เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ

11. **Heat Treatment ประเภท Vacuum Gas Carburizing** คือ การชุบความร้อนให้กับเหล็กกล้าภายในเตาอบซึ่งมีสภาพแรงดันประมาณ 90 ปาสกาล ซึ่งเป็นระดับความดันที่เหมาะสมต่อการชุบแข็งให้กับเหล็ก มีการนำก๊าซต่างๆออกไป แล้วใส่ก๊าซ N_2 เข้าไปแทนเพื่อใหม่ให้อากาศภายในเครื่องจักรติดไฟ ถ้าอากาศภายในเครื่องจักรติดไฟจะควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องจักรยาก แล้วยังมีการใส่ก๊าซ C_2H_2 เข้าไปในเครื่องจักรในขณะที่ชิ้นงานได้รับความร้อนสูง ชิ้นงานได้รับคาร์บอนทำให้มีความแข็งที่เพิ่มขึ้น

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 นี้เป็นการอ้างอิงหลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPM และ Heat Treatment ซึ่งมีหัวข้อหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. วงจร PDCA
2. การบำรุงรักษาแบบทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM)
3. เครื่องมือคุณภาพ QC 7 Tools
4. หลักการชุบแข็งด้วยความร้อน Heat Treatment
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

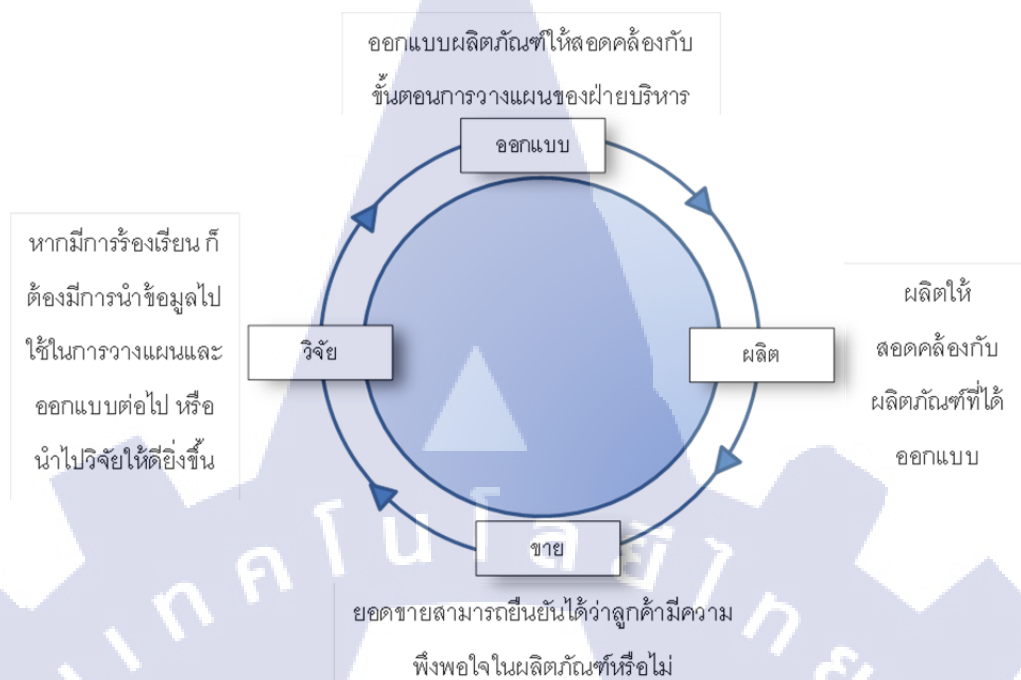
วงจร PDCA

PDCA มาจากคำภาษาอังกฤษ 4 คำ ได้แก่ Plan (วางแผน) Do (ปฏิบัติ) Check (ตรวจสอบ) Act (ดำเนินการให้เหมาะสม) แนวคิดเกี่ยวกับวงจร PDCA เริ่มขึ้นเป็นครั้งแรกโดยนักสถิติ Walter Shewhart ซึ่งได้พัฒนาจากการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่ Bell Laboratories ในสหรัฐอเมริกาเมื่อทศวรรษ 1930 ในระยะเริ่มแรก วงจรดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “วงจร Shewhart” จนกระทั่งราวทศวรรษที่ 1950 ได้มีการเผยแพร่อย่างกว้างขวางโดยหลายคนจึงเรียกวงจรนี้ว่า “วงจร Deming”

เมื่อเริ่มแรก Deming เน้นถึงความสัมพันธ์ 4 ฝ่าย ในการดำเนินธุรกิจเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพ และความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งได้แก่ ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายขาย และฝ่ายวิจัยความสัมพันธ์ทั้ง 4 ฝ่ายนั้น จะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับคุณภาพของสินค้า

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

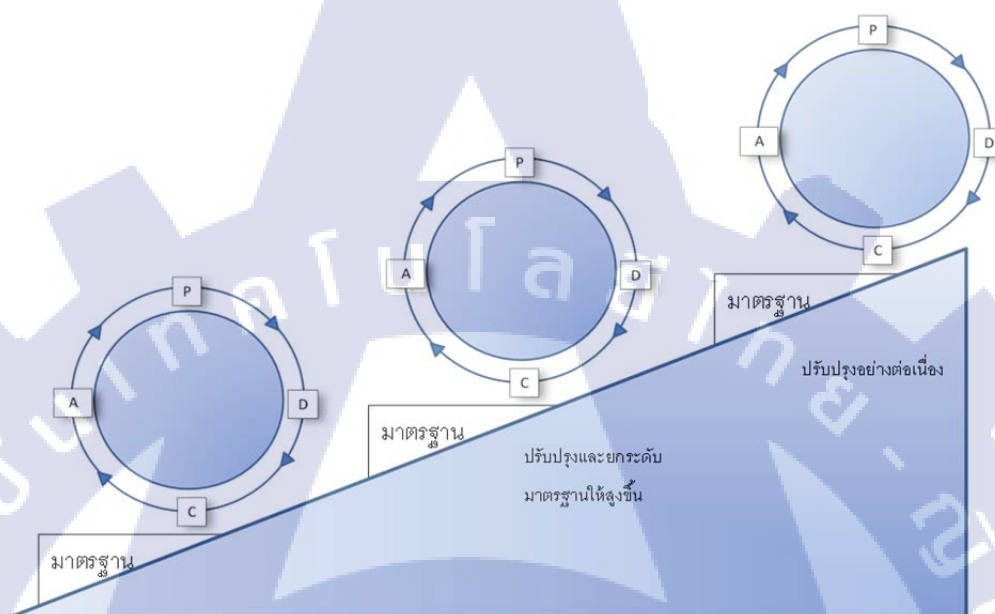


รูปที่ 3 วงจร PDCA

ที่มา : พัชร อินอำนาจ. (2551). **PDCA**. ออนไลน์.

ต่อมาแนวคิดเกี่ยวกับกับวงจร Deming ได้ถูกดัดแปลงให้เข้ากับวงจรการบริหาร ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการวางแผน ขั้นตอนการปฏิบัติ ขั้นตอนการตรวจสอบ และขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสม แต่ยังไม่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ เพราะแต่ละขั้นตอนถูกมอบหมายให้เป็นหน้าที่รับผิดชอบของแต่ละฝ่าย ขณะที่ฝ่ายบริหารกำหนดแผนงานและตั้งเป้าหมายสำหรับพนักงาน พนักงานก็ต้องลงมือปฏิบัติให้บรรลุตามเป้าหมายที่ฝ่ายบริหารได้กำหนดขึ้น ในขณะที่ผู้ตรวจสอบคอยตรวจสอบผลการปฏิบัติงานของพนักงานเป็นระยะๆ และรายงานผลให้ผู้บริหารทราบ หากการปฏิบัติงานมีความผิดพลาดหรือเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย ก็จะได้แก้ไขได้ทันที พนักงานที่สามารถ ปฏิบัติงานได้ตามเป้าหมายก็จะได้รับรางวัลเป็นการตอบแทน แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ตามเป้าหมายก็就会被ประเมินผลการปฏิบัติงานที่ต่ำ การดำเนินงานในลักษณะนี้จะเห็นได้ว่าค่อนข้างแข็งแกร่งต่าง นอกจากผู้บริหารจะไม่ประเมินศักยภาพของพนักงานซึ่งเป็นผู้ที่รู้ดีที่สุดเกี่ยวกับกระบวนการทำงานแล้ว ยังขาดวิสัยทัศน์ที่ดีในเรื่องของการประสานงานภายในหน่วยงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้พนักงานมีส่วนร่วมในขั้นตอนการวางแผนและแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น

การใช้วงจร PDCA เพื่อการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง ทุกครั้งที่วงจรหมุนครบรอบก็จะเป็นแรงส่งให้หมุนในรอบต่อไป วิธีการใหม่ๆ ที่ทำให้เกิดการปรับปรุงก็จะถูกจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงาน ซึ่งจะทำให้การทำงานมีการพัฒนาอย่างไม่สิ้นสุด อาจเริ่มด้วยการปรับปรุงเล็กๆ น้อยๆ ก่อนที่จะก้าวไปสู่การ ปรับปรุงที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4 วงจร PDCA กับ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ที่มา : พัชร อินอำนวย. (2551). **PDCA**. ออนไลน์.

วงจร PDCA สามารถประยุกต์ใช้ได้กับทุกๆ เรื่อง นับตั้งแต่กิจกรรมส่วนตัว เช่น การปรุงอาหาร การเดินทางไปทำงานในแต่ละวัน การตั้งเป้าหมายชีวิต การดำเนินงานในระดับบริษัท จนกระทั่งในระดับสถาบันการศึกษา หรือที่นำมาใช้ในระบบประกันคุณภาพการศึกษา

โครงสร้างของวงจร PDCA

ขั้นตอนของวงจร PDCA ประกอบด้วย “การวางแผน” อย่างรอบคอบ เพื่อ “การปฏิบัติ” อย่างค่อยเป็นค่อยไปแล้วจึง “ตรวจสอบ” ผลที่เกิดขึ้น วิธีการปฏิบัติใดมีประสิทธิภาพที่สุด ก็จะจัดให้เป็นมาตรฐาน หากไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ก็ต้องมองหาวิธีการปฏิบัติใหม่หรือใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม

ขั้นตอนการวางแผน (Plan)

ขั้นตอนการวางแผนครอบคลุมถึงการกำหนดกรอบหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ฯลฯ พร้อมกับพิจารณาว่ามีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลใดบ้างเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงนั้น โดยระบุวิธีการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน นอกจากนี้ จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

การวางแผนยังช่วยให้สามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต และช่วยลดความสูญเสียต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ทั้งในด้านแรงงาน วัตถุดิบ ชั่วโมงการทำงาน เงิน เวลา ฯลฯ โดยสรุปแล้ว การวางแผนช่วยให้รับรู้สภาพปัจจุบัน พร้อมกับกำหนดสภาพที่ต้องการให้เกิดขึ้นในอนาคต ด้วยการผสานประสบการณ์ ความรู้ และทักษะอย่างลงตัว โดยทั่วไปการวางแผนมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลักๆ ดังนี้

ประเภทที่ 1 การวางแผนเพื่ออนาคต เป็นการวางแผนสำหรับสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตหรือกำลังจะเกิดขึ้น บางอย่างไม่สามารถควบคุมสิ่งนั้นได้เลย แต่เป็นการเตรียมความพร้อมของสำหรับสิ่งนั้น

ประเภทที่ 2 การวางแผนเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เป็นการวางแผนเพื่อเปลี่ยนแปลงสภาพที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเพื่อสภาพที่ดีขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมผลที่เกิดในอนาคตได้ด้วยการเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปัจจุบัน

ขั้นตอนการปฏิบัติ (DO)

ขั้นตอนการปฏิบัติ คือ การลงมือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตามทางเลือกที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผน ในขั้นนี้ต้องตรวจสอบระหว่างการปฏิบัติด้วยว่าได้ดำเนินไปในทิศทางที่ตั้งใจหรือไม่ พร้อมกับ สื่อสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบด้วย ไม่ควรปล่อยให้ถึงวินาทีสุดท้ายเพื่อดูความคืบหน้าที่เกิดขึ้น หากเป็นการปรับปรุงในหน่วยงาน ผู้บริหารย่อมต้องการทราบความคืบหน้าอย่างแน่นอน เพื่อจะได้มั่นใจว่าโครงการปรับปรุงเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check)

ขั้นตอนการตรวจสอบ คือ การประเมินผลที่ได้รับจากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แต่ขั้นตอนนี้มักจะถูกมองข้ามเสมอการตรวจสอบทำให้ทราบว่า การปฏิบัติในขั้นที่สองสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ สิ่งสำคัญก็คือ ต้องรู้ว่าจะตรวจสอบอะไรบ้างและบ่อยครั้งแค่ไหน ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะเป็นประโยชน์สำหรับขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนการดำเนินงานให้เหมาะสม (Act)

ขั้นตอนการดำเนินงานให้เหมาะสมจะพิจารณาผลที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมีอยู่ 2 กรณี คือ ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามแผนที่วางไว้ หรือไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ หากเป็นกรณีแรก ก็ให้นำแนวทางหรือกระบวนการปฏิบัตินั้นมาจัดทำเป็นมาตรฐาน พร้อมทั้งหาวิธีการที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นไปอีก ซึ่งอาจหมายถึงสามารถบรรลุเป้าหมายได้เร็วกว่าเดิม หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเดิม หรือทำให้คุณภาพดียิ่งขึ้นก็ได้ แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่สอง ซึ่งก็คือผลที่ได้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามแผนที่วางไว้ ควรนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มามีวิเคราะห์ และพิจารณาว่าควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไป

- มองหาทางเลือกใหม่ที่น่าจะเป็นไปได้
- ให้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม
- ขอความช่วยเหลือจากผู้รู้
- เปลี่ยนเป้าหมายใหม่

การบำรุงรักษาแบบทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM)

การบำรุงรักษา (Maintenance) หมายถึง การพยายามที่จะดำเนินการต่างๆ เพื่อที่จะรักษาสภาพของเครื่องจักรให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ โดยครอบคลุมถึงการซ่อมบำรุง (Repair)

ความสำคัญของการบำรุงรักษา เนื่องจากหลักการบริหารงานผลิต คือ พยายามควบคุมให้ได้ผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพภายใต้เวลาที่กำหนดด้วยต้นทุนที่ต่ำสุด สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันตามกำหนดเวลา รวมถึงผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย และมีขวัญกำลังใจ ดังนั้นความสำคัญของการบำรุงรักษา จึงอาจสรุปได้ดังนี้ คือ

1. เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ และใช้งานได้เต็มกำลังความสามารถ
2. เพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานสูง (Performance) ซึ่งการบำรุงรักษาจะเป็นการช่วยยืดอายุการใช้งาน โดยอาศัยการปรับแต่งหรือซ่อมบำรุง
3. เพื่อให้เครื่องจักรมีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการผลิตสินค้า ซึ่งการบำรุงรักษาจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของเครื่องจักร ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความละเอียด ความเที่ยงตรง และมาตรฐานของสินค้า ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับหรือความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสินค้าในท้ายที่สุดด้วย
4. เพื่อให้มีความปลอดภัย (Safety) จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เพราะถ้ามีการใช้งานเครื่องจักรที่ชำรุดหรือไม่พร้อมใช้งาน ก็สามารถก่อให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บต่อผู้ใช้งาน

เครื่องจักรไต้วัตถุประสงค์ของระบบบำรุงรักษาในงานอุตสาหกรรม

1. เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นการป้องกันไม่ให้อุณหภูมิต่ำลง ซึ่งมีผลต่อความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกไปจากโรงงาน โดยการบำรุงรักษาจะช่วยให้เครื่องจักรมีความเที่ยงตรงและแม่นยำ
2. ควบคุมต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ไม่ให้เพิ่มขึ้น หรือหาหนทางในการลดต้นทุนลง ซึ่งการเดินเครื่องจักรกลก็ย่อมมีการลงทุนค่าดำเนินการ รวมถึงค่าซ่อมแซมต่างๆ
3. ควบคุมกำหนดการส่งมอบสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ถึงลูกค้าได้ตรงเวลามากที่สุด เพื่อให้ลูกค้ามีความเชื่อมั่นในการทำงานของโรงงาน ถ้ามีการส่งมอบช้า ก็ย่อมหมายถึงต้นทุนต้องเพิ่มขึ้น และอาจเสียค่าชดเชยหรือค่าปรับให้กับลูกค้าอีกด้วย
4. ป้องกันความสูญเสีย อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น การขัดข้องจนทำให้เดินเครื่องจักรไม่ได้เต็มกำลัง หรือจำเป็นต้องหยุดการทำงาน หรือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย เป็นต้น
5. ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ อันเนื่องมาจากเครื่องจักรเดินผิดพลาดหรือชำรุดเสียหาย ซึ่งหากเกิดอุบัติเหตุขึ้น และทำให้ผู้ปฏิบัติงานบาดเจ็บ ก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าประกัน เงินชดเชย เงินทดแทน เป็นต้น
6. ประหยัดพลังงาน เครื่องจักรจะทำงานได้ต้องอาศัยพลังงาน เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน เชื้อเพลิง ถ้าหากเครื่องจักรได้รับการดูแลให้อยู่ในสภาพที่ดี เครื่องเดินราบเรียบไม่สะดุด ไม่มีการรั่วไหลของน้ำมัน มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ก็จะสิ้นเปลืองพลังงานหรือกำลังน้อยลง ส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้

ประเภทของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance) จะเป็นการซ่อมบำรุงตามกำหนดการแผนงาน หรือระบบที่เตรียมการไว้ล่วงหน้า ซึ่งได้มีการกำหนดวันเวลา สถานที่และจำนวนผู้ปฏิบัติงานที่จะเข้าไปดำเนินการไว้แล้วอย่างชัดเจน โดยแนวทางการบำรุงรักษานั้น อาจเลือกใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งได้ เช่น การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง

ส่วนระยะเวลาที่จะเข้าไปดำเนินการอาจจะกำหนดหรือวางแผนเข้าซ่อมบำรุงขณะที่เครื่องจักรทำงานอยู่ หรือขณะเครื่องจักรชำรุด หรือขณะที่โรงงานหยุดทำการซ่อมบำรุง อาจกล่าวได้ว่า การซ่อมบำรุงประเภทนี้จะมีปัญหาน้อย เพราะมีเวลาเตรียมการไว้แล้วล่วงหน้าทุกขั้นตอน

การบำรุงรักษานอกแผน (Unplanned Maintenance) เป็นการบำรุงรักษานอกระบบงานที่วางไว้ อันมีเหตุมาจากเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง ชำรุดเสียหายอย่างกะทันหัน จึงต้องรีบทำการซ่อมแซมให้เสร็จเรียบร้อยทันการใช้งานครั้งต่อไป ซึ่งการซ่อมบำรุงประเภทนี้จะเกิดปัญหามากกว่า เพราะไม่ทราบล่วงหน้า จึงทำให้ยุ่งยากในการที่จะจัดเตรียมผู้ดำเนินการ อุปกรณ์ หรืออะไหล่ได้อย่างทันท่วงที

ชนิดของการบำรุงรักษา

1. การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุดและหยุดการทำงานโดยฉุกเฉิน กล่าวได้ว่าเป็นวิธีดั้งเดิมในการบำรุงรักษา แต่ก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะใช้วิธีนี้ เพราะสามารถเกิดเหตุขัดข้องกับเครื่องจักรได้ตลอดเวลา แม้ว่าจะมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีเยี่ยมสักเพียงใดก็ตาม

2. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) เป็นการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพการเกิดเหตุขัดข้อง หรือการหยุดทำงานของเครื่องจักรโดยฉุกเฉิน โดยอาศัยการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การทำความสะอาด ชี้น้ำมันหล่อลื่นให้แน่น และหล่อลื่นอย่างถูกวิธี มีการปรับแต่งเครื่องจักร รวมถึงการบำรุงและเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ โดยการบำรุงรักษาชนิดนี้ สามารถแบ่งย่อยได้ 2 แบบ คือ

2.1 การบำรุงรักษาตามระยะเวลา (Periodic Maintenance หรือ Time Based Maintenance : TBM) คือ การดำเนินการอยู่เป็นระยะๆ ผ่านการตรวจสอบ ทำความสะอาด อุปกรณ์ และเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อป้องกันความเสียหายอย่างฉับพลัน หรือเกิดปัญหาต่อกระบวนการผลิต

2.2 การบำรุงรักษาแบบคาดการณ์ (Predictive Maintenance) คือ การให้ความสำคัญและใส่ใจกับชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องจักร เป็นการคาดการณ์ผ่านการตรวจสอบ หรือวินิจฉัย เพื่อที่จะให้ชิ้นส่วนนั้นๆ สามารถใช้งานได้ครบอายุการใช้งานจริงๆ กล่าวได้ว่าเป็นการบริหารจัดการแนวโน้มของคุณค่า (Trend Values) โดยอาศัยการตรวจวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพ

อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็น การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ด้วย โดยมากแล้วจะใช้อุปกรณ์วิเคราะห์การสั่น (Vibration Analyzers) และมีระบบเฝ้าติดตาม (Surveillance System) เพื่อตรวจสอบสภาพผ่านระบบออนไลน์ (On-Line System)

3. การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) เป็นการดัดแปลงปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร เพื่อขจัดเหตุขัดข้องเรื้อรังของเครื่องจักรให้หมดไปโดยสิ้นเชิง และปรับปรุงสภาพของเครื่องจักรให้สามารถผลิตได้ด้วยคุณภาพและปริมาณที่สูงขึ้น โดยเป็นการพัฒนาความน่าเชื่อถือและง่ายต่อการบำรุงรักษา

4. การป้องกันเพื่อบำรุงรักษา (Maintenance Prevention) เป็นการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งเครื่องจักรที่ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา หรือบำรุงรักษาให้น้อยที่สุด โดยอาศัยการออกแบบเครื่องจักรให้มีความแข็งแรง ทนทาน บำรุงรักษาได้ง่าย มีการใช้เทคนิคและวัสดุที่จะทำให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) สูง รวมถึงเลือกซื้อเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ ทนทาน ซ่อมง่ายและสมราคา

5. การบำรุงรักษาที่ผล (Productive Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาที่นำเอาการบำรุงรักษาที่กล่าวมาข้างต้นมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อส่งเสริมการผลิตให้เกิดผลสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

6. การบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM) เป็นการบำรุงรักษาที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกคน ทั้งพนักงานปฏิบัติการในสายการผลิต (Operators) และพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง (Maintenance Group) ซึ่งจะรับผิดชอบในการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ร่วมกัน

วิธีการบำรุงรักษา โดยทั่วไป จะมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี คือ

1. การบำรุงรักษาเป็นประจำ (Routine Maintenance) เป็นการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือน หรือประจำปี โดยพนักงานปฏิบัติการกับเครื่องจักรหรือพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงจะเป็นผู้ดำเนินการเอง ซึ่งเป็นงานที่ทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากหรือสลับซับซ้อนมากเกินไป เช่น การหล่อลื่นเครื่องจักร การสังเกต เช็ดถู ทำความสะอาดเครื่องจักร การตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติ การปรับแต่งหรือแก้ไขเล็กๆ น้อยๆ เป็นต้น

2. การบำรุงรักษาหรือตรวจซ่อมตามแผนที่กำหนดไว้ (Periodic Scheduled Repair) เป็นการดำเนินการตามที่ได้กำหนดไว้ อันเนื่องมาจากสภาพอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรือวันว่างของเครื่องจักร แบ่งย่อยได้ดังนี้ คือ

การซ่อมเพียงเล็กน้อย (Minor Repair) เป็นการซ่อมแซมให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยไม่ซับซ้อน ใช้บุคลากรไม่มาก (อาจเป็นพนักงานปฏิบัติการเอง) ไม่มีการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร เป็นการซ่อมแซมในขณะที่เครื่องจักรไม่ได้ใช้งาน (Idle Time) โดยที่เครื่องจักรจะหยุดซ่อมไม่เกินกำหนดเวลาและสามารถเริ่มทำงานได้ในกะทำงานต่อไป

การซ่อมขนาดปานกลาง (Medium Repair) มีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธีแรก เป็นการดำเนินการโดยพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง ซึ่งจะมีกำหนดการที่แน่นอน มีลักษณะการทำงานดังนี้ คือ ต้องมีการหยุดการทำงานของเครื่องจักร มีการถอดอุปกรณ์บางอย่างออกมาจากตัวเครื่องจักรเพื่อซ่อมแซม ทำการปรับแต่งกลไกอุปกรณ์บางตัวให้เข้าที่ ตรวจสอบชิ้นส่วนและปรับตำแหน่งให้ถูกต้อง ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ระบุอายุการใช้งานซึ่งอาจต้องถอดเปลี่ยน ทั้งนี้เวลาในการหยุดซ่อม (Down Time) ต้องไม่เกินระยะเวลาที่กำหนดไว้ในตารางการซ่อม เพื่อให้สามารถเดินเครื่องจักรได้ทันทีหลังเสร็จสิ้นการซ่อม

การซ่อมใหญ่ (Major Overhaul) เป็นการวางแผนงานซ่อมไว้ล่วงหน้า เป็นงานซ่อมขนาดใหญ่ ต้องใช้บุคลากรค่อนข้างมาก โดยมีลักษณะงานดังนี้คือ มีการถอดชิ้นส่วนของเครื่องจักรออกมาเกือบทุกชิ้นส่วน มีการถอดอุปกรณ์ออกจากแท่นฐาน (Disassembling) เพื่อทำการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์นั้นๆ มีการประกอบอุปกรณ์ให้เข้าที่ ทดลองเดินเครื่องจักรและทดสอบ รวมถึงมีการตรวจสอบโดยการทดลองทำการผลิต (Test Run)

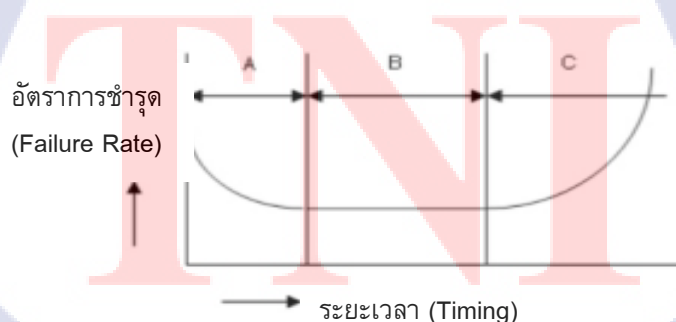
3. การซ่อมฉุกเฉิน (Emergency Maintenance) เป็นงานซ่อมแซมเครื่องจักรอันเนื่องมาจากการชำรุด ชัดชัดโดยไม่มีการคาดการณ์ล่วงหน้ามาก่อน โดยมีลักษณะงานดังนี้คือ มีการซ่อมแซมเมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย (Break Down Maintenance) ทำการแก้ไขเมื่อเกิดการหยุดขัดข้อง (Corrective Maintenance) ทำการยกเครื่องใหม่หมด (Overhaul) เนื่องจากการซ่อมบำรุงไม่ดีพอ ทำให้เกิดความเสียหายก่อนกำหนดเวลาอันสมควร ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการซ่อมเพียงเล็กน้อย ปานกลาง หรือซ่อมใหญ่ก็ได้

4. การซ่อมเพื่อดัดแปลง (Recovery Overhaul) เนื่องจากเครื่องจักรเก่าเกินไป หรือเป็นเครื่องจักรที่มีการซ่อมแซมบ่อยครั้ง แต่แม้ว่าจะมีการซ่อมแซมหลายๆ ครั้งแล้ว ก็ยังไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องทำการปรับปรุงและดัดแปลง (Modified) ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ตามความเป็นจริง แม้ว่าเครื่องจักรที่ได้รับการออกแบบมาเป็นอย่างดีโดยใช้วัสดุที่ทนทาน มีวิธีการบำรุงรักษาที่ถูกต้องเพียงใดก็ตาม เครื่องจักรนั้นก็ยังต้องมีความเสื่อมสภาพลงตามอายุการใช้งานอยู่ดี ซึ่งลักษณะของการเสื่อมสภาพนั้น อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบค่อยๆ เสื่อมสภาพลงไปตามอายุการใช้งาน (Deteriorating) พบว่าอัตราการเสื่อมสภาพจะช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัยประกอบกัน เช่น การออกแบบ การเลือกวัสดุ เป็นต้น การเสื่อมสภาพเช่นนี้ มักมีอาการแสดงบอกล่วงหน้า กล่าวคือ ในระยะแรกๆ นั้น ค่าใช้จ่ายไม่สูง แต่ต่อไปยิ่งนานวันเข้า ค่าใช้จ่ายก็จะสูงมากขึ้นตามลำดับ จนถึงจุดหนึ่งที่ไม่คุ้มค่าใช้จ่าย จำเป็นต้องเลิกใช้งานไป

ลักษณะการเสื่อมสภาพเช่นนี้ สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้จากการดู “อัตราการชำรุดของเครื่องจักร (Failure Rate)” ซึ่งชิ้นส่วนของเครื่องจักรจะมีอายุการใช้งาน และการเสื่อมสภาพจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบและการใช้งาน โดยอัตราการชำรุดสามารถแยกออกเป็นหลายระยะตามรูป



รูปที่ 5 อัตราการชำรุดต่อเวลาของเครื่องจักร

ที่มา : เศกสรรค์ สิงห์ธนู. (2550). การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร. หน้า 13.

จากรูปที่ 5 สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการชำรุดและช่วงระยะเวลาการใช้งานเครื่องจักรได้ดังนี้ คือ

(A) ระยะเริ่มการใช้งานใหม่ๆ (Early Failure Period or Run in Period) กล่าวคือ ในระยะแรกเริ่มในการใช้งานเครื่องจักรใหม่ จะพบว่าอัตราการชำรุดมีโอกาที่จะเกิดขึ้นได้สูงมาก เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การใช้วัสดุไม่ถูกต้อง การออกแบบไม่เหมาะสม หรือการควบคุมคุณภาพไม่ดีพอ เป็นต้น

(B) ระยะคงตัว (Life Time Period or Useful Period) คือ เมื่อผ่านการใช้งานเครื่องจักรในระยะแรก (A) ไปแล้ว หรือเป็นช่วงที่มีการปรับแต่ง หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่มีคุณภาพดีขึ้นมาแล้ว อัตราการชำรุดก็จะไม่ค่อยมี แต่ในบางโอกาสก็อาจเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแผนงานบำรุงรักษา โดยพบว่าจะคงอยู่ในสภาพเช่นนั้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

(C) ช่วงระยะเวลาเสื่อมคุณภาพ (Wear Out Period) คือ เมื่อผ่านช่วงระยะคงตัว (B) มาแล้ว อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรจะเริ่มเสื่อมคุณภาพ เช่น สึกหรอ หรือสึกกร่อน ดังนั้นเมื่อมีการเสื่อมสภาพมากขึ้นเรื่อยๆ ก็ส่งผลทำให้อัตราการชำรุดของเครื่องจักรมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

เมื่อทราบอัตราการชำรุดของเครื่องจักรตามช่วงระยะเวลาการใช้งาน (A), (B), (C) ก็จะทำให้ทราบจุดที่เครื่องจักรเริ่มเสื่อมสภาพ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวางแผนงานซ่อมบำรุงรักษาต่อไป

2. การเสื่อมสภาพแบบกะทันหัน (Catastrophic) การชำรุดเสื่อมสภาพของเครื่องจักรแบบนี้ มักจะไม่ส่งสัญญาณหรืออาการแสดงออกมาให้เห็น โดยอาจมองว่าประสิทธิภาพยังไม่หย่อนลงไป แต่จะทราบเหตุการณ์ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรหยุดทำงานแล้ว เช่น อุปกรณ์ภายในชำรุดแตกหัก หรือสายพานขาด เพลาหัก หรือเกิดอุบัติเหตุจนเครื่องจักรเกิดความเสียหาย เป็นต้น

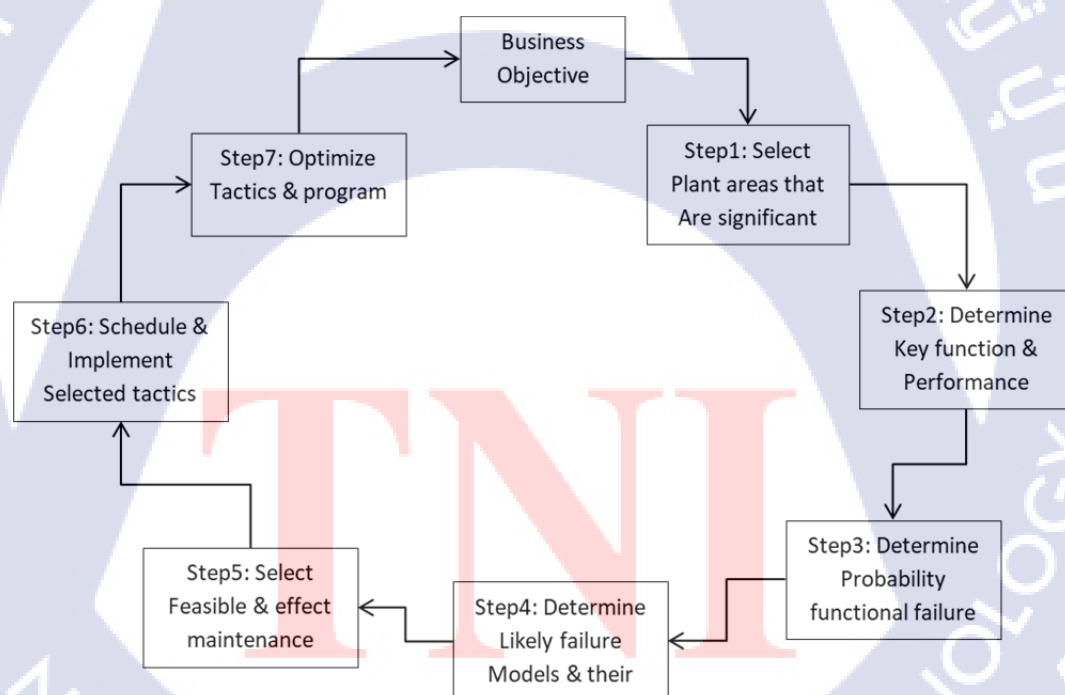
การบำรุงรักษาที่มุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง RCM

RCM เริ่มมีพัฒนาการในช่วงทศวรรษ 1950 โดยอุตสาหกรรมอากาศยานที่เป็นผลมาจากการศึกษาความน่าเชื่อถือซึ่งเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะในช่วงทศวรรษ 1960 ได้มีโครงการศึกษาความน่าเชื่อถือในอุตสาหกรรม อากาศยานเพื่อการตอบสนองต่อปัญหาค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและการจัดทำกำหนดการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ซึ่งได้มีบทบาทในธุรกิจอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนั้น Reliability-Centered Maintenance จึงเป็นกระบวนการที่ใช้ในการประเมินเพื่อกำหนดนโยบายหรือส่วนประสมทางกลยุทธ์สำหรับการจัดการสินทรัพย์ทางกายภาพที่รวมถึง เครื่องจักรอย่างเหมาะสมที่สุด ด้วยการระบุหน้าที่การทำงานของสินทรัพย์และรูปแบบหรือสาเหตุการชำรุด รวมทั้งการกำหนดความต้องการบำรุงรักษาของสินทรัพย์ดังกล่าว โดยที่ RCM สามารถนิยามในรูปของโครงสร้างและ

กระบวนการทางตรรกะ เพื่อกำหนดแนวทางบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นความบรรลุผลในระดับของความน่าเชื่อถือที่ยอมรับ ดังนั้น RCM จึงเป็นแนวทางอย่างเป็นระบบเพื่อเข้าใจถึงแนวทางความชำรุดของเครื่องจักรและการระบุนานบำรุงรักษา ที่สามารถลดความชำรุดเสียหายให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยมุ่งความน่าเชื่อถือสูงสุด และ RCM ยังมุ่งแนวทางต่อการพิจารณา เพื่อลดหรือขจัดงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เกินความจำเป็น

สำหรับข้อแตกต่างระหว่าง TPM และ RPM ที่สำคัญคือ RCM ได้ถูกสนับสนุนกลยุทธเพื่อปรับปรุงการบำรุงรักษา เช่น การมุ่งส่วนสมการบำรุงรักษาและระดับการจัดเก็บชิ้นส่วนและอะไหล่ เพื่อประสิทธิภาพทางค่าใช้จ่ายในระดับที่เหมาะสมที่สุด ขณะที่ TPM เป็นเพียงหลักการบำรุงรักษาแต่ยังไม่สามารถปรับปรุงและยกระดับความน่าเชื่อถือ โดยมุ่งปัจจัยของผู้ปฏิบัติสำหรับการดูแลรักษาเครื่อง ได้แก่ทักษะ วิธีการปฏิบัติการ และภาระการทำงานของเครื่อง ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้มีผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของเครื่อง

RCM มีกระบวนการทั้งหมด 7 ขั้นตอน ที่แสดงดังภาพ ซึ่งมีโครงสร้างกระบวนการแบบซ้ำที่ถูกใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังนั้นจึงต้องมีการทำความเข้าใจในวัตถุประสงค์ทางธุรกิจ



รูปที่ 6 กระบวนการดำเนินการ 7 ขั้นตอนของ RCM

ที่มา : เซอิจิ นากาชิมา. (2542). แนะนำสู่ TPM การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม.

เครื่องมือหลักที่ใช้ใน RCM ประกอบด้วย

- แผนผังการตัดสินใจ หรือแผนภาพทางตรรกะ และมีชื่อย่อว่า MSG-3 (Maintenance Steering Group Model 3) โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Tech Nicely Feasible) และมีประสิทธิผล

- การวิเคราะห์ผลกระทบและรูปแบบความเสียหายที่ถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายและผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งรูปแบบความเสียหาย สามารถอธิบายด้วยรายละเอียดสารสนเทศที่แสดงในใบงาน และรายละเอียดเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกกลยุทธ์จัดการความเสียหายบำรุงรักษาได้อย่างเหมาะสม ถ้าหากแสดงรายละเอียดน้อยเกินไปก็อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ที่ผิดพลาด แต่ถ้าหากแสดงรายละเอียดมากเกินไปก็อาจส่งผลต่อกระบวนการ RCM ที่เกินความจำเป็น ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องพิจารณาถึง

- ความเป็นเหตุ (Causation) : โดยเฉพาะสาเหตุหลัก (Root Causes)
- ความน่าจะเป็น (Probability) ของความชำรุดเสียหายก่อนที่จะเกิดขึ้น
- ผลที่กระทบตามมา (Effects)
- รูปแบบความเสียหาย (Failure Modes) และการดำเนินการสำหรับข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบและผลกระทบสามารถหาได้จากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้
- ข้อมูลจากผู้ผลิตหรือผู้ขายเครื่องจักร
- ผู้ใช้งานเครื่องจักรประเภทเดียวกัน
- บันทึกจากข้อมูลการใช้งานที่ผ่านมา
- บุคลากรผู้ปฏิบัติการและบำรุงรักษาอุปกรณ์ดังกล่าว

มาตรฐานเกณฑ์การคัดเลือกนโยบายการจัดการความชำรุดเสียหาย

- กระบวนการคัดเลือกนโยบายควรดำเนินการบนเงื่อนไขความน่าจะเป็นของรูปแบบความเสียหายที่สูงขึ้นตามอายุการใช้งาน

- การกำหนดการของงานควรมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเกิดประสิทธิผลจากการดำเนินการ ภายใต้นโยบายที่ถูกคัดเลือก

- ถ้าหากมีข้อเสนอแนะนโยบายจัดการความชำรุดเสียหายมากกว่าสองนโยบายขึ้นไป ที่มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเกิดประสิทธิผล ก็ถือว่านโยบายเหล่านี้เกิดประสิทธิผลทางต้นทุนและควรได้รับการคัดเลือกเพื่อดำเนินการ

นอกจากนี้ยังต้องมีการระบุมาตรฐานและกำหนดการของงาน ซึ่งมีการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง โดยมีแนวทางพิจารณาดังนี้

- ในกรณีของรูปแบบความชำรุดเสียหายที่ซ่อนเร้น ความเกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของสภาพแวดล้อมการทำงาน ดังนั้นงานที่ถูกระบุควรต้องสามารถลดโอกาสหรือความน่าจะเป็นของความชำรุดเสียหาย ให้อยู่ในระดับที่ผู้ปฏิบัติการสามารถยอมรับได้

- ในกรณีของรูปแบบความชำรุดเสียหายที่ซ่อนเร้น ความเกี่ยวข้องหรือส่งผลต่อกระทบต่อความปลอดภัยของสภาพแวดล้อมการทำงาน ค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อมของการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา ควรมีค่าน้อยกว่าค่าความเสียหายทั้งในทางตรงและทางอ้อมของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความชำรุดเสียหายรวมกับค่าใช้จ่ายของการซ่อมแซมที่เกิดขึ้น เมื่อทำการวัดเปรียบเทียบตลอดช่วงเวลา

- RCM ควรลดหรือปฏิเสธงานที่ไม่มีผลต่อการลดโอกาสการเกิดความชำรุดเสียหายให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ของผู้ปฏิบัติการหรือใช้เครื่องจักร

สำหรับการพิจารณาแนวทางดำเนินการต่อความชำรุดเสียหายที่ไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยในสภาพแวดล้อมการทำงาน ดังนั้น RCM จะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของการดำเนินกิจกรรมงานเดียว เทียบกับค่าความเสียหายครั้งเดียว โดยลืมนำพิจารณาถึงว่างานดังกล่าวอาจต้องมีการดำเนินการหลายครั้งก่อนที่ความชำรุดเสียหายจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาความบกพร่องที่อาจก่อให้เกิดความชำรุดเสียหายขึ้น ดังนั้นการระบุกิจกรรมงานจึงแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ คือ

1. งานตรวจจับความชำรุดเสียหาย หรืออาจเรียกว่าการคาดการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาตามสภาพ มีการตรวจติดตามสภาพของสินทรัพย์ (เครื่องจักร) ที่ถูกใช้งานโดยมุ่งค้นหาสัญญาณแจ้งเตือนก่อนที่การชำรุดเสียหายจะเกิดขึ้น ซึ่งถ้าหากพบความผิดปกติขึ้นและยังมีเวลาเพียงพอก็อาจดำเนินการตามความเหมาะสม โดยอาจมีการกำหนดการงานซ่อมแซมและการจัดซื้อชิ้นส่วน เพื่อดำเนินการซ่อมแซมนอกสายการผลิต เช่น เครื่องบินที่จอดบริเวณนอกลานบินเพื่อรอการซ่อมแซมและเปลี่ยนชิ้นส่วน แต่ถ้าหากพบสัญญาณแจ้งเตือนและไม่มีเวลาเพียงพอต่อการดำเนินการใดๆ เพื่อลดหรือขจัดความชำรุดเสียหายที่จะเกิดขึ้น ก็ควรยกเลิกกระบวนการ ของ RCM

2. กำหนดการงานฟื้นฟูสภาพ โดยฟื้นฟูสภาพความสามารถของรายการชิ้นส่วนก่อนช่วงเวลาที่จะระบุหรือเวลาที่จำกัด โดยไม่คำนึงถึงเงื่อนไขทางเวลา เพื่อให้มีสภาพการใช้งานในระดับที่ยอมรับได้จนถึงปลายช่วงเวลาถัดไป ซึ่งมีเกณฑ์ในการระบุงานการฟื้นฟูสภาพ คือ

- ควรมีการนิยามและระบุช่วงเวลาที่ใช้พิจารณาการฟื้นฟูสภาพอย่างชัดเจน
- งานที่ดำเนินการ ควรต้องสามารถต้านทานความชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบว่า อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ต่อผู้ปฏิบัติการหรือผู้ใช้สินทรัพย์ (สินทรัพย์)
- กำหนดการงานฟื้นฟูสภาพควรมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

3. งานค้นหาความชำรุดเสียหายคือ กำหนดการของงานที่ถูกใช้เพื่อระบุความชำรุดเสียหายซ่อนเร้นที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่ใช้การคาดการณ์หรือการป้องกันความชำรุดเสียหาย ดังนั้นกิจกรรมงานดังกล่าวจึงเป็นการตรวจจับความชำรุดเสียหาย ซึ่งได้เกิดขึ้นแล้ว เพื่อที่จะลดโอกาสการเกิดความชำรุดแบบ Multiple Failure

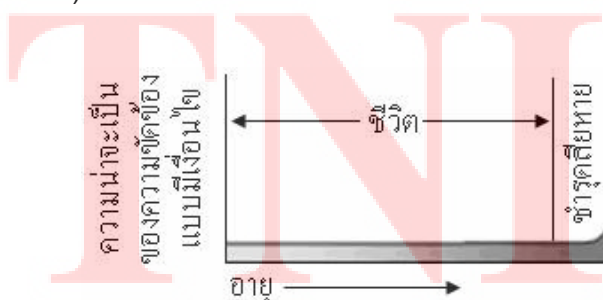
RCM ช่วยส่งเสริมให้พนักงานซ่อมบำรุงรักษาได้คิดในมุมมองที่กว้างมากขึ้นเกี่ยวกับวิธีการต่างๆ ในการบริหารความขัดข้องมากกว่าการป้องกันความขัดข้องเท่านั้น การบริหารความขัดข้องสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ มาตรการหรือภารกิจเชิงรุกและปฏิบัติการดีฟอลท์เชิงรับ

ภารกิจเชิงรุก เป็นภารกิจที่ถูกทำขึ้นก่อนเกิดความขัดข้องเพื่อป้องกันเครื่องจักรและอุปกรณ์หรือระบบไม่ให้เข้าไปสู่สถานะความขัดข้อง ภารกิจเชิงรุกนี้ประกอบด้วย การบำรุงรักษาแบบคาดการณ์และการบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในปัจจุบัน ซึ่งใน RCM จะจำแนกมาตรการเชิงรุกออกเป็นภารกิจการฟื้นฟูสภาพตามกำหนดการ ภารกิจการถอดเปลี่ยนตามกำหนดการ และภารกิจการตรวจสอบสภาพตามกำหนดการซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในลำดับต่อไป

ปฏิบัติการดีฟอลท์เชิงรับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการหลังจากที่เครื่องจักรและอุปกรณ์หรือระบบเกิดความขัดข้องขึ้นแล้ว ซึ่งมาตรการนี้จะถูกเลือกก็ต่อเมื่อไม่สามารถหามาตรการเชิงรุกที่เหมาะสมได้อีกแล้ว ซึ่งใน RCM จะจำแนกการปฏิบัติการดีฟอลท์เชิงรับออกเป็นการค้นหาความขัดข้อง การออกแบบใหม่ และการซ่อมแซมนอกกำหนดการ หรือการซ่อมเมื่อชำรุดซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

ภารกิจเชิงรุก

ยังมีความเชื่ออย่างหนึ่งของหลายๆ คน ว่าหนทางที่ดีที่สุดของการทำให้สมรรถนะความ พร้อมของโรงงานสูงสุดก็คือการปฏิบัติกาบำรุงรักษาเชิงป้องกันเชิงรุก บางอย่างที่ต้องทำเรื่อยๆ เป็นกิจวัตร จากการค้นพบในโลกของการบำรุงรักษายุคที่ 2 ข้างต้นได้แนะนำว่าภารกิจดังกล่าวนี้ควรประกอบด้วยการซ่อมยกเครื่องหรือการ เปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ในช่วงเวลาที่กำหนด (Fixed Interval)



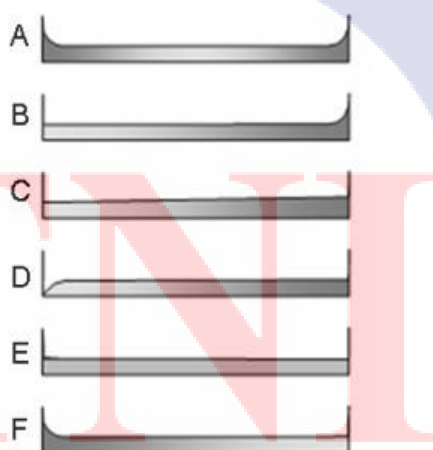
รูปที่ 7 อายุช่วงชีวิตของอุปกรณ์

ที่มา : เขกสรร สิงห์ธนู. (2550). การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร. หน้า 14.

ในรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรและอุปกรณ์หนึ่งที่จะสามารถใช้งานได้อย่างน่าเชื่อถือในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นเครื่องจักรและอุปกรณ์นั้นก็จะเริ่มมีความชำรุดเสียหายและเพิ่มขึ้นในช่วงชำรุดเสียหาย (Wear-Out) แนวคิดเก๋านี้ได้แนะนำว่าการบันทึกข้อมูลความขัดข้องจะทำให้สามารถอธิบายชีวิตการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์นี้ได้ ซึ่งทำให้สามารถกำหนดแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้ก่อนที่จะชำรุดเสียหาย

แบบจำลองตามแนวคิดเก๋านี้จะเป็นจริงสำหรับบางเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างง่าย และเครื่องและอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนบางอย่างที่มีลักษณะความขัดข้องที่สำคัญเท่านั้น โดยเฉพาะคุณลักษณะของความชำรุดสึกหรอมักจะพบเมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์นั้นๆ สัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์หรือสินค้า ความขัดข้องที่เกี่ยวข้องกับอายุการใช้งาน (Age-Related Failure) มักจะเกี่ยวข้องกับความล้า (Fatigue) การกัดกร่อน (Corrosion) การสึกหรอ (Abrasion) และการระเหย (Evaporation)

อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาล่วงเลยมาหลังช่วงปี ค.ศ. 1970 เครื่องจักรและอุปกรณ์มีความสลับซับซ้อนขึ้นมาก และความสลับซับซ้อนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีมากขึ้นมากอย่างนี้จึงเป็น จุดเริ่มที่ทำให้รูปแบบของความขัดข้องมีความแตกต่างไปจากความเชื่อตามแนวคิด แบบเก๋าดังกล่าว รูปที่ 8 แสดงให้เห็นกราฟความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไข (Conditional Probability of Failure) ที่เกิดขึ้นตามอายุการใช้งานในกระบวนการปฏิบัติการผลิตของชิ้นส่วนองค์ประกอบด้านไฟฟ้าหรือทางกลต่างๆ



รูปที่ 8 อายุช่วงชีวิตของอุปกรณ์หลายรูปแบบ

ที่มา : เขกสรร สิงห์ธนู. (2550). การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร. หน้า 14.

ความขัดข้องรูปแบบ A

เป็นรูปแบบที่คุ้นเคยและรู้จักชื่อว่า “โค้งอ่างน้ำ” (Bathtub Curve) ซึ่งเริ่มจากอุบัติการณ์ ความขัดข้องสูงเปรียบเทียบกับ เด็กทารกที่เกิดใหม่ซึ่งมีอัตราเสียชีวิตสูงจึงมีชื่อเรียกในช่วงนี้ที่ รู้จักเป็นอย่างดีในหัวข้อที่แล้วว่า “ช่วงอัตราเสียชีวิตของทารก” ซึ่งความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขจะค่อยๆ ลดลง (Decrease Failure Rate : DFR) ตามด้วยในช่วงที่ 2 คือช่วงอัตราความขัดข้องคงที่ (Constant Failure Rate : CFR) หรือมีความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขที่ค่อยๆ สูงขึ้นอย่างช้าๆ และในช่วงสุดท้ายของโค้งอ่างน้ำก็จะเข้าไปสู่ช่วงชำรุดสึกหรอ (Wear-Out Zone) หรือช่วงอัตราความขัดข้องเพิ่มขึ้น (Increased Failure Rate : IFR)

ความขัดข้องรูปแบบ B

แสดงให้เห็นความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขที่คงที่หรือมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยอย่างช้าๆ และจบลงด้วยช่วงอัตราความขัดข้องเพิ่มขึ้น

ความขัดข้องรูปแบบ C

แสดงให้เห็นความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยอย่างช้าๆ จนกระทั่งชำรุดเสียหายในที่สุดโดยไม่มีช่วงอัตราความขัดข้องเพิ่มขึ้นเหมือนรูปแบบความขัดข้องแบบ A และ B

ความขัดข้องรูปแบบ D

แสดงให้เห็นความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขในระดับต่ำมากหลังจากที่เครื่องจักรและอุปกรณ์นี้เริ่มถูกใช้งานในภาพที่ใหม่ หลังจากนั้นความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขในจะเพิ่มขึ้นทันทีในช่วงสั้นๆ เข้าสู่ช่วงความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขที่มีค่าค่อนข้างคงที่

ความขัดข้องรูปแบบ E

แสดงให้เห็นความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขที่มีค่าคงที่ตั้งแต่ต้นและตลอดไปในทุกช่วงอายุการใช้งาน บางครั้งเรียกความน่าจะเป็นของความขัดข้องแบบมีเงื่อนไขที่มีค่าคงที่นี้ว่า “ความขัดข้องแบบสุ่ม”

ความขัดข้องรูปแบบ F

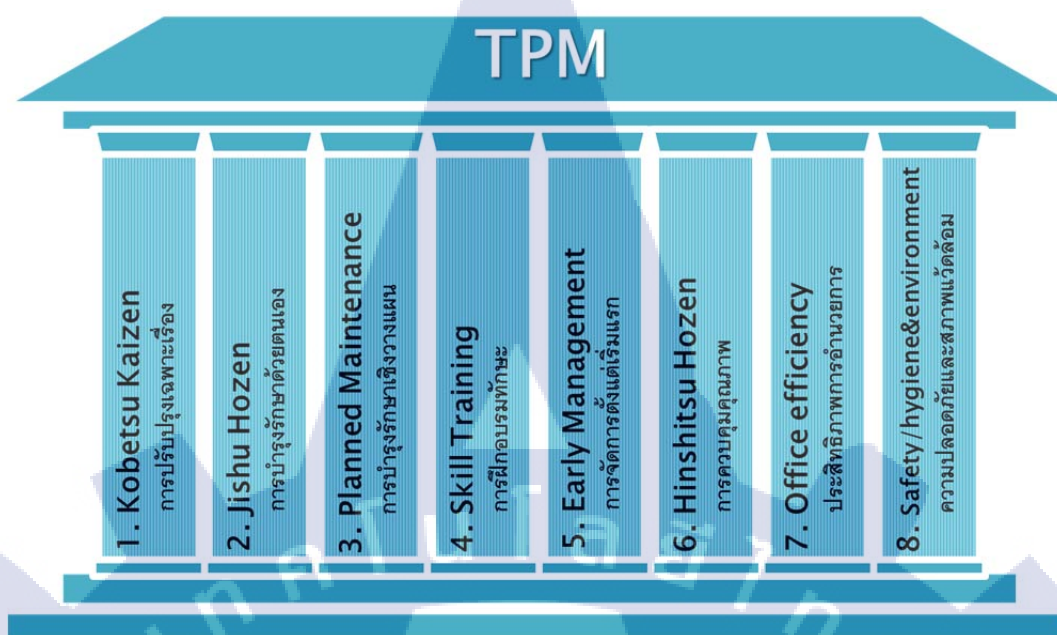
ความขัดข้องรูปแบบ F มีรูปแบบความขัดข้องที่เริ่มต้นด้วยความน่าจะเป็นความขัดข้องในช่วงอัตรา เสียชีวิตของทารกและเข้าสู่ช่วงด้วยความน่าจะเป็นความขัดข้องแบบสุ่ม เช่นเดียวกับรูปแบบความขัดข้องแบบ A แต่ไม่มีช่วงความขัดข้องช่วงชำรุดสึกหรอ

จากการศึกษารูปแบบความขัดข้องของอากาศยานหรือเครื่องบินซึ่งระบบมีความสลับซับซ้อนมาก พบว่ามีสัดส่วนของความขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันในรูปแบบที่แตกต่างกัน คือ พบความขัดข้องรูปแบบ A เป็น 4% ความขัดข้องรูปแบบ B เป็น 2% ความขัดข้องรูปแบบ C เป็น 5% ความขัดข้องรูปแบบ D เป็น 7% ความขัดข้องรูปแบบ E เป็น 14% และความขัดข้องรูปแบบ F เป็น 68%

การศึกษารูปแบบความขัดข้องนี้ทำให้เห็นตัวเลขที่แสดงถึงความเห็นแย้งกับความเชื่อแบบเก่าว่าความเชื่อถือได้ของเครื่องจักรและอุปกรณ์จะต้องมีความ สัมพันธ์กับอายุการใช้งานเสมอไป ความเชื่อนี้เป็นความเชื่อที่อันตรายในระบบซ่อมบำรุงที่ทำให้มีความเห็นว่าจะต้องกำหนดให้มีการซ่อมแบบยกเครื่อง ซึ่งหากมีความถี่ของการซ่อมยกเครื่องบ่อยมากก็จะทำให้โอกาสขัดข้องน้อยลง ซึ่งเป็นความเห็นที่ไม่ค่อยถูกต้องนักในยุคปัจจุบันนี้สำหรับโลกแห่งการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์สมัยใหม่ ถ้าเครื่องจักรและอุปกรณ์ใดไม่มีลักษณะความขัดข้องที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับ อายุการใช้งานแล้ว จะสามารถสรุปได้เลยว่าข้อจำกัดทางด้านอายุการใช้งานเครื่องจักรนั้นแทบจะไม่ มีหรือมีผลน้อยต่อการปรับปรุงความเชื่อถือได้สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ ที่มีความสลับซับซ้อนเลย ในความเป็นจริงแล้วการซ่อมยกเครื่องตามกำหนดการจะยิ่งทำให้ความขัดข้องของ เครื่องจักรและอุปกรณ์เพิ่มมากขึ้นเพราะทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์เข้า ช่วงแรกของโค้งอ่างน้ำคือช่วงอัตราเสียชีวิตของทารกหลังเกิดใหม่นั้นเอง แล้วจึงเข้าสู่ช่วงความขัดข้องคงที่

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



รูปที่ 9 เสาหลักของ TPM

ที่มา : สุขุม มั่นคง. (2551). ความหมายของ TPM. หน้า 17.

กิจกรรม 8 เสาหลักของ TPM

1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง กิจกรรมที่มีหน้าที่เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้ง 16 ประการให้เป็น ศูนย์ โดยการใช้องมือต่าง ๆ ไปทำการวิเคราะห์หาทางแก้ไข และป้องกันการกลับมาของปัญหา เครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมนี้คือ 5W+1H, การวิเคราะห์ Why-Why, QC 7 Tools, การวิเคราะห์ P-M, QCC เป็นต้น การเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา เหมือนกับการรักษาให้ตรงกับโรคนั่นเอง ดังนั้นเราต้องรู้จักกับชนิดของความสูญเสียก่อน

2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง เป็นกิจกรรมหลัก ที่เป็นเอกลักษณ์ของ TPM หลักการของการบำรุงรักษา หากมองผิวเผินอาจมองว่าเป็นเพียงการเปลี่ยนพนักงานเดินเครื่องให้เป็น ผู้ที่สามารถตรวจสอบเครื่องจักรได้ แต่แท้ที่จริงแล้วไม่ใช่เท่านั้น แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพการเป็นเจ้าของ จากที่เครื่องจักรของโรงงานเป็นเครื่องจักรของฉัน เครื่องจักรนี้เป็นเครื่องจักรที่ต้องไม่มีความเสื่อมสภาพ เป็นเครื่องจักรที่ไม่ผลิตของเสีย เป็นเครื่องจักรที่ไม่เสีย นั่นคือหัวใจของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง การทำการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

3. การวางแผนการบำรุงรักษา ต้องทำการวางแผนการบำรุงรักษาให้กับเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรไม่เสีย ต้องทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำที่สุด

4. การให้การศึกษา และฝึกอบรม ถ้าต้องการเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง เราสามารถที่จะหาซื้อ เข้ามาติดตั้งก็ใช้งานได้ หากต้องการระบบการควบคุมการผลิตที่ดี ก็สามารถหาได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการบริหารจัดการได้ แต่เราไม่สามารถรักษาสิ่งต่างๆ เหล่านี้ไว้ได้ หากเราไม่มีคนที่มีความสามารถ ดังนั้นเราจึงต้องทำการพัฒนาคน ให้มีความสามารถ และรักในการปรับปรุงงานอยู่ตลอดเวลาหัวใจของการพัฒนาคน คือการให้ความรู้ การให้ความรู้ ต้องเป็นการให้ความรู้ที่ต้องการ ในเวลาที่ต้องใช้ความรู้นั้นๆ

5. การควบคุมเสียแต่เริ่มต้น (Initial Control) ส่วนหนึ่งที่ว่า “ทำให้ถูกเสียแต่ที่แรก” คงตรงกับกิจกรรมมากที่สุด หัวใจสำคัญของกิจกรรมนี้ เป็นกิจกรรมที่จะทำให้เรารู้จักการดำเนินการเพื่อป้องกันปัญหาเดิมที่เราพบอยู่ให้หายไป หรือลดลงไปได้ตั้งแต่ตอนที่เริ่มต้นกิจกรรมนี้

6. การบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ การบำรุงรักษาคุณภาพ คำนี้อาจเป็นคำใหม่ เราจะได้ยินคำว่า การบำรุงรักษา คือ การซ่อมบำรุงเครื่องจักร แยกจากคำว่าคุณภาพ ซึ่งหมายถึง การผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามข้อกำหนด แต่การนำสองคำนี้มารวมกัน หมายความว่าอย่างไรเราต้องทำความเข้าใจกับแนวคิดที่ว่า การที่จะไม่ให้ของเสียถูกส่งไปให้ลูกค้า เราต้องไม่ผลิตของเสีย การที่เราผลิตของเสียออกมานั้น เกิดจากการที่เครื่องจักรของเรามีความผิดปกติบางอย่างที่ทำให้เครื่องจักรนั้น เมื่อทำงานมันไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้เครื่องจักรผลิตของเสียออกมา ต่อมาในการที่เครื่องจักรของเรามีความสมบูรณ์แล้วนั้น เราก็ต้องมาพิจารณาอีกว่า เราต้องทำการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างไร เพื่อให้เครื่องจักรเดินได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นหากเราต้องการที่จะไม่ผลิตของเสีย นั้น เราต้องทำให้เครื่องจักรของเรา ไม่มีสิ่งผิดปกติ และต้องทำการควบคุมค่า ในการปรับแต่งต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์ กับคุณภาพให้ได้ เพื่อที่จะไม่ผลิตของเสียออกมา หากเราต้องทำเช่นนี้เราได้ เราต้องเริ่มจากการหาความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน หรือค่าปรับตั้งต่างๆ กับปัญหาคุณภาพก่อน หรือที่เราเรียกว่า QA Matrix (เป็นเมตริกที่ใช้ในการบ่งบอกความสัมพันธ์ ของชิ้นส่วนของเครื่องจักร และค่าที่ต้องปรับตั้งกับคุณภาพ) หลังจากนั้นก็ต้องทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักร อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ และกำหนดค่าปรับตั้งต่างๆ ให้ได้ หลังจากนั้นก็ทำการศึกษา ว่าคุณภาพที่ออกมานั้น มีความแน่นอนในการผลิตอย่างไร หรือที่เราเรียกว่า เราต้องหาค่า Cp/Cpk ของเครื่องจักรของเราให้ๆ ได้โดยเทียบกับค่าสเปคต่างๆ ของเรา กิจกรรมนี้เราจะดำเนินการได้ หลังจากที่ทำกิจกรรม AM และ PM จนกว่าจะไม่ ที่ความเสื่อมสภาพแล้ว และพนักงาน ต้องมีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ หรือทำกิจกรรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องมาแล้งพอสมควร นั่นคือกิจกรรมนี้จะทำหลังจาก AM ผ่าน PM ไปได้ 3 ขั้นตอนแล้วแต่เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นไม่มาก แต่เกิดเป็นประจำ

7. การเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานสายสำนักงาน การดำเนินการต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นการดำเนินการ ในส่วนของโรงงานเสียเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่ใช่ว่าการดำเนินการนั้น จะไม่ให้ความสนใจ ในส่วนของสายสำนักงาน อันที่จริงแล้วสายสำนักงาน ก็มีความสำคัญไม่น้อย

ไปกว่ากัน เพราะส่วนสำนักงานนั้น ก็เป็นส่วนสนับสนุน ในส่วนของสายสำนักงาน ก็จะดำเนินกิจกรรม 5 ส เพื่อให้การเกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน ของสายสำนักงานให้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดหน้าที่ ในการทำงานอย่างชัดเจน ของแต่ละคนและแต่ละคน มีเอกสารใดบ้างที่ต้องรับผิดชอบ และดำเนินการจัดการอย่างไร

8. การจัดการความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน ความปลอดภัยเป็นกิจกรรม ที่ต้องให้ความสำคัญมากที่สุด เพราะหากมีการทำงานที่มีอันตรายมาก จะมีผลต่อการดำเนินกิจกรรมอื่นตามมา ลองคิดดูว่า จะเป็นอย่างไรหากเริ่มทำกิจกรรมแล้วเกิดอุบัติเหตุ ขึ้นกับพนักงาน พนักงานท่านอื่นๆ จะคิดอย่างไร คงไม่ได้คิดในแง่ดีอย่างแน่นอน

Time Base Maintenance (TBM) & Condition Base Maintenance (CBM)

Time-Based Maintenance : TBM คือเป็นการบำรุงรักษาโดยการตรวจสอบและการเปลี่ยนชิ้นส่วน ตามระยะเวลาที่กำหนดในแผนการบำรุงรักษา อาจมีการบำรุงรักษาประจำวัน เช่น การทำความสะอาด การหล่อลื่น เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร เพื่อเป็นการตรวจสอบการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร การบำรุงรักษา และการเปลี่ยนอะไหล่ชิ้นส่วนต่างๆ ตามระยะเวลา การตรวจสอบจะต้องเหมาะสมและเพียงพอ เพื่อที่จะสามารถลดจำนวนครั้งของการเกิดความเสียหาย จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรมีระยะเวลานานมากขึ้น และยังพิจารณาถึงการลดต้นทุนในการบำรุงรักษา ปัจจัยที่มีผลทำให้เครื่องมือเกิดการเสียหายชำรุดจากสาเหตุต่างๆ ที่ถูกกำหนดไว้ และที่สำคัญการบำรุงรักษาแบบ TBM ไม่ใช้การติดตามเหตุการณ์ที่เคยเกิดไปแล้วในอดีต แต่เป็นการกำหนดว่าควรจะทำการบำรุงรักษาที่ตรงจุดใดและเมื่อใด

ในบางครั้งเรียกการบำรุงรักษาแบบ TBM ถูกเรียกว่า Fixed-Time maintenance ถ้าปราศจากประสบการณ์ และการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ ควรจะต้องมีการดำเนินการอย่างไรบ้าง เพื่อจัดทำเป็นระบบการบำรุงรักษาตามระยะเวลาของแต่ละองค์ประกอบหรือส่วนต่างๆ ในระบบเครื่องจักร เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่ทำให้มีโอกาสนในการเกิดการเสียหายนอกเหนือการคาดคะเน ซึ่งหากสามารถที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดและเสียหายได้ ต้องมีการดำเนินการก่อนที่เครื่องจักรจะชำรุด โดยที่ต้องมีการพิจารณาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสม รวมทั้งต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายในการซ่อมแบบฉุกเฉินต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่อย่างไรก็ตามวิธีการแบบนี้ก็ใช้ได้ดี เฉพาะการชำรุดและการเสื่อมสภาพ หรือการสึกหรอตามระยะเวลาเท่านั้น แต่ในการดำเนินการในการบำรุงรักษา จะทำได้ในสองลักษณะ คือ ทำตามกำหนดตามระยะเวลาที่ตั้งไว้หรือทำการบำรุงรักษาตามระยะเวลา ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้งานจริง

วิธีที่ดีที่สุดของแผนบำรุงรักษา ตลอดจนการสามารถวางแผนกิจกรรมล่วงหน้าของการทำงานได้ เช่น ตัวอย่างทั่วไป คือ การเปลี่ยนถ่ายของเหลวหลังใช้เครื่องจักร ข้อกำหนดของกลยุทธ์เพื่อที่จะใช้ในการตัดสินใจใน ระยะเวลาที่พอเพียง ทั้งคู่นี้มีความสำคัญและจะทำบ่อยๆ ในการปกป้องดูแลรักษาซ่อมบำรุง แต่โดยปกติแล้วไม่มีระบบที่แสดงถึงสิ่งที่จะเป็นปัญหาของทางเลือกนี้ ในทางปฏิบัติแล้วจะแก้ปัญหาได้โดยประสบการณ์พื้นฐาน โดยได้มาจากความรู้จากลักษณะของอุปกรณ์เครื่องจักรที่ชำรุด

วิธีการบำรุงรักษา : มีการกำหนดรอบของการซ่อมแซม (ค่าของทางทฤษฎีและค่าจากประสบการณ์) โดยอาศัยตัวพารามิ (ค่า Productivity และจำนวนครั้งในการเดินเครื่อง) ที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเสียของ เครื่องจักรหลังจากนั้นจะทำการซ่อมแซม โดยไม่มีเงื่อนไขใดๆ ทั้งสิ้น เมื่อใช้จนถึงรอบเวลาที่ต้องบำรุงรักษา

Condition-Based Maintenance : CBM คือ การบำรุงรักษาตามสภาพ หรือเรียกว่า Predictive Maintenance เป็นวิธีบำรุงรักษาเครื่องจักรให้เหมาะสมตามสภาพเครื่องจักร โดยปกติก่อนเครื่องจักรเกิดความเสียหาย จะมีอาการบ่งบอกก่อนเกิดเหตุเป็นสัญญาณแจ้งเตือน เช่น ค่าความร้อน เสียงต่างๆ อัตราการไหลของอากาศและของเหลวต่างๆ การสั่นสะเทือนแตกต่างไปจากเดิม เป็นต้น ถ้าหากสามารถสังเกตอาการของเครื่องจักรได้ ก็จะสามารถทำการบำรุงรักษาได้ทันก่อนเครื่องจักรจะเสียหาย สิ่งที่สำคัญของการบำรุงรักษาแบบตามสภาพ คือ ต้องเลือกเทคโนโลยี วัสดุ อุปกรณ์ ให้เหมาะสมกับชนิดของเครื่องจักรและต้องมีการกำหนดความถี่ในการตรวจสอบให้เพียงพอเมื่อเทียบกับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น

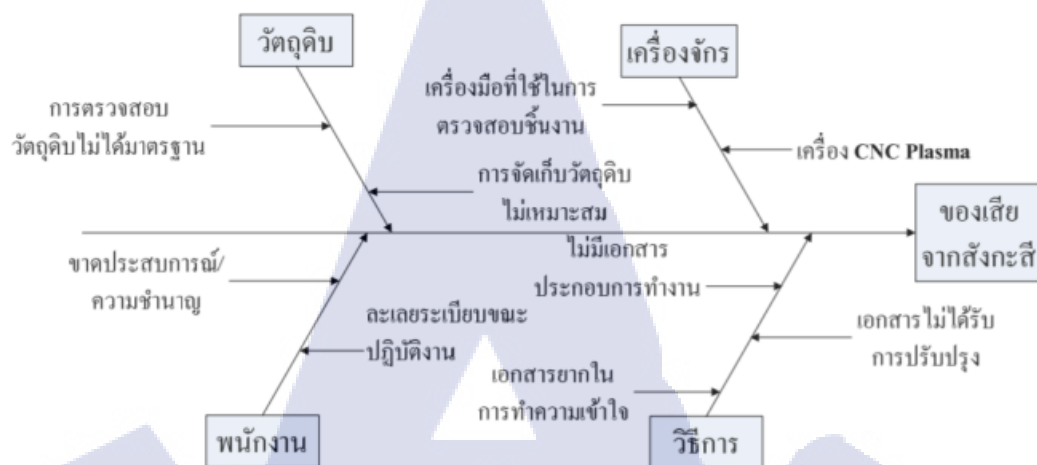
เครื่องมือคุณภาพ QC 7 Tools

ในปัจจุบันมีการแข่งขันมากขึ้น แม้กระทั่งเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์และคุณภาพของงานบริการ ทำให้เครื่องมือคุณภาพถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเองและตอบสนองความต้องการของลูกค้า และในเครื่องมือนี้จะทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่องอย่างเป็นระบบ

เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้งานเพื่อรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูล ให้ตรงตามความต้องการ และในการใช้เครื่องมือต้องเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับประเภทของข้อมูลเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องและแม่นยำ การใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดนั้น จะทำให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น สามารถตรวจจับหาสาเหตุของปัญหาได้

สำหรับเครื่องมือทั้ง 7 ชนิด สามารถแจกแจงได้ดังนี้

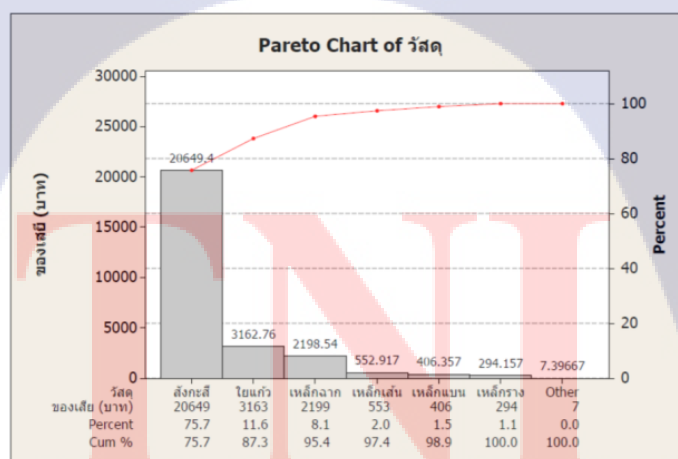
1. ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) บางครั้งเรียกถูกกว่า Ishikawa Diagram ซึ่งเรียกตามชื่อของผู้คิดค้น เป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุที่ทำให้เกิดผล



รูปที่ 10 ตัวอย่างแผนภาพก้างปลา

ที่มา : อรพรรณ วิชัยเดช; และนิเว เจริญใจ. (2554). การปรับปรุงงานเพื่อลดของเสียในการผลิตห้องสะอาด. ออนไลน์.

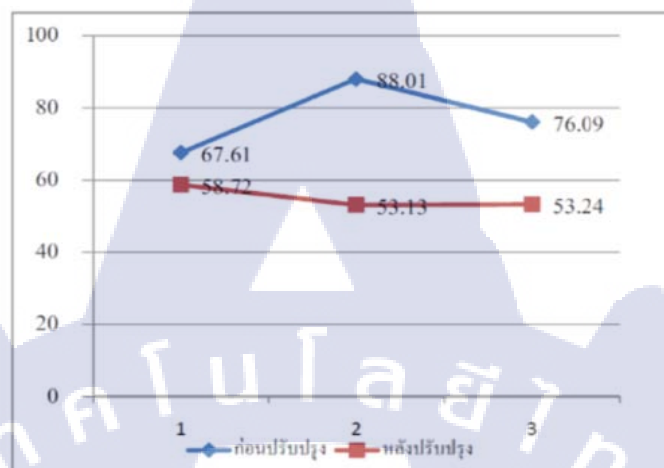
2. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดบ่งบอกเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 11 ตัวอย่างแผนภูมิ Pareto

ที่มา : อรพรรณ วิชัยเดช; และนิเว เจริญใจ. (2554). การปรับปรุงงานเพื่อลดของเสียในการผลิตห้องสะอาด. ออนไลน์.

3. กราฟ (Graphs) คือ ภาพลายเส้น แท่ง วงกลม หรือจุดเพื่อใช้แสดงค่าของข้อมูลว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือแสดงองค์ประกอบต่างๆ



รูปที่ 12 ตัวอย่างกราฟเส้น

ที่มา : อรพรรณ วิชัยเดช; และนิเวศ เจริญใจ. (2554). การปรับปรุงงานเพื่อลดของเสียในการผลิตห้องสะอาด. ออนไลน์.

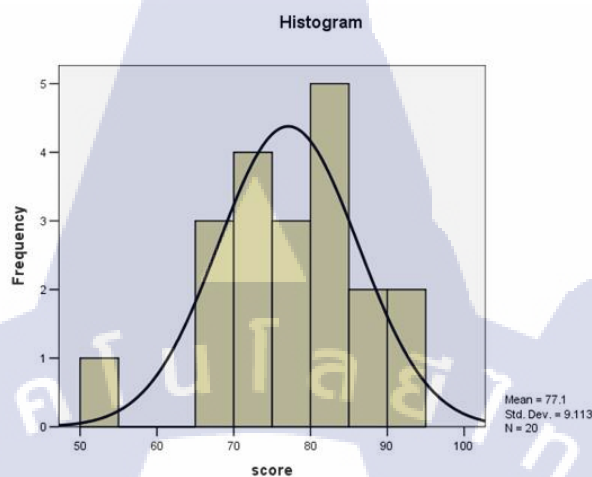
4. แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) คือแบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่างๆ ไว้เพื่อใช้บันทึกข้อมูลได้ง่าย และสะดวก

Pin diameter Check Sheet		Sheet No: 1532
Date: 12th Oct	Operator: Steve Jefferson	
Lathe number: 32146	Remarks:	
Cutter type: 032		
mm:	Lower Spec. Limit	Upper Spec. Limit
25	1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3.0 3.1 3.2 3.3 3.4	
20		
15		
10		
5		
0		
Total:	0 0 0 1 0 1 2 4 7 10 14 18 19 15 13 9 5 4 2 2 1 0 0 1 0	

รูปที่ 13 ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ

ที่มา : ธนภุช ชุ่มช่วง. (2557). การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก. หน้า 25.

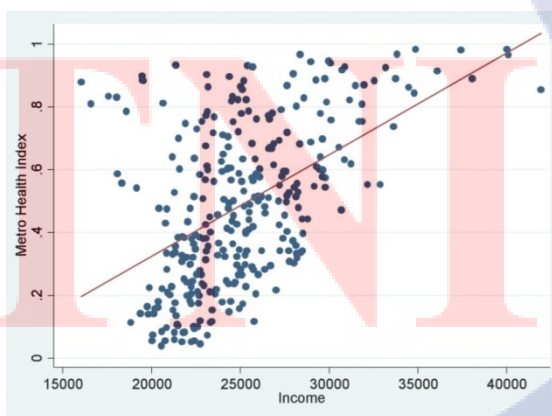
5. ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟแท่งที่ใช้สรุปการอนุมาน (Inference) ข้อมูล เพื่อที่จะใช้สรุปสถานภาพของกลุ่มข้อมูลนั้น



รูปที่ 14 ตัวอย่างฮิสโตแกรม

ที่มา : ธนภฤช ชุ่มช่วง. (2557). การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก. หน้า 18.

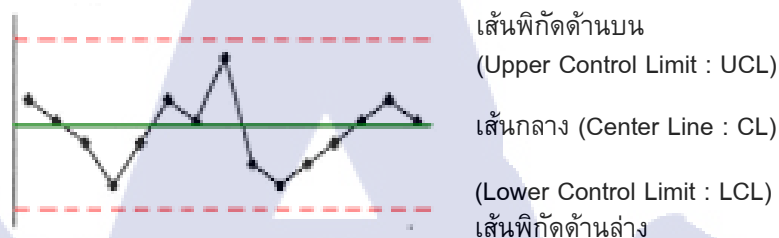
6. ผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือ ผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกันหรือไม่ เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง



รูปที่ 15 ตัวอย่างผังกระจาย

ที่มา : ธนภฤช ชุ่มช่วง. (2557). การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก. หน้า 25.

7. แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือแผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control Limit)



แผนภูมิแสดงให้เห็นว่าเป็นสภาพที่สามารถควบคุมได้



แผนภูมิแสดงให้เห็นว่าเป็นสภาพที่สามารถควบคุมไม่ได้ (ข้อมูลบางตัวอยู่นอกพิกัด)

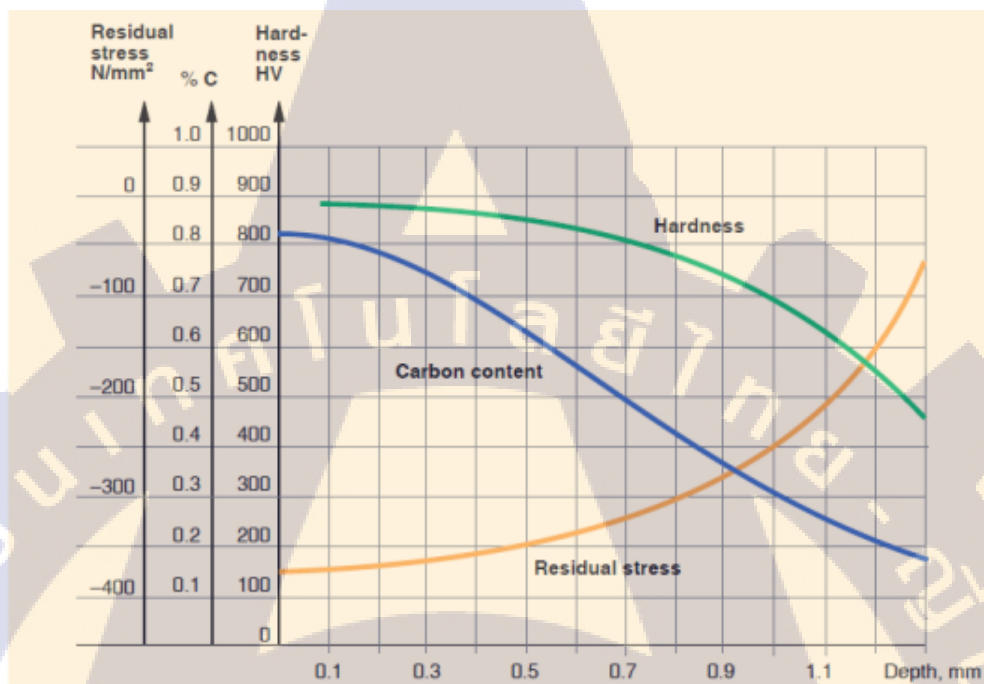
รูปที่ 16 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

ที่มา : ธนฤช ชุ่นช่ง. (2557). การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก. หน้า 20.

หลักการชุบแข็งด้วยความร้อน Heat Treatment

เนื่องจากชิ้นส่วนเครื่องจักรบางชิ้นส่วนต้องการความแข็งผิวสูงเพื่อให้ทนต่อการสึกหรอได้ดี ในขณะที่ต้องการความเหนียวและสามารถดูดซับแรงได้สูงด้วยเช่นกัน จึงได้มีการนำเอาเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำซึ่งมีความเหนียวสูงมาปรับปรุงให้บริเวณผิวมีความแข็งสูงขึ้น อย่างไรก็ตามเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำนั้นชุบผิวแข็งโดยตรงเลยไม่บังเกิดผล เนื่องจากมีคาร์บอนต่ำเกินไปจึงชุบแล้วไม่ได้มาร์เทนไซต์ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมคาร์บอนเข้าไปที่ชั้นผิวของเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำก่อน เมื่อชั้นผิวมีคาร์บอนเพิ่มสูงขึ้นแล้ว การชุบแข็งทั้งชิ้นงานในภายหลังจะส่งผลให้ได้มาร์เทนไซต์ที่ชั้นผิวในขณะที่ภายในยังคงโครงสร้างเฟอร์ไรต์ที่มีความเหนียวสูงไว้ เรียกว่าวิธีการเติมคาร์บอนที่ชั้นผิวเหล็กกล้า คาร์โบไรซิง (Carburizing) โดยปกติแล้วการทำคาร์โบไรซิงให้ได้ผลดีนั้นควรทำกับเหล็กกล้าที่เจือธาตุผสมเล็กน้อย เช่น Cr Ni Si และ Mo เป็นต้น เนื่องจากการมีเพียงคาร์บอนอย่างเดียว นั้นความสามารถในการชุบแข็งจะไม่สูงพอ

ค่าความแข็งของชิ้นงานเหล็กที่ผ่านการทำคาร์เบอร์ไรซิงแล้วชุบแข็งและอบคืนไฟแล้วจะมีค่าสูงสุดที่ผิวและลดลงตามความลึกเข้าไปในชิ้นงาน นอกจากนี้ความเค้นแรงอัดเหลือค้างหลังจากการชุบแข็งก็จะช่วยเพิ่มความต้านทานการล้าให้กับชิ้นงานอีกด้วย



รูปที่ 17 ความเข้มข้นของคาร์บอนในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ที่มา : อุษณีย์ กิตกำธร. (2557). การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง. ออนไลน์.

วิธีการทำคาร์เบอร์ไรซิง อาจแบ่งออกได้ตามสถานะหรือชนิดของแหล่งจ่ายคาร์บอน เช่น แก๊สคาร์เบอร์ไรซิง แป้งคาร์เบอร์ไรซิง และลิกวิดคาร์เบอร์ไรซิง โดยวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมากที่สุดคือ แก๊สคาร์เบอร์ไรซิง เนื่องจากควบคุมพารามิเตอร์ในการทำคาร์เบอร์ไรซิงได้ง่ายและแน่นอนกว่า รวมทั้งยังเกิดมลพิษและกากของเสียน้อยกว่า

เนื่องจากการเติมคาร์บอนเข้าไปที่ชั้นผิวนั้นต้องอาศัยการแพร่ของคาร์บอนซึ่งจัดเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความร้อนและเวลา ดังนั้นจึงต้องทำที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลาที่เหมาะสม รวมทั้งต้องควบคุมสภาวะคาร์บอนที่ผิวนอกสุดของชิ้นงานเหล็กด้วย ซึ่งโดยปกติสภาวะคาร์บอนที่ใช้จะอยู่ที่ 0.8% C ส่วนอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 900-950 องศาเซลเซียส และเวลาประมาณ 4-8 ชั่วโมง ขึ้นกับความหนาของชั้นผิวแข็งที่ต้องการ

$$x = k\sqrt{t}$$

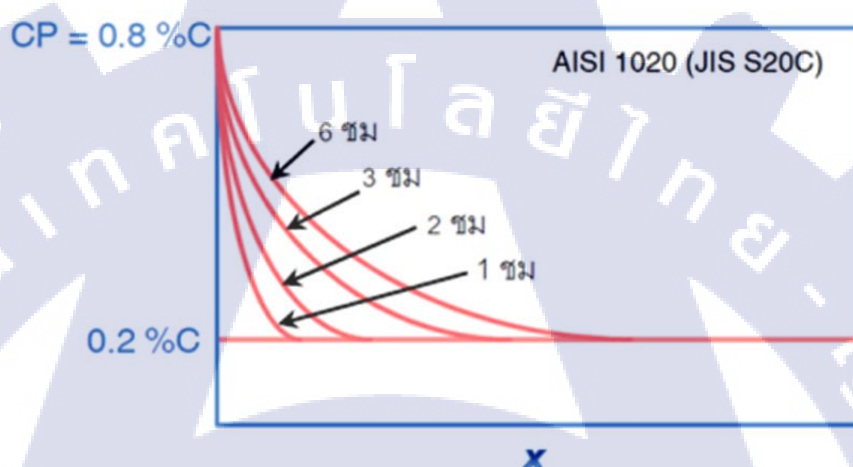
โดยค่า k นั้นขึ้นอยู่กับ

1) ศักย์คาร์บอนในการทำคาร์เบอร์ไรซิง

2) %C ในเหล็กเริ่มต้น

3) อุณหภูมิในการทำคาร์เบอร์ไรซิง

ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งในสามตัว ค่า k จะเปลี่ยนไป



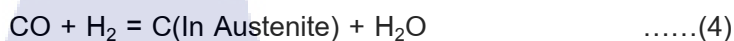
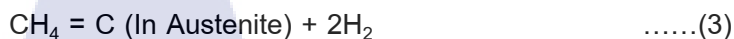
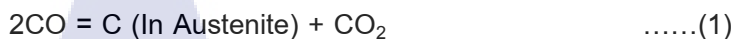
รูปที่ 18 ความเข้มข้นของคาร์บอนหลังคาร์เบอร์ไรซิงด้วยเวลาต่างๆ กัน

ที่มา : อุษณีย์ กิตกำธร. (2557). การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง. ออนไลน์.

การทำคาร์เบอร์ไรซิงด้วยแก๊ส

ในกระบวนการคาร์เบอร์ไรซิงด้วยแก๊สนั้นแหล่งจ่ายคาร์บอนอยู่ในสถานะแก๊ส เรียกว่า อาร์เอ็กซ์แก๊ส (RX-Gas) หรือ เอ็นโดเทอร์มิกแก๊ส (Endothermic Gas) หรือแคริเออร์แก๊ส (carrier gas) โดยเป็นแก๊สผสมที่มีส่วนผสมระหว่าง CO CO₂ H₂ N₂ และ CH₄ แก๊สผสมเหล่านี้ได้จากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ของไฮโดรคาร์บอนแก๊ส เช่น โพรเพน บิวเทน เป็นต้น ในห้องเผาไหม้ที่มีแคตาลิสต์ NiAl บรรจุอยู่ภายใน การใช้สารตั้งต้นเป็นไฮโดรคาร์บอนต่างชนิดกันก็จะผลิตออกมาเป็นคาร์เบอร์ไรซิงแก๊สได้ในปริมาณที่แตกต่างกันนอกจากนี้ก็ยังมีการถืออาจใช้สารตั้งต้นเป็นเมทานอลก็ได้เช่นกัน แต่หลักการสร้างเอ็นโดเทอร์มิกแก๊สก็จะแตกต่างกันออกไปเล็กน้อย

การควบคุมบรรยากาศนั้นเป็นเรื่องสำคัญมาก CO และ CH₄ เป็นแก๊สที่สามารถจ่ายคาร์บอนให้กับชิ้นงานได้ดังปฏิกิริยา



โดยปฏิกิริยาที่ 1 และ 4 เป็นปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นในการทำคาร์เบอร์ไรซิงด้วยแก๊ส ซึ่งนอกจากการจ่ายคาร์บอนให้เหล็กแล้วยังได้ CO_2 และ H_2O มาด้วย ทั้งนี้หากมี CO_2 และ H_2O มากเกินสมดุลก็จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ทำให้คาร์บอนที่ผิวเหล็กลดลง เรียกว่า ดีคาร์เบอร์ไรเซชัน (Decarburization) ทั้งนี้ปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ต้องใช้ CO เป็นจำนวนมากในการสร้างสมดุลเพื่อรักษาศักยภาพคาร์บอนที่ผิวไว้ โดยสามารถคำนวณได้ตามหลักเทอร์โมไดนามิกส์

การผสมแก๊สไฮโดรคาร์บอน หรือที่เรียกว่าเอนริชแก๊ส (Enriched Gas) ก็มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำคาร์เบอร์ไรซิงของเอนโดแก๊ส เนื่องจากแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากับ CO_2 และ H_2O ให้ CO ดังปฏิกิริยา

การควบคุมบรรยากาศการทำคาร์เบอร์ไรซิงให้ได้ผลดีนั้น ใช้การควบคุมศักยภาพคาร์บอนผ่านการควบคุมอัตราส่วน CO/CO_2 และ $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$

ศักยภาพคาร์บอน (Carbon Potential)

ในระหว่างการทำคาร์เบอร์ไรซิงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เร็วที่สุด คือปฏิกิริยา

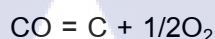
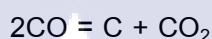


ซึ่งค่าคงที่ของปฏิกิริยาที่สภาวะสมดุลคือ

$$K_4 = (a_c \cdot P_{(\text{H}_2\text{O})}) / (P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2})$$

ทั้งนี้ค่าคงที่ที่สภาวะสมดุลนั้นขึ้นกับอุณหภูมิ ตามความสัมพันธ์ $\text{Log } K_4 = -7.494 + 7130/T$ ดังนั้นค่า a_c หรือแอคติวิตีของคาร์บอนในบรรยากาศก็จะขึ้นอยู่กับ P_{CO} , P_{H_2} และ $P_{\text{H}_2\text{O}}$ โดยถ้าแอคติวิตีของคาร์บอนในบรรยากาศสูงกว่าของคาร์บอนในเหล็ก ก็จะทำให้เกิดการถ่ายโอนคาร์บอนเข้าไปที่ผิวเหล็ก

เนื่องจาก a_c ถูกควบคุมโดยการคุม P_{CO} , P_{H_2} และ P_{H_2O}) ดังนั้นการวัดจุดน้ำค้าง หรือ ดิวพอยต์ จึงเป็นวิธีการหนึ่งในการตรวจวัดศักย์คาร์บอนของบรรยากาศได้ อย่างไรก็ตามวิธีที่นิยมในปัจจุบันคือการวัดระดับออกซิเจนด้วยหัววัดออกซิเจน และการวัดระดับ CO_2 ด้วยอินฟราเรดเซ็นเซอร์ ซึ่งการตรวจวัดด้วยวิธีการทั้งสองนั้น คัดจากสมดุลเคมีของปฏิกิริยาการแตกตัวของคาร์บอนมอนอกไซด์ 2 ปฏิกิริยา คือ



ซึ่ง $a_c = (K_2 \cdot P_{CO}^2) / P_{CO_2}$ และ $a_c = (K_3 \cdot P_{CO}) / (P_{O_2})^{1/2}$ ดังนั้นการควบคุมระดับ P_{CO} หรือ P_{O_2} ก็ใช้ในการควบคุมแอคติวิตีของคาร์บอนในบรรยากาศได้เช่นกัน

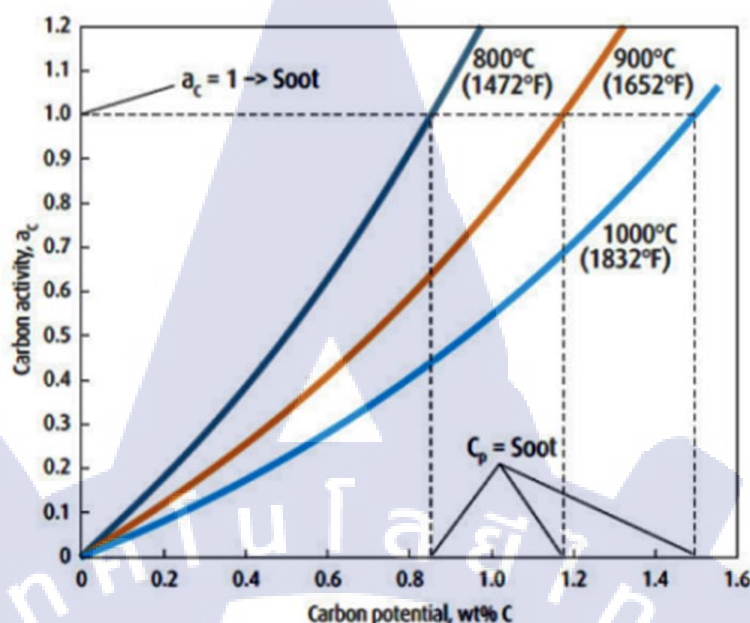
ในทางปฏิบัตินิยมใช้ศักย์คาร์บอน (Carbon Potential, C_p) แทนแอคติวิตี โดยศักย์คาร์บอน หมายถึง ระดับเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของคาร์บอนในเหล็กที่จะมีอยู่ภายใต้สภาวะสมดุลร่วมกับแก๊ส พูด่างๆ คือ ในแก๊สที่มีแอคติวิตีของคาร์บอนเท่ากับค่าหนึ่งแล้วเหล็กที่อยู่ด้วยกันในสมดุลนั้นจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนเท่ากับค่าศักย์คาร์บอน ซึ่งศักย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับแอคติวิตีตามสมการ

$$a_c = \gamma^\circ X_c$$

เมื่อ X_c คือสัดส่วนโดยโมลของคาร์บอน ซึ่งสามารถคำนวณกลับให้เป็นเปอร์เซ็นต์คาร์บอนโดยน้ำหนักได้ ส่วน γ° คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิ

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

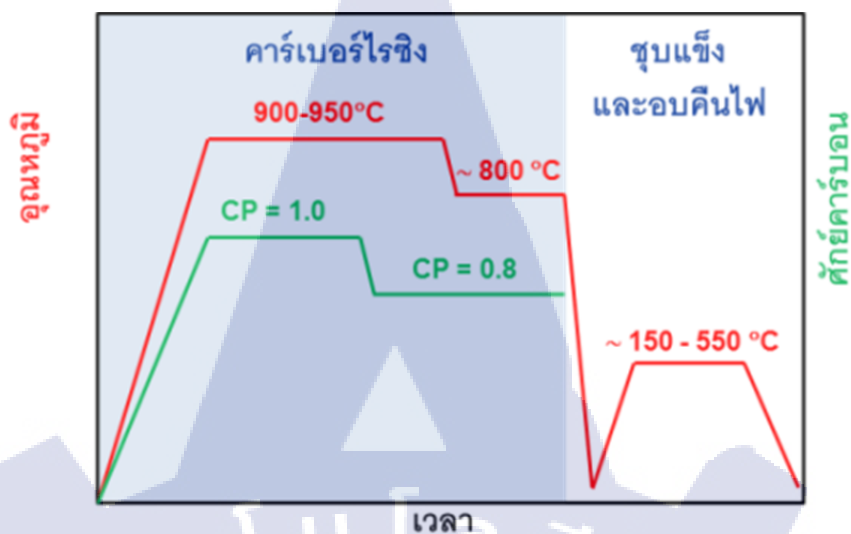


รูปที่ 19 แอคติวิตีของคาร์บอนที่ศักย์คาร์บอนต่างๆ

ที่มา : ฤษณีย์ กิตกำธร. (2557). การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง. ออนไลน์.

การลดเวลาในการทำคาร์เบอร์ไรซิง

ในการทำคาร์เบอร์ไรซิงนั้นมีจุดประสงค์เพื่อการเพิ่มคาร์บอนที่ชั้นผิวเพื่อที่จะชุบแข็งต่อไปได้ ทั้งนี้ปริมาณคาร์บอนสูงสุดที่ผิวไม่ควรสูงเกินกว่า 0.8% เนื่องจากคาร์บอนที่สูงเกินไปเมื่อชุบแข็งแล้วจะเกิดออสเทนไนต์เหลือค้างมาก การควบคุมให้คาร์บอนที่ผิวไม่เกิน 0.8% นั้นก็อาจทำได้โดยการรักษาศักย์คาร์บอนของบรรยากาศให้เท่ากับ 0.8 ตลอดระยะเวลาการทำคาร์เบอร์ไรซิง อย่างไรก็ตามหากต้องการลดเวลาช่วงการทำคาร์เบอร์ไรซิงก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มศักย์คาร์บอนให้สูงขึ้น เช่น 1.0 หรือ 1.1 เพื่อเร่งการเติมคาร์บอนเข้าไปในชั้นผิว หลังจากนั้นค่อยลดศักย์คาร์บอนลงมา ให้ต่ำลงเป็น 0.8 เพื่อให้คาร์บอนส่วนเกินที่ผิวนอกของเหล็กกลดลงกลับมาอยู่ที่ 0.8 ส่วนอุณหภูมิในการทำคาร์เบอร์ไรซิงนั้นควรอยู่ที่ประมาณ 900-950°C และเมื่อได้ปริมาณคาร์บอนที่ชั้นผิวตามต้องการแล้วก็จะลดอุณหภูมิลงมาที่ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการชุบแข็งของเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนประมาณ 0.8% นั่นคือประมาณ 800°C แล้วจึงชุบในน้ำมัน จากนั้นก็นำไปอบคืนไฟต่อไปเพื่อให้ได้ความแข็งผิวตามต้องการ

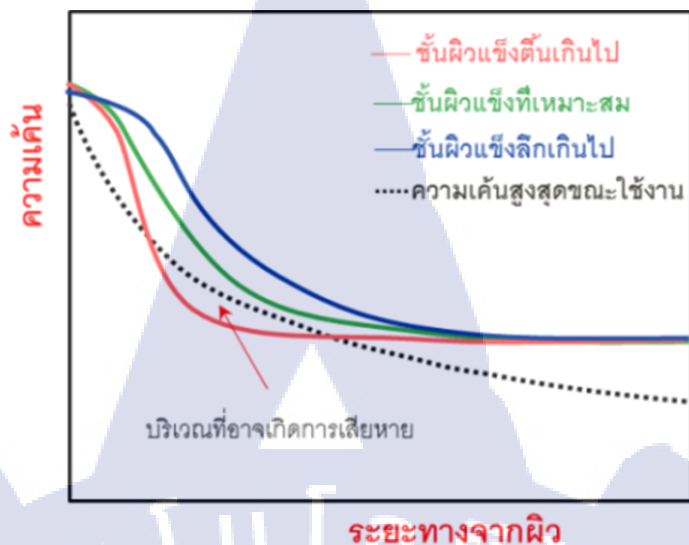


รูปที่ 20 การควบคุมอุณหภูมิและสัณยคาร์บอนในการทำคาร์เบอร์ไรซิงแบบสองชั้น

ที่มา : อุษณีย์ กิตกำธร. (2557). การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง. ออนไลน์.

การพิจารณาเลือกสภาวะในการทำคาร์เบอร์ไรซิง

สำหรับการเลือกสภาวะในการทำคาร์เบอร์ไรซิงนั้น โดยหลักคือต้องเริ่มพิจารณาจากความเค้นที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานดังกล่าวขณะนำไปใช้งาน หากพิจารณาจากค่าความเค้นที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของชิ้นงาน ชิ้นงานจะใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหายถ้าความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นต่ำกว่าความเค้นแรงดึงหรือความเค้นจุดคราก ถ้าเป็นกรณีของการรับแรงกระทำในลักษณะรอบซ้ำๆ ก็พิจารณาจากขีดจำกัดความทนทานต่อการล้า (Endurance Limit) ซึ่งคือค่าความเค้น ที่วัสดุดังกล่าวสามารถรับได้โดยไม่ก่อให้เกิดการแตกหักแม้ว่าจะเกิดความเค้นเป็นรอบซ้ำๆ เกินกว่า 1,000,000 รอบ ยกตัวอย่างเช่น เฟลาทรงกระบอกซึ่งระหว่างการใช้งานจะเกิดความเค้นเป็นรอบซ้ำๆ โดยมีความเค้นสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ ลึกเข้าไปยังใจกลางเฟลาต่างๆ จุดสูงกว่าความเค้นขณะใช้งาน ชิ้นงานดังกล่าวก็จะไม่เกิดความเสียหายภายใต้อายุการใช้งานที่ออกแบบไว้ทั้งนี้สามารถประมาณค่าขีดจำกัดความทนทานต่อการล้าได้จากค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดและค่าความแข็ง ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าความแข็งผิว และความลึกผิวแข็ง ในการตรวจสอบคุณภาพงานอบชุบได้



รูปที่ 21 ความเค้นล้าที่เกิดขึ้นขณะใช้งานและความเค้นล้าสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ ในชั้นผิวแข็ง

ที่มา : อุษณีย์ กิตกำร. (2557). การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง. ออนไลน์.

การประมาณค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดเหลือกล้าจากค่าความแข็งสามารถประมาณได้จากความสัมพันธ์อย่างง่ายคือ

ถ้าค่าความแข็งสูงกว่า 175 HB แล้ว ค่า $UTS = 3.55 \times HB$

ถ้าค่าความแข็งต่ำกว่า 175 HB แล้ว ค่า $UTS = 3.38 \times HB$

ส่วนขีดจำกัดความทนทานต่อการล้าของเหล็กกล้าขึ้นอยู่กับประมาณ 50% ของค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด ยกตัวอย่างเช่น ที่ผิวต้องการให้มีขีดจำกัดความทนทานต่อการล้าคือ 1000 MPa ค่าความต้านทานแรงดึงควรที่จะอยู่ที่ประมาณ 2000 MPa ค่าความแข็งผิวก็น่าจะอยู่ที่ประมาณ 560 HB (หรือ ประมาณ 55 HRC หรือ 595 HV) ส่วนที่ตำแหน่งลึกเข้าไป 0.6 mm. ต้องการให้มีขีดจำกัดความทนทานต่อการล้าคือ 800 MPa ค่าความต้านทานแรงดึงควรที่จะอยู่ที่ประมาณ 1600 MPa และค่าความแข็งที่ตำแหน่งนี้น่าจะอยู่ที่ประมาณ 450 HB (หรือ ประมาณ 48 HRC หรือ 484 HV) ซึ่งในการอบชุบก็จะตั้งเป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณภาพคือ ต้องมีความแข็งผิว 55-56 HRC และมีความลึกผิวแข็ง ณ 513 HV เท่ากับ 0.6 mm. หรือมากกว่า เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาถหทัย แสนจันทร์ (2554) ได้เสนองานวิจัย การประยุกต์การบำรุงรักษาด้วยตนเอง กับกิจการวิสาหกิจขนาดเล็ก โดยการใช้หลักการบำรุงรักษาด้วยตนเองทั้ง 7 ขั้นตอนมาทำการประยุกต์ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่เครื่องฉีดพลาสติก จำนวน 4 เครื่อง สามารถลดเวลาซ่อมเครื่องจักรแต่ละครั้งจาก 2-5 วัน เหลือ 1.5-4.5 วัน ลดค่าใช้จ่ายในการใช้บริการซ่อมจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรได้ 12,089 บาทต่อเดือน จากเดิมค่าใช้จ่ายเดือนที่สูงสุด 20,523 บาท ลดลง 58.90% ด้านสินค้าสามารถผลิตได้ทันตามที่ลูกค้ากำหนด ด้านของเสียสามารถลดได้ 0.024% และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงลดลง 206,121 บาท จาก 469,127 บาท ลดลง 56.6%

นิวัฒน์ ธาดาสีห์ (2555) ได้เสนองานวิจัย การประยุกต์ การบำรุงรักษาด้วยตนเอง กรณีศึกษาแม่พิมพ์ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ของแม่พิมพ์ทั้งหมด 467 Sets ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ในการผลิตชิ้นส่วนตู้เย็น เพื่อพิสูจน์ว่าการบำรุงรักษาด้วยตนเองสามารถนำมาประยุกต์ได้ทุกเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่มีเจ้าของเครื่องเป็นผู้ใช้ จากการศึกษาสามารถลดความสูญเสียในการผลิตที่เกิดจากปัญหาแม่พิมพ์ขัดข้องและ Breakdown ของแม่พิมพ์รวม 6 เดือน 8,580 นาที เหลือ 1,763 นาที สามารถลดเวลาในการซ่อมบำรุงรักษาแต่ละครั้ง สามารถควบคุมและรักษาแผนการผลิตได้ตามเป้าหมาย จาก 90,845 ตู้ต่อเดือน เพิ่มขึ้นเป็น 96,111 ตู้ต่อเดือน สามารถลดของเสียการผลิตได้ จากของเสียรวม 6 เดือนเท่ากับ 3,151 Sets ลดเหลือ 1,540 Sets

ดุสิต สิงห์พรหมมาศ; และสมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล (2556) ได้เสนองานวิจัย การจัดตั้งระบบการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือกลเชิงป้องกัน กรณีศึกษา โรงงานผลิตน้ำอัดลมในเครื่องจำนวน 6 โรงงาน โดยมีตัวชี้วัดของงานวิจัย ค่าประสิทธิผลโดยรวม ค่าเฉลี่ยซ่อมเครื่อง MTTR และค่าเฉลี่ยซ่อมเครื่อง MTBF และนำสถิติ Paired T-test มาสรุปผลการวิจัยในการปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ และลดการหยุดทำงานกะทันหันของเครื่องมือจากเดิมเฉลี่ย 5,018 ชั่วโมงต่อเดือน ลดเหลือ 1.67 ชั่วโมงต่อเดือน และค่าประสิทธิผลโดยรวมเฉลี่ยเพิ่มจาก 74.18% เป็น 86.11%

กาญจนา จิตรจุน (2550) ศึกษาเกี่ยวกับหลักการขอการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งานและเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร โดยการนำการบำรุงรักษาเครื่องจักรมาวิเคราะห์รูปแบบและผลของความเสียหาย มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายระดับความเสี่ยง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมของแต่ละเครื่องจักร พบว่าสามารถทำให้อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 82.73% ซึ่งมากกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ 80% และมีค่าเฉลี่ยระยะทางความเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 63.80% นอกจากนี้ยังมีจำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ย 46.44% และจำนวนชั่วโมงที่เกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ย 67.47%

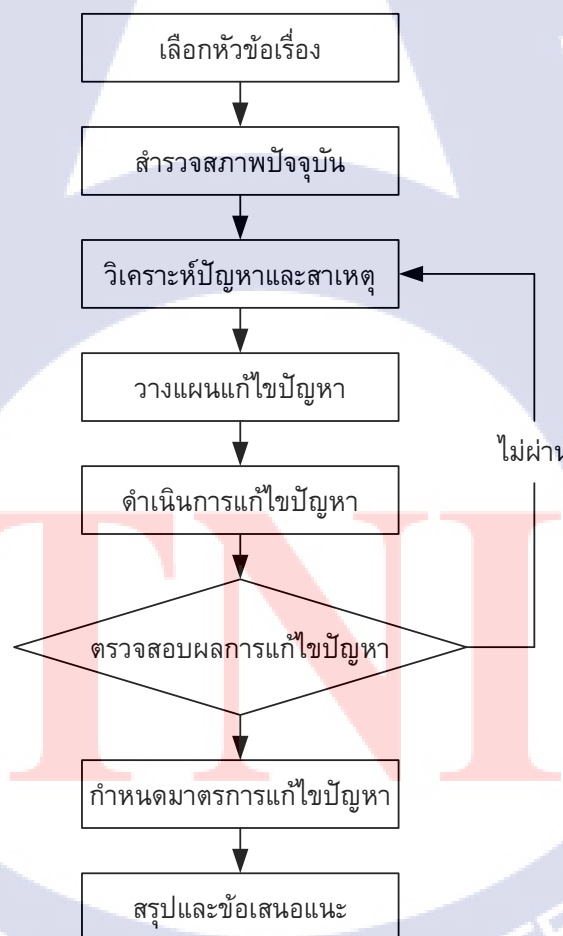
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทที่ 3 นี้เป็นวิธีที่ใช้ดำเนินการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการดำเนินงานเชิงปฏิบัติการในสถานการณ์จริง โดยการใช้ TBM ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือของ TPM เข้ามาใช้ในการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของการบำรุงรักษาให้ดีขึ้น โดยมีหัวข้อหลักดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการศึกษา
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 22 แผนผังการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนของการศึกษา ทุกขั้นตอนจะดำเนินการแบบวงจรบริหารงานคุณภาพ (PDCA) เพื่อให้แต่ละขั้นตอนมีคุณภาพและเกิดการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกหัวข้อเรื่อง โดยเลือกคัดเลือกในสถานที่ทำงาน เพราะสามารถเข้าถึงข้อมูล และนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในบริษัท ผู้จัดทำจึงเลือกสถานการณ์การผลิต Heat Treatment แบบ Vacuum Gas Carburizing เพราะถ้าเกิด Break Down จะต้องใช้เวลาในการแก้ไขมาก และส่งสายการผลิตจะหยุด สายการผลิตประเภทนี้ยังเป็นสายการผลิตแรกในโรงงาน เมื่อเกิดการ Shut Down เป็นเวลานานมากๆ จะทำให้สายการผลิตอื่น Shut Down ตามไปด้วย เนื่องจากต้องรอวัตถุดิบจากสายการผลิตนี้
2. สรุปรวสภาพปัจจุบัน ในกาสรุปรวสภาพของสายการผลิตในพื้นที่การทำงานจริง เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง และมีการดูข้อมูลจาก Check Sheet ของเครื่องจักรในภาคผนวก
3. วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ จะวิเคราะห์โดยใช้ TBM เป็นหลักในการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษา และใช้ QC 7 Tools มาช่วยวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา
4. วางแผนและแก้ไขปัญหา เมื่อวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหา จึงวางแผนการแก้ไขปัญหาให้เหมาะสมกับการใช้งานของสายการผลิต
5. ดำเนินการแก้ไขปัญหา โดยการแก้ไขปัญหาที่พบแล้วทำการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาใหม่
6. ตรวจสอบผลการแก้ไขปัญหา ตรวจสอบการบำรุงรักษาที่ได้รับการแก้ไขแล้วว่าเหมาะสมกับการใช้งานจริงและแผนการบำรุงรักษาใหม่สามารถจัดปัญหาเก่าได้หรือไม่ เมื่อไม่สามารถแก้ปัญหาได้ต้องกลับไปวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุใหม่อีกครั้ง
7. การกำหนดมาตรการแก้ไขปัญหา จากการตรวจสอบผลการแก้ไขปัญหา เมื่อแก้ไขปัญหาได้ผล จึงสามารถนำมาตรการนั้นๆมาวางแผนกำหนดมาตรการแก้ไขปัญหา
8. สรุปและขอเสนอแนะ สรุปผลการแก้ไขและแผนการบำรุงรักษาใหม่

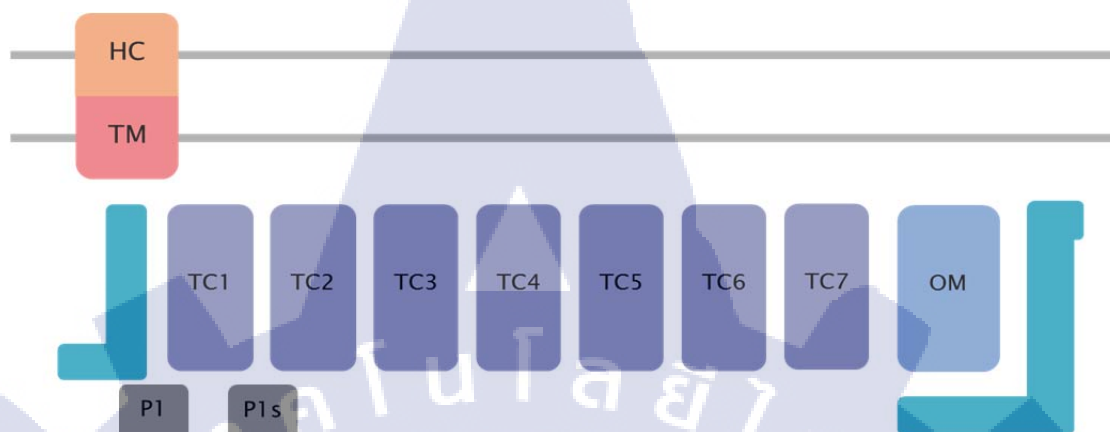
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ได้แก่ สายการผลิต Heat Treatment แบบ Vacuum Gas Carburizing 2 สายการผลิต คือ สายการผลิต Z1 และสายการผลิต Z2 จากโรงงานเดียวกัน เนื่องจากมีการใช้งานที่เหมือนกันและในแต่ละสายการผลิตมีเครื่องจักรที่เหมือนกัน โดยในแต่ละสายการผลิตมีเครื่องจักร ดังภาพที่ 22 และมีเครื่องจักรดังต่อไปนี้

Treatment Chamber (TC) 7 เครื่อง ทำหน้าที่หลักในการชุบแข็งชิ้นงาน
Holding Chamber/Transfer Module (HC/TM) 1 เครื่อง มีหน้าที่เคลื่อนย้ายชิ้นงาน และลดอุณหภูมิของชิ้นงานลง

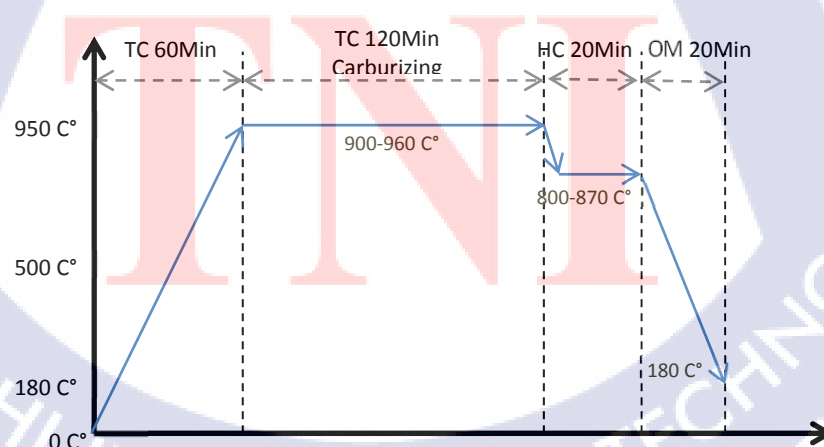
Oil Quenching Module (OM) 1 เครื่อง มีหน้าที่ลดความร้อนของชิ้นงานลงอย่างรวดเร็ว

Vaccum Exhaust Facilities (P1, P1s) 2 เครื่อง มีหน้าที่ดูดอากาศภายในเครื่องจักรทั้งหมด ให้มีค่าประมาณ 90 Pa



รูปที่ 23 จำลองสายการผลิต Heat Treatment

ข้อมูลการทำงานของเครื่องจาก การทำงานของสายการผลิต Heat Treatment เฉพาะโรงงานนี้ เริ่มต้นจากการดูดอากาศภายในเครื่องจักร TC เครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM ออกทั้งหมดด้วย P1 และ P1s เมื่อใส่ชิ้นงานเข้าทาง In Put HCTM จะมารับงานไปใส่ในเครื่องจักร TC ภายใน เครื่องจักร TC ชิ้นงานจะถูกอบด้วยความร้อนสูงในเป็นเวลา 120 นาที หลังจากนั้นเครื่องจักร HCTM จะนำงานที่อบแล้วจากเครื่องจักร TC มาพักไว้ในเครื่องจักร HCTM ผึ่ง HC 20 นาที ก่อนจะนำไป Quenching ที่เครื่องจักร OM ให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วตามกราฟแสดงค่าความร้อยของชิ้นงานในรูปที่ 24



รูปที่ 24 กราฟแสดงความร้อนในชิ้นงาน ณ เวลานั้นๆ

ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้เก็บข้อมูลของเครื่องจักรทุกเครื่องในสายการผลิต ตัวอย่างในเครื่องจักร HCTM เครื่องจักร TC และเครื่องจักร OM มีการเก็บข้อมูลที่ Heater มีคราบคาร์บอนติดหรือไม่, Thermocouple แตกหักและมีคราบคาร์บอนติดหรือไม่, Support-Telescope แตกหักและมีคราบคาร์บอนติดหรือไม่, Nozzle อุดตันหรือไม่, Insulator มีคราบคาร์บอนติดหรือไม่, Lip Seal เสื่อมสภาพและฉีกขาดหรือไม่, Maintenance Door มีคราบน้ำมันและคาร์บอนติดหรือไม่, Slide Door มีคราบน้ำมันและคาร์บอนติดหรือไม่ และ Slide Door's Rollers สามารถใช้งานได้หรือไม่ ดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 และตัวอย่าง Check Sheet ในรูปที่ 25 และ 26

Date _____

TC Chamber

Gap Heater

Detail A,B,C Top View

Side View

Position	A				B				C			
Gap	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4

Fan

Front View

Side View

Position	F1	F2
Gap		

Telescope

Position	1	2	3	4	5	6	7	8
Gap								

Support Bar

Position	HC	TC
Gap		

OK = ☐ NG = ☒

Crack = ☐ No Crack = ☒

KANJU TEC (THAILAND) CO., LTD.

รูปที่ 25 ตัวอย่าง Check Sheet เครื่องจักร TC

TC Chamber

Date _____

TC _____ Line _____

Before

Heater IN Side Chamber TC

Overall	MT Port	TC Below	TC Above

TC Left	TC Right	Thermocouple	Panel TC

Maintenance Port

Left Side	Right Side	Mortor Panal	Motor

KANJU TEC (THAILAND) CO., LTD.

รูปที่ 26 ตัวอย่าง Check Sheet เครื่องจักร TC แบบ Picture Report

ในการทำ Check Sheet จะมีการทำ Picture Report ในก่อนทำการบำรุงรักษา และหลังการทำการบำรุงรักษา เนื่องจากการรายงานแบบภาพถ่าย จะเข้าใจสภาพของเครื่องจักรได้ดี และเมื่อต้องการตรวจสอบย้อนกลับไปในอดีต จะมีภาพสภาพของเครื่องจักร ณ ระยะเวลา นั้นได้ ซึ่งสามารถนำมาตรวจสอบและเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน

บทที่ 4

ผลสรุปการศึกษา และข้อเสนอแนะ

ในบทที่ 4 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ โดยจะคิดวิเคราะห์ตามแผนผังการวิจัย โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลจากการสำรวจสภาพปัจจุบัน
2. การแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตัน และ Inflate Seal ชำรุด
 - Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด
 - วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด
 - ดำเนินการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด
 - ตรวจสอบผลการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด
 - กำหนดมาตรการการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด
 - Inflate Seal ชำรุด
 - วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ Inflate Seal ชำรุด
 - ดำเนินการแก้ไขปัญหา Inflate Seal ชำรุด
 - ตรวจสอบผลการแก้ไขปัญหา Inflate Seal ชำรุด
 - กำหนดมาตรการการแก้ไขปัญหา Inflate Seal ชำรุด
3. สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากการสำรวจสภาพปัจจุบัน

จากการสำรวจสภาพปัจจุบัน พบว่าสายการผลิตไม่ได้ซ่อมบำรุงรักษาตรงตามที่ Equipment Inspection List กำหนดไว้ เนื่องจากสายการผลิตนี้ต้องผลิตชิ้นงานเป็นจำนวนมาก จึงมีระยะเวลาหยุดเครื่องจักรที่น้อย และยังต้องรอให้ความร้อนของเครื่องจักรเย็นลงหลังหยุดเครื่องจักร ทำให้ไม่มีระยะเวลาเพียงพอสำหรับการเข้าไปบำรุงรักษา ที่ผ่านมพบว่าการบำรุงรักษาจะมีการทำในเวลาที่สายการผลิตผลิตน้อย ซึ่งจะมีรอบการบำรุงรักษาอยู่ในช่วง 4-6 เดือน ดังนั้นจึงนำผลการบำรุงรักษาในแต่ละช่วงเวลามาศึกษาสภาพของเครื่องจักร เพื่อค้นหาปัญหาในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ข้อมูลผลการบำรุงรักษาของเครื่องจักร OM

OIL QUENCHING MODULE (OM)				
ระยะเวลา	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
Thermocouple	ดี	ดี	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้
Shaft Seal	ดี	ดี	ดี	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้
Support-Telescope	ดี	ดี	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้
Hoisting door	ดี	ดี	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้	เริ่มมีคราบเกิดขึ้น สามารถทำความสะอาดได้
Slide Door	ดี	ดี	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้
SD Roller	ดี	ดี	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้

ตารางที่ 3 ข้อมูลผลการบำรุงรักษาของเครื่องจักร HCTM

Holding Chamber / Transfer Module (HC/TM)				
ระยะเวลา	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
Heater	ดี	ดี	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้
Thermocouple	ดี	ดี	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้
Support-Telescope	ดี	ดี	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้
Nozzle	ดี	ดี	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้
Insulator	ดี	ดี	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้
Lip Seal	ดี	ดี	ดี	ดี
MT Door	ดี	ดี	ดี	ดี
Slide Door	ดี	ดี	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้
SD Roller	ดี	ดี	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้

ตารางที่ 4 ข้อมูลผลการบำรุงรักษาของเครื่องจักร TC

Treatment Chamber (TC)				
ระยะเวลา	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
Heater	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง เริ่มมีจุดที่เอ้าท์ไม่ได้	Carbon ฟุ้งแน่น ยากต่อการบำรุงรักษา ไม่สามารถเอ้าท์ได้หลายจุด	Carbon ฟุ้งแน่นมาก สามารถทำความสะอาดได้บางส่วน
Thermocouple	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้	มี Carbon แข็ง แต่ยังทำความสะอาดได้	Carbon ฟุ้งแน่น ยากต่อการบำรุงรักษา ไม่สามารถเอ้าท์ได้บางจุด
Support-Telescope	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง เริ่มมีจุดที่เอ้าท์ไม่ได้	เริ่มมี Carbon แข็ง เริ่มมีจุดที่เอ้าท์ไม่ได้	Carbon ฟุ้งแน่น ยากต่อการบำรุงรักษา ไม่สามารถเอ้าท์ได้หลายจุด
Nozzle	ดี	ภายในท่อแข็ง แต่สามารถทำความสะอาดได้	เริ่มตันประมาณ 0.5-4%	ตัน 4-14%
Insulator	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้	Carbon ฟุ้งแน่น ยากต่อการบำรุงรักษา ไม่สามารถเอ้าท์ได้หลายจุด
Fan	ดี	เริ่มมี Carbon แข็ง สามารถทำความสะอาดได้	เริ่มมี Carbon แข็ง เริ่มมีจุดที่เอ้าท์ไม่ได้	Carbon ฟุ้งแน่น ยากต่อการบำรุงรักษา ไม่สามารถเอ้าท์ได้หลายจุด
Mortar	ดี	ดี	ดี	ดี
MT Door	ดี	ดี	ดี	ดี
Slide Door	ดี	ดี	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้
SD Roller	ดี	ดี	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้	มีคราบเกิดขึ้นมาก สามารถทำความสะอาดได้

ผลจากตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 ที่มีการบำรุงรักษาตั้งแต่ 4 เดือน ถึง 6 เดือน มีสภาพดังต่อไปนี้

รอบการบำรุงรักษาที่ 3 เดือน เครื่องจักร TC เดินเครื่องไปประมาณ 1,100 ครั้ง เครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM เดินเครื่องไปประมาณ 9,200 ครั้ง พบว่าเครื่องจักรทุกเครื่องมีสภาพที่ค่อนข้างสะอาด ฉนวนกันความร้อน Heater อยู่ในสภาพที่ดีและง่ายต่อการทำความสะอาดคราบคาร์บอน

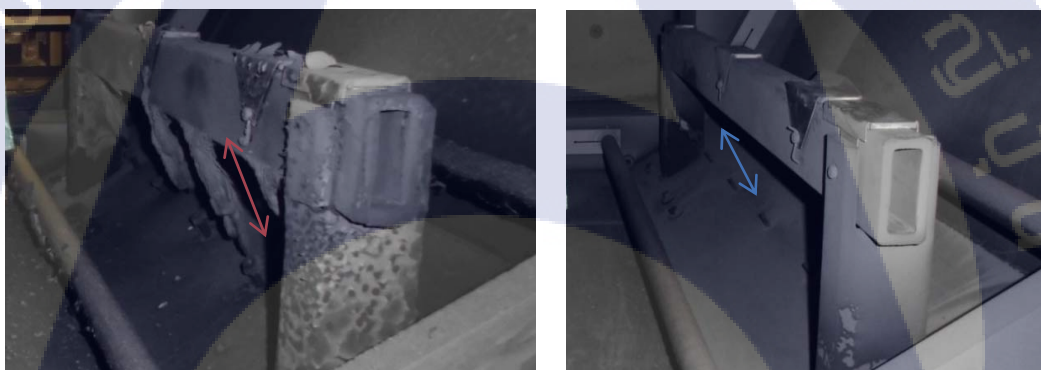
รอบการบำรุงรักษาที่ 4 เดือน เครื่องจักร TC เดินเครื่องไปประมาณ 1,200 ครั้ง เครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM เดินเครื่องไปประมาณ 8,000 ครั้ง ในรอบที่ 4 เดือนนี้มีการเดินเครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM น้อยกว่ารอบการบำรุงรักษาที่ 3 เดือนเพราะว่าในเครื่องจักร TC4 TC5 TC6 และ TC7 มีการใช้งานเครื่องจักรน้อย จากการตรวจสอบพบว่าภายในเครื่องจักรทุกเครื่องสกปรก มีคราบคาร์บอนที่ทำความสะอาดยากอยู่บ้างทำให้ไม่สามารถนำคราบคาร์บอนออกมาได้หมด และ Nozzle ปลอ่ยก๊าซเริ่มอุดตันแต่ยังสามารถทำความสะอาดได้

รอบการบำรุงรักษาที่ 5 เดือน เครื่องจักร TC เดินเครื่องไปประมาณ 1,800 ครั้ง เครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM เดินเครื่องไปประมาณ 12,000 ครั้ง พบว่าภายในเครื่องจักรทุกเตาสกปรกมาก ฉนวนกันความร้อน Heater Thermocouple Support-Telescope มีคราบคาร์บอนที่แข็งและยากต่อการทำความสะอาด และยังไม่สามารถใช้แรงในการทำความสะอาดได้มากเพราะชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรง่ายต่อการแตกหัก ทำให้หลังทำความสะอาดแล้ว

พบว่า มีหลายจุดที่สามารถทำความสะอาดได้และท่อ Nozzle ในเครื่องจักร TC เริ่มมีการอุดตันที่ยากต่อการทำความสะอาด

รอบการบำรุงรักษาที่ 6 เดือน เครื่องจักร TC เดินเครื่องไปประมาณ 2,100 ครั้ง เครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM เดินเครื่องไปประมาณ 14,900 ครั้ง พบ Heater Thermocouple Support-Telescope มีคราบคาร์บอนยัดเกาะฝังแน่น ดังรูปที่ 27 ยากต่อการทำความสะอาด เสียต่อการเสียหายระหว่างการทำความสะอาด และคราบคาร์บอนยังยัดเกาะย้อยลงมาจนใกล้จะถึงท่อ Nozzle ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถปล่อยก๊าซได้ ส่วน Insulator และ Fan ทำความสะอาดได้ยากมาก ท่อ Nozzle ปล่อยก๊าซ N_2 และ C_2H_2 เริ่มอุดตันจนไม่สามารถทำความสะอาดให้กลับมาใช้งานได้ แต่ยังไม่พบผลกระทบต่อค่าความแข็งของชิ้นงาน

ปัญหา Nozzle อุดตันพบว่าเกิดจากมีคาร์บอนเกาะสะสมอยู่ภายในท่อในปริมาณมาก ทำให้ไม่สามารถทำความสะอาดได้ ข้อมูลจากเอกสารการตรวจสอบบ่งชี้ว่า การอุดตันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในทุกๆ เครื่องจักร โดยเครื่องจักรที่พบปัญหานี้มากที่สุดคือเครื่องจักร TC1 ถึงเครื่องจักร TC3



รูปที่ 27 การก่อตัวของคาร์บอนในเครื่องจักร TC ด้านบน ของ Nozzle

ตารางที่ 5 ข้อมูลการอุดตันของ Nozzle สะสม

TC	2015												2016											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Z1			0				0			0			0						11					
Z2		0				1					1					10						14		

		2015												2016											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Z1	TC 1			0			0			0			0						3						
	TC 2			0			0			0			0						2						
	TC 3			0			0			0			0						2						
	TC 4			0			0			0			0						1						
	TC 5			0			0			0			0						1						
	TC 6			0			0			0			0						1						
	TC 7			0			0			0			0						1						
Z2	TC 1		0			1					1					4							5		
	TC 2		0			0					0					2							3		
	TC 3		0			0					0					3							3		
	TC 4		0			0					0					0							2		
	TC 5		0			0					0					1							1		
	TC 6		0			0					0					0							0		
	TC 7		0			0					0					0							0		

นอกจาก Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด ยังพบว่า Inflate Seal ก็มีความผิดปกติเช่นกัน โดย Inflate Seal จะเป็นส่วนประกอบของประตู Slide Door ซึ่งจะทำงานเมื่อประตู Slide Door ทำการเปิดหรือปิด Inflate Seal จะถูกอัดด้วยก๊าซไนโตรเจนให้พองขึ้น ทำให้ความดันในเครื่องจักรคงที่ไม่รั่วไหล จากสถิติที่เก็บรวบรวมมาจากรายปี 2015 และ 2016 ในตารางที่ 6 พบว่า Inflate Seal มีการเสียหาย 7 ครั้ง ถึงแม้จะมีการเปลี่ยน Inflate Seal ตามระยะเวลาจาก Equipment Inspection List ได้ระบุไว้ว่าเครื่องจักร TC ควรเปลี่ยน 2 ครั้งต่อ 1 ปี เครื่องจักร HCTM ควรเปลี่ยน 1 ครั้ง ต่อ 2 ปี และเครื่องจักร OM ควรเปลี่ยนทุก 1 ปี และในเครื่องจักรทุกเครื่องต้องมีการตรวจสอบสภาพของ Inflate Seal ทุกๆ 4 เดือน แต่จากการใช้งานเครื่องจักรไม่ได้เปลี่ยนตามที่ Equipment Inspection List กำหนดไว้ โดยทำการเปลี่ยนเครื่องจักร HCTM OM และ TC ปีละ 1 ครั้ง เครื่องจักร HCTM ได้มีการเปลี่ยนที่ดีกว่ากำหนดเนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากในสายการผลิต เมื่อเครื่องจักร HCTM เกิด Break Down เครื่องจักร HCTM จะไม่สามารถเคลื่อนที่รับส่งชิ้นงานได้ ทำให้ชิ้นงานในเครื่องจักร TC ทั้งหมดเสียหาย เครื่องจักร TC ทำการเปลี่ยน ทุกๆ 1 ปี แทนที่จะเปลี่ยน 2 ครั้งต่อปี เพราะ Inflate Seal มีราคาสูง บริษัทต้องการประหยัดต้นทุน แต่ก็มีความเสี่ยงที่จะทำให้เครื่องจักรเกิด Break Down และเครื่องจักร OM มีการเปลี่ยนปีละ 1 ครั้ง ตามที่ Equipment Inspection List กำหนด

นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนบริษัทที่สั่งซื้อ Inflate Seal อีกด้วย โดยเปลี่ยนจากบริษัทที่ญี่ปุ่นมาเป็นบริษัทที่เยอรมันในปี 2016 เนื่องจากมีราคาที่ต่ำกว่า แต่ Inflate Seal มี Dimension Spec ที่เหมือนกัน

ตารางที่ 6 ข้อมูลการเปลี่ยน Inflate Seal ในปี 2015-2016

Z1	2015												2016											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
HCTM												1												
TC 1			1												1						1			
TC 2			1												1									
TC 3			1										1		1									
TC 4							1												1					
TC 5							1												1					
TC 6							1												1					
TC 7							1												1					
OM												1						1						

Z2	2015												2016											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
HCTM											1											1		
TC 1		1										1		1									1	
TC 2		1												1									1	
TC 3		1												1										
TC 4					1											1								
TC 5					1											1								
TC 6					1											1								
TC 7					1											1								
OM											1									1		1		

Plan Inflate seal change												Regular Maintenance											
Inflate seal broken												1 = Inflate seal 1 Pcs.											

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ปี 2015 เครื่องที่เสียหายบ่อยที่สุดเครื่องจักร OM และเครื่องจักร TC1 ถึงเครื่องจักร TC3 ซึ่งมีการใช้งานเครื่องจักรนี้มาก เมื่อตรวจสอบไปที่ Inflate Seal ที่เสียหาย พบว่ายังมีการเสื่อมสภาพ ทำให้ก๊าซไนโตรเจนที่อัดเข้าไปมีการรั่วไหล ถึงแม้ว่า Inflate Seal จากทางบริษัทเยอรมันและบริษัทญี่ปุ่นมี Dimension Spec ที่เหมือนกันทุกอย่าง แต่คุณภาพของ Inflate Seal แตกต่างกันเมื่อเริ่มใช้งาน และพบการบิดตัวของ Inflate Seal เมื่อใช้งานไป 5 เดือน ในรูปที่ 28

1.1 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด

ในการบำรุงรักษาที่มีรอบการบำรุงรักษาไม่เหมาะสมทำให้ในท่อ Nozzle เกิดปัญหาอุดตันเพิ่มขึ้นและภายในเครื่องจักรมีคราบคาร์บอนเกาะติดมากขึ้น และยังมีรอบการบำรุงรักษาที่นานยิ่งมีโอกาสเกิดการอุดตันมากขึ้น ซึ่งในรอบการบำรุงรักษาที่ 6 เดือน ท่อ Nozzle มีการอุดตันเป็นจำนวนมาก และในเครื่องจักร TC1 ถึง เครื่องจักร TC3 มีการอุดตันมากที่สุด จึงได้รวบรวมข้อมูลอัตราการเดินเครื่องจักรในตารางที่ 9 เพื่อพิสูจน์ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการอุดตันของ Nozzle จากนั้นนำมาแสดงเป็นกราฟข้อมูลการเดินเครื่องและจำนวน Nozzle ที่อุดตัน ดังที่แสดงในรูปที่ 29 จะเห็นได้ว่ายังมีอัตราการเดินเครื่องจักรที่มากขึ้น โอกาสที่ Nozzle อุดตันก็มีมากขึ้นจนถึงรอบที่ 2,000 ครั้ง แต่ในรอบการใช้งานที่ 2,400 ครั้ง มีจำนวน Nozzle ที่อุดตันเพิ่มขึ้นเพียง 1 ครั้ง เนื่องจากมีการใช้งานเครื่องจักรถึง 2,400 ครั้ง เพียงเครื่องเดียว

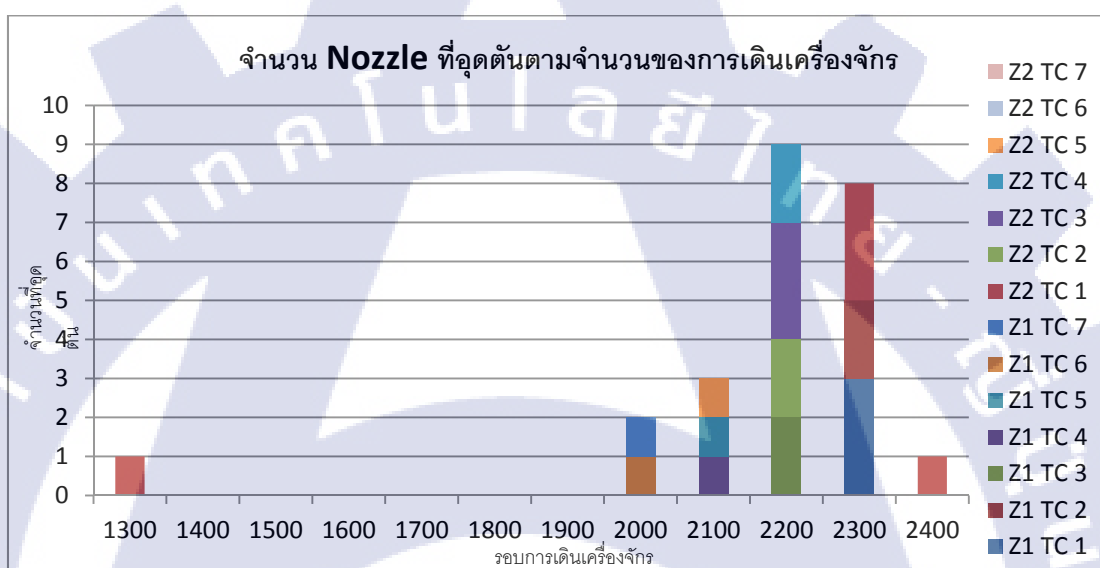
ตารางที่ 8 ข้อมูลการใช้งานของเครื่องจักรต่อรอบการบำรุงรักษาของ Nozzle

		2015												2016											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Z1	HCTM			0			7185			9539			8943						14909						
	TC 1			0			1121			992			1342						2295						
	TC 2			0			1098			983			1331						2251						
	TC 3			0			1075			971			1302						2197						
	TC 4			0			1027			942			1284						2111						
	TC 5			0			998			915			1262						2075						
	TC 6			0			954			885			1230						2012						
	TC 7			0			912			851			1192						1968						
	OM			0			7185			9539			8943						14909						
Z2	HCTM		0				8761					10384					14892						14892		
	TC 1		0				1350					1651					2275						2372		
	TC 2		0				1331					1599					2242						2307		
	TC 3		0				1295					1542					2201						2230		
	TC 4		0				1266					1484					2177						2154		
	TC 5		0				1212					1431					2132						2030		
	TC 6		0				1176					1375					2087						1921		
	TC 7		0				1131					1302					2013						1878		
	OM		0				8761					10384					14892						14892		

จากตารางที่ 8 พบว่า

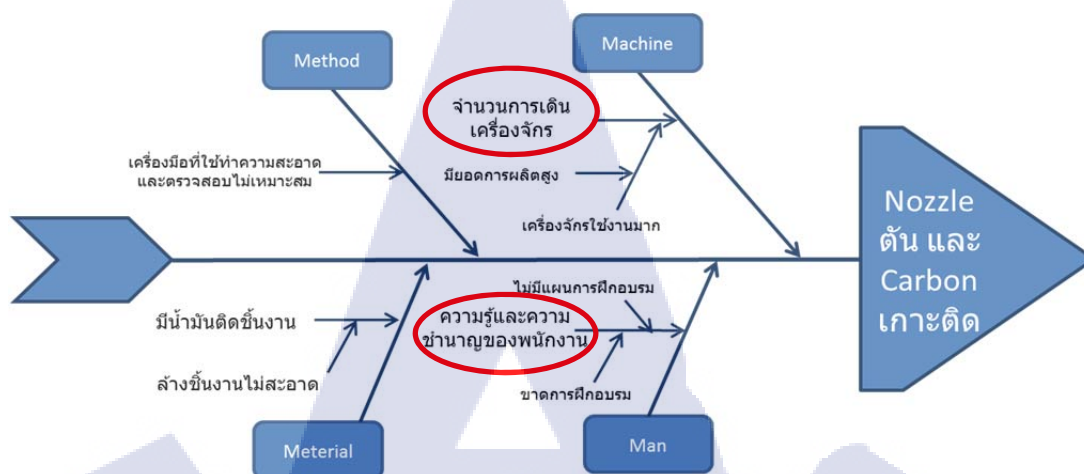
- รอบการใช้งานเครื่องจักรที่ 2,000-2,099 ครั้ง มี Z1 TC7 1 รู และ Z1 TC6 1 รู รวม 2 รู
- รอบการใช้งานเครื่องจักรที่ 2,100-2,199 ครั้ง มี Z1 TC4 TC5 และ Z2 TC5 อย่างละ 1 รู รวม 3 รู
- รอบการใช้งานเครื่องจักรที่ 2,200-2,299 ครั้ง มี Z1 TC3 2 รู Z2 TC2 TC4 เครื่องละ 2 รู และ Z2 TC3 3 รู รวม 9 รู

- รอบการใช้งานเครื่องจักรที่ 2,300-2,399 ครั้ง มี Z1 TC1 3 รู Z1 TC2 2 รู และ Z2 TC1 3 รู รวม 8 รู
- รอบการใช้งานเครื่องจักรที่ 2,400-2,499 ครั้ง มี Z2 TC1 1 รู (มีเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวใช้งานเกิน 2400 ครั้ง)
- รอบการใช้งานเครื่องจักรที่ 1,300-1,399 ครั้ง มี Z2 TC1 1 รู (พนักงานขาดความชำนาญในการทำงาน ในขณะที่ทำงาน พนักงานทำความสะอาดเครื่องหักและไม่สามารถเอาออกได้)



รูปที่ 29 กราฟแท่งแสดง ข้อมูลการอุดตันของ Nozzle ต่อการเดินเครื่องจักร

จากรูปที่ 29 ในเครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM ไม่มีปัญหา Nozzle และคราบคาร์บอนเกาะติด เพราะเครื่องจักร HCTM ถึงจะมีการใช้ความร้อน และปล่อยก๊าซเหมือนเครื่องจักร TC แต่มีการใช้ความร้อนที่น้อยกว่า และระยะเวลาในการชุบแข็งน้อยกว่ามาก ดังรูปที่ 30 ทำให้ไม่พบปัญหา ส่วนเครื่องจักร OM ไม่มีการใช้ก๊าซ C_2H_2 ทำให้มีคาร์บอนภายในเครื่องจักรน้อยประกอบกับภายในเครื่องจักรเป็นบ่อน้ำมัน จึงไม่มีปัญหาคราบคาร์บอนเกาะติด



รูปที่ 30 แผนภาพกังปลาแสดง สาเหตุที่ทำให้ Nozzle อุดตัน

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพกังปลา พบว่าสาเหตุเกิดจาก 4 ส่วนคือ เครื่องจักรมีการเดินเครื่องจักรที่มากเกินไป เครื่องจักรไม่มีระยะการบำรุงรักษาตรงตาม Equipment Inspection List พนักงานขาดความชำนาญในการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ทำความสะอาดและตรวจสอบไม่เหมาะสม และมีคราบน้ำมันติดชิ้นงาน แต่ในปัจจุบันการมีคราบน้ำมันติดชิ้นงานอยู่นอกเหนือสายการผลิต Heat Treatment จึงไม่นำมาวิเคราะห์ และปัญหาการใช้เครื่องมือทำความสะอาดและตรวจสอบไม่เหมาะสมได้รับการแก้ไขแล้ว จึงไม่นำมาวิเคราะห์ ดังนั้นจึงนำปัจจัยการเดินเครื่องจักรและความรู้ความชำนาญของพนักงานมาวิจัย

1.2 ดำเนินการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด

ในการแก้ไขปัญหาจะทำการทดสอบการบำรุงรักษา โดยกำหนดให้ทดสอบการบำรุงรักษาในระยะเวลา 4 เดือน ดังตารางที่ 9 หรือเครื่องจักร TC มีการใช้งานเครื่องจักรไม่เกิน 2,000 ครั้ง ในสายการผลิต Z2 ตามข้อมูลใน Equipment Inspection List เพื่อทดสอบว่าระยะเวลาเหมาะสมหรือไม่

ในส่วนความชำนาญของพนักงาน ได้มีการอบรมสอบการบำรุงรักษา ตรวจสอบ และจุดที่ควรระวังเป็นพิเศษให้กับผู้ปฏิบัติงาน พร้อมให้ความรู้เกี่ยวกับหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรเพื่อให้เห็นถึงความสำคัญในแต่ละชิ้นส่วน ให้ผู้ปฏิบัติงานพัฒนาเป็นผู้ที่มีความชำนาญในการทำงาน

ตารางที่ 9 แผนการบำรุงรักษาที่ใช้ทดสอบ

TC	2016												2017											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Z1																								
Z2																								

Test Maintenance

1.3 ตรวจสอบการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตันและคราบคาร์บอนเกาะติด

ผลจากการแก้ไขปัญหาคือ เมื่อมีการบำรุงรักษาในระยะเวลา 4 เดือนการทำความสะอาดภายในง่ายขึ้น Nozzle มีความสะอาดมากขึ้น และคราบคาร์บอนภายในเครื่องน้อยลง ดังรูปที่ 31



รูปที่ 31 ภายในเครื่อง TC หลังบำรุงรักษาในระยะเวลา 4 เดือน

ตารางที่ 10 ผลจากการบำรุงรักษาตามแผนทดสอบ

Z 2	Feb-17	Remark	
Heater	ครบเริ่มแข็ง สามารถเอาออกได้	ครบเก่าไม่สามารถทำความสะอาดได้	
Thermocouple	ครบเริ่มแข็ง สามารถเอาออกได้	ครบเก่าไม่สามารถทำความสะอาดได้	
Support-Telescope	ครบเริ่มแข็ง สามารถเอาออกได้	ครบเก่าไม่สามารถทำความสะอาดได้	
Nozzle	ภายในเริ่มแข็ง สามารถเอาออกได้	ท่อที่อุดตันจากครั้งก่อนไม่สามารถทำความสะอาดได้ ไม่มีการอุดตันเพิ่ม	
Insulator	สะอาด	สะอาด	
Fan	สะอาด	สะอาด	
Morter	สะอาด	สะอาด	
MT Door	สะอาด	สะอาด	
Slide Door	สะอาด	สะอาด	แย่
SD Roller	สะอาด	สะอาด	ปานกลาง
SD Inflateseal	สะอาด	สะอาด	ดี

ผลจากการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตัน พบว่าในรอบการบำรุงรักษาที่ 4 เดือนไม่มีจุดที่ Nozzle อุดตันเพิ่มเติม แต่ในจุดที่อุดตันไปแล้ว ยังไม่สามารถแก้ไขให้กลับมาใช้งานได้ ดังตารางที่ 11 จึงสรุปได้ว่าการอุดตันของท่อ Nozzle แปรผันตามอัตราการเดินเครื่องจักร ถ้ามีการใช้งานเครื่องจักรมากจะทำให้มีโอกาสเกิดการอุดตันสูง

ตารางที่ 11 จำนวน Nozzle ที่อุดตันในปี 2017

		2016												2017											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Z1	TC 1	0						3						4											
	TC 2	0						2						4											
	TC 3	0						2						3											
	TC 4	0						1						2											
	TC 5	0						1						1											
	TC 6	0						1						1											
	TC 7	0						1						1											
Z2	TC 1			4						5				5											
	TC 2			2						3				3											
	TC 3			3						3				3											
	TC 4			0						2				2											
	TC 5			1						1				1											
	TC 6			0						0				0											
	TC 7			0						0				0											

1.4 กำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหา Nozzle อุดตันและคาร์บอนเกาะติด

ในการบำรุงรักษาจะมีการบำรุงรักษาภายในระยะเวลา 4 เดือน ให้ตรงตามเอกสาร Equipment Inspection List และไม่ให้เครื่องจักร TC เดินเครื่องจักรเกิน 2,000 ครั้ง เนื่องจากมีโอกาสที่จะเกิดคาร์บอนที่แข็งจนไม่สามารถทำความสะอาดได้และส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรในอนาคต โดยจัดทำแผนการซ่อมบำรุง

ปัญหาของ Nozzle จะหายไปเนื่องจากการทำการบำรุงรักษาทุก 4 เดือน ดังตารางที่ 12 ทำให้เครื่องจักรไม่ได้เดินเครื่องจนมากเกินไป คาร์บอนสะสมภายในท่อจึงลดน้อยลงและไม่แข็งมาก สามารถทำความสะอาดได้ง่าย

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ตารางที่ 12 แผนการบำรุงรักษาปี 2017

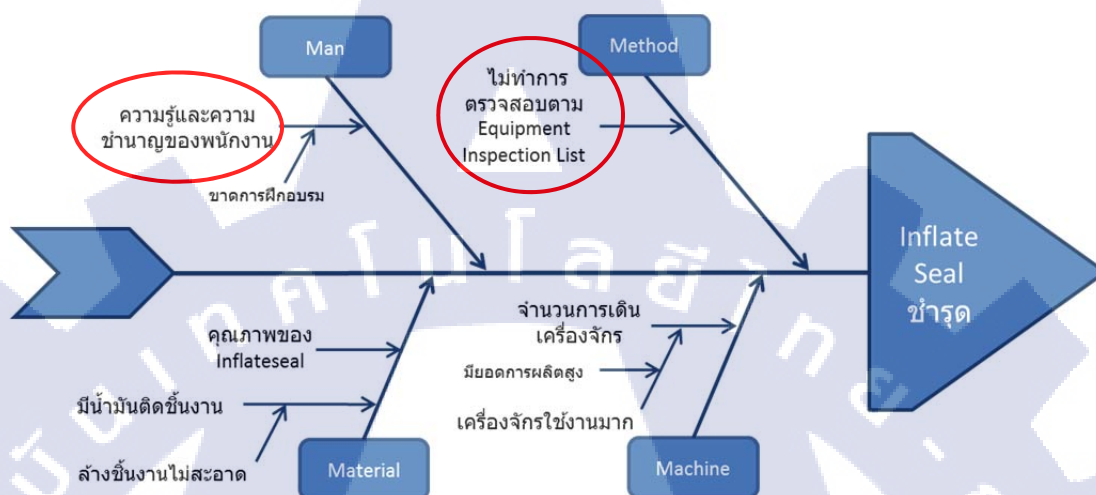
		2017											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Z1	HCTM												
	TC 1												
	TC 2												
	TC 3												
	TC 4												
	TC 5												
	TC 6												
	TC 7												
	OM												
Z2	HCTM												
	TC 1												
	TC 2												
	TC 3												
	TC 4												
	TC 5												
	TC 6												
	TC 7												
	OM												
Regular Maintenance													

2. Inflate Seal ชำรุด

Inflate Seal เป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญ ถ้าหากมีการชำรุดทำให้เครื่องจักรเกิดการ Break Down ในทันที ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานภายในเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่ ถ้า Inflate Seal ในเครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM ชำรุด สายการผลิตจะหยุดนิ่ง และชิ้นงานภายในเครื่องจักร TC จะเสียหายด้วยเช่นกัน เนื่องจากไม่มีเครื่องจักรในการขนส่งชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานได้รับความร้อนมากเกินไปจนมีคุณสมบัติไม่ตรงตามที่ต้องการ จึงมีการเปลี่ยน Inflate Seal ของเครื่องจักรทุกๆ เครื่อง ปีละ 1 ครั้ง แต่ยังคงพบว่า Inflate Seal ยังมีการชำรุดก่อนถึงกำหนดการเปลี่ยน ดังตารางที่ 12

2.1 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ Inflate Seal ชำรุด

ปัญหา Inflate Seal ชำรุดก่อนรอบการบำรุงรักษา ในตารางที่ 6 พบว่าในช่วงระยะเวลา 2 ปี มีการชำรุด 7 ครั้ง จึงใช้แผนภาพกังปลาในการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 แผนภาพกังปลาแสดง สาเหตุที่ทำให้ Inflate Seal เสียหาย

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพกังปลา พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้ Inflate Seal ชำรุด มี 4 สาเหตุ คือไม่มีการบำรุงรักษาและตรวจสอบตาม Equipment Inspection List มีการใช้งานเครื่องจักรมาก คุณภาพของ Inflate Seal และความรู้ความชำนาญของพนักงาน ด้านคุณภาพของ Inflate Seal ขึ้นอยู่กับบริษัทผลิต การซื้อชิ้นส่วนและอะไหล่ทางผู้จัดทำไม่สามารถเข้าไปเกี่ยวข้องได้ เป็นส่วนของบริษัทที่ใช้งานสายการผลิตเท่านั้น และการใช้งานเครื่องจักรที่มากเกินไปจะได้รับการแก้ไขเมื่อสามารถสร้างแผนการบำรุงรักษาและตรวจสอบได้ ทั้ง 2 ปัจจัยนี้จึงไม่นำมาวิเคราะห์ ในการวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้ Inflate Seal ชำรุดจึงเน้นไปที่การเพิ่มความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน และแผนการบำรุงรักษาและตรวจสอบให้ตรงตาม Equipment Inspection List

2.2 ดำเนินการแก้ไขปัญหา Inflate Seal ชำรุด

การแก้ไขปัญหของ Inflate Seal ชำรุดก่อนระยะเวลาที่กำหนด ให้ทำการบำรุงรักษาและตรวจสอบให้ตรงตามที่ Equipment Inspection List กำหนดไว้ และใช้ผู้ที่มีความชำนาญในการปฏิบัติงานทำการควบคุมงานในการตรวจสอบ การบำรุงรักษา และการเปลี่ยน ซึ่งทดสอบการเปลี่ยนครั้งต่อไปคือ สายการผลิต Z1 เครื่องจักร HCTM และเครื่องจักร OM มี

2.4 กำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหา Inflate Seal ชำรุด

การแก้ไขปัญหา Inflate Seal ชำรุดก่อนระยะเวลาที่กำหนด ในการบำรุงรักษาในช่องสี่เหลี่ยมและตรวจสอบ จะมีการทำทุกๆ 4 เดือน ในช่องสี่เหลี่ยมตาม Equipment Inspection List ดังตารางที่14 และใช้ผู้ชำนาญปฏิบัติงาน แต่ในตารางนั้น สายการผลิต Z1 เครื่องจักร TC4-TC5 ต้องได้รับการเปลี่ยน Inflate Seal เนื่องจากไม่มีอะไหล่ในการเปลี่ยนในเดือนมกราคม จึงทำการตรวจสอบสภาพ TC5 ทุกๆ 2 เดือน เนื่องจากเครื่องจักร TC4-7 มีรอบการใช้งานเครื่องจักรปริมาณเท่าๆ กัน Inflate Seal จะมีสภาพที่เหมือนกัน และสายการผลิต Z2 เครื่องจักร TC4-7 ควรได้รับการเปลี่ยนในเดือนตุลาคม เนื่องจากยังไม่มีแผนการเปลี่ยนใหม่ และขาดอะไหล่ในการเปลี่ยน จึงได้ตรวจสอบที่ TC5 เหมือนกับสายการผลิต Z1

ตารางที่ 14 แผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาของ Inflate Seal

Z1	2017											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
HCTM												
TC 1												
TC 2												
TC 3												
TC 4												
TC 5												
TC 6												
TC 7												
OM												

Z2	2017											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
HCTM												
TC 1												
TC 2												
TC 3												
TC 4												
TC 5												
TC 6												
TC 7												
OM												

Plan Inflate seal change						Regular Maintenance					
						Inspection					

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากปัญหาการบำรุงรักษาแบบไม่มีแบบแผนที่ชัดเจน เป็นการบำรุงรักษาตามช่วงที่มีการผลิตน้อย ส่งผลให้เครื่องจักรเดินเครื่องมากเกินไป ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรเกิดผลกระทบ มีคราบคาร์บอนติดแข็งที่ภายในของเครื่องจักรทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถทำความสะอาดได้ ในรอบการบำรุงรักษาที่ 6 เดือน Nozzle มีสถิติการอุดตันเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 9 รู จากทั้งหมด 210 รู จึงใช้การวางแผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลามาทำการทดลองการบำรุงรักษาที่ 4 เดือน ซึ่งอ้างอิงจากเอกสาร Equipment Inspection List พบว่าไม่มี Nozzle อุดตันเพิ่มขึ้น

ปัญหา Inflate Seal ชำรุดก่อนระยะเวลาที่กำหนดไว้ แก้ไขโดยการจัดทำแผนตรวจสอบและบำรุงรักษาตามระยะเวลาให้ตรงตาม Equipment Inspection List และใช้พนักงานที่มีความชำนาญมาทำการเปลี่ยน และตรวจสอบ พบว่าหลังจากทำการแก้ไขยังไม่มี Inflate Seal ชำรุดจากการเปลี่ยน และ Inflate Seal ทุกชิ้นยังอยู่ในสภาพที่ดีเนื่องจากมีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เนื่องจากผู้จัดทำมีระยะเวลาในการวิจัยจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถทดสอบการทำงานของสายการผลิตได้หลายครั้ง ผู้จัดทำจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

- ในการใช้งานเครื่องจักร TC มีการใช้งานเครื่องจักรไม่เท่ากัน ควรได้รับการ Balance Load ให้ทุกเครื่องมีการใช้งานเท่าๆ กัน เพื่อลดภาระหนักไปที่เครื่องใดเครื่องหนึ่ง
- ควรมีการทดลองแผนการบำรุงรักษาให้มากกว่านี้ เพื่อยืนยันว่าแผนบำรุงรักษาใหม่นั้นสมบูรณ์
- ปัญหาการอุดตันของ Nozzle และคราบคาร์บอนเกาะติด ได้รับแนวทางการป้องกันการอุดตันเกิดขึ้นแต่ท่อที่อุดตันไปแล้วยังไม่ได้รับการแก้ไขให้ Nozzle กลับมาใช้งานได้ 100% ณ ปัจจุบันชิ้นงานยังไม่ได้รับผลกระทบ ควรหาวิธีแก้ไขให้กลับมาใช้งานได้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชิ้นงาน
- ปัญหา Inflate Seal ชำรุดก่อนระยะเวลาที่กำหนด ยังไม่ได้ติดตามผลครบ 1 ปี ณ ปัจจุบันติดตามผลไปเพียง 5 เดือน ควรติดตามผลให้ครบ 1 ปี

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- กาญจนา จิตรจุน. (2550). **การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เชอิจิ นากาชิมา. (2542). **แนะนำสู่ TPM การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม**. แปลโดย สุวิทย์ บุญยวานิชกุล. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ดุสิต สิงห์พรหมมาศ; และสมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล. (2556). **การจัดตั้งระบบการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือกลเชิงป้องกัน**. สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). ปทุมธานี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ธนกฤษ ชุ่นเซ่ง. (2557). **การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก**. สารนิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- นาถหทัย แสนจันทร์. (2554). **การประยุกต์การบำรุงรักษาด้วยตนเองกับกิจการวิสาหกิจขนาดเล็ก**. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- นิวัฒน์ ธาดาสีห์. (2555). **การประยุกต์ การบำรุงรักษาด้วยตนเองกรณีศึกษาแม่พิมพ์ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า**. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- พัชรี อินอำนวย. (2551). **PDCA**. สืบค้นเมื่อ 4 เมษายน 2559, จาก <https://www.gotoknow.org/posts/453493>.
- ศุภพัฒน์ ปิงดา. (2557). **การนำเครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ชนิด มาใช้ในวงการอุตสาหกรรม**. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2559, จาก http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.php?id=50.
- เชกสรร สิงห์ธนู. (2550). **การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร**. วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุขุม มั่นคง. (2551). **ความหมายของ TPM**. สืบค้นเมื่อ 4 เมษายน 2559, จาก http://tpmjapan.blogspot.com/2011/03/blog-post_22.html.
- สุพร อัครวินนิมิต; และธีรพร พัดภู. (2548). **วิศวกรรมการบำรุงรักษา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรพรรณ วิชัยเดช; และนิว เจริญใจ. (2554). การปรับปรุงงานเพื่อลดของเสียในการผลิต
ห้องสะอาด. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2550, จาก http://acad.vru.ac.th/Journal/06_1-2.pdf.

อุษณีย์ กิตกำธร. (2557). การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม
2560, จาก http://personal.sut.ac.th/heattreatment/context/metal_11.html.

ALD Vacuum Technology. (2010). **Modultherm Flexible Vacuum Heat Treatment
Systems for Ultimate Product Quality**. Retrieved April 5, 2016, from <http://www.ald-vt.com/cms/en/vacuum-technology/applications/modultherm/>.

Narin K. (2558). เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools). สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2559,
จาก <http://tools4prod.blogspot.com/2015/09/7-qc-tool.html>.

ภาคผนวก

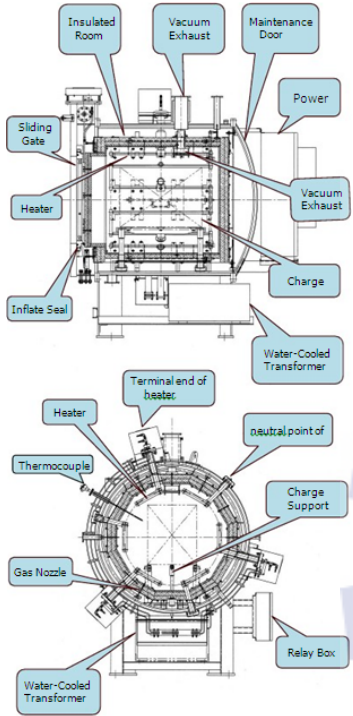
TNI

ภาคผนวก ก.

คู่มือรายการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่องจักร

TNI

ตารางที่ 15 Treatment Chamber (TC) Inspection List

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items	Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark		
					Day	Week	Month	Year			
 For further details, see the figures attached to the instruction manual.	Outside Furnace	1	Leaking from furnace shell or external piping	Visual confirmation of water leak	If a leak is found, stop operating and repair it immediately.	once a day					
		2	Surface temperature of furnace	Check the surface of furnace body by hand to detect abnormal temperature or heat.	If there are abnormally hot parts, after getting done with the current work, immediately stop operation and check the inside of the furnace. (Check the quantity of cooling water and whether there is damage to the heat insulator.)	once a day				When opening the furnace, the temperature should be under 100°C.	
		3	Various bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year		
		4	Volume of cooling water	Confirm the designated amount of flow (marking point)	Adjust when the standard amount of water don't flow.	once a day					
	Inside Furnace	1	Heater	Visually confirm the surface of heater for no unusual colors , blockages, deformities or cracks.				once every 4 months			Heater is made of carbon and so is easily damaged. Handle with care.
		2	Cleaning inside the furnace	Blow out soot and dust on the terminal part by opening and closing the valve of the terminal part.	After blowing, clean inside the furnace with vacuum cleaner.			once every 4 months			
		3	Charge support	Visually confirm the Mo Board, beam and support pillar for deformities in the charger support.	If deformities and damage are found, repair them at once. When a support pillar is slanted, repair the broken parts and adjust the slant.			once every 4 months			
		4	Gas nozzle	Check gas nozzle for blockages. (30 places)	If there is blockage, remove the object causing the blockage by hand drill.			once every 4 months			Pay close attention not to break the drill inside the nozzle.
		5	Thermocouple	Visually confirm that there is no damage to the protection pipe or that there is no evaporated substance on it. Thermocouple calibration	If there is an evaporated substance on the Thermocouple, remove it. If the protection pipes are damaged, replace them.			once every 4 months			
		6	Vacuum exhaust nozzle	Visually confirm that there is no soot or dust on the nozzle.	If there is a blockage, remove it and clean.			once every 4 months			
		7	Insulated room (Insulator)	Visually confirm that there is no damage or missing to the heat insulator.	If there are damaged or missing parts, replace them immediately.			once every 4 months			
		8	Target Pressure. Leak Rate	Vacuum exhaust speed.	101KPa→100Pa. Measure the exhaust time.			once every 4 months			Implement at regular inspection
				Reached vacuumed rate.	Within 10Pa. Measure the reached pressure			once every 4 months			Implement at regular inspection
			Pressure rise.	Within 10Pa. After reaching to the target pressure, measure pressure rise with the valve closed.			once every 4 months			Implement at regular inspection	
	9	Various bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.			once every 4 months				
	Sliding Gate Door	1	Movement checks of sliding door	Visually confirm that the sliding door operates smoothly.	When it does not operate smoothly, please conduct a detailed inspection. If the operating time is longer than before, check the inflatable seal. If the inflatable seal is distorted in shape or sticks out from the surface of the door, replace the seal. When there is nothing wrong with the seal, adjust the speed control device of the driving cylinder.			once every 4 months			
				Measure the operation time.	The operation time should be within 5±1sec			once every 4 months			Implement at regular inspection
				Confirm that there is no leakage from jacket part or jointed part of sliding door.	When leakage from the jacket part is observed, dismount the door as soon as possible and repair it. When leakage is observed at the joint, tighten it securely.				once a year		
				Check that the wheel rotates smoothly and has no abnormal abrasion,	If a wheel doesn't rotate smoothly or is found with abnormal abrasion, replace with a new one as soon as possible.			once every 4 months			
		2	Inflatable seal	Check for damage on the surface of inflatable seal. Visually confirm it is in the correct position, and not protruding outward beyond 0.5mm.	When the surface of the inflatable seal has some damage or protrudes out of the side of the door, replace it with a new one.			once every 4 months			
				Replace inflatable seal.	Replace it regularly.				twice a year		
			Visually confirm there is no stuck object or abrasion on the side of inflatable seal.	When something is stuck to the contact side, remove it. In the case of a graze or scratch, repair it with a buff grinder. Adjust the gap between the gate shell and the door by inserting liner at the back of the pressing door rail. The maximum space should be within 3mm.			once every 4 months				

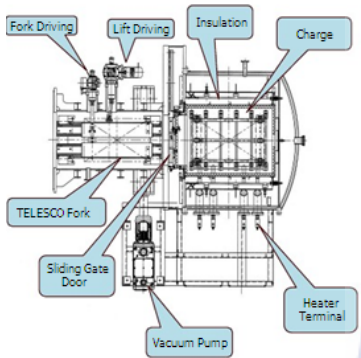
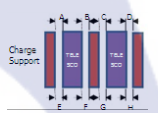
ตารางที่ 15 Treatment Chamber (TC) Inspection List (ต่อ)

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items	Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark
					Day	Week	Month	Year	
	Sliding Gate Door	3	Cable bearing (product name : Cap Flex)	Visually confirm that there is no deformation or damage.	When there is deformation or damage, replace with a new one.			once every 4 months	
		4	Detector	Ensure that there is nothing wrong with the detector (ex. Looseness) Be sure to check that it detects the door is opening or closing.	If it is loose, retorque it. Open and close the sliding door and adjust the detector's position to detect the opening end and closing end.			once a year	
		5	Shaft seal	Check that there is no leakage from the shaft seal.	When leakage is confirmed, inspect the O-ring inside the shaft seal. If the O-ring has any damage, replace it with a new one. When replacing, apply designated grease and install it.			once every 4 months	Check He (Helium) leakage on every regular inspection.
		6	Air cylinder	Check that there is no leakage from the cylinder body and joint pipes.	If leakage from the cylinder is confirmed, overhaul it. If there is leakage from the joint pipe, retorque it.			once a year	Check leakage by using soup water when adjust the movement of the door.
		7	Various bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.			once a year	
	Process Gas Pipes Utility Pipes	1	Process gas pipe filter	There should be no dirt or object stuck on the filter.	When there is dirt or clogging, clean it. If that causes serious problem, replace it with a new one.				
		2	Filter for inflate seal	There should be no dirt or object stuck on the filter.	When there is dirt or clogging, clean it. If that causes serious problem, replace it.				
		3	Flashback arrester	Replace	Replace every 3 years				
		4	Pirani gauge	Replace gauge head	Replace every year.				
		5	Mass flow controller	Calibration	Calibrate every year				
		6	N2 gas supplying pressure (for actuator)	Supplied pressure : 0.5MPaG	Range of green gauge.	once a day			
		7	N2 gas supplying pressure (for process)	Supplied pressure : 0.1MPaG	Range of green gauge.	once a day			
		8	C2H2 gas supplying pressure	Supplied pressure : 0.12MPaG	Range of green gauge.	once a day			
		9	Cooling water supplying pressure	Supplied pressure : 0.4MPaG	Range of green gauge.	once a day			Confirm at connecting point.
		10	Various bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.			once a year	
	Power Panel	1	Terminals in the panel	Check that there are no loose or missing terminals.	If there are any loose or missing terminals, retorque or replace them.			once a year	
		2	Panel cooler	Check that the filter is not clogged. Check that the drain tank is not full.	Clean the filter or replace it. Drain the water from the once a day tank.	once a day			

ตารางที่ 16 Holding Chamber/Transfer Module (HC/TM) Inspection List

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items	Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark	
					Day	Week	Month	Year		
	Outside of the furnace	1	Water leaks from the furnace shell and piping	Visually confirm that there are no water leaks.	If there is a leakage, after getting done with the current work, stop operation and repair it immediately.	once a day				
		2	Surface temperature of the furnace body	Check that there is no abnormally hot parts touching by hand.	If there are abnormally hot parts, after getting done with the current work, stop operation and check the inside of the furnace immediately. (Check the amount of cooling water and damage to the heat insulator.)	once a day				When opening to atmospheric pressure, the temperature inside the furnace should be under 150 °C.
		3	Assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	
		4	Cooling water	Visually confirm the amount of the cooling water. Check that the designated volume of cooling water is flowing.	If the volume of flow is below the designated amount, once a adjust it day	once a day				
	Inside of the furnace	1	Heater	Visually confirm that there is no discoloration or adhered substance on the surface of the heater. Also, confirm that there is no serious deformation or cracks.	If there are adhered substances, remove them. When there are deformations or cracks, replace the damaged part.			once every 4 months		The heater is made of carbon and is very fragile; handle extremely carefully.
		2	Cleaning inside of the furnace	Open and close the purge valve on the outlet terminal and blow the soot or dust attached to the terminal.	After blowing, clean the inside of the furnace with the vacuum cleaner.			once every 4 months		
		3	Charge support	Visually confirm the deformation of the Mo plate, Mo charge rest, and Mo support.	If there are deformations or cracks, replace the damaged part. If the support is leaning, adjust the slant.			once every 4 months		
		4	Thermocouple	Visually confirm that there is no damage to the protection pipe or that there is no evaporated substance on it.	If there is an evaporated substance on the Thermocouple, remove it. If the protection pipes are damaged, replace them.			once every 4 months		
			Thermocouple calibration					once a year		
		5	Vacuum Exhaust Nozzle	Visually confirm that there is no soot or dust on the nozzle.	If there is a blockage, remove it and clean.			once every 4 months		
		6	Insulated room (Insulator)	Visually confirm that there is no damage or missing to the heat insulator.	If there are damaged or missing parts, replace them immediately.			once every 4 months		
		7	Holding Chamber Ultimate Vacuum, Vacuum exhaust speed	Vacuum exhaust speed	101KPa→100Pa Measure the exhaust time.			once every 4 months		Implement at the regular inspection
				Reached vacuum degree	Within 10Pa. Measure the reached pressure			once every 4 months		Implement at the regular inspection
	8	Conveying Chamber Vacuum Exhaust speed	Vacuum exhaust speed	101kPa→100Pa Measure the exhaust time.			once every 4 months		Implement at the regular inspection	
			Reached vacuum degree	Within 10Pa. Measure reached pressure			once every 4 months		Implement at the regular inspection	
	9	Assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.			once every 4 months			
	Sliding gate door	1	Confirm the movement of sliding door	Visually confirm that the sliding door moves smoothly.	When it does not move smoothly, please conduct a detailed inspection. If the movement time is longer than before, check the inflatable seal. If the inflatable seal is distorted in shape or sticks out from the surface of the door, replace the seal. When there is nothing wrong with the seal, adjust the speed control device of the driving cylinder.			once every 4 months		
				Measure the operation time.	The operation time should be within 5±1sec			once every 4 months		Implement at the regular inspection
				Confirm that there is no leakage from jacket part or jointed part of sliding door.	When leakage from the jacket part is observed, dismount the door as soon as possible and repair it.				once a year	
				When leakage is observed at the joint, retorque.						
				Check that the wheel rotates smoothly and has no abnormal abrasion.	If a wheel doesn't rotate smoothly or is found with abnormal abrasion, replace with a new one as soon as possible.			once every 4 months		
		2		Check for damage on the surface of inflatable seal. Visually confirm it is in the correct position, and not protruding outward beyond 0.5 mm.	When the surface of the inflate seal has some damage of protrudes out of the side of the door, replace it with a new one.			once every 4 months		
				Replace inflatable seals.	Replace on a regularly.				once every 2 years	
			Visually confirm there is no stuck object or abrasion on the side of inflatable seal.	When something is stuck to the contact side, remove it. In the case of a graze or scratch, repair it with a buff grinder. Adjust the gap between the gate shell and the door by inserting liner at the back of the pressing door rail. The maximum space should be within 3 mm.			once every 4 months			

ตารางที่ 16 Holding Chamber/Transfer Module (HC/TM) Inspection List (ต่อ)

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items	Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark
					Day	Week	Month	Year	
 For further details, see the figures attached to the instruction manual.	Sliding gate door	3	Cableveyor (Product name : Capiflex)	Visually confirm that there is no deformation or damage.			once every 4 months		
		4	Detector	Ensure that there is nothing wrong with the detector (ex. Looseness) Be sure to check that it detects the door is opening or closing.				once a year	
		5	Shaft seal	Check that there is no leakage from the shaft seal.			once every 4 months		Check He leakage every regular inspection.
		6	Air cylinder	Check that there is no leakage from the cylinder body and joint pipes.				once a year	Check leakage by using soup water when adjust movement of the door.
		7	Assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.				once a year	
	Telescope lift	1	Driving chains of TELESKO fork	Check the tension of the chain by extending the fork. Visually confirm the surface of the chain is lubricated.			once every 4 months once every 4 months		Once a year overhaul
		2	Sliding rail (sliding surface)	Confirm that there is no abnormal wear and tear on the sliding surface. If it is too worn out, replace it with a new one.			once every 4 months		
		3	Cam follower, Roller follower	Confirm that there is no abnormal wear of the surface of the roller. Confirm that the roller spins smoothly.			once every 4 months once every 4 months		
		4	Work support insulator	Visually confirm that there is no missing piece or damage to the insulator.			once every 4 months		
		5	Assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.			once every 4 months		
		6	Fork operation	Insert the fork into the carburizing chamber and heat retention chamber, and check the space (A~H) from the hearth (turnace bed). The space should be more than 5mm.				once every 4 months	Check the dimensions periodically
	Lip seals	1	Lip seals	Visually confirm that there are no cracks or damages. Exchange lip seals.			once every 4 months once every 4 months		
				Replace them on a regular basis.					
	Transfer car	1	Wheel block (driving following unit)	Ensure that there is no abnormal noise during operation.			once every 4 months		Disassemble and service once every 4-5 years
		2	Laser Measurement sensor	Check the target point of the laser measurement sensor device.				once a year	
		3	Docking of the Treatment Chamber and Oil Quenching Module	Check the docking operation of each chamber.				once a year	
		4	Limit switch	Ensure that it is able to operate.			once every 4 months		
		5	Running rail	Ensure that there are no adhered substances or abnormal wear and tear.			once every 4 months		
		6	Assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.				once a year	

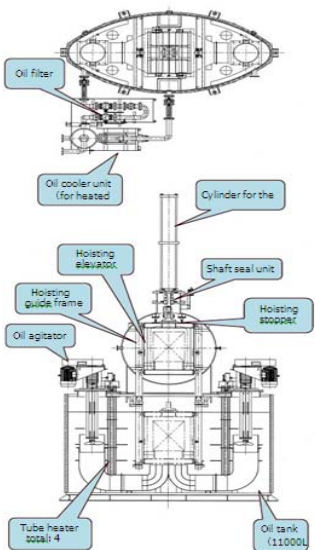
ตารางที่ 16 Holding Chamber/Transfer Module (HC/TM) Inspection List (ต่อ)

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items		Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark
						Day	Week	Month	Year	
	Process Gas Piping Utility Piping	1	Filter for Inflatable Seals	Ensure that there is no dirt or any other substances adhered to the filter.	If the filter gets dirty or there are adhered substances on it, ensure to clean it. When there is dirt or clogging, clean it. If that causes serious problem, replace it with a new one.				once a year	
		2	Pirani Gauge	Replace sounding probe	Replace it on a regular basis.				once a year	
		3	N2 gas supplying pressure (for Actuator)	Supplied pressure : 0.5MPaG	Range of green gauge.	once a day				
		4	Supplied pressure of N2 gas (Pressure of Reciever tank)	Supplied pressure : 0.6MPaG	Range of green gauge.	once a day				confirm at connecting point
		5	Supplied pressure of cooling water	Supplied pressure : 0.4MPaG	Range of green gauge.	once a day				confirm at connecting point
		6	Assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	
	Power board	1	Terminal in the panel	Check that there are no loose or missing terminals.	If there are any loose or missing terminals, retorque or replace them.				once a year	
		2	Panel cooler	Check that the filter is not clogged. Check that the drain tank is not full.	Clean the filter or replace with a new one. Drain the water from the tank.	once a day				

ตารางที่ 17 Oil Quenching Module (OM) Inspection List

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items	Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark
					Day	Week	Month	Year	
For further details, see the figures attached to the instruction manual.	Furnace Interior	1	Temperature of Quench Tank	Read the quench oil tank motor control panel and the indicated value of the temperature controller and check if the value matches the value of the control PC.		once a week			
		2	Hoisting elevator frame Hoisting guide frame Work support	Visually confirm that the frame has no deformation or damage.			once every 4 months		
		3	Interference with TELESCO fork	Raise the elevator and insert the TELESCO Fork into the oil tank, and then check that the spaces (A,B,C and D—as seen in the diagram at right) are more than 10 mm. in width.			once every 4 months		Measure the distances at the regular inspection
		4	Holding Chamber Ultimate pressure Evacuation speed	Evacuation speed Reached (target) vacuum degree			once every 4 months		Implement at the regular inspection
	Furnace Exterior	1	Oil tank shell and Connecting piping	Visually confirm that there are no leaks of the quenching oil or water from the furnace shell and connecting piping.	once a day				
		2	Various bolts	Check that there are no loose or missing bolts.				once a year	
		3	Cooling water flow	Check the set flow rate (the marked level) is met.	once a day				
	Sliding Gate Door (The inlet of the oil tank)	1	Operation check of the sliding door	Visually confirm that the sliding door operates smoothly.			once every 4 months		
				Operation time measurement.			once every 4 months		Implement at the regular inspection
				Check that the wheel rotates smoothly and has no abnormal abrasion.			once every 4 months		
		2	Inflatable seal	Visually confirm that the surface of the inflatable seal is not damaged and it does not extrude from the surface of the door. (It should be within 0.5 mm.)			once every 4 months		
				Change inflatable seal.				once a year	
		3	Cableveyor (Product name : Capflex)	Visually confirm that there is no deformation or damage			once every 4 months		
				Ensure that there is nothing wrong with the detector (ex. Looseness)				once a year	
		4	Detector	Be sure to check that it detects the door is opening or closing.					
		5	Shaft seal part	Check that there is no leakage from the shaft seal. the shaft seal.			once every 4 months		
		6	Air Cylinder	Check that there is no leakage from cylinders and the connecting piping.				once a year	Check leakage by using soup water when make an adjustment operation of the door.
		7	Various bolts	Check that there are no loose or missing bolts.				once a year	

ตารางที่ 17 Oil Quenching Module (OM) Inspection List (ต่อ)

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items	Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark
					Day	Week	Month	Year	
 For further details, see the figures attached to the instruction manual. (This figure shows structural drawing of the heated oil tank)	Hoisting gate door (The outlet of the oil tank)	1 Operation check of the hoisting door	Visually confirm that the hoisting door operates smoothly.	When it does not operate correctly, conduct a more detailed examination. If the hoisting guide frame is not distorted in shape or worn out and there is nothing wrong with the guide roller, adjust the speed control of the drive cylinder.			once every 4 months		
			Visually confirm that there is no damage to the hoisting door seal (O ring), and it doesn't protrude from the slit.	When there are damages or cracks, replace it.			once every 4 months		
			Measure the operation time				once every 4 months		
			Confirm that there is no leakage from jacket part or jointed part of sliding door.	When leakage from the jacket part is observed, dismount the door as soon as possible and repair it. When leakage is observed at the joint, retorque it securely.	once a day				
	2 Detector	3 Air cylinder	Check that the wheel rotates smoothly and has no abnormal abrasion.	If a wheel doesn't rotate smoothly or is found with abnormal abrasion, replace with a new one as soon as possible.			once every 4 months		
			Ensure that there is nothing wrong with the detector (ex. Looseness) Be sure to check that it detects the door is opening or closing.	If it is loose, retorque it. Open and shut the sliding door and adjust the detector to detect at the opening and closing positions.				once a year	
			Check that there is no leakage from the cylinder body and joint pipes.	If leakage from the cylinder is confirmed, overhaul it. If there is leakage from the joint pipe, tighten securely.				once a year	
			Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	
	Oil agitator	1 Shaft seal (a mechanical seal)	Check the amount of oil in the oil cup for the shaft seal (mechanical seal)	Supply with oil of the same brand as the one in the oil tank, when needed. When the amount of the oil decreases by more than half in two weeks, there must be something wrong. Ask the manufacturer to check it.	once a day				
			Remove the safety cover and check that the connection of the pulley and the driving mechanism is not loose, and also check the tension of the V belt.	When the connected parts become loose, fasten them. When the tension of the V belt is too low, adjust the tension. When V belts are worn out, replace them.			once every 4 months		
			Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	
	Detector	1 Thermocouple	Remove from the oil tank and visually confirm that the sensor parts are not damaged or that there are no evaporated substances adhered to it.	When there is evaporated substance deposited on the thermocouple, or the protecting piping becomes damaged, replace it.			once every 4 months		
			Thermocouple calibration					once a year	
			Gauge head replacement	Replace it on a regular basis.				once a year	
			Remove from the oil tank and visually confirm that there are no damaged sensor parts or adhered substances.	If the sensor parts get damaged, replace them. When there are adhered substances, remove and clean them.				once a year	
	Oil cooler unit	1 Filters for inflatable seals	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	
			Visually confirm that there are no leaks from the oil cooler or the connecting piping.	When you find there are leaks of the quenching oil or water, please stop operation and repair as soon as possible.	once a day				
			Check that the element of the oil filter is not dirty.	Clean if it gets dirty.				once a year	
			Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	

ตารางที่ 17 Oil Quenching Module (OM) Inspection List (ต่อ)

Facility Structural Drawing	Inspection Parts	Inspection Items		Inspection Contents	Management and Measures to Take	Inspection Cycle				Remark
						Day	Week	Month	Year	
	Utility piping	1	Filters for inflatable seals	Check that there is no dirt or adhesion of foreign substances on the filter.	When the filter gets dirty or there are adhered substances on it, clean it. When it is very dirty, replace it.			once every 4 months		
		2	N2 gas supplying pressure (for Actuator)	Supplied pressure : 0.5 MPaG	Range of green gauge.	once a day				
		3	N2 gas supplying pressure (For Elevator Shaft Seal)	Supplied pressure : 0.1 MPaG	Range of green gauge.	once a day				
		4	N2 gas supplying pressure	Supplied pressure : 0.6 MPaG	Range of green gauge.	once a day				
		5	Cooling water supply pressure	Supplied pressure : 0.6 MPaG	Range of green gauge.	once a day				confirm at connecting point
		6	Compressed air supply pressure (Pressure of Receiver tank)	Supplied pressure : 0.75 MPaG	Range of green gauge.	once a day				
		7	Various assembly bolts	Check that there are no loose or missing bolts.	If there are any loose or missing bolts, retorque or replace them.				once a year	
	Power board	1	Terminal in the panel	Check that there are no loose or missing terminals.					once a year	
		2	Panel cooler	Confirm that the filter has nothing stuck in it. Confirm that the drain tank is not full.	Clean the filter or replace it. Drain the water in the tank.	once a day				