

**การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการหล่อล้ออตุมิเนียม โดยประยุกต์ใช้
กิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม:
กรณีศึกษา บริษัท เลนโซวีล จำกัด**

นายเลิศศักดิ์ มูลสมบัติ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2552

The Quality Improvement of Aluminium Alloy Wheel Casting by Applying TPM

Activity: A Case Study of Lenso Wheel Company Limited

Mr. Lertsak Moonsombut

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Business Administration

School of Management Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2009

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการหล่อล้ออลูมิเนียม
โดยประยุกต์ใช้กิจกรรมการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคน
มีส่วนร่วม: กรณีศึกษา บริษัท เลน โซเว็ล จำกัด

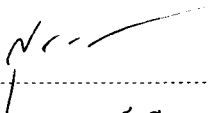
ชื่อและนามสกุล นายเลิศศักดิ์ มูลสมบัติ

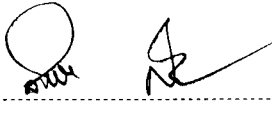
แขนงวิชา บริหารธุรกิจ

สาขาวิชา วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

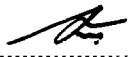
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ
ฉบับนี้แล้ว


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ฉัตรชัย ลอยฤทธิวุฒิไกร)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ อนุมัติให้รับการศึกษา
ค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


.....
(รองศาสตราจารย์อังฉรา ชีวะตระกูลกิจ)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ
วันที่ 19 เดือน ๕.๕. พ.ศ. ๒๕๖๓

ชื่อการศึกษา ค้นคว้าอิสระ การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการหล่อล่อลูมิเนียม โดยประยุกต์ใช้
กิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม: กรณีศึกษา
บริษัท เลนโซวีล จำกัด

ผู้ศึกษา นายเลิศศักดิ์ มูลสมบัติ ปริญญา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สุวิมา ตั้งไพจิตรธรรม ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประยุกต์ใช้กิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม เพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการหล่อล่อลูมิเนียม (2) เปรียบเทียบผลการปรับปรุงด้านคุณภาพของกระบวนการหล่อล่อลูมิเนียมก่อนและหลังการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของกิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม เพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการหล่อล่อลูมิเนียม โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือการปรับปรุงคุณภาพของกิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม ตามขั้นตอนดังนี้ (1) การขึ้นชั้นคุณลักษณะทางคุณภาพ สำหรับค้นหาแหล่งความแปรปรวนที่มีผลต่อคุณภาพ แล้วทำการกำจัดและควบคุม (2) การศึกษาและทบทวนโครงสร้าง และหลักการทํางาน สำหรับวิเคราะห์ และค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา แล้วทำการแก้ไข (3) การออกแบบการทดลอง สำหรับค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ แล้วทำการควบคุม และ (4) การใช้เทคนิคทางสถิติ สำหรับการติดตามผลและควบคุมความสามารถของกระบวนการผลิต

ผลการวิจัยพบว่า (1) จากการประยุกต์ใช้กิจกรรมการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม โดยวิธีการขึ้นชั้นคุณลักษณะทางคุณภาพ การศึกษาและทบทวนโครงสร้าง และหลักการทํางานของกระบวนการหล่อล่อลูมิเนียม พบว่า การจะปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น จะต้องควบคุมอุณหภูมิน้ำลูมิเนียมให้อยู่ในช่วง 680-690 °C โดยการติดตั้งโปรแกรม เพื่อตัดการทำงานของเครื่องหล่อเมื่ออุณหภูมิไม่ได้ตามที่กำหนด และจะต้องควบคุมปริมาณแก๊สไฮโดรเจนในน้ำลูมิเนียม ≥ 2.65 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการออกแบบการทดลอง เพื่อที่จะควบคุมปริมาณแก๊สไฮโดรเจนให้ได้ ≥ 2.65 กรัม/ลูกบาศก์เมตร จะต้องควบคุม ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ 1) อัตราการไหลของแก๊สอาร์กอน = 25 ลิตร/นาที 2) ควบคุมความชื้นของสารทำความสะอาดโดยการบรรจุใส่ถุงปิดสนิท และ 3) ควบคุมความชื้นของวัตถุดิบ โลหะผสม จะต้องไม่โดนน้ำ และเก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยจะต้องมีการเฝ้าติดตามผลของค่าอุณหภูมิและค่าปริมาณแก๊สไฮโดรเจนในน้ำลูมิเนียม โดยใช้แผนภูมิควบคุมและการวัดความสามารถของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (2) เปรียบเทียบผลการปรับปรุงด้านคุณภาพของกระบวนการหล่อล่อลูมิเนียมก่อนและหลังทำกิจกรรม พบว่า เปอร์เซนต์ของเสียก่อนทำกิจกรรมเท่ากับ 21.82% และเปอร์เซนต์ของเสียหลังทำกิจกรรมเท่ากับ 19.41% ลดลง 2.41%

คำสำคัญ การปรับปรุงคุณภาพ กระบวนการหล่อล่อลูมิเนียม บริษัท เลนโซวีล จำกัด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก
รองศาสตราจารย์สุวิมา ตังโพธิสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และติดตามการทำการศึกษา ค้นคว้าอิสระ
ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง
ในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ บริษัท เสน โซวีล จำกัด ที่ได้เปิดโอกาสให้ผู้วิจัย ได้ทำการศึกษา ฝึกอบรม
ดำเนินการ และเก็บรวบรวมข้อมูล

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุน
และให้กำลังใจตลอดมา

เลิศศักดิ์ มูลสมบัติ

ตุลาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	7
กระบวนการหล่อลื่นออลูมิเนียม บริษัท เลนโซ่วีล จำกัด	7
แนวคิดของกิจกรรม TPM	30
การบำรุงรักษาคุณภาพ (Quality Maintenance)	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	45
การกำหนดผังองค์กร นโยบาย และเป้าหมาย	45
การดำเนินกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ	51
การวิเคราะห์กระบวนการ	76
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	83
การวิเคราะห์ข้อมูล Reject/Rework	83
การวิเคราะห์ข้อมูล Defect-Pinhole	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	88
สรุปการวิจัย	88
อภิปรายผล	89
ข้อเสนอแนะ	90
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก	94
ประวัติผู้ศึกษา	98

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่าง PM และ TPM	13
ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนของ โปรแกรมการดำเนินกิจกรรม TPM	14
ตารางที่ 2.3 QM Step-by-step	20
ตารางที่ 2.4 P-M analysis defined	32
ตารางที่ 2.5 P-M Analysis Step-by-Step	34
ตารางที่ 2.6 Tests on Variances of 2 normal populations	39
ตารางที่ 2.7 Two-way ANOVA data	40
ตารางที่ 2.8 ANOVA Table for 2 factors	41
ตารางที่ 2.9 ANOVA Table for 2 ³ Factorial	43
ตารางที่ 3.1 QCS ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์	53
ตารางที่ 3.2 Defect-free Conditioning ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์	56
ตารางที่ 3.3 Faithful Observance ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์	62
ตารางที่ 3.4 Machine itself ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์	63
ตารางที่ 3.5 รายละเอียด Machine itself ของการป้องกันปัญหา Pinhole	64
ตารางที่ 3.6 P-M Analysis ของปัญหา PINHOLE	71
ตารางที่ 3.7 บันทึกผลค่า Density ในแต่ละสูตรการทดลอง	77
ตารางที่ 3.8 ตาราง ANOVA ผลการทดลอง	78
ตารางที่ 3.9 ผลการวัด Density ในแต่ละสูตรการทดลอง	78
ตารางที่ 3.10 ผล Density ของแต่ละ Flow rate of Argon	79
ตารางที่ 3.11 ตาราง ANOVA ของผล Density ของแต่ละ Flow rate of Argon	80
ตารางที่ 3.12 สรุปปัจจัยที่จะต้องทำการควบคุม	82
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผล Defect ก่อน-หลัง การทำกิจกรรม	83
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผล Defect ก่อน-หลัง การทำกิจกรรม	๘9

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ	3
ภาพที่ 2.1 แผนผังกระบวนการผลิตล้อยูมิเนียม	7
ภาพที่ 2.2 แผนผังกระบวนการหลอม และล้อยูมิเนียม	9
ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิต	21
ภาพที่ 2.4 นิยามปัญหาคุณภาพ	21
ภาพที่ 2.5 กฎของพาเรโต	30
ภาพที่ 2.6 Sporadic and Chronic loss	31
ภาพที่ 2.7 Chronic loss and P-M analysis	33
ภาพที่ 2.8 การวิเคราะห์กระบวนการ	35
ภาพที่ 2.9 F-distribution	38
ภาพที่ 2.10 Two factor	41
ภาพที่ 2.11 2 ³ Factorial Design	42
ภาพที่ 3.1 TPM Committee Organization	45
ภาพที่ 3.2 นโยบายโครงการ TPM ประจำปี 2551	46
ภาพที่ 3.3 เป้าหมาย TPM ประจำปี 2552	47
ภาพที่ 3.4 Pillar#6 Organization	48
ภาพที่ 3.5 นโยบาย วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ	49
ภาพที่ 3.6 Action plan 2009 - สำหรับความคืบหน้าของกิจกรรม	50
ภาพที่ 3.7 QM - Master Plan 2009	50
ภาพที่ 3.8 ความสัมพันธ์ของเครื่องมือต่างๆ	51
ภาพที่ 3.9 Xbar-R Chart และ Cpk ของค่า Density	68
ภาพที่ 3.10 Xbar-R Chart และ Cpk ของค่า Si	69
ภาพที่ 3.11 p Chart ของงาน หล่อไม่เต็ม	69
ภาพที่ 3.12 Pareto Diagram ปัญหาหลักกระบวนการล้อยูมิเนียม	70
ภาพที่ 3.13 การวิเคราะห์กระบวนการ Degas	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.14 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้กราฟ	79
ภาพที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Dv และ Flow rate of Argon	81
ภาพที่ 4.1 Reject ทั้งบริษัท ปี พ.ศ. 2552	84
ภาพที่ 4.2 Rework ทั้งบริษัท ปี พ.ศ. 2552	84
ภาพที่ 4.3 Reject-Casting ปี 2552	85
ภาพที่ 4.4 Rework-Casting ปี 2552	85
ภาพที่ 4.5 ข้อมูล Defect-Pinhole ปี พ.ศ. 2552	86
ภาพที่ 4.6 Pareto Diagram – Casting Defect Jan - May 2009	87
ภาพที่ 4.7 Pareto Diagram – Casting Defect Jun - Sep 2009	87

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในประเทศไทย มีผลกระทบอย่างสูงจากสถานะวิกฤติเศรษฐกิจโลก ซึ่งเป็นผลกระทบอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ บริษัทผู้ประกอบรถยนต์ (Original Equipment Manufacturer – OEM) จนถึงบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ทำให้เกิดการเลิกจ้างงานจำนวนมาก

จากสถานะดังกล่าว ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วน จำเป็นต้องปรับตัวให้เข้ากับสถานะวิกฤติเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น และต้องปรับตัว ให้สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่น ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งของผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์คือ จะต้องมุ่งสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันอย่างยั่งยืน

ในยุคที่มีการแข่งขันทางด้านธุรกิจที่รุนแรงนี้ การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยการกำจัดความสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริษัท จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ธุรกิจจะไม่สามารถอยู่รอดได้ ถ้าบริษัทหรือองค์กรไม่มีการบริหารจัดการความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ จะต้องมึระบบที่ดี มีความร่วมมือร่วมใจกันเป็นหนึ่งเดียวในบริษัทหรือองค์กร และระบบการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถตามที่บริษัทหรือองค์กรต้องการ

การที่จะทำให้สามารถบรรลุตามจุดประสงค์ดังกล่าวข้างต้น ได้นั้น มีกิจกรรมมากมายที่บริษัทพยายามนำเข้ามาใช้ในการดำเนินการ แต่กิจกรรมที่แสดงผลลัพธ์ได้อย่างมีรูปธรรมอย่างชัดเจนนั้นคือ กิจกรรม TPM ซึ่งเป็นที่รู้จักกันและได้รับการเผยแพร่อย่างกว้างขวางไปทั่วโลกในปัจจุบัน รวมทั้งประเทศไทย สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากกิจกรรม TPM เป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนในการดำเนินการที่ชัดเจน และเข้าใจง่ายในเชิงปฏิบัติ เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ

บริษัท เลนโซ่วิล จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตล้อแม็กช้อลูมิเนียมส่งมอบให้กับลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ เป็นบริษัทหนึ่งที่ประกอบธุรกิจในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากวิกฤตทางเศรษฐกิจและสภาพการแข่งขันที่รุนแรงในปัจจุบัน บริษัทได้พยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต โดยได้นำกิจกรรม TPM มาประยุกต์ใช้ และ

มีแผนโครงการที่จะจัดทำระบบมาให้ครอบคลุมทุกกระบวนการ โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – 2554 รวมระยะเวลา 5 ปี

อย่างไรก็ตาม ยังไม่เคยมีการศึกษาและรวบรวมถึงวิธีการ มาตรฐานต่างๆ จากการนำระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) ซึ่งเป็นเสาหลักที่หกในกิจกรรม TPM มาปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรมการหล่อลื่นออลูมิเนียม รวมทั้งการศึกษาถึงผลลัพธ์ในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าประสบความสำเร็จแค่ไหน อย่างไรบ้าง เปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อวิเคราะห์ค้นหาแหล่งความแปรปรวน (Source of Variation), วิเคราะห์ P-M Analysis เพื่อค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา, ออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อค้นหาและควบคุมปัจจัยหลัก การเฝ้าติดตาม และควบคุมความสามารถของกระบวนการ โดยใช้เทคนิคทางสถิติ (Statistic Process Control) และการควบคุม จำกัดแหล่งความแปรปรวน โดยใช้เทคโนโลยี (Machine Itself) และการบริหารจัดการ (Faithful Observance) เพื่อปรับปรุง ควบคุม และกำจัดคุณลักษณะทางคุณภาพในเรื่อง รูเข็ม (Pinhole) ของกระบวนการหล่อลื่นออลูมิเนียม

2.2 เพื่อศึกษาผลการปรับปรุงด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ภายหลังจากการนำกิจกรรมการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) ในด้านการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) มาประยุกต์ใช้สำหรับอุตสาหกรรมการหล่อลื่นออลูมิเนียม

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำแนวคิดกิจกรรม TPM ในส่วนของการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) มาปฏิบัติในอุตสาหกรรมการหล่อลื่นออลูมิเนียม สำหรับคุณลักษณะทางคุณภาพในเรื่อง รูเข็ม (Pinhole)

โดยการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ เป็นการประกันคุณภาพในส่วนเครื่องจักร อุปกรณ์ทั้งหมด ตั้งแต่การออกแบบหรือการเลือกซื้อ การบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ผลิตชิ้นงานได้อย่างมีคุณภาพตลอดเวลา การดำเนินกิจกรรม จะประกอบไปด้วยเครื่องมือ (Tools) ที่สำคัญ 4 ชนิด ดังนี้

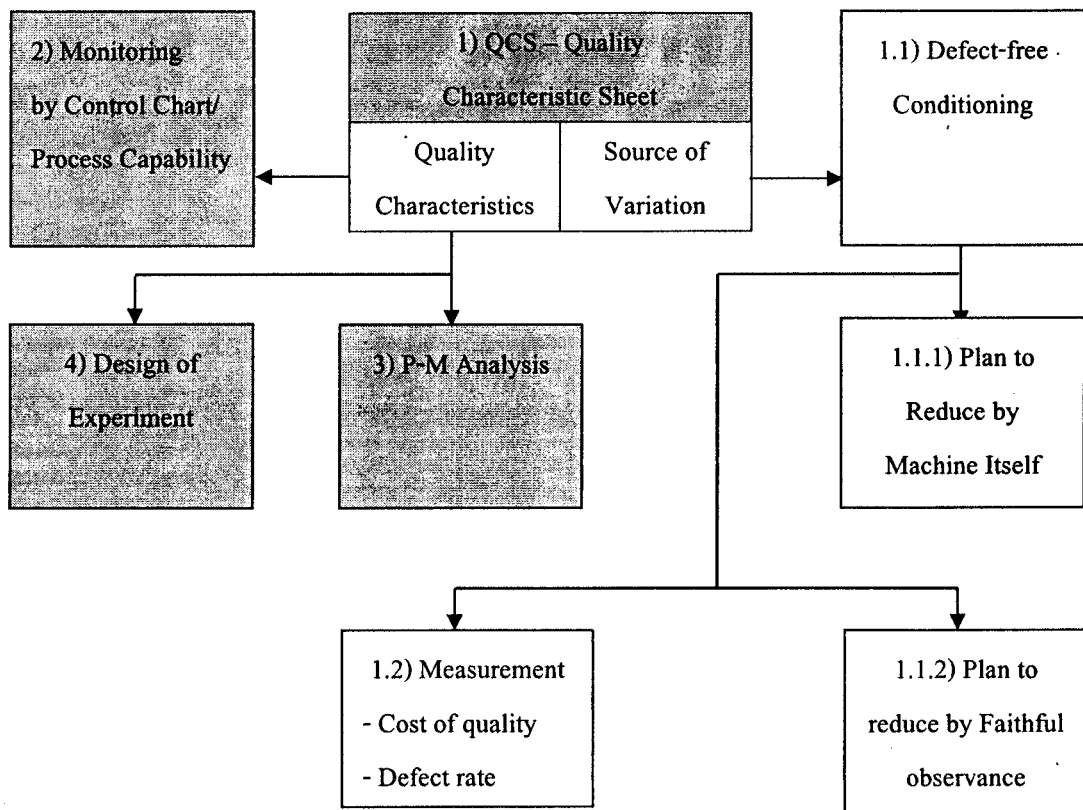
1. การจัดทำ Quality Characteristic Sheet ซึ่งจะให้ได้คุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristic) และแหล่งความแปรปรวน (Source of Variation) และนำไปสู่การดำเนินการเพื่อกำจัดและ/หรือการควบคุม แหล่งของความแปรปรวน ที่มีผลต่อลักษณะทางคุณภาพ โดยการดำเนินการในด้านการใช้เทคโนโลยี (Defect-free Condition from Technological Matter or Machine Itself) และการดำเนินการด้านการจัดการหรือการตรวจสอบอย่างซื่อสัตย์ (Defect-free Condition from Managerial Matter or Faithful Observance)

2. การนำคุณลักษณะทางคุณภาพ มาทำการวิเคราะห์ P-M Analysis เพื่อค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา

3. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อค้นหาและควบคุมปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณลักษณะทางคุณภาพ

4. การควบคุม ฝ้าติดตาม คุณลักษณะทางคุณภาพและ/หรือปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะทางคุณภาพ โดยใช้เทคนิคทางสถิติ (Statistic Process Control)

โดยแนวคิดและความสัมพันธ์ของเครื่องมือต่างๆ ของการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ เป็นไปตามภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ

4. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย มีดังนี้

4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาและรวบรวมถึงวิธีการ มาตรฐาน และผลการปรับปรุงคุณภาพ จากการนำแนวคิดกิจกรรม TPM ในส่วนของการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) มาปฏิบัติในกระบวนการหล่อล้อแม่เหล็กอลูมิเนียม ในส่วนของโรงงานที่ 1 โรงงานหล่อของบริษัท เคน โซวีล จำกัด และจำกัดเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะทางคุณภาพในเรื่อง รูเข็ม (Pinhole) เท่านั้น

4.2 ขอบเขตด้านเวลา

การวิจัยครั้งนี้ จะใช้ผลการดำเนินกิจกรรม วิธีการ มาตรฐาน ที่ได้จัดทำและข้อมูลด้านคุณภาพในช่วงเดือน มกราคม – กันยายน 2552 เท่านั้น

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 TPM ย่อมาจาก Total Productive Maintenance หมายถึง การบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม เป็นกิจกรรมที่มีการตั้งเป้าหมายเพื่อสร้างประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิตสูงสุด สร้างระบบเชิงป้องกันกับการเกิดความสูญเสียทั้งหมดล่วงหน้า พนักงานทุกๆ คนและทุกฝ่ายมีส่วนร่วม โดยอาศัยกิจกรรมกลุ่มย่อยที่ Cross Function กันของแต่ละหน่วยงาน

5.2 การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance: QM) หมายถึง กิจกรรมที่มีการใช้แนวคิดในการรักษาเครื่องจักรให้สมบูรณ์เป็นพื้นฐาน เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่กำหนด โดยจะมีการกำหนดสภาวะเงื่อนไขของเครื่องจักรที่จะไม่ผลิตของเสีย และมีการตรวจวัดหรือตรวจเช็คสภาวะเงื่อนไขเหล่านั้นเป็นระยะๆ รวมทั้งทำนายความเป็นไปได้ที่จะเกิดของเสีย โดยการดูแนวโน้มของค่าที่ตรวจวัดได้นั้น และหามาตรการป้องกันไว้ล่วงหน้า

5.3 คุณภาพ (Quality) หมายถึง คุณลักษณะโดยรวม (มิติต่างๆ) ในตัวสินค้าหรือบริการที่สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

5.4 ของเสีย (Defect) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้

5.5 รูเข็ม (Pinhole) หมายถึง ลักษณะของเสียในกระบวนการหล่ออลูมิเนียม จะพบได้หลังจากที่มีการนำชิ้นงานไปกลึงผิวดิบออก ลักษณะจะเป็นรูเล็กๆ ขนาดไม่เกิน 1 mm. ที่ผิวของงานกลึง สาเหตุเกิดจากแก๊สไฮโดรเจนที่อยู่ในน้ำอลูมิเนียมไม่สามารถแยกตัวออกได้ ก่อนที่อลูมิเนียมจะแข็งตัว

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ทำให้ทราบถึงแนวคิด ทฤษฎี วิธีการ ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM)

6.2 ทำให้ทราบถึงวิธีการ ขั้นตอน การนำเครื่องมือเครื่องมือต่างๆ ของการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) เช่น QCS, P-M Analysis, DOE, SPC เป็นต้น มาใช้ในภาคปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม

6.3 สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางและเป็นตัวอย่างในการนำระบบการบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) ในด้านการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการหล่อสำหรับโรงงานอื่นๆ หรือในอุตสาหกรรมการผลิตอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

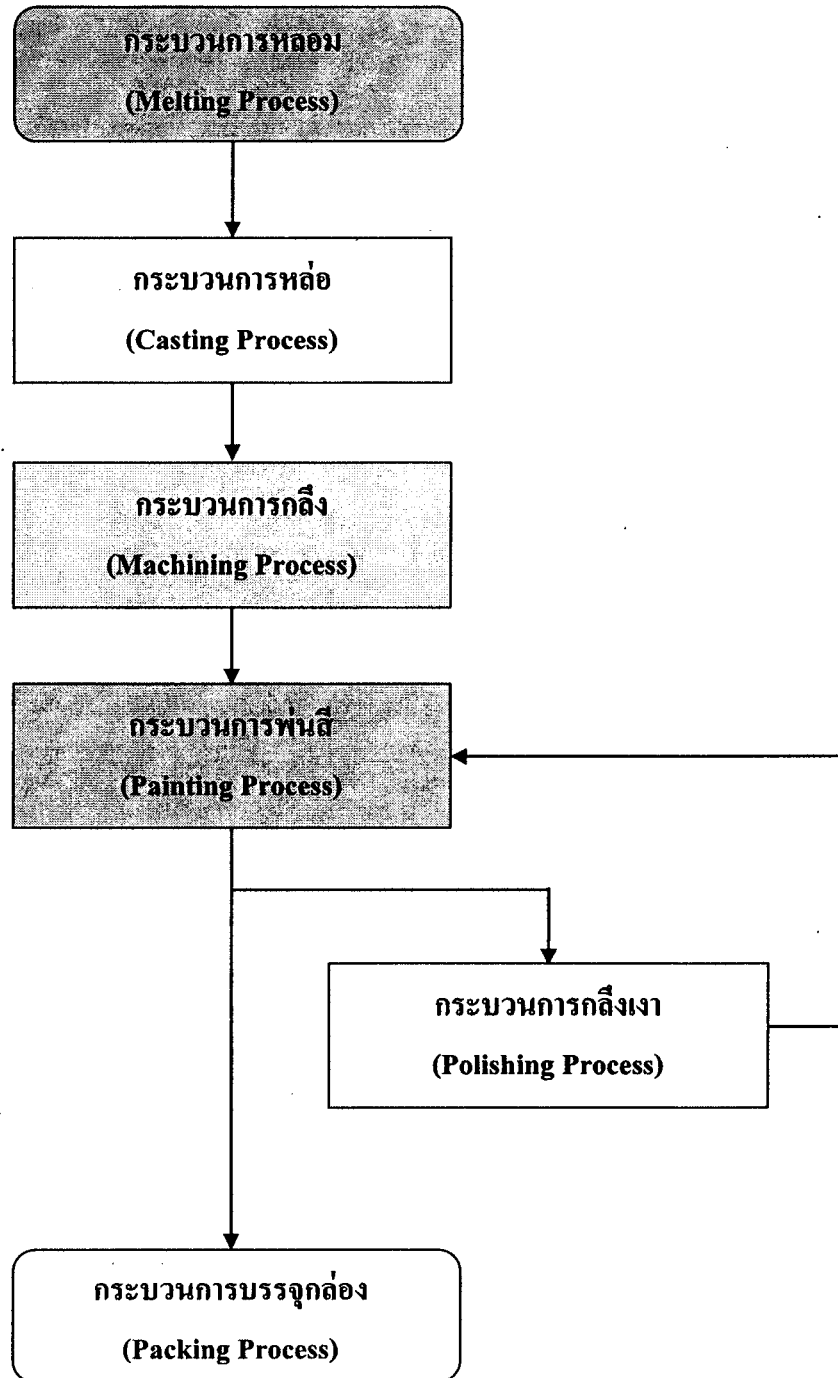
1. กระบวนการหล่อล้ออะลูมิเนียม บริษัท เลนโซวีล จำกัด

1.1 ข้อมูลทั่วไป บริษัท เลนโซวีล จำกัด

- Managing Director: Mr. Nopporn Viraporn
- Register on July 20, 1990 by “LENSO Cars Company Limited” and Change name Car Image Company Limited on Mar 19, 1992 and Change name LENSOWHEEL CO., LTD. On May 03, 2004 With Investment 110 Million Bath
- Head Office Address: 111/1 Mu 9 Wellgrow Industrial Estate, Bangwua, Bangpakong, Chacheongsao 24180 Thailand Telephone: (66 38) 571700, Fax: (66 38) 571698-9
- Factory Address: 90 Moo5 Wellgrow Industrial Estate, Bangna-Trad KM.36 Bangsamuk, Bangpakong, Chacheongsao 24180 Tel.038-570250-3 Fax.038-570254
- Factory Area 20,000 M²
- Building 10,000 M²
- Warehouse 1,750 M²
- Employee Approximately 420 Persons
- Business Type: Automotive Parts “Aluminium Alloy wheel”
- Capacity: 420,000 Wheels/Year

1.2 กระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียม

กระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียม ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แผนผังกระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียม

1.3 กระบวนการหลอม และหล่ออลูมิเนียม

การหลอมอลูมิเนียม โดยใช้อลูมิเนียมเกรด A356-T6 โดยใช้วัตถุดิบ ประกอบด้วย Primary Ingot และ Secondary Ingot และ Wheel Scrap โดยจะทำการหลอมตามสูตรการหลอมที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด โดยแต่ละสูตรจะแปรผันตามสถานการณ์ของปริมาณล้อยเสียเป็นเกณฑ์ สำหรับการหลอมจะมีการใช้เตาหลอม 2 เตา โดยเตาที่ 1 เรียกว่า Melting Furnace จะทำการหลอม Primary Ingot และ Secondary Ingot และ Wheel Scrap ตามสูตร และเตาที่ 2 เรียกว่า Swarf Melting Furnace จะทำการหลอม Aluminium Chip โดยจะใช้เศษ Chip ที่ได้จากการบวกรถถัง

กระบวนการหล่ออลูมิเนียม จะแบบ Low Pressure Casting โดยใช้เครื่องหล่อ 2 แบบ คือ Borli และ LPM ระบบของเครื่องทั้ง 2 รุ่นนี้จะแตกต่างกันเพียงเรื่องเทคโนโลยีในการทำงานของเครื่องจักร การป้อนพารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยในการทำงานจะเป็นแบบใช้แรงดันในน้ำอลูมิเนียมให้ค่อยๆ ไหลเข้าไปในแม่พิมพ์จนเต็มแม่พิมพ์ จากนั้นแม่พิมพ์ก็จะเปิดออก และถอดล้อยออกจากแม่พิมพ์

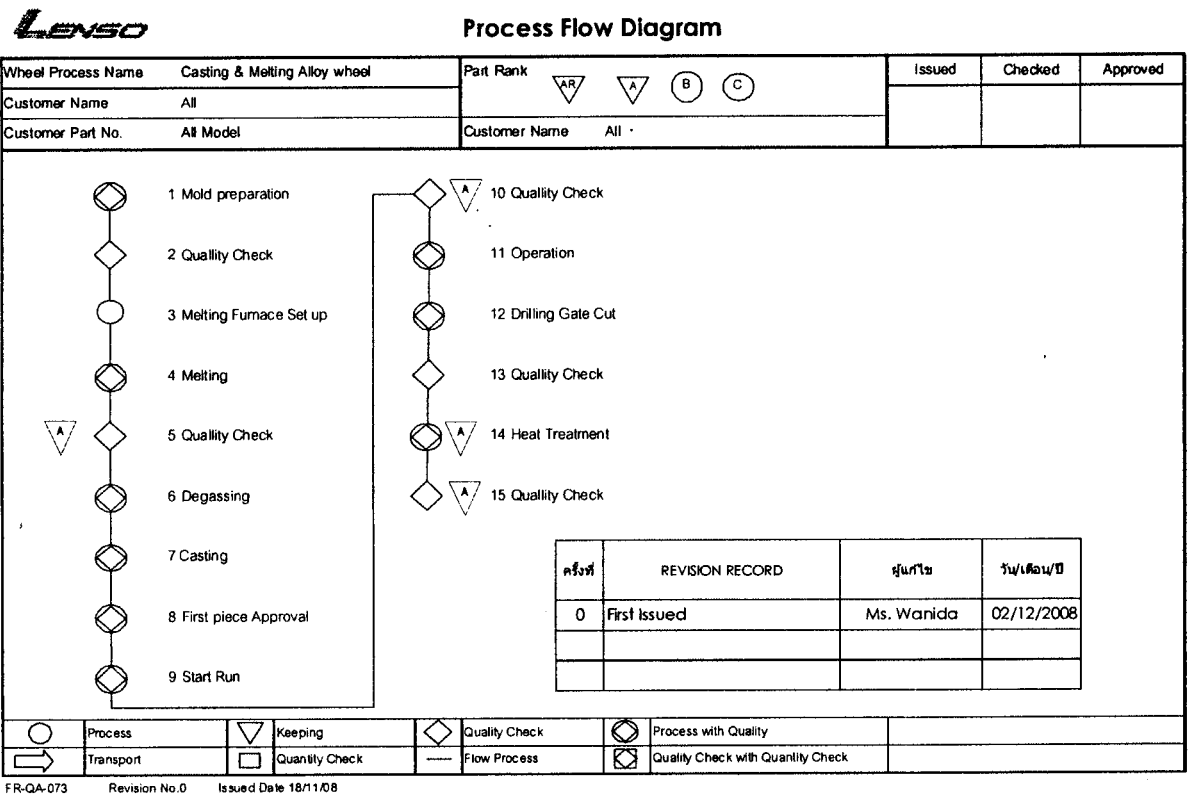
ภายหลังการหล่อ ล้อยจะถูกเจาะ Gate Cut แล้วนำเข้าสู่กระบวนการ Heat Treatment ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

Solid Solution Heat Treatment วิธีนี้เรียกสั้นๆ ได้ว่า อบละลาย ซึ่งใช้หลักที่ว่า ความสามารถในการละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกับอะลูมิเนียมของธาตุผสมที่สำคัญ อย่างเช่น ทองแดง นั้นเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิสูง ธาตุผสมละลายได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะฉะนั้น ถ้าเอาอะลูมิเนียมที่ผสมทองแดงให้ร้อนขึ้นไปจนถึง 540°C เป็นเวลานานพอให้ทองแดงที่ผสมอยู่ ซึ่งไม่เกินจุดอิ่มตัวละลายเข้าไปในเนื้อของอะลูมิเนียมให้หมด จากนั้นก็ทำให้อะลูมิเนียมเย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยการชุบลงในน้ำ เนื่องจากการเย็นตัวเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ทองแดงที่เกินจุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องจึงถูกกักอยู่ในเนื้ออะลูมิเนียมและไม่มีโอกาสเคลื่อนที่แยกตัวออกจากเนื้ออะลูมิเนียม เป็นเฟสใหม่เมื่อมองในระดับจุลโครงสร้าง อะตอมของทองแดงถือเป็นสิ่งแปลกปนเมื่ออยู่ในเนื้อของอะลูมิเนียม ทำให้การเรียงตัวของอะตอมของอะลูมิเนียมบิดเบี้ยวไปจากที่ควรจะเป็น ก่อให้เกิด Strain ขึ้น และมีผลให้โลหะสร้างแรงต้านทานต่อแรงทางกลภายนอกที่มากกระทำได้มากขึ้นคือ โลหะมีความแข็งแรงมากขึ้นอันเป็นผลจากการที่มีทองแดงละลายผสมอยู่ในเนื้อ (Solid Solution Hardening)

Precipitation Hardening (Aging) วิธีนี้ทำต่อเนื่องจากการทำให้ธาตุผสมละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกับอะลูมิเนียม ทองแดงที่มีปริมาณเกินจุดอิ่มตัว แต่ละลายอยู่เป็นเนื้อเดียวกับอะลูมิเนียมนั้น ไม่มีเสถียรภาพ มันพยายามก่อตัวเป็นเฟสใหม่แยกตัวออกจากเนื้ออะลูมิเนียม การก่อตัวนี้ต้องอาศัยการเคลื่อนที่ของทั้งอะตอมอะลูมิเนียมและของทองแดง แต่การเคลื่อนตัวของ

อะตอมในเนื้อโลหะในสภาพของแข็งทำได้ลำบากมากในทางปฏิบัติถือว่าไม่เกิดขึ้น จึงต้องมีการเผาให้อะลูมิเนียมร้อนขึ้นเพื่อช่วยให้อะตอมของธาตุในเนื้อโลหะสามารถเคลื่อนตัวได้ง่ายขึ้น อุณหภูมิที่ใช้เผาอยู่ช่วง 150-180°C อนึ่ง ความแข็งแรงของโลหะจะมีมากเฉพาะในช่วงที่อยู่ระหว่างขบวนการจุดของเฟสใหม่เท่านั้น ถ้าผ่านพ้นช่วงนี้ไปถึงขั้นที่เกิดเฟสใหม่เป็นรูปเป็นร่างที่แน่ชัดจากเนื้ออะลูมิเนียมเดิมแล้วอะตอมของธาตุในเฟสใหม่จะไม่เหนียว (Coherent Bond) กับอะตอมของธาตุในเฟสเก่าหมายความว่า ไม่เกิด Strain และความแข็งแรงของอะลูมิเนียมจะลดลงกว่าเดิม ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การบ่มมากเกินไป (Over-Aging)

โดยแผนผังกระบวนการหลอมและหล่ออะลูมิเนียม เป็นดังนี้



ภาพที่ 2.2 แผนผังกระบวนการหลอม และหล่ออะลูมิเนียม

2. แนวคิดของกิจกรรม TPM (ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา, 2547)

2.1 ประวัติความเป็นมา และการพัฒนาของ TPM

PM (การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน) ในประเทศญี่ปุ่นเป็นระบบที่ได้มีการนำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกาพร้อมๆ กับการเจริญเติบโตมาของอุตสาหกรรม PM มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มขึ้นของคุณภาพของผลิตภัณฑ์และผลผลิต

การริบร่อนนำเอา PM จากประเทศอเมริกาเข้ามาดำเนินการ ก็เนื่องมาจากการผลิตในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรและสภาพของเครื่องจักรนั้นมักมีผลกระทบต่อผลผลิต คุณภาพ อุบัติภัย และสิ่งแวดล้อมค่อนข้างรุนแรง

PM ที่นำเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมนั้น มีส่วนช่วยทำให้โครงสร้างการบริหารของการบำรุงรักษา ระบบการดูแลเครื่องจักร เพิ่มเทคโนโลยีทางด้านเครื่องจักร และเพิ่มประสิทธิภาพของการบำรุงรักษา

อนึ่ง เนื่องจากมีความต้องการที่จะลดการใช้แรงงานในอุตสาหกรรมการประกอบและการแปรรูป จึงได้มีการลงทุนทางด้านเครื่องจักรเป็นอย่างมาก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ทำให้เครื่องจักรมีการพัฒนาเป็นระบบอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น และการใช้หุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมก็ทำให้ประเทศญี่ปุ่นมีมาตรฐานอยู่ในระดับสูงสุดของโลก

แนวโน้มดังกล่าวนี้ ทำให้มีความสนใจที่จะพัฒนา PM ในอุตสาหกรรมการประกอบและก่อให้เกิด PM ที่มีลักษณะเฉพาะในสไคล์ญี่ปุ่น ซึ่งถูกเรียกว่า “TPM: Total Productive Maintenance” “การบำรุงรักษาแบบทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม”

โดยแบ่งช่วงการพัฒนาเป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown Maintenance: BM)

ช่วงที่ 2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM)

ช่วงที่ 3 การบำรุงรักษาทวิผล (Productive Maintenance: PM/MP/CM)

ช่วงที่ 4 การบำรุงรักษาทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance:

PM/AM)

2.2 ความหมายและคำจำกัดความของกิจกรรม TPM

TPM ย่อมาจาก Total Productive Maintenance

T: Total โดยทุกคนมีส่วนร่วม

P: Productive เพิ่มความสามารถในการผลิต

M: Maintenance การบำรุงรักษาเครื่องจักร

Total Productive Maintenance การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม

หน่วยงาน Japan Institute Plant Maintenance: JIPM ได้กำหนดคำจำกัดความของกิจกรรม TPM สำหรับกิจกรรม TPM เฉพาะของฝ่ายผลิตและสำหรับความหมายโดยรวมทั่วทั้งบริษัท ดังนี้

คำจำกัดความของกิจกรรม TPM (กิจกรรม TPM ของฝ่ายผลิต)

1. เป็นกิจกรรมที่มีการตั้งเป้าหมายที่จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักร (ประสิทธิภาพโดยรวม) มีค่าสูงที่สุด
2. มีการสร้างระบบโดยรวม (Total System) ของ PM ตลอดช่วงอายุการใช้งานของเครื่องจักร
3. มีการดำเนินกิจกรรมทั่วทุกฝ่าย อาทิ ฝ่ายวางแผนเครื่องจักร ฝ่ายใช้ และฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นต้น
4. พนักงานทุกๆ คน ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงพนักงานในระดับปฏิบัติการ เข้าร่วมกิจกรรม
5. มีการส่งเสริมกิจกรรม PM ด้วยการบริหารจัดการแบบกระตุ้นให้มีความกระตือรือร้น โดยอาศัยกิจกรรมกลุ่มย่อย

คำจำกัดความของกิจกรรม TPM (กิจกรรม TPM ของทั่วทั้งบริษัท)

1. เป็นกิจกรรมที่มีการตั้งเป้าหมายเพื่อจะสร้างแก่นแท้ของบริษัท ที่สามารถแสวงหาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตที่สูงที่สุด (ประสิทธิภาพโดยรวม)
2. สร้างระบบเชิงป้องกัน กับการเกิดความสูญเสียทั้งหมดล่วงหน้า เช่น อุบัติเหตุ เป็นศูนย์ ของเสียเป็นศูนย์ การชำรุดเสียหายเป็นศูนย์ ตลอดช่วงอายุ (Life Cycle) ของระบบการผลิต โดยอาศัยหลักการสถานที่จริงและของจริง
3. กิจกรรมเริ่มที่ฝ่ายผลิต และขยายวงกว้างสู่ฝ่ายทุกๆ ฝ่าย เช่น ฝ่ายพัฒนา ฝ่ายขาย และฝ่ายบริหาร เป็นต้น

4. พนักงานทุกๆ คน ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงพนักงานในระดับปฏิบัติการ เข้าร่วมกิจกรรม
5. ทำให้สามารถบรรลุความสูญเสียเป็นศูนย์ได้ โดยอาศัยกิจกรรมกลุ่มย่อยที่ซับซ้อนกัน

2.3 แนวคิดพื้นฐานของ TPM

คำว่า PM เกิดขึ้นในประเทศอเมริกาและเข้าสู่ญี่ปุ่นครั้งแรก เมื่อ ค.ศ.1950 ในฐานะ Preventive Maintenance หรือการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และในช่วง 10 ปีหลังจากนั้น ญี่ปุ่น ได้มีการเรียนรู้ระบบการบำรุงรักษาอีกมากมายจากอเมริกา ไม่ว่าจะเป็น Corrective Maintenance (CM) หรือการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง Maintenance Prevention (MP) หรือการป้องกันการบำรุงรักษาเพิ่มเติมจาก PM เดิม จนกระทั่งมาถึง Productive Maintenance (PM) หรือการบำรุงรักษาทีผล

และจากมุมมองทางด้านการบริหารแบบญี่ปุ่นที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกคน ประกอบกับประสบการณ์การใช้ PM ตามแนวคิดของอเมริกา ทำให้ PM ได้พัฒนามาเป็น TPM ซึ่งหมายถึงการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมนั่นเอง ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า TPM มีที่มาจากอุตสาหกรรมในประเทศญี่ปุ่น

ถึงแม้ว่า TPM จะพัฒนาขึ้นจากการบริหารที่มีเอกลักษณ์เฉพาะแบบญี่ปุ่น ที่ทำให้ทั่วทั้งบริษัทเข้ามามีส่วนร่วมในการบำรุงรักษา แต่แน่นอนว่าเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมซ่อมบำรุง ก็ยังอยู่บนพื้นฐานของอเมริกา แล้วอะไรบ้างที่แตกต่างกันระหว่าง PM ดั้งเดิมของอเมริกา กับ TPM ที่เป็นการพัฒนาของประเทศญี่ปุ่น ในตารางที่ 1.1 จะแสดงให้เห็นความแตกต่างในประเด็นต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่าง PM และ TPM

ประเด็น	PM ของอเมริกา	TPM ของญี่ปุ่น
1	ให้ความสำคัญกับวิศวกรซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงค้นหาวิธีที่จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์สูงสุดเฉพาะอัตราการเดินทาง โดยไม่ได้สนใจที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งกระบวนการผลิตที่มีผลมาจากคุณภาพ และวิธีการทำงานด้วย	ให้ความสำคัญกับทุกคนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต โดยไม่ได้เน้นอัตราการเดินทางเพียงอย่างเดียว แต่เน้นประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นกรรมวิธีการผลิต วิธีการทำงาน และคุณภาพในการทำงาน
2	พนักงานผู้ใช้เครื่อง ได้รับการมอบหมายให้ทำการผลิตเพียงอย่างเดียว ในขณะที่งานซ่อมบำรุงทั้งหมด ทั้งการบำรุงรักษาประจำวัน การตรวจสอบ การซ่อมอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของฝ่ายซ่อมบำรุง	พนักงานผู้ใช้เครื่อง ต้องทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตัวเอง ในส่วนที่เป็นการบำรุงรักษาประจำวัน นอกเหนือจากนั้นให้เป็นหน้าที่ของช่างซ่อมบำรุงผู้เชี่ยวชาญ
3	ไม่มีการทำงานในลักษณะกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small-Group Activity) ที่ทุกคนต้องเป็นสมาชิกไม่กลุ่มใดก็กลุ่มหนึ่ง	ทุกคนเป็นสมาชิกในกลุ่มย่อย โดยมีการแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น ระดับบริหาร ระดับหัวหน้างาน และระดับปฏิบัติการ โดยแต่ละกลุ่มจะมีภาระงานที่คาบเกี่ยวกัน (Overlapping)

โดยสรุป แนวคิดพื้นฐานของ TPM เป็นดังนี้

1. การสร้างความเข้มแข็งให้กับบริษัท มุ่งเน้นการกำจัดอุบัติเหตุ ของเสีย และเครื่องจักรเสียให้เป็นศูนย์
2. ปรัชญาการเชิงป้องกันด้วย PM: Preventive Maintenance (การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน) CM: Corrective Maintenance (การบำรุงรักษาเชิงตัดแปลงแก้ไข) และ MP: Maintenance Prevention (การป้องกันการบำรุงรักษา)
3. พนักงานทุกคนมีส่วนร่วม โดยจัดองค์กรเป็นกลุ่มย่อยแบบทับซ้อนอย่างเป็นระบบ ทำกิจกรรม AM: Autonomous Maintenance โดยพนักงานปฏิบัติการ
4. ใช้หลักการสถานที่จริง (Genba) และของจริง (Genbutsu)
5. ทำให้เป็นอัตโนมัติและเป็นโรงงานที่ไม่ต้องใช้คนงาน

2.4 ขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรม TPM

โดยทั่วไป โปรแกรมในการดำเนินกิจกรรม TPM จะแบ่งออกเป็น 12 ขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ซึ่ง 12 ขั้นตอนนี้ แบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง ดังนี้ ช่วงการเตรียมการ ช่วงเริ่มนำมาใช้ ช่วงเข้าสู่การดำเนินการปฏิบัติ และช่วงที่มีความมั่นคง

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนของโปรแกรมการดำเนินกิจกรรม TPM

หัวข้อ	ขั้นตอน	สาระสำคัญ
ช่วง เตรียมการ	1. การประกาศเจตนารมณ์การนำ TPM เข้ามาดำเนินการในบริษัท ของผู้บริหาร ระดับสูง	ประกาศ ในการสัมมนากิจกรรม TPM ภายในบริษัท
	2. ให้การอบรม และแรงจูงใจในการนำ กิจกรรม TPM มาดำเนินการในบริษัท	ฝ่ายบริหาร อบรมสัมมนาโดยแยกตาม ระดับตำแหน่งงานทั่วไป
	3. จัดตั้งโครงสร้างการบริหารเพื่อผลักดัน กิจกรรม TPM และกำหนดเครื่องจักร ต้นแบบ ของระดับผู้บริหาร	คณะกรรมการของเสาต่างๆ และสำนักงาน
	4. กำหนดนโยบายพื้นฐาน และเป้าหมาย ของกิจกรรม TPM	กำหนด Benchmark และเป้าหมาย คาดคะเนผลลัพธ์ที่จะได้
	5. จัดทำแผนแม่บท (Master Plan) ของ การดำเนินกิจกรรม TPM	ตั้งแต่การเตรียมการ จนถึงการขอรับการ ตรวจประเมิน
ช่วงเริ่ม นำมาใช้	6. Kick-off กิจกรรม TPM	เชิญลูกค้า บริษัทที่เกี่ยวข้อง บริษัทที่ให้ ความร่วมมือกับบริษัท
ช่วงเข้าสู่ การ ดำเนินการ ปฏิบัติ	7. สร้างระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	แสวงหาประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด
	7.1 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Kobetsu- Kaizen)	กิจกรรมของ Project Team และกิจกรรม กลุ่มย่อยในสถานประกอบการ
	7.2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Jishu-Hozen)	ดำเนินการแบบขั้นตอน มีการประเมินผล และมอบใบรับรองการผ่าน
	7.3 การบำรุงรักษาเชิงวางแผน (Planned Maintenance)	การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข การบำรุงรักษา ตามกำหนดระยะเวลา และการบำรุงรักษา เชิงทำนาย

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

หัวข้อ	ขั้นตอน	สาระสำคัญ
ช่วงเข้าสู่ การ ดำเนินการ ปฏิบัติ	7.4 ฝึกอบรมเพื่อยกระดับทักษะ ความชำนาญในการเดินเครื่องจักร และ การบำรุงรักษา	อบรมโดยการรวมกลุ่มกับหัวหน้างาน และ อบรมแบบถ่ายทอดไปยังสมาชิกของกลุ่ม
	8. สร้างระบบการควบคุม ดูแลขั้นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ และเครื่องจักรใหม่	พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ง่าย และ สร้างเครื่องจักรที่ใช้งานได้ง่าย
	9. สร้างระบบการบำรุงรักษาคุณภาพ	กำหนดสถานะเงื่อนไขที่ไม่ผลิตของเสีย และควบคุมดูแลสถานะเงื่อนไขเหล่านั้น
ช่วงมี ความ มั่นคง	10. สร้างระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ ฝ่ายงานบริหาร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต โดยตรง	สนับสนุนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ของฝ่ายงานของตัวเอง เพิ่มประสิทธิภาพ ของอุปกรณ์เครื่องจักร
	11. สร้างระบบการบริหารด้านความ ปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม	สร้างระบบเพื่อให้อุบัติเหตุเป็นศูนย์ และ มลภาวะเป็นศูนย์
	12. ดำเนินกิจกรรม TPM ให้เสร็จสมบูรณ์ และยกระดับกิจกรรม TPM	รับการตรวจประเมินเพื่อรับรางวัล PM และทำทาบเป้าหมายที่สูงขึ้นต่อไป

1. การประกาศเจตนารมณ์ในการนำกิจกรรม TPM เข้ามาดำเนินการในบริษัท
ของผู้บริหารระดับสูง

การประกาศเจตนารมณ์ที่จะนำกิจกรรมเข้ามาดำเนินการของผู้บริหาร
ระดับสูงนี้ จะเป็นสิ่งที่ยืนยันชัดเจนถึงความมุ่งมั่น ที่จะทำให้งานนี้ประสบความสำเร็จ และสิ่งนี้
จะเป็นการบอกให้พนักงานทุกคน และผู้เกี่ยวข้องทราบถึงความเข้าใจในกิจกรรม TPM และพร้อม
ที่จะให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ทั้งด้านกายภาพและจิตใจ เพื่อแก้ไขปัญหาความยากลำบากต่างๆ ที่
อาจจะเกิดขึ้นในช่วงดำเนินการกิจกรรม TPM

กิจกรรมการเตรียมการของ TPM อย่างเป็นทางการจะเริ่มต้นขึ้นหลังจากที่ได้
ประกาศเจตนารมณ์แล้ว

2. การอบรม และรณรงค์ในการนำกิจกรรม TPM มาดำเนินการในบริษัท

ก่อนที่จะดำเนินกิจกรรม TPM จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจกิจกรรม TPM ให้ดีเสียก่อน ดังนั้น จึงควรที่จะมีการเข้าไปร่วมสัมมนาภายนอกบริษัทหรือมีการวางแผน และดำเนินการอบรมภายในบริษัท เพื่อสามารถบรรลุวัตถุประสงค์

3. การจัดตั้งโครงสร้างการบริหารเพื่อผลักดันกิจกรรม TPM และกำหนด เครื่องจักรต้นแบบของระดับผู้บริหาร

กิจกรรม TPM เป็นกิจกรรมที่มีการผลักดันไปโดยโครงสร้างการบริหาร จัดการ ที่มีกลุ่มย่อยแบบซับซ้อนกัน ผู้บริหารระดับสูง และผู้บริหารระดับต่างๆ ต่างก็เป็นหนึ่งใน กลุ่มย่อยเช่นกัน กลุ่มย่อยที่ซับซ้อนกันเหล่านี้จะต้องเข้าใจถึงนโยบายของผู้บริหารระดับสูง และ เข้าใจถึงความหมายที่สำคัญหรือที่จะบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

นอกจากนี้ จำเป็นที่จะต้องมีการจัดตั้งสำนักงานส่งเสริมกิจกรรม TPM โดย สำนักงานส่งเสริมกิจกรรมนี้ เป็นหน่วยงานที่จะวางกลยุทธ์ต่างๆ หรือที่จะทำให้การดำเนิน กิจกรรม TPM เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อาทิ จัดทำแผนแม่บทของกิจกรรม TPM ปรับแผน ส่งเสริมกิจกรรม กระตุ้นกิจกรรม รณรงค์ และจัดทำการประชุมสัมพันธ์ต่างๆ และในสำนักงานนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการรับผิดชอบเพิ่มเติมเวลา

4. การกำหนดนโยบายพื้นฐาน และเป้าหมายของกิจกรรม TPM

นโยบายพื้นฐานของการส่งเสริมกิจกรรม TPM จะมีการกำหนดขึ้นให้ สอดคล้องกับนโยบายทางธุรกิจของบริษัท และเป็นนโยบายที่จะแสดงถึงจุดมุ่งหมาย และทิศทาง ของกิจกรรม

ในการกำหนดเป้าหมาย จะต้องกำหนดให้เป็นตัวเลขที่สามารถวัดได้ ซึ่งก่อนอื่นจำเป็นต้องทราบค่า Benchmark อย่างชัดเจน ค่า Benchmark เป็นค่าที่แสดงสถานะปัจจุบัน ซึ่งมี ทั้งส่วนที่แสดงเป็นตัวเลขเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ

การกำหนดเป้าหมาย เป็นการกำหนดว่าระดับที่ต้องการจะบรรลุ เมื่อเทียบกับ ค่า Benchmark การกำหนดค่าเป้าหมายสูงหรือต่ำ จะมีความสำคัญยิ่ง และมีผลกระทบต่อกิจกรรม ในภายหลัง เป้าหมายจะเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายระยะปานกลางและระยะยาวของบริษัท การ กำหนดเป้าหมายโดยเริ่มจากผู้บริหารระดับสูงสุดและผ่านการพูดคุยกันกับผู้เกี่ยวข้องอย่างดีพอ จึง เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

5. การจัดทำแผนแม่บท (Master Plan) ของการดำเนินกิจกรรม TPM

จะดำเนินกิจกรรมอะไรบ้างเพื่อให้สามารถบรรลุตามเป้าหมายได้ ก่อนอื่นจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกกิจกรรมที่จะทำ เราจะดูช่องว่างระหว่างค่าเป้าหมายกับ Benchmark ได้อย่างไร เราจะดำเนินกิจกรรมอะไรบ้างเพื่อที่จะทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกกิจกรรมที่จะทำเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

โดยทั่วไป มักจะเลือก 8 กิจกรรม ดังต่อไปนี้

- 1) การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Kobetsukaizen)
- 2) การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Jishuhozen)
- 3) การบำรุงรักษาเชิงวางแผน (Planned Maintenance)
- 4) การฝึกอบรม (Education and Training)
- 5) การควบคุม ดูแลขั้นต้น (Initial Phase Control)
- 6) การบำรุงรักษาคุณภาพ (Quality Maintenance)
- 7) กิจกรรมของฝ่ายบริหารที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรง
- 8) ความปลอดภัย สภาวะแวดล้อม

นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมอื่นที่มีความจำเป็น ดังนี้

- เทคนิคการตรวจวินิจฉัย และการบำรุงรักษาเชิงทำนาย
- ระบบการควบคุมดูแลเครื่องจักร
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการสร้างและออกแบบเครื่องจักร

กิจกรรมเหล่านี้ จำเป็นที่จะต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการและต้องมีการบริหารจัดการ และจำเป็นต้องกำหนดแผนของแต่ละกิจกรรมลงในแผนแม่บท

6. การ Kick-off กิจกรรม TPM

หลังจากที่แผนแม่บทได้มีการจัดทำขึ้นและได้รับการอนุมัติแล้ว ก็จะมีการดำเนินการ Kick-off ต่อไป

7. ช่วงของการนำเข้าสู่การดำเนินการปฏิบัติ

ในช่วงของการเข้าสู่การดำเนินการปฏิบัติ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการส่งเสริม และมีการเฝ้าติดตามกิจกรรมแต่ละกิจกรรม การเฝ้าติดตามคือการพิจารณาว่ากิจกรรมนั้นๆ มีความคืบหน้าตามแผนหรือไม่ และมีการยืนยันผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมนั้นๆ

8. ช่วงมีความมั่นคง

ในช่วงแรกของกิจกรรม TPM จะสิ้นสุดเมื่อได้รับรางวัล แต่กิจกรรม TPM จะมีการเพิ่มระดับให้สูงขึ้นโดยไม่มีที่สิ้นสุดและจะต้องมีการทำอย่างต่อเนื่อง เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งที่จะต้องทำให้กิจกรรมมีความมั่นคงยั่งยืน

2.5 เสาหลักของการดำเนินกิจกรรม TPM

TPM ประกอบไปด้วย เสาหลัก 8 เสา ดังนี้

- 1) Pillar 1: การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง
(Individual Improvement)
- 2) Pillar 2: การบำรุงรักษาด้วยตัวเอง
(Autonomous Maintenance)
- 3) Pillar 3: การบำรุงรักษาตามแผน
(Planned Maintenance)
- 4) Pillar 4: การศึกษาและฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะการทำงาน และการบำรุงรักษา
(Operational and Maintenance skill development)
- 5) Pillar 5: การดำเนินถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ
(Initial phase Management)
- 6) Pillar 6: การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ
(Quality Maintenance)
- 7) Pillar 7: ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิต
หรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน
(TPM in Office)
- 8) Pillar 8: ระบบอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน
(Safety, Hygiene, Energy and Environment)

3. การบำรุงรักษาคุณภาพ (Quality Maintenance)

3.1 การบำรุงรักษาคุณภาพคืออะไร (ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา, 2547)

การบำรุงรักษาคุณภาพ เป็นกิจกรรมที่มีการใช้แนวคิดในการรักษาเครื่องจักรให้สมบูรณ์เป็นพื้นฐาน เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือวัสดุแปรรูปให้เป็นไปตามที่กำหนด โดยจะมีการกำหนดสภาวะเงื่อนไขของเครื่องจักรที่จะไม่ผลิตของเสีย และมีการตรวจวัด หรือตรวจเช็คสภาวะเงื่อนไขเหล่านั้นเป็นระยะๆ จะมีการป้องกันการเกิดของเสีย โดยการตรวจสอบยืนยันค่าที่ตรวจวัดได้นั้น ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งทำนายความเป็นไปได้ที่จะเกิดของเสีย โดยการดูแนวโน้มของค่าที่ตรวจวัดได้นั้น และหามาตรการป้องกันไว้ล่วงหน้า

3.2 แนวคิดพื้นฐาน (ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา, 2547)

แนวคิดพื้นฐานของการบำรุงรักษาคุณภาพนั้น ไม่ใช่เป็นการหามาตรการแก้ไขเพื่อหาว่าเกิดของเสียขึ้นหลังจากที่ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ แต่เป็นการป้องกันการเกิดของเสียไว้ล่วงหน้าที่มีสาเหตุมาจากสภาวะเงื่อนไขของกระบวนการและเครื่องจักร โดยการทราบสภาวะเงื่อนไขของกระบวนการ และรายการที่จะต้องตรวจเช็คสภาพของเครื่องจักรที่มีผลต่อคุณภาพอย่างชัดเจน และทำการตรวจวัดสภาวะเงื่อนไข หรือรายการตรวจเช็คดังกล่าวนี้ เป็นระยะๆ

กล่าวคือ สาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียนั้นสามารถพิจารณาได้ว่า คือ ปัจจัย 4M “การกำหนดสภาวะเงื่อนไข” เป็นการกำหนดขอบเขตของสภาวะที่จะต้องควบคุมดูแล เพื่อให้ทำให้เกิดของดี และในการควบคุมดูแล สภาวะเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้นั้น จะดำเนินการ โดยกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นเสาหลักหนึ่งของกิจกรรม TPM และ “พนักงานในระดับปฏิบัติการที่มีความเชี่ยวชาญในงาน” ซึ่งได้รับการเพิ่มทักษะความชำนาญ โดยการฝึกอบรมทางด้านเทคนิคการผลิต และจากผลของการกำหนด และควบคุมดูแลสภาวะเงื่อนไขดังกล่าวนี้ ก็จะทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นศูนย์ได้จริง

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (QM Step-by-Step) (ธานี อ่วมอ้อ, 2546)

ตารางที่ 2.3 QM Step-by-Step

Step	Tool
1. ยืนยันคุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการ	Quality Characteristic check sheet
2. ยืนยันปรากฏการณ์ที่แสดงว่ามีปัญหา ด้านคุณภาพ	Deviation and Variation analysis (Histogram, Control Chart, etc.)
3. เลือกเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ต้องควบคุม เป็นพิเศษ	Pareto analysis
4. ศึกษา และทบทวน โครงสร้าง และหลักการ ทำงาน	P-M Analysis
5. ศึกษาการตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องจักร ที่จะทำให้ ปราศจากของเสีย	ทำงานร่วมกับ Pillar 2: Autonomous Maintenance
6. ฟื้นฟูสภาพเครื่องจักร และปรับตั้งค่าต่างๆ ให้ได้ มาตรฐาน ที่ทำให้ปราศจากของเสีย	ทำงานร่วมกับ Pillar 3: Planned Maintenance
7. จัดทำตารางมาตรฐานการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ	QM Matrix and Standardization

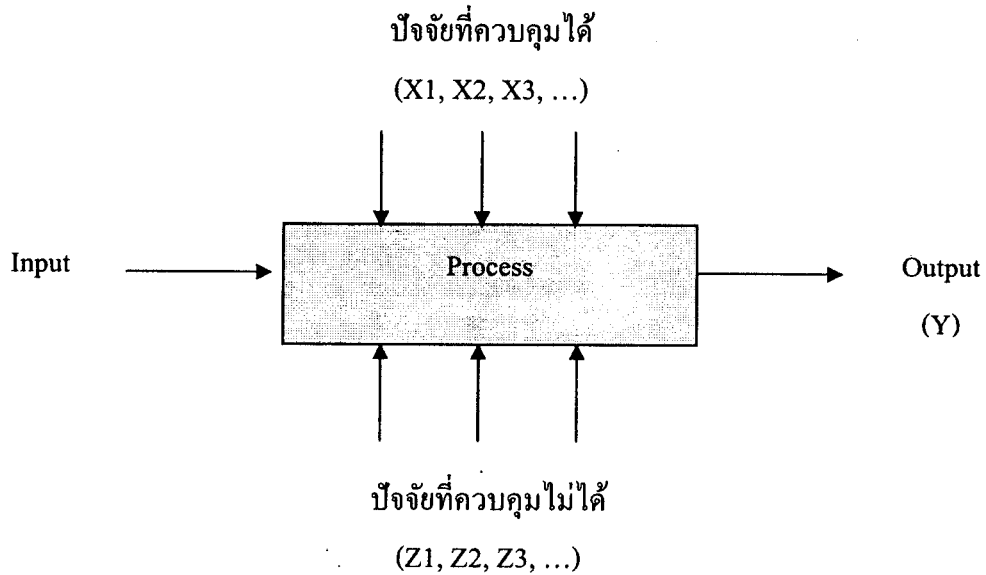
3.4 Quality Characteristic Sheet (ธานี อ่วมอ้อ, 2546)

เพื่อยืนยันคุณลักษณะทางกายภาพที่ได้ตกลงกับลูกค้าไว้รวมถึงพิถีพิถันตาม

- Drawing
- Variable quality characteristic
คุณลักษณะทางคุณภาพ ตามการวัด เช่น ความหนา ส่วนสูง น้ำหนัก เป็นต้น
- Attribute quality characteristic
คุณลักษณะทางคุณภาพ ที่เป็นรูปแบบของการแสดงออก หรือพฤติกรรมของ
ผลิตภัณฑ์ เช่น หมุนคล่อง เดินเรียบ เปิดติด ปิดดับ เป็นต้น
- Appearance quality characteristic
คุณลักษณะทางคุณภาพ ที่ปรากฏชัดต่อสายตา ส่วนใหญ่เป็นเรื่องความชอบ
ความรู้สึก ไม่เกี่ยวกับสมรรถนะการใช้งาน เช่น สวยเงางาม ไม่มีริ้วรอย เป็นต้น

3.5 Deviation Analysis

3.5.1 Quality Problem (ธานี อ่วมอ้อ, 2546)



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิต

- 1) ปัญหาคุณภาพ ด้านการควบคุม หมายถึง ความเบี่ยงเบน (Deviation) ของตัว X ไปจากค่าที่ออกแบบไว้ จนส่งผลกระทบต่อมาตรฐานของตัวแปร Y (ผลลัพธ์)
- 2) ปัญหาคุณภาพ ด้านการปรับปรุง หมายถึง ความเบี่ยงเบน (Deviation) ของตัว X ไปจากค่าคาดหวังที่ตั้งไว้ จนส่งผลกระทบต่อ การปรับปรุงของตัวแปร Y (ผลลัพธ์)
- 3) การนิยามปัญหาคุณภาพ

มาตรฐานการปฏิบัติงาน X การปฏิบัติงานตามมาตรฐาน = สมรรถนะขององค์กร



ภาพที่ 2.4 นิยามปัญหาคุณภาพ

3.5.2 Control Chart (Michael H.Down, Todd Kerkstra, Peter Cvetkovski, David R. Benham, 2005)

● **Introduction**

Control charts can be used to monitor or evaluate a process. There are basically two types of control charts, those for variables data and those for attributes data. The process itself will dictate which type of control chart to use. If the data derived from the process are of a discrete nature (e.g., go/no-go, acceptable/not acceptable) then an attributes type of chart would be used. If the data derived from the process are of a continuous nature (e.g., diameter, length) then a variables type of chart would be used. Within each chart type there are several chart combinations that can be used to further evaluate the process.

Some of the more common chart types, Average (Xbar) and Range (R) charts, Individuals (I) chart, Moving Range (MR) chart, etc., belong to the variables chart family. Charts based on count or percent data (e.g., p, np, c, u) belong to the attributes chart family.

When introducing control charts into an organization, it is important to prioritize problem areas and use charts where they are most needed. Problem signals can come from the cost control system, user complaints, internal bottlenecks, etc. the use of attributes control charts on key overall quality measures often points the way to the specific process areas that would need more detailed examination including the possible use of control charts for variables.

If available, variables data are always preferred as they contain more useful information than attributes data for the same amount of effort. For example you need a larger sample size for attributes than for variables data to have the same amount of confidence in the results. If the use of variables measurement systems is infeasible, the application of attributes analysis should not be overlooked.

● *Variables Control Charts*

Variables control charts represent the typical application of statistical process control where the processes and their outputs can be characterized by variable measurements.

Variables control charts are particularly useful for several reasons:

- A quantitative value (e.g., “the diameter is 16.45mm”) contains more information than a simple yes-no statement (e.g., “the diameter is within specification”);

- Although collecting variables data is usually more costly than collecting attributes data (e.g., go/no-go), a decision can be reached more quickly with a smaller sample size. This can lead to lower total measurement costs due to increased efficiency;

- Because fewer parts need to be checked before making reliable decisions, the time delay between an “out-of-control” signal and corrective action is usually shorter; and

- With variables data, performance of a process can be analyzed, and improvement can be quantified, even if all individual values are within the specification limits. This is important in seeking continual improvement.

A variables chart can explain process data in terms of its process variation, piece-to-piece variation, and its process average. Because of this, control charts for variables are usually prepared and analyzed in pairs, one chart for process average and another for the process variation. The most commonly used pair are the X bar and R charts. X bar is the arithmetic average of the values in small subgroups – a measure of process average; R is the range of values within each subgroup (highest minus lowest) – a measure of process variation. However, there are a number of other control charts that may be more useful under certain circumstances.

The X bar and R charts may be the most common charts, but they may not be the most appropriate for all situations.

Variables Control Charts are listed below:

- Average and Range Charts (\bar{X} , R)
- Average and Standard Deviation Charts (\bar{X} , s)
- Median and Range Charts (X_{median} , R)
- Individuals and Moving Range Charts (X , MR)

● ***Attributes Control Charts***

Although control charts are most often thought of in terms of variables, control charts have also been developed for attributes. Attributes data have discrete values and they can be counted for recording and analysis. With attribute analysis the data are separated into distinct categories (conforming/nonconforming, pass/fail, go/no-go, present/absent, low/medium/high). Examples include the presence of a required label, the continuity of an electrical circuit, visual analysis of a painted surface, or errors in a typed document.

Other examples are of characteristics that are measurable, but where the results are recorded in a simple yes/no fashion, such as the conformance of a shaft diameter when measured on go/no-go gage, the acceptability of door margins to a visual or gage check, or on-time delivery performance. Control charts for attributes are important for several reasons:

- Attributes data situations exist in any technical or administrative process, so attributes analysis techniques are useful in many applications. The most significant difficulty is to develop precise operational definitions of what is conforming.

- Attributes data are already available in many situations – wherever there are existing inspections, repair logs, sorts of rejected material, etc. in these cases, no additional effort is required for data collection. The only expense involved is for the effort of converting the data to control chart form.

- Where new data must be collected, attributes information is generally quick and inexpensive to obtain. With simple gaging (e.g., a go/no-go gage or visual standards), specialized measurement skills are often not required. There are many occasions where specialized measurement skills are required especially when the part measured falls in the “gray” area.

- Much data gathered for management summary reporting are often in attributes form and can benefit from control chart analysis. Examples include scrap rates, quality audits and material rejections. Because of the ability to distinguish between special and common cause variation, control chart analysis can be valuable in interpreting these management reports.

Attributes Control Charts are listed below:

- Proportion Nonconforming Chart (p Chart)
- Number of Nonconforming Chart (np Chart)
- Number of Nonconformities per Unit Chart (u Chart)
- Number of Nonconformities Chart (c Chart)

● **Defining “Out-of-Control” Signals**

1) Point Beyond a Control Limit

The presence of one or more points beyond either control limit is primary evidence of special cause variation at that point. This special cause could have occurred prior to this point.

Since points beyond the control limits would be rare if only variation from common caused were present, the presumption is that a special cause has accounted for the extreme value. Therefore, any point beyond a control limit is a signal for analysis of the operation for the special cause. Mark any data points that are beyond the control limits for investigation and corrective action based on when that special cause actually started.

A point outside a control limit is generally a sign of one or more of the following:

- The control limit or plot point has been miscalculated or misplotted.
- The piece-to-piece variability or the spread of the distribution has increased (i.e., worsened), either at that one point in time or as part of a trend.
- The measurement system lacks appropriate discrimination.

For charts dealing with the spread, a point below the lower control limit is generally a sign of one or more of the following:

- The control limit or plot point is in error.
- The spread of the distribution has decreased (i.e., becomes better).
- The measurement system has changed (including possible editing or alteration of the data).

A point beyond either control limit is generally a sign that the process has shifted either at that one point or as part of a trend.

When the ranges are in statistical control, the process spread – the within - subgroup variation – is considered to be stable. The averages can then be analyzed to see if the process location is changing over time. Since control limits for \bar{X} are based upon the amount of variation in the ranges, then if the averages are in statistical control, their variation is related to the amount of variation seen in the ranges – the common – cause variation of the system. If the averages are not in control, some special causes of variation are making the process location unstable.

2) Patterns or Trends Within the Control Limits

The presence of unusual patterns or trends, even when all ranges are within the control limits, can be evidence of the influence of a special cause during the period of the pattern or trend. This could give the first warning of an unfavorable condition which should be corrected. Conversely, certain patterns or trends could be favorable and should be studied for possible permanent improvement of the process. Comparison of patterns between the range and average charts may give added insight.

There are situations where an “out-of-control pattern” may be a bad event for one process and a good event for another process. An example of this is that in an \bar{X} and R chart a series of 7 or more points on one side of the centerline may indicate an out-of-control situation. If this happened in a p chart, the process may actually be improving if the series is below the average line (less nonconformances are being produced). So in this case the series is a good thing – if we identify and retain the cause.

3) Runs

Runs – Each of the following are signs that a process shift or trend has begun:

- 7 points in a row on one side of the \bar{X} bar or R bar.
- 7 points in a row that are consistently increasing (equal to or greater than the preceding points), or consistently decreasing.

Mark the point that prompts the decision; it may be helpful to extend a reference line back to the beginning of the run. Analysis should consider the approximate time at which it appears that the trend or shift first began.

A run above the average range, or a run up, signifies one or both of the following:

- Greater spread in the output values, which could be from an irregular cause (such as equipment malfunction or loose fixturing) or from a shift in one of the process elements (e.g., a new, less uniform raw material lot).
- A change in the measurement system (e.g., new inspector or gage).

A run below the average range, or run down, signifies one or both of the following:

- Smaller spread in output values, which is usually a good condition that should be studied for wider application and process improvement.
- A change in the measurement system, which could mask real performance changes.

A run relative to the process average is generally a sign of one or both of the following:

- The process average has changed – and may still be changing.
- The measurement system has changed (drift, bias, sensitivity, etc.).

4) Obvious Nonrandom Patterns

In addition to the presence of points beyond control limits or long runs, other distinct patterns may appear in the data that give clues to special causes. Care should be taken not to over-interpret the data, since even random (i.e., common cause) data can sometimes give the illusion of nonrandomness (i.e., special causes). Examples of nonrandom

patterns could be obvious trends (even though they did not satisfy the runs tests), cycles, the overall spread of data points within the control limits, or even relationships among values within subgroups (e.g., the first reading might always be the highest). One test for the overall spread of subgroup data points is described below.

Distance of points from \bar{R} or \bar{X} : Generally, about 2/3 of the plotted points should lie within the middle third of the region between the control limits; about 1/3 of the points should be in the outer two-thirds of the region. If substantially more than 2/3 of the plotted points lie close to \bar{R} or \bar{X} investigate one or more of the following:

- The control limits or plot points have been miscalculated or misplotted.

- The process or the sampling method is stratified; each subgroup systematically contains measurements from two or more process streams that have very different process averages (e.g., one piece from each of several spindles).

- The data have been edited (subgroups with ranges that deviated much from the average have been altered or removed).

If substantially fewer than 2/3 of the plotted points lie close to \bar{R} (for 25 subgroups if 40% or fewer are in the middle third), investigate one or both of the following:

- The control limits or plot points have been miscalculated or misplotted.

- The process or the sampling method causes successive subgroups the contain measurements from two or more process streams that have dramatically different variability (e.g., mixed lots of input materials).

3.5.3 Process Capability (Michael H.Down, Todd Kerkstra, Peter Cvetkovski, David R. Benham, 2005)

- Cp

Cp: This is a capability index. It compares the process capability to the maximum allowable variation as indicated by the tolerance. This index provides a measure of how well the process will satisfy the variability requirements.

$$C_p \text{ is calculated by } C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6(\bar{R}/d_2)}$$

C_p is not impacted by the process location. This index can be calculated only for two-sided (bilateral) tolerances.

- C_{pk}

C_{pk} : This is a capability index. It takes the process location as well as the capability into account. For bilateral tolerances C_{pk} will always be less than or equal to C_p .

$$C_{pk} \leq C_p$$

C_{pk} will be equal to C_p only if the process is centered.

C_{pk} is calculated as the as the minimum of CPU or CPL where:

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{X}}{3(\bar{R}/d_2)} \quad \text{and}$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{X} - LSL}{3(\bar{R}/d_2)}$$

C_{pk} and C_p should always be evaluated and analyzed together. A C_p value significantly greater than the corresponding C_{pk} indicated an opportunity for improvement by centering the process.

- P_p

P_p : This is a performance index. It compares the process performance to the maximum allowable variation as indicated by the tolerance. This index provides a measure of how well the process will satisfy the variability requirements. P_p is calculated by

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s}$$

P_p is not impacted by the process location.

- Ppk

Ppk: This is a performance index. It takes the process location as well as the performance into account. For bilateral tolerances Ppk will always be less than or equal to Pp. Ppk will be equal to Pp only if the process is centered.

$$Ppk \leq Pp$$

Ppk is calculated as the as the minimum of PPU or PPL where:

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{USL - \bar{X}}{3s}$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s}$$

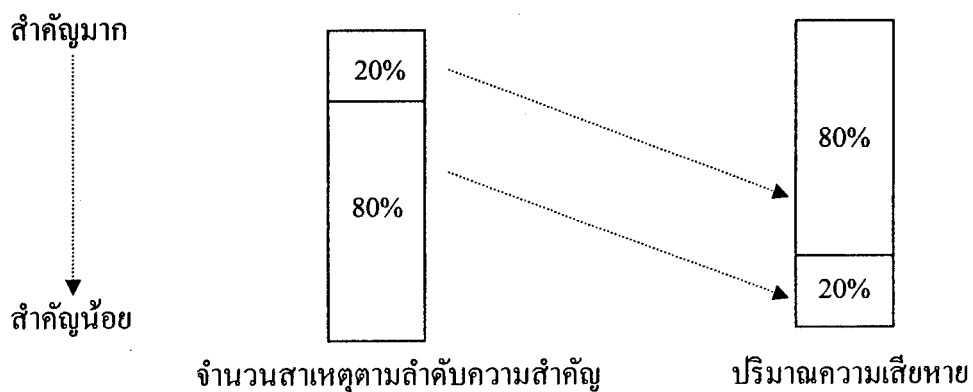
3.6 Pareto Analysis (ธานี อ่วมอ้อ, 2546)

Pareto Diagram เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลที่รวบรวมมาได้ ในรูปแบบที่ง่ายต่อการศึกษา วิเคราะห์ หรือง่ายต่อการทำความเข้าใจ เมื่อต้องการอธิบายสภาพของข้อมูลนั้นๆ แต่มีลักษณะพิเศษ ในการเรียงลำดับขนาดของข้อมูลจากมากไปหาน้อย พร้อมแสดงสัดส่วนของข้อมูล ทั้งนี้ เพื่อลำดับความสำคัญของข้อมูล

กฎของพารेटโต 20/80 (The rule of Pareto diagram)

“สาเหตุสำคัญเพียงไม่กี่สาเหตุ สร้างความเสียหายได้มากมาย”

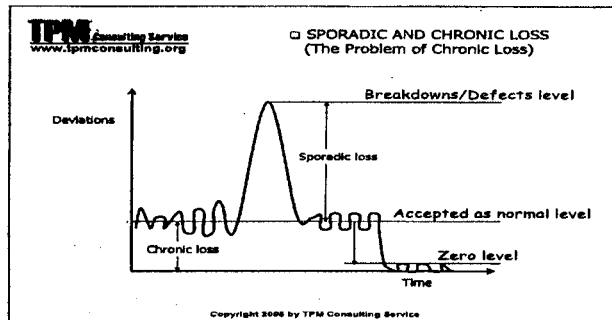
“Vital few causes, many defects”



ภาพที่ 2.5 กฎของพารेटโต

3.7 P-M Analysis (Kunio Shirose, Yoshifumi Kimara, Mitsugu Kaneda, 2005)

3.7.1 Sporadic and chronic loss



ภาพที่ 2.6 Sporadic and Chronic loss

Sporadic losses:

- Suddenly, infrequency, large deviation
- Single cause that relatively easy to identify
- Cause & effect relationship are fairly clear
- Corrective measures are usually easy to formulate

Chronic losses:

- Indicate smaller, frequent deviation gradually have been accepted as normal
- Require innovative, “breakthrough” measures that mechanism or component to its original, defect-free stage

Why Chronic Loss still persist:

- Satisfied by the elimination of sporadic loss
- Lack of study in nature of chronic loss
- Common errors are persisted
- Slight abnormalities are left and untreated
- Standards based on optimal levels are not clear

3.7.2 What is P-M Analysis

P-M Analysis เป็นวิธีการพิจารณาให้เข้าใจถึงกลไกของการเกิดปรากฏการณ์อย่างถ่องแท้ โดยวิเคราะห์เชิงกายภาพ (Physical) ต่อปรากฏการณ์ความผิดปกติ ซึ่งเป็นลักษณะเรื้อรัง (Chronic) ตามทฤษฎี และหลักการ

P-M analysis defined

P-M analysis physically analyzes chronic losses according to the inherent principles and natural laws that govern them.

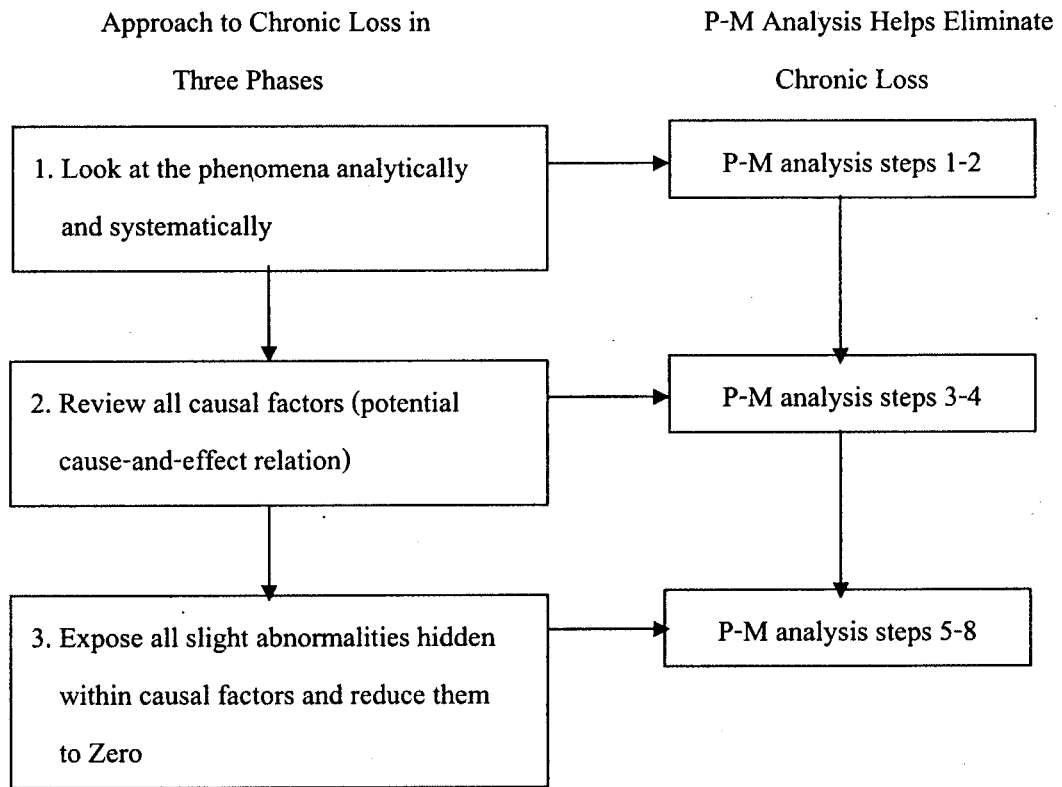
ตารางที่ 2.4 P-M analysis defined

P	Phenomena	- ความเบี่ยงเบนจากสถานะภาพที่เป็นปกติไปสู่สถานะภาพที่ผิดปกติ
	Physical	- มุมมองทางฟิสิกส์เพื่อทำความเข้าใจถึงที่มาที่ไปของปัญหาในบริบททางกายภาพ
M	Mechanism	- ความเข้าใจเทคโนโลยีการผลิตเครื่องจักรนั้นๆ
	Machine	- ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน ระบบ และกลไกต่างๆ ของเครื่องจักร
	Man	- ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 4 ที่ส่งผลต่อความผิดปกติที่เกิดขึ้น ที่ไม่อาจมองข้ามได้
	Material	
	Method	
ANALYSIS =		การค้นหา และพิสูจน์ทราบความสัมพันธ์ของเหตุและผล

P-M Analysis 8 Steps:

- 1) Clarify the phenomena
- 2) Conduct a physical analysis
- 3) Identify constituent conditions
- 4) Study 4Ms for causal factors
- 5) Set optimal conditions and standards
- 6) Plan and conduct a survey of factors
- 7) Identify abnormality to be addressed
- 8) Propose and make implements

3.7.3 Chronic loss and P-M Analysis



ภาพที่ 2.7 Chronic Loss and P-M analysis

3.7.4 Implementing P-M Analysis Step-by-step

ตารางที่ 2.5 P-M Analysis Step-by-Step

No.	Step	Details
1	Clarify the phenomena	Carefully define and categorize the abnormal occurrence
2	Conduct a physical analysis	Describe the phenomena in physical viewpoint how the part or process conditions change in relation to each other to produce the defect or failure
3	Define the phenomenon's constituent conditions	Identify all the conditions that will consistently produce the phenomena
4	Study production input correlation (4Ms)	Look for potential cause-and-effect relation between the constituent condition and equipment (machine, jig and tools) material, work method and human factor
5	Set optimal conditions (standard values)	Review the equipment's current precision levels to determine where new or revised standards are deficient
6	Survey causal factors for abnormalities	Using appropriate measuring methods, confirm which factors identified in step 3 and 4 exhibit deviating conditions
7	Determine abnormalities to be addresses	Review survey results and list all abnormalities (including slight defect) to be addressed
8	Propose and make improvements	Implement a corrective measure or improvement for each abnormality, then institute operation standards and preventive maintenance procedure to maintain optimal condition

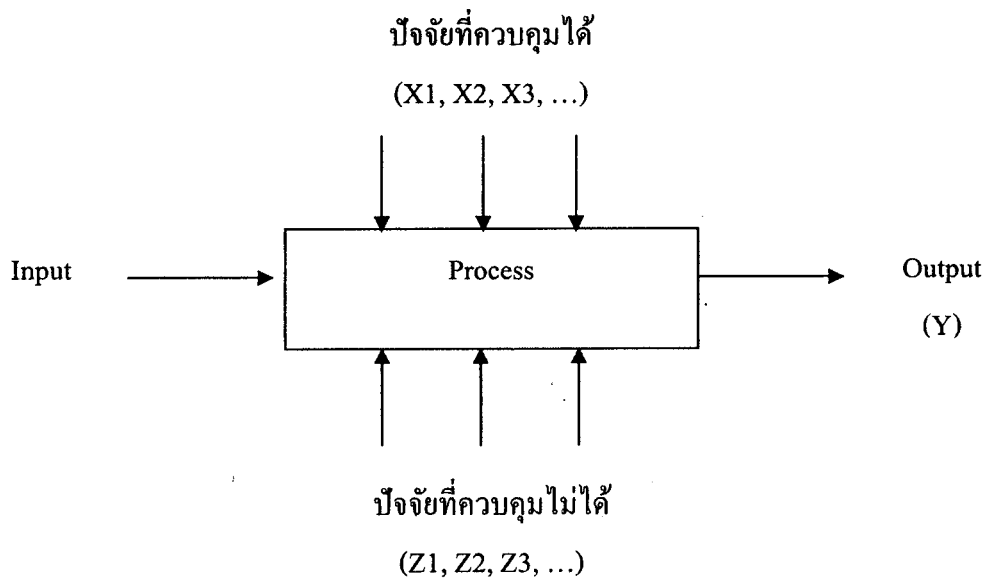
Phase I: Step 1-2 Look at the phenomena analytically and systematically

Phase II: Step 3-4 Review all causal factors (Potential cause-and-effect relation)

Phase III: Step 5-8 Expose all slight abnormalities hidden within causal factors and reduce them to Zero

3.8 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) (ธานี อ่วมอ้อ, 2546)

การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment: DOE) คือ การดำเนินการอย่างเป็นระบบและมีการควบคุม เพื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยใดๆ (Input: X_s) หรือหลายปัจจัยรวมกัน (Interaction) ต่อผลลัพธ์ของกระบวนการ (Outputs: Y_s) ที่เราสนใจว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร



ภาพที่ 2.8 การวิเคราะห์กระบวนการ

3.8.1 ประโยชน์ของการออกแบบการทดลอง

- การออกแบบการทดลอง เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพดีเยี่ยมในการวิเคราะห์ และขจัดสาเหตุของปัญหา
- DOE เป็นเครื่องมือที่ใช้ ตรวจสอบ ว่าอะไรคือสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง
- DOE เป็นเครื่องมือที่ใช้ ปรับปรุง กระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- DOE เป็นเครื่องมือที่ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานน้อยกว่า ในการค้นหาวิธีแก้ปัญหามีประสิทธิผล เมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ
- ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของกระบวนการเพื่อให้ทำงานได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

3.8.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

1. ทำความเข้าใจกับปัญหา
2. กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง
3. ระบุผลลัพธ์ (Output) ที่ต้องการศึกษา
4. เลือกว่ามีปัจจัย (Factor) ใดบ้างที่คิดว่ามีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่สนใจ
5. กำหนดระดับ (Level) ของแต่ละปัจจัย
6. กำหนดกลยุทธ์ในการทำการทดลอง เช่น One Factor at a time, Full factorial, Fractional factorial, 2k factorial เป็นต้น
7. เก็บข้อมูลจากการทดลอง
8. วิเคราะห์ข้อมูล
9. สรุปผลการทดลอง
10. นำข้อสรุปที่ได้ไปปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการ แล้วทดลองเก็บข้อมูลอีกครั้ง เพื่อยืนยันผล ก่อนนำไปปฏิบัติงานจริง

3.8.3 Hypothesis Testing (Douglas C Montgomery, 2004)

(1) Null & Alternative Hypothesis

- Hypotheses are always statements about the population or distribution under study, not statement about the sample.

- Three ways to verify the null hypothesis value.

1) Determining the change: from pass experience or knowledge of the process.

2) Verify the theory or model: from some theory or model regarding the process under studying.

3) Conformance testing: from external consideration, such as design or engineering specification.

- Null hypothesis is what we are believing.
- Null hypothesis is what current standard process does.
- Specify type I error (α).
- Fail to reject Null hypothesis is “weak conclusion”.
- Experimenter needs the evident to reject null hypothesis.

- Alternative hypothesis is what we would like to see.
- Minimize type II error (β).
- Concluding alternative hypothesis is "strong conclusion".
- Examples of null hypothesis

Process is in control $\sigma^2 = \sigma_0^2$

Process is capable $Cpk \geq 1.33$

New method has no effect $\mu_{new} = \mu_0$

- Examples of null and alternative hypothesis

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ or $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ or $H_a: \sigma_1 \neq \sigma_2$

(2) Type I & Type II Error

- Whenever a decision is made using the information in a random sample (inferential), this decision is subjected to error.

- Consider when a current process is standardized:

Type I error α : Null hypothesis is rejected when it is true.

Type II error β : Null hypothesis is accepted when it is false.

- The probability:

$\alpha = p$ (Type I error) = p (reject H_0 / H_0 is true)

$\beta = p$ (Type II error) = p (accept H_0 / H_0 is false)

Power of the test = $1 - \beta = p$ (reject H_0 / H_0 is false)

$1 - \alpha = p$ (accept H_0 / H_0 is true)

- Producer risk (Type I): Action taken but negative results.
- Customer risk (Type II): No action and loss of opportunity.

(3) Hypothesis Criteria

- Not that in many cases of hypothesis test, we want to search for the true difference from current practice that really exists (that is to reject H_0) that will lead to product or process improvement.

- So we need to minimize our risk α (producer risk, fault alarm, action failed) and allow for sample opportunity to detect the true difference (sufficient power of test, $1 - \beta$)

- This means failure to reject H_0 is a low-risk but weak conclusion.

- Therefore, our decision will be based on the producer risk α .

- We will reject H_0 if and only if our risk to do so (the P-value) is less than a certain level of α value, normally set at 5%.

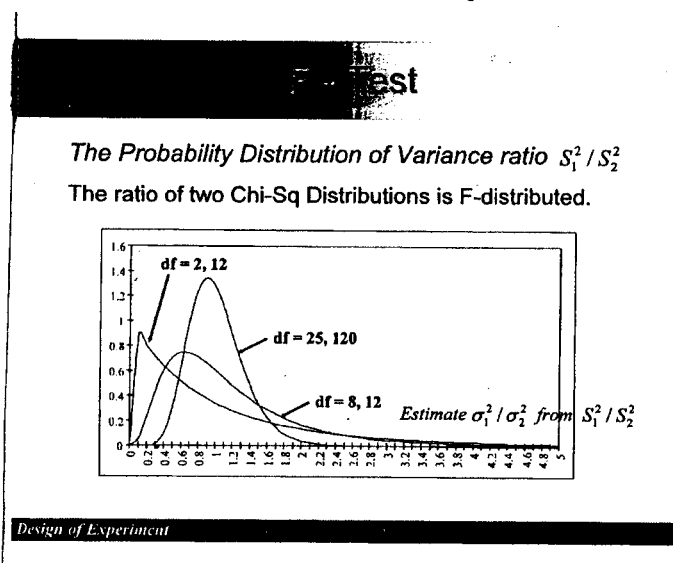
p- Value $\leq \alpha$ Reject H_0

p- Value $> \alpha$ Fail to reject H_0 (Accept H_0)

(4) F – Test

The Probability Distribution of Variance ratio S_1^2 / S_2^2

The ratio of two Chi-Sq Distributions is F- distributed.



ภาพที่ 2.9 F-distribution

ตารางที่ 2.6 Tests on Variances of 2 normal populations

Hypothesis	Test Statistic	Criteria for Rejection
Ho: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$F_0 = S_1^2 / S_2^2$	$F_0 > F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$ or
Ha: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$		$F_0 < F_{1-\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$
Ho: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$F_0 = S_2^2 / S_1^2$	$F_0 > F_{\alpha, n_2-1, n_1-1}$
Ha: $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$		
Ho: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$F_0 = S_1^2 / S_2^2$	$F_0 > F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$
Ha: $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$		

Hypothesis testing on Variances (F-Test) is a fundamental for DOE Analysis

(5) Analysis of Variance: ANOVA

- ANOVA = Analysis of Variance, a method used to test effects of multi-level factors on the population means.

- ANOVA describes observations as a linear statistical model.

Example one-way ANOVA model:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} \quad ; i= 1,2,\dots, a ; j= 1,2,\dots, n$$

μ = Overall Mean

T = i th Treatment Effect

ϵ = Random Error

- The previous equation is known as one-way ANOVA, or single-factor analysis of variance because only one factor is investigated.

- For 2 factors, the analysis is called 2-way ANOVA, and N-way ANOVA for n factors.

(6) Two-Way ANOVA

- If experiment model consists of two main factors, we will get 3 effects due to two factors.

- Suppose that Temp. and Pressure are factors of our experiment, when we perform the experiment we will get the main effects from Temp., Pressure and interaction effect from Temp. X Pressure.

- Two-Way ANOVA can provide the statistical analysis for these situations.

ตารางที่ 2.7 Two-way ANOVA data

		Factor B			
		1	2	...	b
F a c t o r A	1	Y ₁₁₁ , Y ₁₁₂ , ..., Y _{11n}			Y _{1b1} , Y _{1b2} , ..., Y _{1bn}
	2	Y ₂₁₁ , Y ₂₁₂ , ..., Y _{21n}			Y _{22b} , Y ₂₂₂ , ..., Y _{2bn}
	...				
	a	Y _{a11} , Y _{a12} , ..., Y _{a1n}			Y _{ab1} , Y _{ab2} , ..., Y _{abn}

Formula;

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + (T\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Where;

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

For main effect A:

$$H_0: T_1 = T_2 = \dots = T_a = 0 \quad (\text{Factor A has no effect})$$

$$H_a: T_i \neq 0 \quad \text{for at least one } i$$

For main effect B:

Ho: $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$ (Factor B has no effect)

Ha: $\beta_j \neq 0$ for at least one j

For main effect B:

Ho: $(T\beta)_{ij} = 0$ for all i, j (Interaction has no effect)

Ha: $(T\beta)_{ij} \neq 0$ for at least one i, j

ตารางที่ 2.8 ANOVA Table for 2 factors

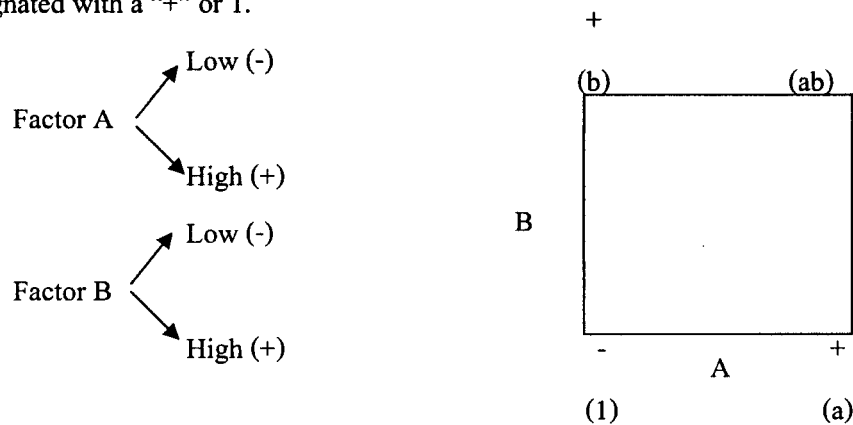
Source of Variation	Sum of Squares	Degree of freedom	Mean Square	Test
A treatments	SS_A	a-1	$MS_A = SS_A/(a-1)$	$F_0 = MS_A/MS_E$
B treatments	SS_B	b-1	$MS_B = SS_B/(b-1)$	$F_0 = MS_B/MS_E$
Interaction	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB} = SS_{AB}/((a-1)(b-1))$	$F_0 = MS_{AB}/MS_E$
Error	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = SS_E/(ab(n-1))$	
Total	SS_T	$abn-1$		

Factors are considered to have significant effects if $MS_{factor} \gg MS_E$ or F_0 is large (small p-Value).

Thus conclude Ha when p-Value < α

3.8.4 Factorial Design

The low level of a factor is designated with a “-“ or -1 and the high level is designated with a “+” or 1.



ภาพที่ 2.10 Two factor

(1) Main & Interaction Effects

- If there are a levels of factor A and b levels of factor B, there will be and treatment combinations per replicate.

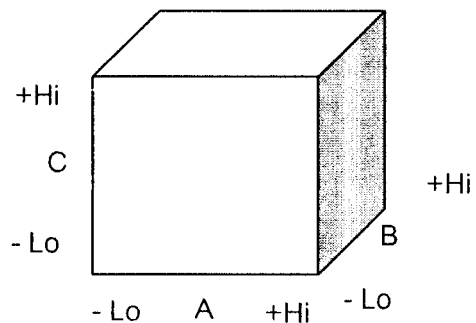
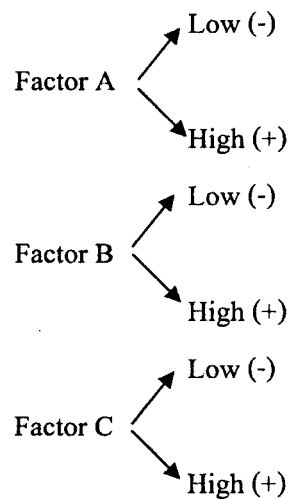
- Main Effect: The change in response produced by a change in factor levels.

- Interaction effect: Effects of one Factor depend on levels of other factors.

(2) 2^k Factorial Design

- A 2^2 factorial is a 2×2 factorial. This design has two factors with two levels and can be done in 2×2 or 4 runs.

- A 2^3 factorial has 3 factors, each with two levels. This experiment can be done in $2 \times 2 \times 2$ or 8 runs.

(3) 2^3 factorial Design

ภาพที่ 2.11 2^3 factorial Design

(4) ANOVA Table for 2^3 Factorialตารางที่ 2.9 ANOVA Table for 2^3 Factorial

Source of Variation	Sum of Squares	Degree of freedom	Mean Square	Test
A treatments	SS_A	a-1	$MS_A = SS_A/(a-1)$	$F_0 = MS_A/MS_E$
B treatments	SS_B	b-1	$MS_B = SS_B/(b-1)$	$F_0 = MS_B/MS_E$
C treatments	SS_C	c-1	$MS_C = SS_C/(c-1)$	$F_0 = MS_C/MS_E$
Interaction	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	$MS_{AB} = SS_{AB}/((a-1)(b-1))$	$F_0 = MS_{AB}/MS_E$
Interaction	SS_{AC}	(a-1)(c-1)	$MS_{AC} = SS_{AC}/((a-1)(c-1))$	$F_0 = MS_{AC}/MS_E$
Interaction	SS_{BC}	(b-1)(c-1)	$MS_{BC} = SS_{BC}/((b-1)(c-1))$	$F_0 = MS_{BC}/MS_E$
Interaction	SS_{ABC}	(a-1)(b-1)(c-1)	$MS_{ABC} = SS_{ABC}/((a-1)(b-1)(c-1))$	$F_0 = MS_{ABC}/MS_E$
Error	SS_E	abc(n-1)	$MS_E = SS_E/(abc(n-1))$	
Total	SS_T	abcn-1		

a b c n

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n y^2_{ijkl} - y^2 \dots /abcn$$

$$i=1, j=1, k=1, l=1$$

a

$$SS_A = \sum_{i=1}^a y^2_{i\dots} - y^2 \dots /abcn$$

$$i=1$$

b

$$SS_B = \sum_{j=1}^b y^2_{j\dots} - y^2 \dots /abcn$$

$$j=1$$

c

$$SS_C = \sum_{k=1}^c y^2_{\dots k} - y^2 \dots /abcn$$

$$k=1$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij..}^2 - y^2 \dots / abc n - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AC} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c y_{i.k.}^2 - y^2 \dots / abc n - SS_A - SS_C$$

$$SS_{BC} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y_{.jk.}^2 - y^2 \dots / abc n - SS_B - SS_C$$

$$SS_{ABC} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y_{ijk.}^2 - y^2 \dots / abc n - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC}$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - SS_{ABC}$$

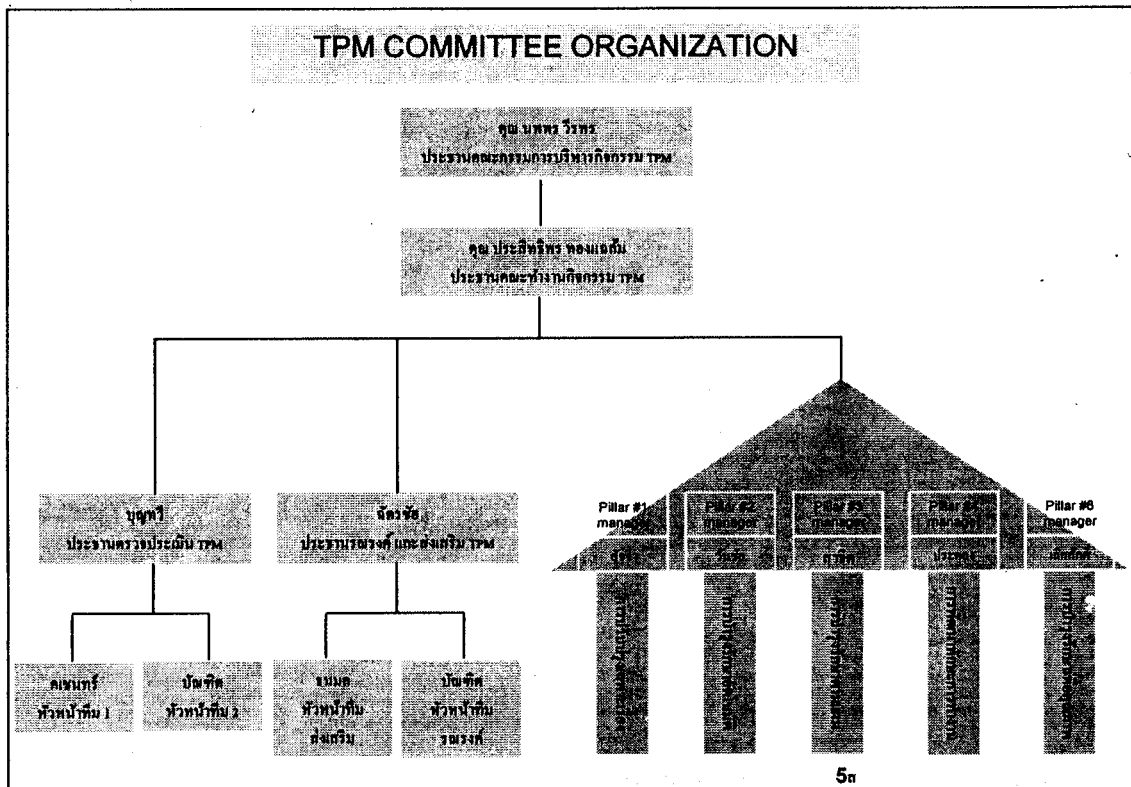
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดผังองค์กร นโยบาย และเป้าหมาย

1.1 TPM Organization

บริษัทฯ ได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการบริหาร TPM โดยมีกรรมการผู้จัดการ เป็นประธานคณะกรรมการบริหารกิจกรรม TPM ผู้จัดการโรงงาน เป็นประธานคณะทำงานกิจกรรม มีผู้จัดการฝ่าย เป็น Pillar Manger และนอกจากนี้ จะมีทีมงานในการตรวจประเมิน TPM และทีมงานรณรงค์/ส่งเสริมการทำกิจกรรม เพื่อให้กิจกรรมดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง



ภาพที่ 3.1 TPM Committee Organization

1.2 การกำหนดนโยบายของผู้บริหารระดับสูง

ผู้บริหารระดับสูงจะต้องกำหนดนโยบาย รวมทั้งมีการทบทวนเป้าหมายในแต่ละปี เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก

นโยบายโครงการ TPM ประจำปี 2551

ถึง พนักงานบริษัท เลนโซ่ วิลล์ จำกัด

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสถานการณ์การแข่งขันในอุตสาหกรรม การผลิตอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีความรุนแรงขึ้น ตลอดจนสภาวะเศรษฐกิจโลกที่ประสบปัญหาภาวะเงินเฟ้อและปัญหาทางการเงินต่างๆ ตลอดจนสภาวะต้นทุนพลังงานที่เพิ่มขึ้น 20% ในรอบ 6 เดือน อีกทั้งปัญหาอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราที่แข็งค่าขึ้นมากกว่า 18% ในรอบ 12 เดือนจึงทำให้เกิดการแข่งขันกันในทุกอุตสาหกรรมทั่วโลก

เพื่อดำรงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขันและดำรงความเป็นผู้นำต่อไป จึงทำให้บริษัทต้องมีการ**เสริมความมั่นใจในการดำรงไว้ซึ่งศักยภาพในการแข่งขัน และความพร้อมในการเป็นผู้นำสืบไป** สิ่งหนึ่งที่สำคัญยิ่งในการเสริมสร้างดังกล่าวของบริษัทก็คือ พนักงานที่พร้อมเพียงและมีส่วนร่วมในการปรับปรุง เครื่องจักรที่มีความประณีตแม่นยำพร้อมใช้งานตลอดเวลา อันเป็นที่ทราบทั่วไปเป็นสากลว่า ทั้งหมดนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ด้วย TPM หรือการบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม ในการนี้ บริษัทจึงมีนโยบายที่จะดำเนินการกิจกรรม TPM ภายใต้อำนาจที่ว่า

“มุ่งสร้างสรรคพัฒนาบุคลากร TPM ผู้คุณภาพเครื่องจักร เพื่อผลิต OEE สูงสุด.”

โดยได้ดำเนินการไปแล้วในส่วนของโครงการในปีแรก โดย **การตรวจประเมิน การเก็บข้อมูล การหาเครื่องจักรตัวอย่าง การวัดค่าตั้งต้นเพื่อเป็นฐานการปรับปรุง การจัดทำผังกลยุทธ์ และการฝึกอบรมพนักงานทุกคน** บัดนี้คณะทำงานและเพื่อนพนักงานทุกท่าน มีความพร้อมเป็นอย่างดีในการที่จะดำเนินการ TPM ในส่วนที่เหลือต่อไปให้ประสบผลสำเร็จตามปณิธานของบริษัท

๗ โอกาสนี้จึงเป็นปีที่สองของโครงการ กระผมขอมอบนโยบายสำหรับการดำเนินการในปี 2551 เพื่อให้**เสริมความมั่นใจในการดำรงไว้ซึ่งศักยภาพในการแข่งขัน และความพร้อมในการเป็นผู้นำสืบไป** ดังต่อไปนี้

1. เพิ่มระดับการผลิตงานหล่อดีให้ได้ 60 วงต่อชั่วโมง
2. เพิ่มระดับการผลิตงานกลึงดีให้ได้ 60 วงต่อชั่วโมง
3. ใช้เวลาไม่เกิน 60 นาทีในการแก้ไขเครื่องจักรเสีย
4. Cost of quality เท่ากับ 7% ของรายรับจากการขาย
5. พนักงานมีความรู้พื้นฐาน TPM ครบ 100%

สุดท้ายนี้กระผมจึงขอมอบนโยบายในการดำเนินการของคณะทำงาน TPM สำหรับปี 2551 ไว้เพื่อเป็นเป้าหมายที่จะนำมาซึ่งความสำเร็จขององค์กรและพนักงานทุกท่านสืบต่อไป

(นายพนพร วีรพร)

ประธานคณะกรรมการบริหารกิจกรรม TPM

ภาพที่ 3.2 นโยบายโครงการ TPM ประจำปี 2551

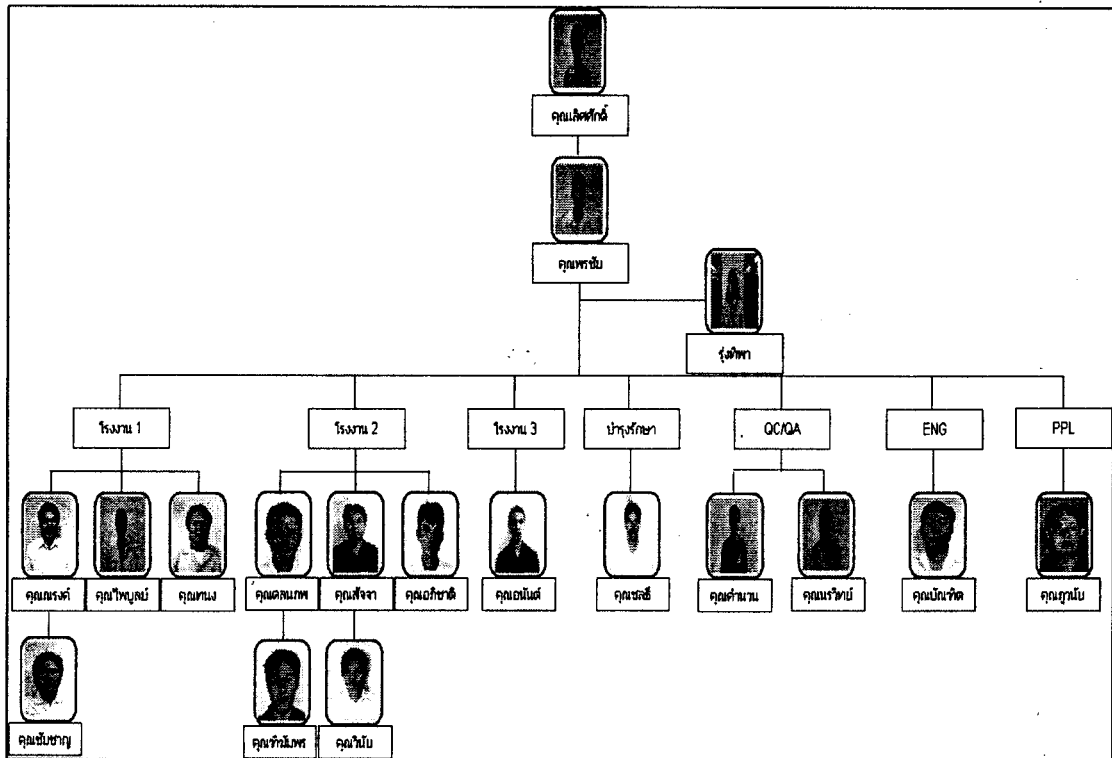
สำหรับในปี พ.ศ. 2552 มีการกำหนดเป้าหมาย TPM ใหม่ ดังต่อไปนี้

- หมวดการเพิ่มผลผลิตต่อเครื่องจักร จะต้องทำให้ค่า availability ที่เครื่องหล่อและเครื่องกลึงมากกว่า 95% โดยกำหนดให้มีกิจกรรม ZBD
- หมวดการเพิ่มผลผลิตต่อแรงงาน จะต้องทำให้ของเสีย(Quality rate) ลดลงจากปี 2008 ลงอีก 3% โดยระบบ Quality maintenance
- หมวดการเพิ่มผลผลิตจากอัตราการใช้วัตถุดิบ จะต้องทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ มีน้ำหนักรวมลดลง 5% โดยใช้ความสามารถจากวิศวกรรมการออกแบบและแม่พิมพ์
- หมวดการบริหารวัสดุคงคลัง จะต้องทำให้อัตราการหมุนเวียนสินค้า(inventory turn)ในแต่ละหมวดเป็นไปตามเป้าหมาย โดยให้สินค้าคงคลังต่ำกว่าปี 2008 มากกว่า 10%
- หมวดต้นทุนการผลิต จะต้องลดค่าใช้จ่ายจากการซ่อมเครื่องจักรและจากการลดงานเสียและซ่อมลง เมื่อเทียบกับปี 2008 ลง 100 บาทต่อชิ้น
- หมวดการส่งมอบสินค้า จะส่งมอบหลังจากวันรับออเดอร์เฉลี่ยให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 วัน โดยมุ่งเน้นจากกิจกรรมของ availability และ quality

ภาพที่ 3.3 เป้าหมาย TPM ประจำปี 2552

1.3 การกำหนด Organization ของ Pillar#6: Quality Maintenance

การกำหนด Pillar#6 member จะต้องประกอบไปด้วยสมาชิกจากทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (Cross Function) เพื่อประสานงานในการดำเนินงาน



ภาพที่ 3.4 Pillar#6: Organization

1.4 การกำหนดนโยบาย และเป้าหมาย ของการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ

จากนโยบาย TPM ของบริษัท ที่ประกาศโดยผู้บริหารระดับสูง Pillar#6 Manager จะนำมากำหนดเป็นนโยบาย วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย สำหรับการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ เพื่อให้สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับนโยบาย TPM ของบริษัทฯ ดังนี้

นโยบาย วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ ประจำปี 2552

ตามที่บริษัทฯ มีนโยบายในการนำระบบ TPM มาปฏิบัติทั่วทั้งองค์กร เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้สูงสุดนั้น

เพื่อสนับสนุนนโยบายดังกล่าว Pillar#6 จึงกำหนดนโยบายที่จะดำเนินการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) ให้ครอบคลุมทุกกระบวนการผลิต ของฝ่ายผลิต 1, 2 และ 3 เพื่อให้มีการประกันคุณภาพในส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ทั้งหมดให้อยู่ในสภาพที่ผลิตชิ้นงานได้อย่างมีคุณภาพ

ดังนั้น จึงกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการดำเนินกิจกรรมในปี พ.ศ.2552 ดังต่อไปนี้

1. ควบคุมต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) $\leq 10\%$ ของยอดขาย
 - 1.1 Cost of poor quality $\leq 8\%$
 - 1.2 Cost of achieving good quality $\geq 2\%$
2. ควบคุมของเสีย (Reject) $\leq 22\%$
3. ควบคุมงานซ่อม (Rework) $\leq 7\%$
4. ควบคุมข้อร้องเรียน (Customer Claim) $\leq 3,000$ ppm

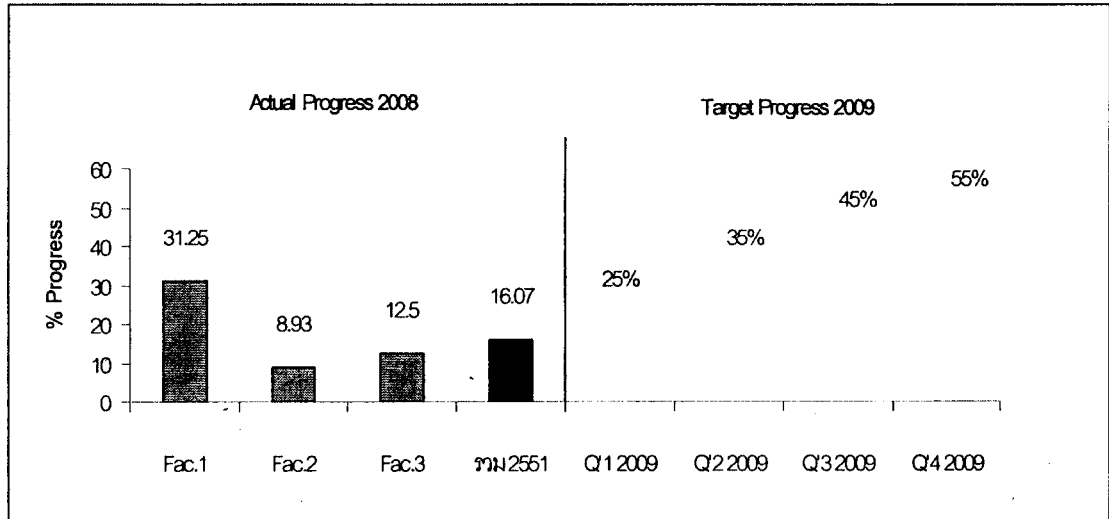
ประกาศ ณ วันที่ 9 มกราคม 2552

นายเลิศศักดิ์ มูลสมบัติ

Pillar#6 Manager

ภาพที่ 3.5 นโยบาย วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ

1.5 แผนการดำเนินงาน กิจกรรมการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ



ภาพที่ 3.6 Action plan 2009 – สำหรับความคืบหน้าของกิจกรรม

No.	Activities	Incharge	Month Week	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
1	COQ	PCR	Plan														
			Actual														
2	QCS Factory#1		Plan	Q 2008 ไม่ดำเนินการ QCS 18 โรงงาน													
			Actual														
			Plan														
			Actual														
Factory#2	Plan																
	Actual																
Factory#3	Plan																
	Actual		Q 2008 ไม่ดำเนินการ QCS 18 โรงงาน														
3	Defect-free conditioning Factory#1		Plan														
			Actual														
		Factory#2	Plan														
			Actual														
		Factory#3	Plan														
			Actual														
5	SPC Factory#1	Plan															
		Actual															
		Factory#2	Plan														
			Actual														
		Factory#3	Plan														
			Actual														
6	PM Analysis Factory#1	Plan															
		Actual															
		Factory#2	Plan														
			Actual														
		Factory#3	Plan														
			Actual														

ภาพที่ 3.7 QM - Master Plan 2009

2. การดำเนินกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ

2.1 ความสัมพันธ์ของเครื่องมือต่างๆ ในการดำเนินกิจกรรม

เครื่องมือที่สำคัญในการดำเนินการกิจกรรม ประกอบไปด้วย เครื่องมือ 4 ชนิด ดังนี้

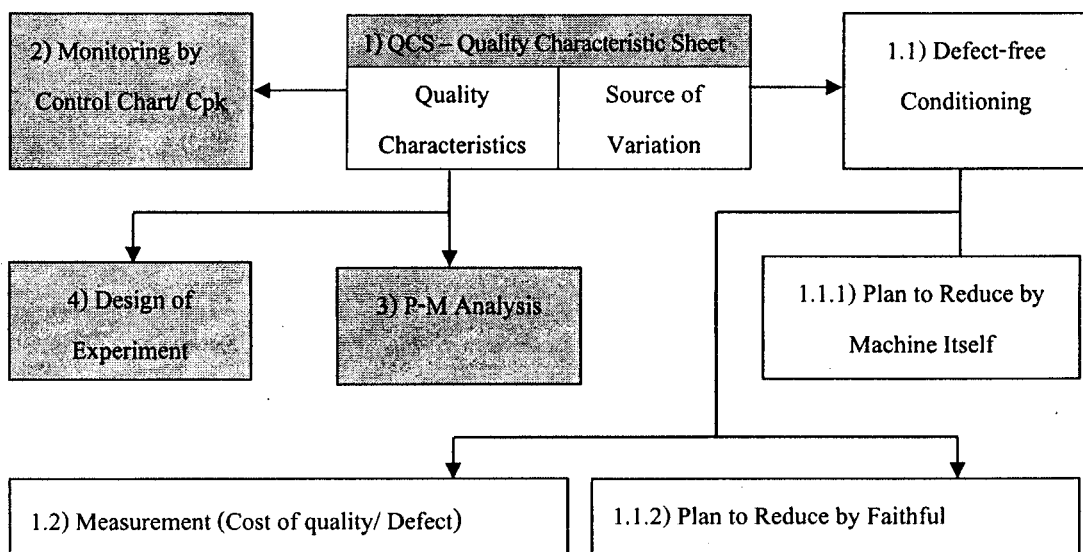
2.1.1 การจัดทำ Quality Characteristic Sheet ซึ่งจะให้ได้คุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristic) และแหล่งความแปรปรวน (Source of Variation) และนำไปสู่การดำเนินการเพื่อกำจัด และ/หรือการควบคุม แหล่งของความแปรปรวน ที่มีผลต่อลักษณะทางคุณภาพ โดยการดำเนินการในด้านการใช้เทคโนโลยี (Defect-free Condition from Technological Matter or Machine Itself) และการดำเนินการด้านการจัดการหรือการตรวจสอบอย่างซื่อสัตย์ (Defect-free Condition from Managerial Matter or Faithful Observance)

2.1.2 การนำคุณลักษณะทางคุณภาพ มาทำการวิเคราะห์ P-M Analysis เพื่อค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา

2.1.3 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อค้นหาและควบคุมปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณลักษณะทางคุณภาพ

2.1.4 การควบคุม ฝ้าติดตาม คุณลักษณะทางคุณภาพ และ/หรือปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะทางคุณภาพ โดยใช้เทคนิคทางสถิติ (Statistic Process Control)

โดยความสัมพันธ์ของเครื่องมือต่างๆ เป็นดังนี้



ภาพที่ 3.8 ความสัมพันธ์ของเครื่องมือต่างๆ

2.2 การจัดทำ Quality Characteristic Sheet: QCS

QCS เป็นตารางที่ใช้วิเคราะห์ถึงคุณลักษณะคุณภาพ (Quality Characteristic) กำหนดค่าควบคุม (Control Value) และค้นหาแหล่งกำเนิดปัญหา (Source of Variation) โดยมี ส่วนประกอบของตารางและรายละเอียด 7 อย่าง ดังนี้

(1) Process

ระบุกระบวนการที่จะทำการวิเคราะห์

(2) Quality characteristic

ระบุคุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการ จากกระบวนการนั้นๆ

(3) Process and Description

อธิบายรายละเอียดของ กระบวนการ พอสั่งแบบ

(4) Control Value

ระบุค่าควบคุม ของลักษณะทางคุณภาพ นั้นๆ

(5) Quality Control (Equipment/Tool/Parameter) Variable

ระบุถึงการควบคุมคุณภาพ ที่เป็นค่าวัด (Variable) แยกตาม Equipment/ Tool/ Parameter

(6) Quality Control (Equipment/Tool/Parameter) Appearance

ระบุถึงการควบคุมคุณภาพ ที่เป็นลักษณะทางกายภาพ (Appearance) แยกตาม Equipment/ Tool/ Parameter

(7) Source of Variation

ระบุถึงแหล่งความแปรปรวน ตามการควบคุมคุณภาพ ที่เป็น Equipment, Tool, Parameter ที่จะมีผลต่อค่าควบคุมของคุณลักษณะทางคุณภาพ ที่ต้องการจากกระบวนการ

Source of Variation เป็นสิ่งสำคัญ ที่จะต้องควบคุม จำกัดและ/หรือกำจัด ออกไป เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อคุณลักษณะทางคุณภาพที่เราต้องการ

การจัดการกับ Source of Variation กระทำได้ 2 วิธี คือ

1) Defect-free Conditioning by Technological Matter or Machine Itself หมายถึง การใช้เทคโนโลยี เพื่อควบคุม จำกัดและ/หรือกำจัดให้หมดไป เช่น การประยุกต์ใช้ Pokayoke หรือ Error-proofing เป็นต้น

2) Defect-free Conditioning by Managerial Matter or Faithful Observance หมายถึง การใช้การบริหารงานหรือการตรวจสอบอย่างซื่อสัตย์

ตารางที่ 3.1 QCS ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์

Process	Quality Characteristic	Process Description	Control Value	Quality Control (Equipment/Tool/Resource) Visible			Success/Vision
				Equipment	Tool	Resource	
Coating		กระบวนการของแม่พิมพ์เป็นแบบพ่นเคลือบด้วยสีที่มี 21 เมกซ์ Basi-LPM ของยี่ห้อของคู่มือคำสั่งใช้เพื่อแยกไปใช้ในภายหลังของเครื่องจักรที่บ่มเคลือบในภาคการผลิต โดยกระบวนการทำงานไม่ใช้ของแข็งที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1 กรัมในเมกซ์สีที่มีเมกซ์สีที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1 กรัมและปริมาณของสีที่แยกจากกันจะไม่ใช้กระบวนการต่อไป					
				อุปกรณ์	อุปกรณ์วัดความหนา		<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการวัดของแม่พิมพ์ 3. คำแนะนำวิธีที่บ่มเคลือบ 4. ความถี่ของการวัด
					21 เมกซ์สี Basi-LPM Low		<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 3. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 4. ความถี่ของการวัด
						3. อุปกรณ์วัดความหนา	<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 3. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 4. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 5. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ
Discharge		การปล่อยของเหลวในภาชนะที่มีน้ำหนักที่บ่มเคลือบโดยแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ	ควบคุมปริมาณ		1. เครื่องวัด		<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการวัดของแม่พิมพ์ 3. คำแนะนำวิธีที่บ่มเคลือบ 4. ความถี่ของการวัด
					2. อุปกรณ์วัดความหนา		<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 3. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ
side finish	Side finish เป็นภาคการผลิตของแม่พิมพ์ให้มีความเรียบเนียน	แม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบให้มีความเรียบเนียนและมีความแข็งแรงของสีของแม่พิมพ์	≤1mm		เครื่องมือวัดความหนา		<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการวัดของแม่พิมพ์ 3. คำแนะนำวิธีที่บ่มเคลือบ 4. ความถี่ของการวัด
						โต๊ะบ่ม	<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ
						แม่พิมพ์	<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 3. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ
finish		แม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบให้มีความเรียบเนียนและมีความแข็งแรงของสีของแม่พิมพ์	≤2mm		แม่พิมพ์		<ol style="list-style-type: none"> 1. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ 2. วิธีการของแม่พิมพ์ที่บ่มเคลือบ

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Process	Quality Characteristic	Control Value	Quality Control (Equipment/Tool/Parameter)			Source of Variation		
			Appearance					
			Equipment	Tool	Parameter			
Casting	ผิวหน้าลายข้อ	ผิวหน้าลายข้อต้องมีดำหมี	สายตา			1. ระดับความสามารถสายตาแต่ละคน 2. สภาพแวดล้อมทางด้านแสง		
			แม่พิมพ์			1. ระดับความสามารถการขัดแต่งผิวหน้าแม่พิมพ์ของพนักงาน		
	โพรงอากาศ	ต้องไม่พบโพรงอากาศ				อุณหภูมิ	1. ประสิทธิภาพ Heater	
							2. การวิ่งขึ้นของเตา	
							3. Protective tube แดก, หัก	
							4. แห้ง T/C และสาย ชำรุด	
							5. การ Calibrate ชุคควบคุม	
							6. ความยาวของแห้ง T/C	
							7. การปรับแก้ของถนนวนหุ้มสาย T/C	
							8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	
				STEP การป้อนน้ำ	1. พนักงานปรับตั้งค่า			
					2. ความสม่ำเสมอของ flow rate			
		3. การวิ่งขึ้นของเตา						
		สายตา	1. ระดับความสามารถสายตาแต่ละคน 2. สภาพแวดล้อมทางด้านแสง					
		แม่พิมพ์	1. การเคลื่อนผิวแม่พิมพ์ 2. การออกเบมมุมของแม่พิมพ์ 3. diametre สปริง 4. การออกเบมขอบข้อ 5. การอุดคั้นของ air vent					
			ท่อป้อนน้ำ	1. อายุการใช้งาน 2. ความสะอาดภายในท่อ 3. การแตกร้าวของท่อ				
รอยรับ					อุณหภูมิ	1. ประสิทธิภาพ Heater		
						2. การวิ่งขึ้นของเตา		
						3. Protective tube แดก, หัก		
						4. แห้ง T/C และสาย ชำรุด		
						5. การ Calibrate ชุคควบคุม		
						6. ความยาวของแห้ง T/C		
						7. การปรับแก้ของถนนวนหุ้มสาย T/C		
						8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน		
						STEP การป้อนน้ำ	1. การปรับตั้งค่าของพนักงาน 2. ความสม่ำเสมอของ flow rate ของแรงดัน 3. การวิ่งขึ้นของเตา	
						แม่พิมพ์	1. การเคลื่อนผิวแม่พิมพ์ 2. การออกเบมมุมของแม่พิมพ์ 3. diametre สปริง 4. การออกเบมขอบข้อ 5. การอุดคั้นของ air vent	
							ท่อป้อนน้ำ	1. อายุการใช้งาน 2. ความสะอาดภายในท่อ 3. การแตกร้าวของท่อ
							ท่อ cooling	1. การอุดคั้นของ cooling 2. การประกอบ cooling 3. การวิ่งขึ้นของสาย cooling
			condition cooling	1. แรงดันลม 2. การปรับตั้งค่าแรงดันและเวลาของพนักงาน 3. การต่อท่อ cooling ของพนักงาน				
		สายตา	1. ระดับความสามารถสายตาแต่ละคน 2. สภาพแวดล้อมทางด้านแสง					

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Process	Quality Characteristic	Control Value	Quality Control (Equipment/Tool/Parameter)			Source of Variation	
			Appearance				
			Equipment	Tool	Parameter		
Casting	undercut	ต้องไม่พบตำหนิหรือUNDERCUT	แม่พิมพ์			1. friction ของ upper และ lower แม่พิมพ์ 2.การออกแบบของแม่พิมพ์ 3.การประกอบแม่พิมพ์กับเครื่องหล่อ	
			สายคา			1. ระดับความสามารถสายคาแต่ละคน 2. สภาพแวดล้อมทางคืนแสง	
	Pin hole	ต้องไม่พบPin hole บนผิวหน้าภายในหลังจากงานกลึง		ท่อcooling		1. การดูดคืนของ cooling 2. การประกอบ cooling 3. การรั่วซึมของสาย cooling	
					อุณหภูมิ AL	1. ประสิทธิภาพHeater 2. การรั่วซึมของเตา 3. Protective tube แยก,หัก 4. แท่ง T/C และสาย ขำรูค 5. การ Calibrate ชุดควบคุม 6. ความยาวของแท่ง T/C 7. การปรับแก้ของจนวนหุ้มสาย T/C 8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	
					DV	1 ความสูงของปาก Launder ถึงปากคานเครื่องหล่อ 2 ความถี่กร้อนของ Launder 3. ความสะอาดของเบ้าถ้ำ 4. ความสูงในการถ้ำน้ำ 5. ทักษะการใช้รถพ้อคลิฟถ้ำน้ำ 6. ทักษะการใช้ค้ำกรองในคอนเคอร์ 7. เวลาในการถ้ำน้ำ 8. ทักษะการโยกครอทพนักงาน 9. ความถี่ในการโยกครอท 10. ความชื้นของเครื่องมือโยกครอท 11. การเคลือบผิวเหล็ก 12. ความเสื่อมสภาพของสารดูดความชื้น 13. ปริมาณความชื้นและน้ำมันก่อนเข้าเครื่องดูดความชื้น 14. ค่า DV ของน้ำ Al หลังdegass	
					condition cooling	1. แรงดันลม 2. การปรับตั้งค่าแรงดันและเวลา 3. การต่อท่อ cooling ของพนักงาน	
			สายคา			1. ระดับความสามารถสายคาแต่ละคน 2. สภาพแวดล้อมทางคืนแสง	
					ท่อcooling	1. การดูดคืนของ cooling 2. การประกอบ cooling 3. การรั่วซึมของสาย cooling	
					อุณหภูมิ AL	1. ประสิทธิภาพHeater 2. การรั่วซึมของเตา 3. Protective tube แยก,หัก 4. แท่ง T/C และสาย ขำรูค 5. การ Calibrate ชุดควบคุม 6. ความยาวของแท่ง T/C 7. การปรับแก้ของจนวนหุ้มสาย T/C 8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	
					STEP การ ป้อนน้ำ	1. การปรับตั้งค่าของพนักงาน 2. ความสม่ำเสมอของ flow rate ของแรงดัน 3. การรั่วซึมของเตา	
					Dycote	1. ประสิทธิภาพของ dycote 2. อายุของ dycote 3. ทักษะการพ่นของพนักงาน	
					condition cooling	1. แรงดันลม 2. การปรับตั้งค่าแรงดันและเวลา 3. การต่อท่อ cooling ของพนักงาน	
		Shrinkage	ไม่พบโพรงหดตัวในสื่อ	แม่พิมพ์			1. ความหนาบางของแม่พิมพ์

หลังจากวิเคราะห์ QCS แล้วให้นำส่วนของ Source of Variation มาทำการแยกวิธีการที่จะทำให้อันตรายไม่เกิดของเสีย (Defect-free Conditioning) ที่จะดำเนินการโดยการใช้เทคโนโลยี (Technology or Machine Itself) หรือการตรวจสอบแบบซื่อสัตย์ (Managerial or Faithful Observance)

ตารางที่ 3.2 Defect-free Conditioning ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition		
			Technology (Machine Itself)	Management (Faithful observance)	
รูปทรง	กรณีวัดความลึก	1. วิธีการแยกของหมักงานที่แตกต่างกัน	ทำอุปกรณ์ ช่วยในการแบ่งระหว่างสเกลกับสเกลหลักเพื่อให้ของเหลวไหลลงไปในตำแหน่งเดียว		
		2. ทัศนะการวัดของหมักงาน		อบรมพนักงานผู้วัดการใช้ทุก 6 เดือน	
		3. ค่าหมักงาน วัดที่แตกต่างกัน	ทำ Fixtute lock ค่าคงที่ตรวจสอบให้อยู่ตรงกลาง		
	แม่พิมพ์ชุด upper และ Lower	1. Friction ที่ผิว lower mold		กำหนด angle draft และครว ตรวจสอบทุก day code	
		2. Friction MO insert upper mold		กำหนด angle draft และครว ตรวจสอบทุก day code	
		3. Friction ที่ผิว MO upper mold		กำหนด angle draft และครว ตรวจสอบทุก day code	
		4. ความเรียบของผิวภายใน		กำหนดการตรวจสอบทุกปีและเช็ค	
		5. การ setup แม่พิมพ์ให้ center		มาตรฐานการตรวจสอบการตั้งบนที่พื้นจะต้องไม่สไลด์	
	การประกอบแม่พิมพ์	1. การกำหนดชุดวัดคุณภาพแม่พิมพ์		ให้มีการตรวจสอบทุกปีโดยผู้เกี่ยวข้อง	
		2. ความถูกต้องของรัศมีตามแบบที่กำหนด	ใช้ตัววัด offset ที่เบอร์ ชุดวัด		
		3. รอยต่อของ spruinging	กำหนดมาตรฐานการดูแลเรื่อง spruinging		
		4. ทัศนะการประกอบของหมักงานแต่ละงาน		ให้มีการตรวจสอบทุกปีโดยผู้เกี่ยวข้อง	
		5. ชิ้นส่วนประกอบแม่พิมพ์จากบริษัทผู้จัดหา		กำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานแม่พิมพ์ทุก 3 เดือน	
	cycle time การหล่อ	1. ชุดอุปกรณ์จะอยู่ในมือในชื่อรหัส	ติดตั้งสัญญาณ alarm และติดภาพทำงาน		
		2. ชุดอุปกรณ์มีเซ็นเซอร์รหัส	ติดตั้ง temp controller ที่ชุดวัดอุณหภูมิแม่พิมพ์ขณะหล่อและไฟ alarm		
		3. การปรับตั้งค่าให้เปิด cooling ของหมักงานตาม STD	เขียนระบบ PLC เลือก program แต่ละรุ่น		
	Diameter hump	กรณีวัด	1. วิธีการแยกของหมักงานที่แตกต่างกัน	ทำอุปกรณ์ ช่วยในการแบ่งระหว่างสเกลกับสเกลหลักเพื่อให้ของเหลวไหลลงไปในตำแหน่งเดียว	
			2. ทัศนะการวัดของหมักงาน		อบรมพนักงานQCให้วิธีการใช้ทุก 6 เดือน
			3. ค่าหมักงาน วัดที่แตกต่างกัน	ทำ Fixtute lock ค่าคงที่ตรวจสอบให้อยู่ตรงกลาง	
	แม่พิมพ์	1. ขนาดความลึกของ side แม่พิมพ์ที่สลับกัน		กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบ diameter side ที่สลับกัน	
2. การหล่อที่แม่พิมพ์แต่ละชนิด		ติดตั้งระบบการตั้งค่า Auto ที่เครื่องหล่อตามแบบสเกล friction โดยการให้ slide สอยจากแม่พิมพ์			
3. ความถูกต้องในการประกอบของหมักงาน			กำหนดการตรวจสอบก่อนส่งมอบแม่พิมพ์		
สีผิวแม่พิมพ์	กรณีวัดสีผิวหมัก	1. วิธีการแยกของหมักงานที่แตกต่างกัน	ทำอุปกรณ์ ช่วยในการแบ่งระหว่างสเกลกับสเกลหลักเพื่อให้ของเหลวไหลลงไปในตำแหน่งเดียว		
		2. ทัศนะการวัดของหมักงาน		อบรมพนักงานQCให้วิธีการใช้ทุก 6 เดือน	
		3. ค่าหมักงาน วัดที่แตกต่างกัน	ทำ Fixtute lock ค่าคงที่ตรวจสอบให้อยู่ตรงกลาง		
	ไอโครมิค	Alignment ของทุก slide	ทำ alignment slot ในภาชนะควบคุมการเคลื่อนที่ให้ตรง		
				กำหนดค่าขีดมาตรฐานและการตรวจสอบใน PM	
	แม่พิมพ์	1. การหล่อที่ของ slide way ของแม่พิมพ์แต่ละชนิด	ติดตั้งระบบการตั้งค่า Auto ที่เครื่องหล่อตามแบบสเกล friction โดยการให้ slide สอยจากแม่พิมพ์		
				กำหนดค่าขีดมาตรฐานและการตรวจสอบใน PM	
		2. Friction ในชุดวัดของ Mold	ติดตั้งระบบการตั้งค่า Auto ที่เครื่องหล่อ		
				กำหนดค่าขีดมาตรฐานและการตรวจสอบใน PM	
		3. การเช็ค slide แม่พิมพ์ให้ให้คู่กันตามกับไอโครมิค	ทำ alignment slot ในภาชนะควบคุมการประกอบให้ตรง		
		กำหนดค่าขีดมาตรฐานและการตรวจสอบใน PM			

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition		
			Technology (Machine itself)	Management (Faithful observation)	
เก็บชิ้นดี	แมตริคซ์	1. การหล่อเป็นช่อง slide way	คิดตั้งระบบจางระบบ Auto ที่คิดเรื่องหล่อ		
		2. การตีพรของ รอยต่อ slide		กำหนดให้มีมาตรฐานและการตรวจสอบใน PM	
ผิวหน้าเกลี้ยง	สายดา	1. ระดับความสกปรกตามแต่ละคน		กำหนดมาตรฐานตรวจสอบและให้มีการนำผ้าใหม่เมื่อใช้ up 1.5 mm	
		2. สภาพแวดล้อมทางสิ่งแวดล้อม	เพิ่มแสงสว่าง	กำหนดหรือคิดอย่างใดตรวจสอบทุกอย่าง	
	แมตริคซ์	1. ความสามารถการจับยึดมีความสัมพันธ์ของพนักงาน		กำหนดฐานและการตรวจสอบวัดความถี่ก่อนนำส่งประกอบ โดยการใช้พรตรวจสอบ	
โพรงทาง	ชุดเครื่องมือ	1. ประสิทธิภาพ fixture	ทำสัญญาณเตือนเมื่อ AMP drop	ตรวจสอบสัญญาณทั้ง bearing และความถี่ในการตรวจวัด 300	
		2. การวัดขนาด	คิดตั้ง popritional วารด์		
		3. Protective tube เติง, หัก	คิดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบประจำที่ส่งค่าทุกครั้งที่เป็นคนและเพิ่มการตรวจสอบวาระใน PM	
		4. แมท T.C และทอย ชีจุด	คิดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก 300	
		5. MS Calibar ชุดควบคุม		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก 300	
		6. ความยาวของแท่ง T.C	คิดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการ ทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองก่อนนำ มาและ PM	
		7. การปรับค่าของระบบ T.C	คิดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการ ทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก 300	
		8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	ทำระบบ Pass word ป้องกันเกิดเรื่อง	กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก 300	
	STEP การป้อนน้ำ		1. ทดงานปรับตั้งค่า	เขียนระบบ PLC เก็บค่า program ไว้ที่ตู้	
			2. ความถี่ไหลของ flow rate ที่คิดเรื่องหล่อ	คิดตั้งสัญญาณเตือนคนตก	
		สายดา	2. การวัดขนาด	คิดตั้ง popritional วารด์	
					กำหนดตรวจสอบประจำที่ส่งค่าทุกครั้งที่เป็นคนและเพิ่มการตรวจสอบวาระใน PM
		สายดา	1. ระดับความสกปรกตามแต่ละคน		กำหนดหรือคิดอย่างใดตรวจสอบทุกอย่าง
			2. สภาพแวดล้อมทางสิ่งแวดล้อม	เพิ่มแสงสว่าง	
	แมตริคซ์	แมตริคซ์	1. การเคลื่อนผิวแมตริคซ์		ให้มีการนำซ่อม dyco ให้พร้อมใช้งานตลอด
			2. การซ่อมแบบ R บริเวณผิวแมตริคซ์		กำหนดเป็น STD ของ ENG
			3. distance ผนัง		กำหนดมาตรฐานและการนำ igh ตรวจสอบทุก 2 ชม.
			4. การซ่อมแบบซ่อมผิว		กำหนดเป็น STD ของ ENG
			5. การดูคืนของ air vent		กำหนดให้มีมาตรฐานค่าที่ ความสะอาด ในทาง service
			6. การดูคืนของ coating		ทำเครื่องมือตรวจสอบ flow rate
	ท่อป้อนน้ำ		1. อุปกรณ์ใช้งาน	ทำระบบเตือนและหยุดการทำงานเมื่อตรวจพบการรั่ว หรือ สักการอนุญาตการใช้งาน (ตามอุปกรณ์ที่จะ) อนุญาตใช้งาน ไม่เกิน 25 วันให้เปลี่ยน	
			2. ความสะอาดภายในท่อ		ตรวจสอบสภาพท่อ โดยทำ ตัวอย่างเปรียบเทียบ
			3. การแตกตัวของท่อ		กำหนดมาตรฐานตรวจสอบทุกครั้งที่มีการ set up
					กำหนดมาตรฐานตรวจสอบทุกครั้งที่มีการ set up

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition	
			Technology (Machine itself)	Management (Patihai observance)
รูปร่าง	ดูหน้า	1. ประสิทธิภาพ heater	กำลังถูกคุมด้วยมอเตอร์ AMP drop	ตรวจสอบที่ของทำ heater วันละ xxx
		2. กวรับของปลา	คิดทั้ง proportional วาล์ว	กำหนดตรวจสอบประกบกันฝากทุกครั้งที่ปิดฝากและ สังเกตการตรวจสอบวาล์วกับ PM
		3. Protective tube เกลียวหัก	คิดทั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยคน 04 ทุก xxx
		4. แก๊ส TIC และสาย จู่จุด	คิดทั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยคน 04 ทุก xxx
		5. กว Cable ดูการหมุน		กำหนดตรวจสอบด้วยคน 04 ทุก xxx และ PM
		6. ความยาวของแก๊ส TIC	คิดทั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยคน 04 ทุก xxx
		7. กวรับของปลานวนกับแก๊ส DC	คิดทั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบด้วยคน 04 ทุก xxx
		8. กวรับสินค้าของพนักงาน	ใช้ระบบ Pass word	
	STEP การปิดน้ำ	1. พนักงานกดสินค้า	เขียนระบบ PLC เลือก program 1แต่ละวัน	กำหนดตรวจสอบ first piece
		2. ความกว้างของ flow rate ที่รับของทำ 2. กวรับของปลา	คิดทั้งสัญญาณเตือนบนคก คิดทั้ง proportional วาล์ว	กำหนดตรวจสอบประกบกันฝากทุกครั้งที่ปิดฝากและ สังเกตการตรวจสอบวาล์วกับ PM
	แม่พิมพ์	1. ภาชนะขึ้นพิมพ์		ให้มีการทำความสะอาดให้พร้อมใช้งานตลอด
		2. กวของระบบ R บริเวณแม่พิมพ์		กำหนดเป็น STD ของ E&G
		3. diameter ราง		กำหนดมาตรฐานและการใช้ดู ตรวจสอบทุก 2 ชม.
		4. กวของแม่พิมพ์		กำหนดเป็น STD ของ E&G
		5. กวจุดขึ้นของ air vent		กำหนดค่าให้มีมาตรฐานภายใต้ความสะอาดในภาชนะ service
		6. กวจุดขึ้นของ cooling		ค่าที่ขึ้นคือตรวจสอบ slow rate
	ข้อป้อนน้ำ	1. ถังกวน ใช้งาน	ใช้ระบบเตือนและหยุดการทำงานเมื่อครบอายุการใช้งาน อายุใช้งาน ไม่นเกิน 25 วันให้เปลี่ยน	ตรวจสอบสภาพตู้ปลา ทำตัวอย่างเปรียบเทียบ
		2. ความสะอาดภาพในตู้		ใช้ความสะอาดแบบตรวจสอบทุกครั้งที่มีการ set up
		3. การเคลือบผิวของตู้		ใช้ความสะอาดแบบตรวจสอบทุกครั้งที่มีการ set up
	ข้อ cooling	1. กวจุดขึ้นของ cooling		ดูประวัติการตรวจสอบ slow rate
		2. กวปรับรอบของ cooling	ทำป้าย ระบบข้อ cooling	ตรวจ first piece
		3. กวรับของสาย cooling		ตรวจสอบก่อนทำงาน วันละ
	condition cooling	1. แรตจับลม	คิดทั้งสัญญาณเตือนบนคกจัดการทำงาน	
		2. กวรับสินค้า flow rate ของพนักงาน	เขียนระบบ PLC เลือก program 1แต่ละวัน	กำหนดตรวจสอบ first piece และ Audit ของ QC
		3. กวข้อต่อ cooling ของพนักงาน	ทำป้าย ระบบข้อ cooling	ตรวจ first piece
	รสชาติ	1. ระดับความสะอาดภาชนะแต่ละคน		ใช้การประเมินตัวอย่างที่ตรวจสอบทุก
		2. สภาพแวดล้อมทางกลิ่นรส	กลิ่นแรงขจัด	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition		
			Technology (Machine tied)	Management (Pilot observation)	
คุณภาพชิ้น	แม่พิมพ์	1. ภาทเคลื่อนตัวแม่พิมพ์		ไม่มีการซ่อม dycode ให้พร้อมใช้งานตลอด	
		2. ภาทออกแบบ R บริเวณมุมแม่พิมพ์		กำหนดเป็น STD ของ ENG	
		3. ฝาครอบ ฝาปั๊ม		กำหนดมาตรฐานและการบำรุง ควบคุมทุก 2 ชม.	
		4. ภาทออกแบบขอบหนี		กำหนดเป็น STD ของ ENG	
		5. การดูดซับของ air vent		กำหนดให้มีมาตรฐานการที่ตรวจเช็คตาม service	
		6. การดูดซับของ cooling		กำหนดให้มีพรอบของ flow rate	
	เครื่องหล่อ	1. ภาทปรับตั้งอัตราการผลิต	เขียนระบบ PLC เลือก program แต่ละรุ่น	กำหนดตรวจสอบ first piece	
		2. ว่างในการเปิด-ปิดแม่พิมพ์	ปรับให้ speed ที่เครื่องหล่อ		
	condition cooling	1. แรคเคลื่อน	ติดตั้งสัญญาณเตือนลมตกที่งาน		
		2. การปรับตั้งค่า flow rate ของหมักกาน	เขียนระบบ PLC เลือก program แต่ละรุ่น		
		3. การต่อท่อ cooling ของหมักกาน	ทำป้ายระบุเบอร์ cooling	กำหนดตรวจสอบ first piece และ Audit 104 QC	
	ท่อ cooling	1. การดูดซับของ cooling	ทำป้ายระบุเบอร์ cooling	ตรวจ first piece	
		2. การปรับท่อ cooling	ทำป้ายระบุเบอร์ cooling	ดูรายการตรวจสอบ first piece	
		3. การรั่วของสาย cooling		ตรวจ first piece	
	อุณหภูมิ	1. ประสิทธิภาพ heater	ทำสัญญาณเตือนเมื่อ AMP drop	ตรวจสอบที่ของแก๊ส heater วัสดุ xxx	
		2. การรั่วของท่อ	ติดตั้ง proportional วาล์ว	กำหนดตรวจสอบประกับแก๊สทุกครั้งที่เปิดน้ำตามและ ผลการตรวจสอบวาล์วใน PM	
		3. Protective tube แตกหัก	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบที่ของแก๊ส xxx	
		4. แก๊ส T/C และสาย ชั่วจุด	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบที่ของแก๊ส xxx	
		5. การ Calibrate ชุดควบคุม		กำหนดตรวจสอบที่ของแก๊ส xxx	
		6. ความยาวของแก๊ส T/C	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบที่ของแก๊ส xxx	
		7. การเปลี่ยนของสายในแก๊ส T/C	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	กำหนดตรวจสอบที่ของแก๊ส xxx	
		8. การปรับตั้งค่าของหมักกาน	ที่ระบบ Pass word	กำหนดตรวจสอบที่ของแก๊ส xxx	
	คุณภาพชิ้น	STEP การเปลี่ยน	1. ภาทงานปรับตั้งค่า	เขียนระบบ PLC เลือก program แต่ละรุ่น	กำหนดตรวจสอบ first piece
			2. ความแม่นยำของ flow rate เข้าเครื่องหล่อ	ติดตั้งสัญญาณเตือนลมตก	
2. การรั่วของท่อ			ติดตั้ง proportional วาล์ว	กำหนดตรวจสอบประกับแก๊สทุกครั้งที่เปิดน้ำตามและ ผลการตรวจสอบวาล์วใน PM	
undercut	แม่พิมพ์	1. Action 104 upper and lower แม่พิมพ์		ไม่มีการซ่อม Dycode	
		2. ภาทออกแบบของแม่พิมพ์		กำหนดเป็น STD ของ ENG	
		3. ภาทปรับตั้งแม่พิมพ์ที่เครื่องหล่อ		มาตรฐานการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของคองโมบิลิตี	
	สายตา	1. ระดับความแม่นยำของคองโมบิลิตี		ทำภาพหรือวิดีโอว่าจัดตรวจสอบทุกวง	
2. สภาพแวดล้อมทางคองโมบิลิตี		ที่แม่พิมพ์			

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition		
			Technology (Machine itself)	Management (Faitful observance)	
Pin hole	Pin cooling	1. การดูดชิ้นของ cooling		ดูโปรแกรมตรวจสอบ Pin rate	
		2. การประกอบ cooling	ทำป๊าย ระบบแอร์ cooling		
		3. การรีวของสาย cooling		ตรวจ first piece	
	อุณหภูมิ	1. ประสิทธิภาพของ heater	ทำสัญญาณเตือนเมื่อ AMP ผิดๆ		ตรวจสอบก่อนทำงาน (วันละ)
		2. การรีวของตา	ติดตั้ง proportional วาล์ว		ตรวจสอบประสิทธิภาพ heater วันละ xxx
		3. Proxide tube เติมน้ำ	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบประสิทธิภาพทุกครึ่งชั่วโมงตามระดับ
		4. แก๊ส TIC และสาย ซักชุด	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		ดำเนินการตรวจสอบวาล์วเป็น PM
		5. แก๊ส Calibac ชุดควบคุม			กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก xxx
		6. ความยาวของแก๊ส TIC	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองก่อนทำงานและ PM
		7. การปรับสภาพของวาล์วแก๊ส TIC	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก xxx
	8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	ใช้ระบบ Pass word		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุก xxx	
	DV	1. ความสูงของปาก Launder ถึงปากตาเครื่องหล่อ	ติดตั้งไว้ด้วยความสูงที่ขั้วทุกเครื่อง		ดำเนินการตรวจสอบทุกสัปดาห์
		2. ความลึกก้นของ Launder			ตรวจสอบ 1 ครั้งต่อสัปดาห์วันจันทร์วันพฤหัสบดี
		3. ความสะอาดของเบ้าถาด			ทำความสะอาดทุกครึ่งชั่วโมงทุกวัน
		4. ความสูงในการจ่ายน้ำ	ทำป๊ายด้วยระบบควบคุมไม่เปลี่ยน		
		5. รั่วซึมของน้ำที่ห้องในสแตนเลส	ทำป๊ายของน้ำให้ไปสู่อุปกรณ์		
		6. ความถี่ในการ โหลดรถ			ตรวจสอบทุกครึ่งชั่วโมงที่ห้อง
		7. ความเสื่อมสภาพของชุดดูดความชื้น			กำหนดซื้อ โหลดชุดดูดความชื้นก่อนที่เปลี่ยนน้ำ
		8. ปริมาณความชื้นและน้ำแข็งที่ห้องดูดความชื้น			ตรวจสอบทุก 3 เดือน
		9. ค่า DV ของน้ำ AI พลังดูด gas			ตรวจสอบทุก 3 เดือน
	condition cooling	1. เติมน้ำมัน	ติดตั้งสัญญาณเตือนและจัดการทำงาน		
		2. การปรับตั้งค่า flow ของตาของพนักงาน	ใช้ระบบ PLC เลือก program ให้ระบุ		กำหนดตรวจสอบ first piece และ Audit ของ QC
		3. การต่อท่อ cooling ของพนักงาน	ทำป๊าย ระบบแอร์ cooling		ตรวจ first piece
	สภาพ	1. ระดับความสามารถของพนักงาน			ทำภาคีด้วยช่างที่ตรวจสอบทุก
		2. สภาพแวดล้อมทางสังคม	เพิ่มแสงสว่าง		

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition		
			Technology (Machine itself)	Management (Faultful observation)	
Shrinkage	พัก cooling	1. การจุดไฟของ cooling		ดูใบผลการตรวจ (fire rate)	
		2. การประกอบ cooling	ทำป้าย ระบุเบอร์ cooling		
		3. การรีวของสาย cooling		ตรวจ first piece	
	ดูสกรู	1. ประสิทธิภาพ heater	ทำสัญญาณเตือนเมื่อ AMP drop		ตรวจสอบก่อนทำงาน (วันละ)
		2. การรีวของตา	ติดตั้ง proportional วาล์ว		ตรวจสอบถึงของเก็บ header วันละ xxx
		3. Protective tube 1 คนูท	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบประจำสัปดาห์หรือที่ปิดหน่วยและดำเนินการตรวจสอบวาล์วกับ PM
		4. เกจ TIC และสาย จัจุด	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุกวัน xxx
		5. การ Calibrate ชุดควบคุม			กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุกวัน xxx
		6. ความยาวของเกจ TIC	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองก่อนทำงานและ PM
		7. การเบี่ยงเบนของขนาดของเกจ TIC	ติดตั้งสัญญาณ alarm และจัดการทำงาน		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุกวัน xxx
		8. การปรับตั้งค่าของเกจทำงาน	ใช้ระบบ Pass word		กำหนดตรวจสอบด้วยตนเองทุกวัน xxx
	SOP การรีว	1. พนักงานที่รับผิดชอบ	เขียนระบบ PLC เช็ค program ให้ชัดเจน		
		2. ความชำนาญของ flow rate ที่ใช้ของท่อ	ติดตั้งสัญญาณเตือนขนาด		กำหนดตรวจสอบ first piece
	Dycode	2. การรีวของตา	proportional วาล์ว		
		1. ประสิทธิภาพ dycode			กำหนดตรวจสอบประจำสัปดาห์หรือที่ปิดหน่วยและดำเนินการตรวจสอบวาล์วกับ PM
		2. อายุของ dycode	ทำ visual ควบคุม FIFO		ทำป้ายและให้ป้ายชัดเจนไปแจ้ง
	condition cooling	3. วิธีการซ่อมของพนักงาน			ทำหนังสือขอซ่อมหรือแจ้งงานใหม่ (ถ้าซ่อมเป็นครั้งแรก)
		1. แรงดันลม	ติดตั้งสัญญาณเตือนขนาดจัดการทำงาน		
		2. การปรับตั้งค่า flow rate ของพนักงาน	เขียนระบบ PLC เช็ค program ให้ชัดเจน		
	เมตริกซ์	3. การตั้งค่า cooling ของพนักงาน	ทำป้าย ระบุเบอร์ cooling		กำหนดตรวจสอบ first piece และ Audit ของ QC
		1. การเช็คคีย์เมตริกซ์			ตรวจ first piece
		2. การถอดแบบ R บริเวณเมตริกซ์			ให้มีการทำคีย์เมตริกซ์ให้เรียบร้อยก่อนถอด
					กำหนดเป็น STD ของ ENG

หลังจากแยกประเภทของ Defect-free Conditioning แล้ว จะทำการรวบรวมเฉพาะหัวข้อที่เป็น Faithful Observance ออกมาเพื่อจัดทำ Check Sheet สำหรับการตรวจสอบอย่างซื่อสัตย์

ตารางที่ 3.3 Faithful Observance ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์

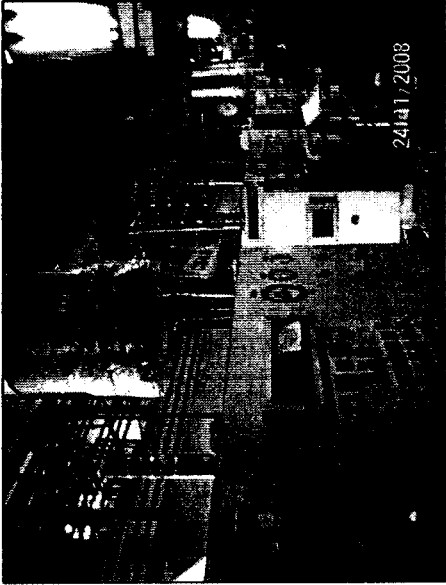
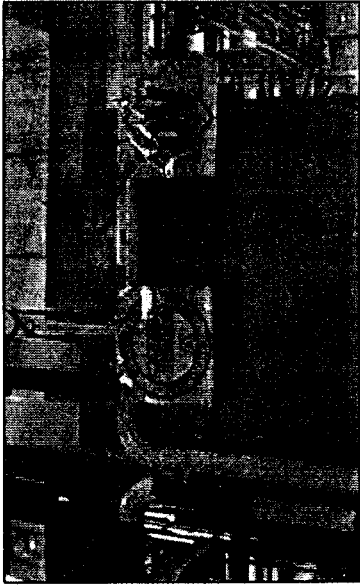
บันทึกการตรวจสอบกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์						
อุปกรณ์/ตัวรวม	Source of Variation	วิธีการตรวจสอบ	ค่าควบคุม	บันทึกผลการตรวจสอบ		
1.วัสดุแม่พิมพ์ความถี่	1. ตัวถ่วงการวัดที่แตกต่างกัน	ตัวถ่วงทุกตัวดูใกล้และค่าวัดถูกต้องตามที่กำหนด	ค่าวัดตามแบบที่กำหนด			
2.แม่พิมพ์ชุด upper/lower	2. Friction ที่ผิว lower mold(หน้าตา)	ดูบริเวณที่กดขึงทั้งด้านในมีรอย under cut	ไม่มีรอย under cut			
	3. Friction ของ insert upper mold	ดูบริเวณผิว disc ต้องไม่มีรอย under cut	ไม่มีรอย under cut			
	4. Friction ที่ผิวขอบ upper mold	ดูบริเวณผิวที่กดขึงต้องไม่มีรอย under cut	ไม่มีรอย under cut			
	5. ความเรียบของผิวภายใน	ดูความเรียบของผิวที่กดขึงได้ตามมาตรฐาน	รอยบุกรวม			
	6. จุดหมุนมีอะลูมิเนียมในเครื่องหล่อ	ตรวจสอบจุดหมุนมีอะลูมิเนียมที่เครื่องหล่อ	680-690 ธกท			
3.cycle time การหล่อ	7. จุดหมุนแม่พิมพ์	ตรวจสอบจุดหมุนแม่พิมพ์ด้วยเครื่อง Infrared (เครื่องวัดอุณหภูมิ)	upper/lower 400-450 side : 370-400			
	8. การปรับตั้งคาร์บูไรต์ cooling ของพนักงาน	ตรวจสอบค่า on-off ของ cooling ตรวจสอบ in condition	ตาม in condition			
	4.แม่พิมพ์	9. การหล่อที่แม่พิมพ์จะแข็งตัว	slide way, ejector , locator pinและขอบช่อง มีการทาจารบี			
5.จุดหมุน	10. Friction บนชุดเครื่องที่ของ Mold	ตรวจสอบ side แม่พิมพ์ติดแน่นไม่ติดขัด				
	11. การเข้าไต่โรติกให้ให้ศูนย์กลางกับ side แม่พิมพ์	ตรวจสอบ side โรติกกับ side แม่พิมพ์ประกอบกันพอดีไม่หลวม				
	12. การปรับตั้งของตา	ตรวจสอบ set หาค่าตั้งไม่ขยับเขยื้อน	ไม่ขยับหรือขยับคด			
	13. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	ตรวจสอบค่า set up จุดหมุนมีอะลูมิเนียม คือ set ที่ 685	set up 685 ธกท			
6.ข้อป้อนน้ำ	14. อุณหภูมิในถัง	ตรวจสอบอุณหภูมิใช้งานของถังต้องไม่เกิน 25 วัน	<= 25 วัน			
7.แม่พิมพ์	15. การเคลื่อนตัวแม่พิมพ์	ตรวจสอบแม่พิมพ์ต้องไม่ค้ำ	ผิวแม่พิมพ์ไม่ค้ำ			
	16. diameter ใหญ่(ความใหญ่ใหญ่)	ตรวจสอบโดยให้ G วัสดุใหญ่ต้องงอได้				
	17. การดูดที่ของ air vent	ตรวจสอบที่แม่พิมพ์ต้องไม่มีอะลูมิเนียมที่ติดตามร่อง air vent	ไม่มีอะลูมิเนียมที่ติด			
8.เครื่องหล่อ	18. การปรับตั้ง STEPการป้อนน้ำ AI	ตรวจสอบการ set ค่าเริ่มต้น PI_P2ตามเวลาตรงตาม condition	ตาม condition			
	19. เวลาในการฉีด-ปิดแม่พิมพ์	ตรวจสอบการตั้งขึ้นลงของแม่พิมพ์ upper ต้องไม่กระตุก	ขึ้นลงไม่ผิดปกติ			
9.ถัง cooling	20. การปรับตั้งของถัง cooling	ตรวจสอบการตั้งของถัง cooling ต้องไม่มีรั่วหรือขาดจุด	ไม่มีรั่วหรือขาด			
10.ค่า DV	21. ความลึกถังของ Launder	ตรวจสอบต้องไม่แคบกว่าและต้องมี dyate ที่เทียบ	ไม่แคบกว่า			
11.condition cooling	22. เปรี่งกันสนิมที่ cooling	ตรวจสอบที่ page วัฒนธรรมที่ cooling	4-6bar (บาร์)			
	23. การปรับตั้งค่าแรงดันของพนักงาน	ตรวจสอบแรงดันที่ตาม in condition	ตาม in condition			
	24. การตั้งค่า cooling ของพนักงาน	ตรวจสอบการตั้งค่า cooling ที่แม่พิมพ์ตรงตาม in condition	ตาม in condition			
	12.STEP การป้อนน้ำ	25. ความสม่ำเสมอของ flowrate เข้าเครื่องหล่อ	ตรวจสอบที่ page วัฒนธรรมที่เครื่อง	4-6bar (บาร์)		
13.Dyate	26. ประสิทธิภาพของ dyate	ตรวจสอบแม่พิมพ์ต้องไม่ค้ำ	ผิวแม่พิมพ์ไม่ค้ำ			

และดำเนินการนำ Defect-free Conditioning ที่เป็น Technological or Machine Itself มาทำการวางแผนในการใช้เทคโนโลยีเพื่อที่กำจัด Source of Variation

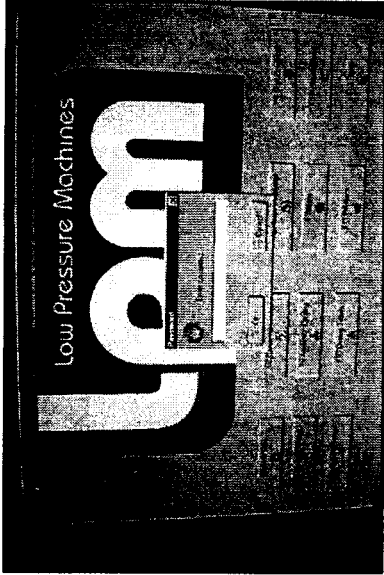
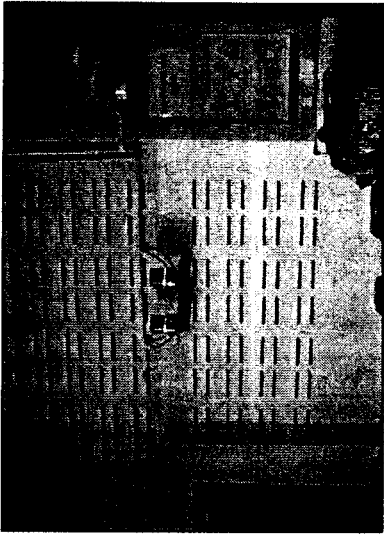
ตารางที่ 3.4 Machine itself ของกระบวนการหล่อลื่นแม่พิมพ์

Quality Characteristic	Quality control	Source of Variation	Defect free Condition	Task
			Technology(Machine itself)	
Pinhole โพรงอากาศ	อุณหภูมิ	1.1 Heater ทำงานไม่ครบ 3 เฟส	ทำสัญญาณเตือนเมื่อ Heater phase ใด phase หนึ่งไม่ทำงาน	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้ง 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข
		1.2 Heater ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	ทำ PM analysis	
		1. อุณหภูมิน้ำอะลูมิเนียมในเครื่องหล่อ	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้งโปรแกรม 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข 5.ติดตั้งให้ครบทุกเครื่อง
		3. Protective tube แตก,หัก	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้งโปรแกรม 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข 5.ติดตั้งให้ครบทุกเครื่อง
		4. เก่ง T/C และสาย ชำรุด	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้งโปรแกรม 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข 5.ติดตั้งให้ครบทุกเครื่อง
		6. ความยาวของแท่ง T/C	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้งโปรแกรม 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข 5.ติดตั้งให้ครบทุกเครื่อง
		7. การปรับแก้ของฉนวนชั้นสาย T/C	ติดตั้งสัญญาณ alarm และตัดการทำงาน	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้งโปรแกรม 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข 5.ติดตั้งให้ครบทุกเครื่อง
		8. การปรับตั้งค่าของพนักงาน	ทำระบบ Pass word ป้องกันที่เครื่อง	1.ออกแบบโปรแกรม 2.ติดตั้ง
	condition cooling.	1. เร่งคืนลม	ติดตั้งสัญญาณเตือนกมคคตัดการทำงาน	1.ออกแบบ 2.ติดตั้ง 3.ทดสอบการใช้งาน 4.สรุปการใช้พร้อมแก้ไข
		3. การต่อท่อ cooling ของพนักงาน	ทำป้าย ระบุเบอร์ cooling	1. ออกแบบทำป้าย 2. ออก PR สั่งทำ 3.ติดตั้งสรุปการปรับแก้ไข

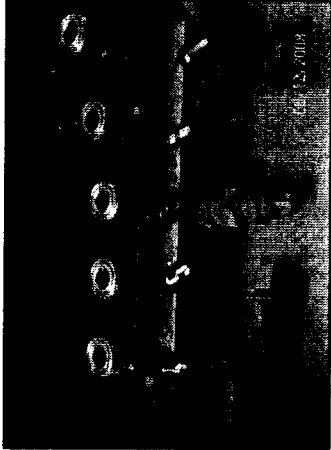
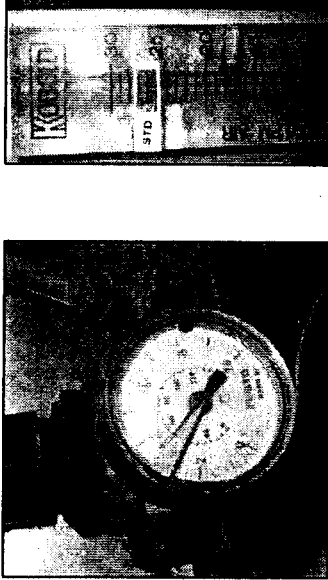
ตารางที่ 3.5 รายละเอียด Machine Itself ของการป้องกันปัญหา Pinhole

หัวข้อ	รายละเอียด	รูปแสดง
<p>1. การควบคุมอุณหภูมิน้ำ อลูมิเนียมในเครื่องหล่อ ให้ได้ 680-690 องศาเซลเซียส</p>	<p>รายละเอียด ติดตั้ง PLC เพื่อตัดการทำงานของเครื่องหล่อ เมื่อ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าค่าควบคุม และมีการแสดง เป็นสัญญาณไฟ สีแดง กรณีปกติ จะเป็น ไปสีเขียว</p>	
<p>2. Visual Control เรื่องอุณหภูมิ และค่า Dv ของเครื่องหล่อ</p>	<p>สรุปผลการเก็บข้อมูลทางสถิติ โดยใช้ การคำนวณความสามารถของกระบวนการ (Process Capability -- Cpk) เพื่อแสดงเกรดของ อุณหภูมิ และค่า Dv ของแต่ละเครื่อง ในแต่ละ สัปดาห์ โดย Cpk ≥ 1.00 Grade A Cpk < 1.00 Grade B</p>	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

หัวข้อ	รายละเอียด	รูปแสดง
<p>3. การป้องกันเครื่องแก้ไข Condition Program ของ การหล่อ</p>	<p>การกำหนด Password ในการแก้ไข และให้เฉพาะ ตำแหน่งหัวหน้ากะขึ้นไปเท่านั้นที่สามารถแก้ไขได้</p>	
<p>4. ติดตั้งสัญญาณ Alarm เมื่อลมที่ใช้ในการ Cooling แม่พิมพ์ ตกต่ำกว่า 4 bar</p>	<p>ติดตั้ง PLC เพื่อแสดงสัญญาณ เสียง และสีแดง เมื่อความดันลมต่ำกว่า 4 bar</p>	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

หัวข้อ	รายละเอียด	รูปแสดง
5. Visual Control เบอร์ Cooling แม็พิมพ์	จัดทำหมายเลขของแต่ละท่อ Cooling เพื่อป้องกันประกอบผิดพลาด	
6. Visual Control ที่เครื่อง Degas	ซึ่งค่าควบคุมของ Flow Rate ของ Argon Gas และ Pressure ของ Argon Gas ที่เครื่อง Degas	

2.3 การจัดทำ Statistic Process Control

จาก Quality Characteristic Sheet ในส่วนของคุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristic) จะต้องมีการเฝ้าติดตาม (Monitor) อย่างต่อเนื่อง โดยใช้เทคนิคทางสถิติที่เกี่ยวข้อง เมื่อพบว่า มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับคุณลักษณะทางคุณภาพ เราสามารถเข้าไปตรวจสอบ และ/หรือ จัดการกับแหล่งความแปรปรวน (Source of Variation) ต่างๆ ของ คุณลักษณะทางคุณภาพ นั้นๆ ได้

การควบคุมกระบวนการผลิต สำหรับการหล่อล้อแม็กซ์อลูมิเนียมมีการใช้ Control Chart เพื่อติดตามผลของคุณลักษณะทางคุณภาพและใช้ Process Capability เพื่อแสดงถึงความสามารถของกระบวนการผลิต ณ กระบวนการนั้นๆ ดังนี้

(1) Variable Control Chart

- Chemical Composition (Si, Mg, Ti, Sr)
- Density (Dv)
- Al Temperature
- Hardness
- Thickness of side Wheel

(2) Attribute Control Chart

- Reject Dv ไม่ได้ตามข้อกำหนด
- ค่ายุบ โกง ของล้อ
- ยุบรอบบอร์
- ยุบปลายก้าน
- หล่อไม่เต็ม

ตัวอย่างของการควบคุมกระบวนการ โดยใช้ Control Chart และ Process Capability เป็นดังนี้

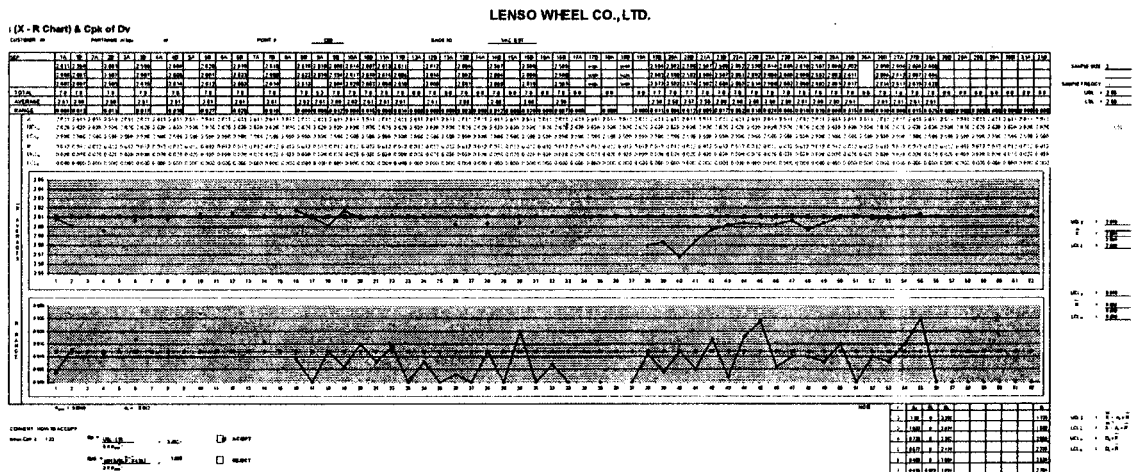
ภาพที่ 3.15 แสดงถึง Xbar-R chart และ Cpk ของค่า Density (Dv) ของเครื่องหล่อ โดยข้อมูลจะมีการวัดทุกเข้าของการหลอม และบันทึกผลลงใน Control Chart ที่อยู่ที่ Board หน่วยงาน พนักงาน QC จะนำข้อมูลมาบันทึกในคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณ Cpk ในแต่ละสัปดาห์ และแจ้งผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบสถานะความสามารถของเครื่องหล่อแต่ละเครื่อง รวมทั้งนำข้อมูล Cpk ไป Update Visual Control ของเครื่องหล่อ

ภาพที่ 3.16 Xbar-R Chart และ Cpk ของค่า Si แสดงตัวอย่างของ Control Chart ที่ใช้ควบคุมส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ ซึ่งสำหรับ Aluminium Grade A356-T6 จะมีการควบคุมที่สำคัญ 4 ธาตุด้วยกันคือ Si, Mg, Ti และ Sr โดยข้อมูล QC จะทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี วันละ 6 เบ้า แล้วนำมา Plot ค่าลงใน Control Chart ที่อยู่ที่ Board หน่วยงาน และบันทึกลงในคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณ Cpk ในแต่ละสัปดาห์

ภาพที่ 3.17 p Chart ของงานหล่อไม่เต็ม เป็นตัวอย่างของ Attribute Control Chart ที่บันทึกจำนวนงานเสีย (หล่อไม่เต็ม) เทียบกับยอดผลิตในแต่ละวัน โดยข้อมูลจะมีการบันทึกทุกวัน และแจ้งผู้เกี่ยวข้องเพื่อทราบถึงแนวโน้มของปัญหา

ในการควบคุมกระบวนการโดยใช้ Control Chart และ Process Capability จะมีการบันทึกข้อมูล 2 ส่วน คือ บันทึกข้อมูลที่หน้างานที่ Board SPC และบันทึกข้อมูลใน Computer

ทุกเช้า ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และฝ่ายผลิตจะประชุมร่วมกัน หัวข้อ SPC จะเป็นหัวข้อหนึ่งที่จะต้องคุยกันและถ้าพบแนวโน้มของปัญหาหรือผลอยู่นอกช่วงที่ควบคุม จะต้องมีการหาสาเหตุของปัญหานั้นๆ กำหนดแนวทางการดำเนินการร่วมกัน และมอบหมายให้ผู้เกี่ยวข้องไปดำเนินการ เพื่อให้ผลการวัดอยู่ในค่าควบคุมของ Control Chart



ภาพที่ 3.9 Xbar-R Chart และ Cpk ของค่า Density

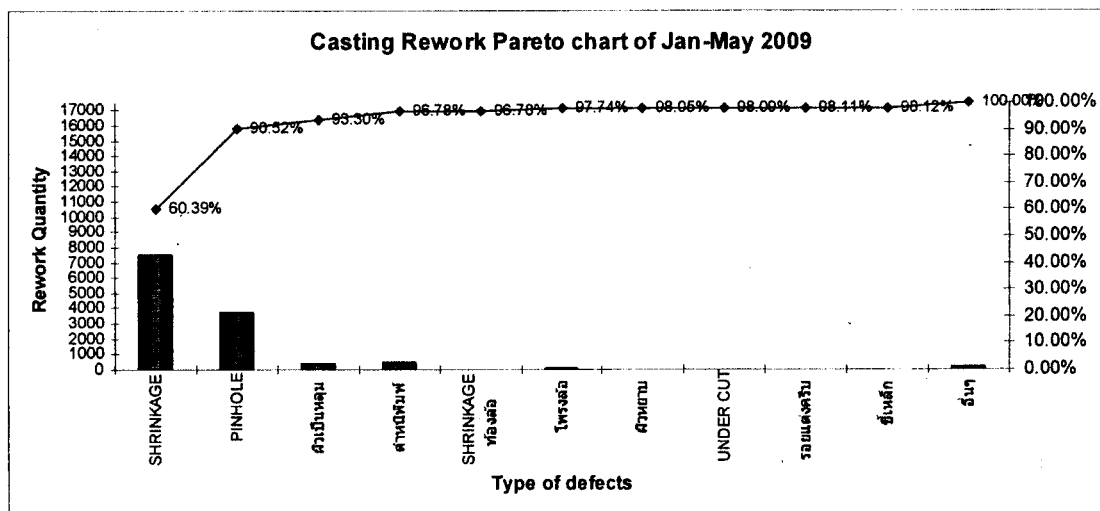
2.4 การวิเคราะห์ P-M Analysis

การวิเคราะห์ P-M Analysis มีทั้งหมด 8 ขั้นตอน คือ

- (1) Clarify the phenomena
- (2) Conduct a physical analysis
- (3) Identify constituent conditions
- (4) Study 4Ms for causal factors
- (5) Set optimal conditions and standards
- (6) Plan and conduct a survey of factors
- (7) Identify abnormality to be addressed
- (8) Propose and make implements

จะต้องเลือกปัญหาค้านคุณภาพหลักๆ โดยใช้ Pareto Diagram ในการวิเคราะห์ เพื่อค้นหาปัญหาหลัก ในกระบวนการหล่ออลูมิเนียม ปัญหาหลักคือ ชั๊นงานเป็นรูพรุน (Shrinkage) และรูเข็ม (Pinhole)

ภาพที่ 3.12 Pareto Diagram ปัญหาหลักกระบวนการหล่ออลูมิเนียม



ภาพที่ 3.12 Pareto Diagram ปัญหาหลักกระบวนการหล่ออลูมิเนียม

สำหรับการดำเนินการของบริษัท ได้ดำเนินการวิเคราะห์ P-M Analysis ในขั้นตอนที่ 1-5 ของปัญหา Shrinkage และ Pinhole ยังไม่ได้ดำเนินการในส่วน of ขั้นตอนที่ 6-8 โดยผลการวิเคราะห์ในเรื่อง Pinhole เป็นไปตาม ตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 P-M Analysis ของปัญหา PINHOLE

P-Analysis Table (Step 1 - 5)				
Phenomena : Pinhole				
การวิเคราะห์สาเหตุ (Step 2)	เงื่อนไขที่ควรระวังในการ (Step 3)	ความสัมพันธ์ที่สืบเนื่องกัน (Step 4)	ความสัมพันธ์ที่สืบเนื่องกันที่สืบเนื่องกัน (Step 4)	Necessary (Step 5) การดูแลรักษา (แยกที่ระบุไว้)
การไหลของน้ำในรูรูที่มีรู ไม่สามารถแยกออกได้ ที่อุณหภูมิในสภาวะ acid	1. ปริมาณไหลของน้ำในรูรู	1-1 หลีกเลี่ยงไม่ให้ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Man)	1-11 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux ที่ CK Man 1-12 มี Flux ที่สะอาด	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-2 หลีกเลี่ยงไม่ให้ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Man)	1-21 หลีกเลี่ยงไม่ให้ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-3 หลีกเลี่ยงไม่ให้ Flux และ Degreaser (Man)	1-31 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และ Degreaser	ทำความสะอาด Flux และ Degreaser
		1-4 หลีกเลี่ยงไม่ให้ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Man)	1-21 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น 1-22 Flux และตัวทำละลายที่ขุ่น ที่ขุ่นเกินไปไป Machine	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-5 หลีกเลี่ยงไม่ให้ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-51 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น 1-52 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-53 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-53 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-54 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-54 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-6 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-61 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น 1-62 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-64 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-64 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-7 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-71 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น 1-72 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-73 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-73 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น
		1-74 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น (Machine)	1-74 หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการที่เชื่อมกับ Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น	ทำความสะอาด Flux และตัวทำ ละลายที่ขุ่น

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

P-Mainlyde Table (Step 1 - 5)				
Phenomenon : Filter				
การวิเคราะห์เชิงภัย (Step 2)	สิ่งปัดป้องของอันตราย (Step 3)	การรับกั้นที่สถานะของ ๑๓ (Step 4)	การรับกั้นที่สถานะของอันตรายที่รับกั้น ๑๓ (Step ๕)	Newway (Step ๖) (เหตุการณ์รับกั้น การรับกั้นไม่ได้)
		I-8 ความชื้นบนชั้นผงขี้เถ้า ($\leq 40\mu\text{m}$) O4abcd)	I-8-1 การไหลกลับ Column ๓๐๓ Air dryer หนีกลับไปที่ Machine I-8-3 การดูความชื้นในตัว Material I-8-4 ไม่มีผลกระทบวิธีการทำความสะอาด filter Method	เวลาไหลกลับ - 4 min. ที่ขณะดูความชื้น ๒ ครั้ง ที่ ขณะตรวจหา หรือ พยายาม supply
		I-9 ฝุ่น AI จากท่อลมพัดปก มี AI/CR บนฝุ่นใน AI O4abcd)	I-9-1 พัดลมไม่ทำงานและไปกด Drum ของลมดูดฝุ่น Maa I-9-2 พัดลมพัดปก Machine I-9-3 Flue ที่ไม่ทำงานที่ปล่อย Material	พัดลมพัดปกที่ ๒ ครั้ง และกดไปกด drum Dis 2.๑๑ Flue ไม่ทำงานที่ปล่อย Material
		I-10 ดูอุณหภูมิอยู่ตลอดเวลา ๘๐°C O4abcd)	I-10-1 พัดลมไม่ทำงานของลมดูดฝุ่น Maa I-10-2 TC รั่วที่ error Machine I-10-3 Controller ที่หน้าพัดปกที่ Machine I-10-4 ดูอุณหภูมิตลอดเวลาของฝุ่นที่ปล่อย Material	TC ที่พัดปกที่ Possible ไม่เกิน 2๐๐๓ Controller ควบคุม Temp ไม่เกิน ๕๕๐๓ Temp = 710 - 720 องศาเซลเซียส
		I-11 ความชื้นในอากาศสูง O4abcd)	I-11-2 ระบาย Cooling ฝุ่นในถังที่ ๒๐๓ Machine I-11-3 มีขี้เถ้าที่คอยล์ cooling ที่ Machine I-11-4 ความชื้นในอากาศของลมดูดฝุ่น Material I-11-5 การพัดปกที่หนีกลับไปที่ Method	ไม่มีของเปียก Cooling M ๓ นาทีครึ่ง
		I-12 ฝุ่นบน Flue ที่พัดปกหนีกลับ O4abcd)	I-12-1 ฝุ่นที่พัดปกของลมดูดฝุ่น อาจ ไล่ที่พัดปกที่ ๒๐๓ Maa I-12-2 การปรับที่ค่า parameter ฝุ่นจะหนี ไม่สามารถ Machine I-12-3 ไม่มีฝุ่นที่พัดปกที่ Material I-12-4 การทำงานของลมดูดฝุ่น โดยที่ ๒๐๓ ไม่มีการพัดปกที่พัดปก Method	
		I-13 ฝุ่นที่พัดปกที่พัดปกหนีกลับ O4abcd)	I-13-1 ฝุ่นที่พัดปกที่พัดปกหนีกลับไปที่ Machine	พัดปกที่พัดปกที่ - ๑ นาที

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

PM Analyze Table (Step 1 - 9)				
Flammaron : Pictok				
การวิเคราะห์ขั้นต้น Step 2	สิ่งผิดปกติของชิ้นส่วน Step 3	การตั้งรหัสที่ผิดปกติของ 4A Step 4	การตั้งรหัสที่ผิดปกติของเครื่องใช้กับ 4A Step 4	Necessary Step 5 (การดูจากระดับ 1 ของคู่มือฉบับแก้ไข)
		1-14 ปริมาณน้ำยาแอร์ไม่ปกติไป O Method	1-14-1 ปริมาณน้ำยาแอร์จากที่วัดแสดงระดับ Air ไม่เพียงพอ Man 1-14-2 มีฝุ่นในสถานะที่แห้ง หรือของเหลว Air Machine 1-14-3 ไม่มีกลิ่นที่สดชื่นเหมือนในกรณีของสถานะปกติ Air Method	ตรวจปริมาณของน้ำยาแอร์ที่ตู้ที่ 25 LPM ปรับ Air ไม่เพียงพอ
		1-15 สถานะการหมุนของพัดลมตัวที่ 1 ไม่ปกติไป O Method	1-15-1 MP ไม่ให้ด้วยระบบ Blowing ของตัวที่ 1 ของ 4A Man 1-15-2 Blowing (พัดลมชนิด 1) Machine 1-15-3 Blowing (พัดลมชนิด 1) Machine 1-15-4 ไม่มีกลิ่นที่สดชื่นเหมือนในกรณีของสถานะปกติ Blowing ของตัวที่ 1 ของ 4A Method	ให้วิศวกรตรวจสอบมอเตอร์ อย่าให้ไม่สะอาด
		1-16 การตั้งค่า AL เริ่มที่ผิดปกติไป O Method	1-16-1 กรณีที่พัดลมของชุดควบคุมที่ AL มีอาการผิดปกติ Man 1-16-2 ประสิทธิภาพของพัดลมที่ผิดปกติของชุดควบคุม Machine 1-16-3 ไม่มีกลิ่นที่สดชื่นเหมือนในกรณีของสถานะปกติ Method 1-16-4 การวัดอุณหภูมิของพัดลมที่ผิดปกติของพัดลมที่ 1 Method	
		1-17 สถานะการทำงานของ Load ไม่ปกติไป O Method	1-17-1 ปริมาณการหมุนของพัดลม ที่ช้ากว่าปกติ Man 1-17-2 1-17-3 1-17-4 ไม่ให้พัดลมสถานะการทำงานของพัดลมที่ 1 Load Method	
		1-18 การตั้งค่า Power ไม่ปกติไป O Method	1-18-2 มีเสียงที่ Loud ที่ไม่ปกติที่พัดลมที่ 1 Method 1-18-3 หลอดไฟ Load ไม่ทำงานที่พัดลมที่ 1 Method 1-18-4 ไม่มีกลิ่นที่สดชื่นเหมือนในกรณีของสถานะปกติ Method	
	2-11 การตั้งรหัสที่ผิดปกติของ 4A 40 sec. (Man)	2-11 ปริมาณการตั้งรหัสที่ผิดปกติ	2-12 Speed ของ 11 Hydraulic ของเครื่องใช้กับ 4A Man 2-13 เครื่องใช้กับ 4A Machine	ปรับปริมาณที่ 40 sec. ของระบบ 4A ที่ 2 mm

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

F-M analysis Table (Step 1 - 5)				
Phenomena : Pinhole				
การวิเคราะห์เบื้องต้น (Step 2)	เงื่อนไขของข้อสังเกต (Step 3)	ความสัมพันธ์ที่ฐานของ ๕M (Step 4)	ความสัมพันธ์ของงานที่ได้ฐานที่ข้อสังเกต ๕M (Step 4)	Necessary (Step 5) (รายการระดับ : งานที่มอบหมายให้)
		2-2 รั่วซึมจากตัวรับกรวดดินเผา ไม่ถูกต้อง ตาม Condition standard (3M)	2-2-1 วัสดุไม่พอ Machine	การคำนวณขนาดที่น้อยกว่า > 5 bar
			2-2-2 ไม่มี Condition ภายนอก Material	ไม่มี condition ภายนอกอุปกรณ์
		2-3 รั่วซึมจากตัวรับกรวดดินเผา ไม่ถูกต้อง ตาม Condition standard (3M)	2-3-1 ไม่มี Condition standard Material	ไม่มี condition ภายนอกอุปกรณ์
		2-4 รั่วซึมจากตัวรับกรวดดินเผา P2 ไม่ถูกต้อง ตาม Condition standard (3M)	2-4-1 ไม่มี Condition standard Material	ไม่มี condition ภายนอกอุปกรณ์
		2-5 ผลิตผลของกระบวนการ cooling ไม่ถูกต้อง (3M)	2-5-1 ผลิตผลของกระบวนการตาม Min	กำหนดให้มีการตรวจสอบโดยทีม set up
			2-5-2 ไม่มีทีมตรวจสอบ Cooling Machine	ทีม cooling ตามช่างเทคนิค ไฟ
			2-5-3 ควบคุมอุณหภูมิที่กระบวนการ Cooling ใต้ Machine	ตรวจสอบ Cooling ทุบข้อ
		2-6 ผลิตผลปริมาณการ Dyeing ไม่ตรงตาม เงื่อนไข ฟังก์ชันเฉพาะในดี (3M)	2-6-1 ผลิตผลไม่ตรงตามปริมาณ Dyeing ที่มอบหมาย Min	กำหนดให้ตรวจสอบปริมาณน้ำในเครื่อง
			2-6-2 กำหนด Dyeing ปริมาณไฟ Machine	กำหนดปริมาณปริมาณ Dyeing ไฟ
			2-6-3 Dyeing หมดไม่ถูกต้อง Material	กำหนดอัตราการผสม 1:4
		2-7 ผลิตผลของกระบวนการฟอกขาว ที่ไม่ตรงกับ ฟังก์ชันไป (3M)	2-7-1 ผลิตผลไม่ตรงตามข้อกำหนดที่มอบหมาย Min	กำหนดระยะเวลาฟอกขาว
			2-7-2 กำหนดปริมาณการเติมไปไฟ Machine	กำหนดปริมาณการเติมไฟ
		2-8 Speed ปลายทางจักรรีดผ้า 40 mm/1 cycle standard	2-8-1 ไม่มี Hydraulic หารจัดที่ควบคุมการหมุน Machine	การปรับ Hydraulic - 95-120 bar

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

F-M analysis Table (Step 1 - 5)				
Phenomena : Fishbone				
การวิเคราะห์สาเหตุ (Step 2)	เงื่อนไขของกระบวนการ (Step 3)	ความถี่ของข้อบกพร่อง (Step 4)	การสังเกตการณ์จากพื้นที่ฐานที่ข้อบกพร่อง (Step 5)	Necessary (Step 5) (การดูแลระดับ 1 ของข้อบกพร่อง)
		2-9 อุณหภูมิของตู้อบแห้ง ๑๕๐ °C (Material)	2-9-1 ทรัพยากรไม่ตรวจสอบอุณหภูมิอบแห้ง Man 2-9-2 TC (ตัว) error Machine	TC (เซ็นเซอร์) Possible ไม่เกิน ± 2 องศา
			2-9-3 Controller ที่แผงควบคุม Machine	Controller ที่อุณหภูมิ Temp ไม่เกิน ± 5 องศา
			2-9-4 Heater ที่แผงควบคุม Machine	อุณหภูมิที่ต่ำกว่า Setting Heater ของข้อกำหนด
			2-9-5 ไลน์วัดอุณหภูมิ Machine	สายเคเบิลไม่มีกราวด์
			2-9-6 อุณหภูมิของอากาศที่เข้ามาใน Material	Temp = 70 - 72 องศาเซลเซียส
		2-10 การเจ็ดตัว ไม่เป็นผลต่อ ฟัน (Material)	2-10-1 ทรัพยากรเก็บ Casing Condition ไม่เป็นไปตาม Standard Condition Man 2-10-2 ทรัพยากรไม่ได้ตรวจสอบ Dycol ตามที่กำหนด Man 2-10-3 Dycol (แม่พิมพ์) Machine	ฟันกับทรัพยากรเก็บของ ฟัน Mold จะต้องไม่ต่ำ
			2-10-4 Condition ฟันของแม่พิมพ์ Standard Machine	ฟันแม่พิมพ์ได้ ± 9% of Standard
			2-10-5 แม่พิมพ์ที่มีลักษณะฟันกับแม่พิมพ์ Fishbone Machine	กำหนดการดูแลของแม่พิมพ์ของแม่พิมพ์
			2-10-6 ไลน์ Coding ของทรัพยากรเป็น Fishbone Machine	ทรัพยากรที่พิมพ์ Fishbone ของไลน์ Coding
			2-10-7 R ของแม่พิมพ์ที่มีลักษณะฟันกับแม่พิมพ์ Fishbone Machine	กำหนดการดูแลของแม่พิมพ์ของแม่พิมพ์
			2-10-8 ไลน์ Standard Condition ฟันของ Material	ฟันแม่พิมพ์ condition หนึ่งงานทุกวัน
			2-10-9 ไลน์การตรวจสอบ Condition Dycol โดยทรัพยากร Man Material	กำหนดวิธีการตรวจสอบของ check sheet

2.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE)

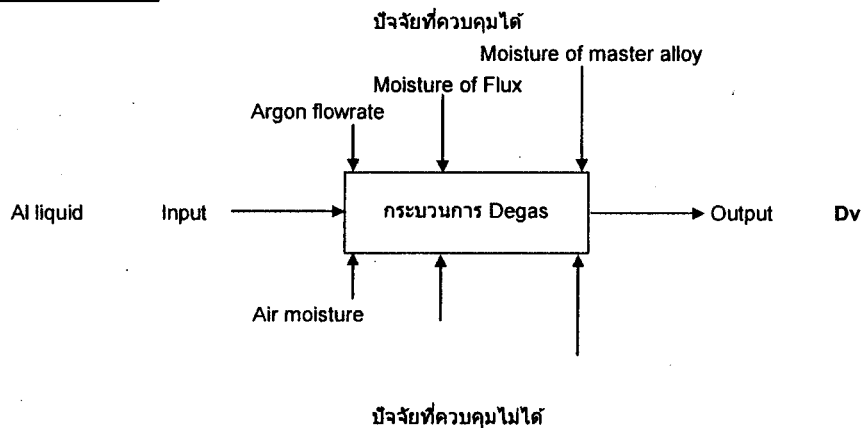
ตามปัญหาคุณภาพ เรื่อง รูเข็ม (Pinhole) ที่จะทำการของเสียเพื่อมุ่งไปสู่ Zero Defect ในเรื่องนี้ ดังนั้น จึงนำปัญหานี้มาทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า Density (Dv: ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม หน่วยเป็น g/m³) ที่จะส่งผลกระทบต่อลักษณะทางคุณภาพในเรื่อง Pinhole ตามการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาใน P-M Analysis และ Quality Characteristic Sheet โดยมีรายละเอียดการออกแบบการทดลอง ดังนี้

Problem Statement

จากการศึกษาค่า Density ของน้ำอลูมิเนียมที่เครื่อง Degas พบว่า ค่า Dv จะต้องไม่ต่ำกว่า 2.65 จึงจะทำให้คุณภาพของชิ้นงานไม่มีปัญหาในเรื่อง Pinhole และฝ้ายผลิต จะต้องควบคุมให้ค่า $Dv \geq 2.65$ ทุกเบ้า แต่ปัจจุบันค่า Dv ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้มีปัญหา Reject/Rework Pinhole สูง

3. การวิเคราะห์กระบวนการ

การวิเคราะห์กระบวนการ



ภาพที่ 3.13 การวิเคราะห์กระบวนการ Degas

โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่า Density ที่เลือกมาทำการทดสอบ มีทั้งหมด 3 ปัจจัย ดังนี้

- (1) Flow Rate of Argon
- (2) Moisture of Flux
- (3) Moisture of Master Alloy

3.1 การออกแบบการทดลอง

3.1.1 กำหนดตัวแปร (Factor)

A: Flow rate of Argon – 20 l/min (-) and 25 l/min (+)

B: Moisture of Flux – enclosed pack (-) and Seal pack (+)

C: Moisture of Master alloy – moisture alloy (-) and dry alloy (+)

3.1.2 กำหนด Sample size $n=3$ โดยเลือกใช้ DOE: Factorial design 2^3

3.1.3 ทดสอบสมมุติฐานว่า

- (1) Flow rate มีผลต่อค่า Dv หรือไม่
- (2) Moisture of Flux มีผลต่อค่า Dv หรือไม่
- (3) Moisture of Master alloy มีผลต่อค่า Dv หรือไม่
- (4) Flow rate and Moisture of Flux มีผลต่อค่า Dv หรือไม่
- (5) Flow rate and Moisture of Master alloy มีผลต่อค่า Dv หรือไม่
- (6) Moisture of Flux and Moisture of Master alloy มีผลต่อค่า Dv หรือไม่
- (7) Flow rate and Moisture of Flux and Moisture of Master alloy มีผลต่อค่า Dv หรือไม่

ตารางที่ 3.7 บันทึกผลค่า Density ในแต่ละสูตรการทดลอง

Run	Rnd.Seq.	Treatment	1	2	3	Sum
1	7	-1	2.637	2.631	2.635	7.903
2	6	a	2.647	2.646	2.646	7.939
3	4	b	2.637	2.631	2.632	7.9
4	2	ab	2.653	2.641	2.651	7.945
5	8	c	2.632	2.637	2.64	7.909
6	5	ac	2.619	2.645	2.646	7.91
7	1	bc	2.647	2.642	2.637	7.926
8	3	abc	2.656	2.653	2.656	7.965
						63.397

ตารางที่ 3.8 ตาราง ANOVA ผลการทดลอง

Source of variation	n= 3		df				
	SST	2.E-03		23	Mean Squares	Fo	Fcritical
A Treatments	SSA	6.E-04	1	MSA	0.0006	14.3539	4.49
B Treatments	SSB	2.E-04	1	MSB	0.0002	5.5147	4.49
C Treatments	SSC	2.E-05	1	MSC	0.0000	0.5186	4.49
Interaction AB	SSAB	9.E-05	1	MSAB	0.0001	2.1657	4.49
Interaction AC	SSAC	7.E-05	1	MSAC	0.0001	1.6480	4.49
Interaction BC	SSBC	2.E-04	1	MSBC	0.0002	4.6676	4.49
Interaction ABC	SSABC	4.E-05	1	MSABC	0.0000	0.8245	4.49
Error	SSE	7.E-04	16	MSE	0.0		

3.1.4 สรุปผลการทดลอง

- (1) Flow Rrate มีผลต่อค่า Dv
- (2) Moisture of Flux มีผลต่อค่า Dv
- (3) Moisture of Master Alloy ไม่มีผลต่อค่า Dv
- (4) Flow Rate and Moisture of Flux ไม่มีผลต่อค่า Dv
- (5) Flow Rate and Moisture of Master Alloy ไม่มีผลต่อค่า Dv
- (6) Moisture of Flux and Moisture of Master Alloy มีผลต่อค่า Dv
- (7) Flow Rate and Moisture of Flux and Moisture of Master Alloy ไม่มีผลต่อค่า Dv

3.2 ทำการทดลองเพิ่ม

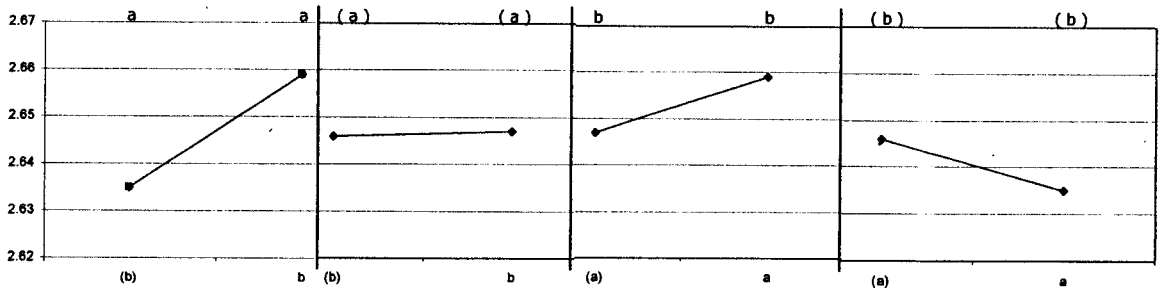
3.2.1 กำหนดตัวแปร

A: Flow Rate of Argon – 20 l/min (-) and 25 l/min (+)

B: Moisture of Flux – Enclosed Pack (-) and Seal Pack (+)

ตารางที่ 3.9 ผลการวัด Density ในแต่ละสูตรการทดลอง

Order	A	B	Y(Dv)	Period
0			2.630	Average of Dv on April 2009 before improve
(1)	-	-	2.646	DG1 time 8 min. date 17/7 ,yellow laddle เวลา 14.40
a	+	-	2.635	DG1 time 8 min. date 10/7 ,red laddle เวลา 15.20
b	-	+	2.647	DG1 time 8 min. date 17/7 ,yellow laddle เวลา 16.00
ab	+	+	2.659	DG1 time 8 min. date 10/7 ,red laddle เวลา 15.10



ภาพที่ 3.14 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้กราฟ

3.2.2 สรุปผลการทดลองเพิ่มเติม

Flow Rate of Argon ที่ 20 LPM และ Flux ที่เปิดสูง มีผลทำให้ ค่า Dv หลังการ Degas มีค่าต่ำกว่า Flow Rate of Argon ที่ 25 LPM และ Flux ที่ปิดสูง

3.2.3 นำ Flow Rate of Argon มาทำการทดลองแบบ OFAT

3.2.4 Problem Statement

ต้องการทดลองหา Flow Rate of Argon ที่ทำให้ค่า Dv สูงสุด โดยกำหนด Flow Rate of Argon เป็น 3 ระดับ คือ 25 LPM, 28 LPM, 30 LPM และการทดลองในแต่ละระดับใช้ Sample Size a = 3 และ n = 5

3.2.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.10 ผล Density ของแต่ละ Flow rate of Argon

Flow rate	1	2	3	4	5	Total	Average
25	2.653	2.654	2.653	2.653	2.652	13.265	2.653
28	2.656	2.657	2.654	2.657	2.656	13.280	2.656
30	2.662	2.659	2.657	2.660	2.662	13.300	2.660
						39.845	7.969

ตารางที่ 3.11 ตาราง ANOVA ของผล Density ของแต่ละ Flow Rate of Argon

source	sum of square	df	mean square	F-ratio
between group	0.00012333	2	6.16667E-05	28.4615385
within group	2.6E-05	12	2.16667E-06	
total	0.00014933	14		

$$F \text{ critical} = F_{0.05, 2, 12} = 3.88 < 28.462$$

ดังนั้น Flow Rate of Argon มีผลต่อค่า Dv อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.3 การวิเคราะห์หาความแตกต่าง

3.3.1 โดยวิธี The Least Significant Difference (LSD)

$$\begin{aligned} \text{The LSD at } \alpha 0.05 \text{ is } \text{LSD} &= t_{0.05/2, 12} \sqrt{2 * (3E-06) / 5} \\ &= 0.002029 \end{aligned}$$

$$Y_1 = 2.653, Y_2 = 2.656, Y_3 = 2.660$$

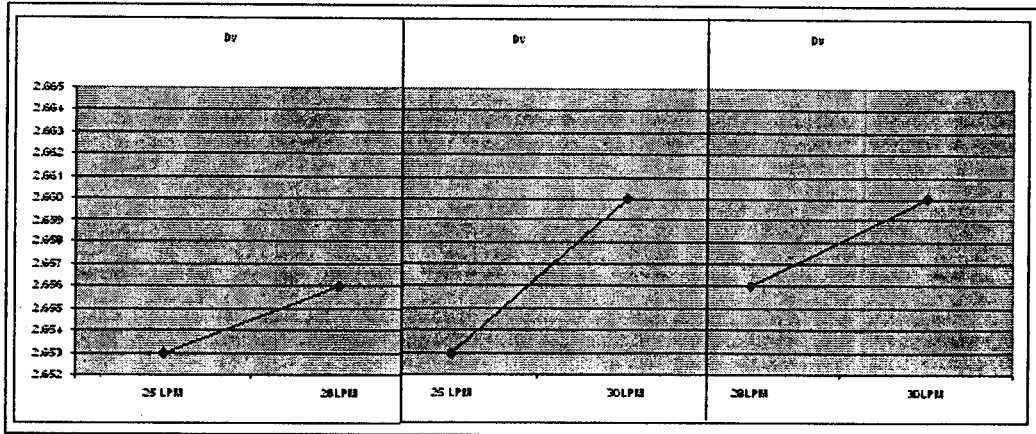
$$Y_1 - Y_2 = -0.003000 *$$

$$Y_1 - Y_3 = -0.007000 *$$

$$Y_2 - Y_3 = -0.004000 *$$

3.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง

- 1) การตั้งค่า Flow Rate ที่ 25 LPM กับ 28 LPM มีความแตกต่างกัน
- 2) การตั้งค่า Flow Rate ที่ 25 LPM กับ 30 LPM มีความแตกต่างกัน
- 3) การตั้งค่า Flow Rate ที่ 28 LPM กับ 30 LPM มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Dv และ Flow rate of Argon

3.3.3 สรุปผลการทดลอง


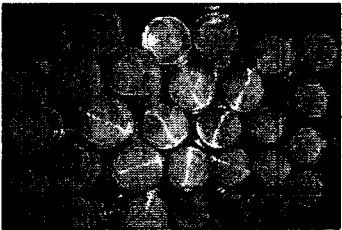
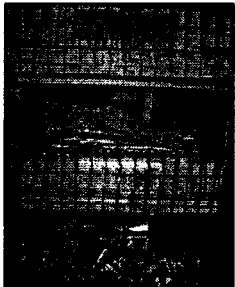
จากปัญหาที่ต้องศึกษาค่า Dv หลัง Degas เพื่อต้องการให้ค่า Dv มากกว่า 2.650 โดยการควบคุมปัจจัย 3 ปัจจัยดังนี้

- Flow rate of argon
- Moisture of Flux
- Moisture of Master alloy

จากผลการทดลอง จึงสามารถกำหนดค่าควบคุมปัจจัยเหล่านี้ดังต่อไปนี้ เพื่อให้ค่า Dv หลัง Degas >2.650

- Flow rate of argon ควบคุมที่ 25 LPM
- Moisture of flux กำหนดให้ flux บรรจุใส่ถุงปิดสนิท
- Moisture of alloy ให้เก็บ Alloy ไว้ในอุณหภูมิห้องที่ใช้งานไม่โดนน้ำ

ตารางที่ 3.12 สรุปปัจจัยที่จะต้องทำการควบคุม

ปัจจัยที่ทำการควบคุม	รูปแสดง
1. Flow Rate of Argon ควบคุมที่ 25 LPM	
2. Moisture of Flux กำหนดให้ Flux บรรจุใส่ถุงปิดสนิท	
3. Moisture of Alloy ให้เก็บ Alloy ไว้ ในอุณหภูมิห้องที่ใช้งานไม่โดนน้ำ	

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

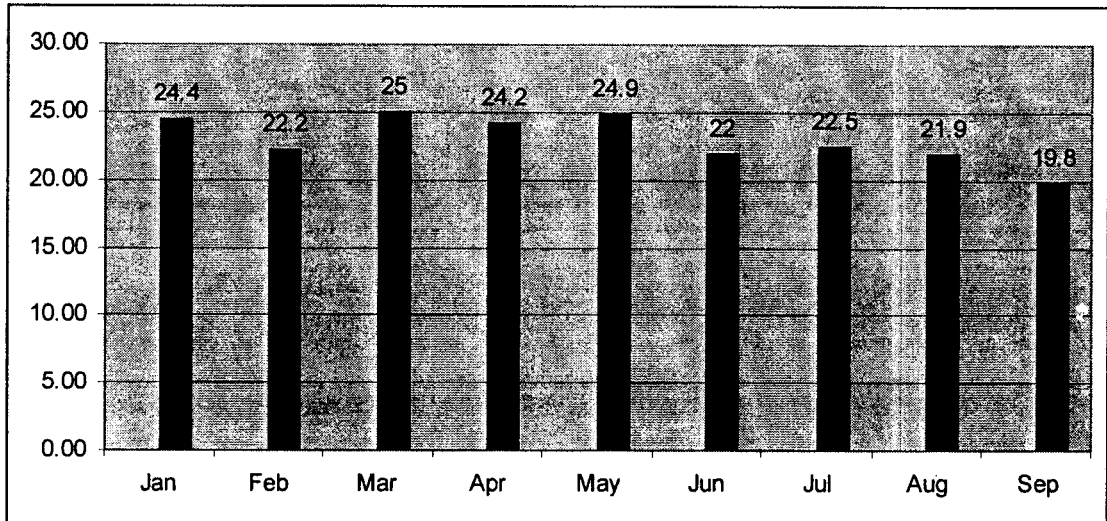
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล Reject/Rework

ผลการดำเนินงานในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตามรูปที่ 4.1-4.4 จะพบว่า แนวโน้มของ Defect-Reject รวมทั้งบริษัทและ Reject ของกระบวนการหล่อ จะมีแนวโน้มลดลง ตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นมา ส่วน Defect-Rework รวมทั้งบริษัท จะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในช่วงตั้งแต่เดือนสิงหาคมเป็นต้นมา และ Rework ของกระบวนการหล่อ จะมีแนวโน้มลดลง ตั้งแต่เดือนมิถุนายน เป็นต้นมา

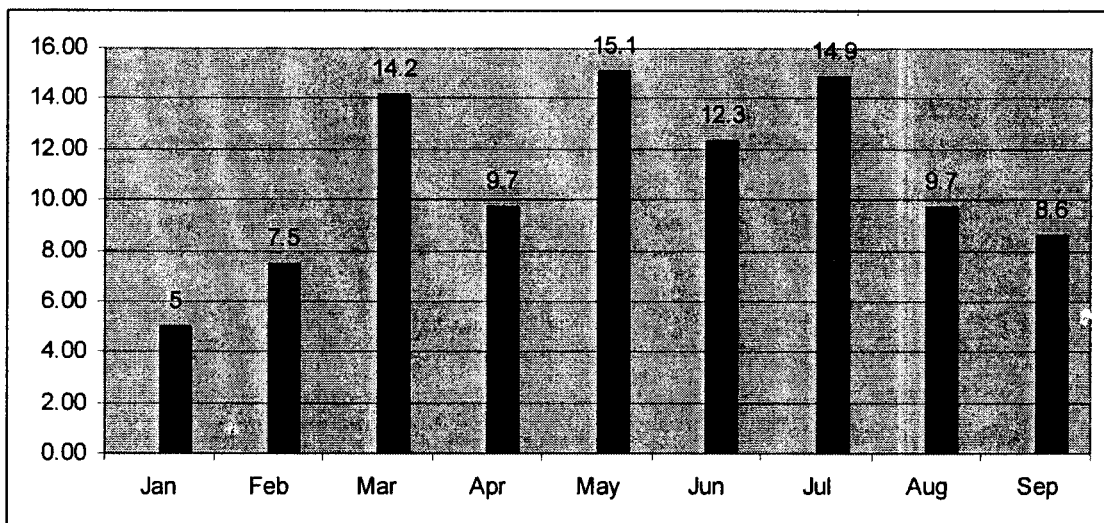
เมื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทำกิจกรรม โดยกำหนดให้ช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม เป็นช่วงการดำเนินกิจกรรม (เนื่องจากมีความคืบหน้าของกิจกรรมในส่วนของการกระบวนการหลอม หล่ออลูมิเนียม 70% ณ เดือนพฤษภาคม) และเดือนมิถุนายน-กันยายน เป็นช่วงหลังการทำกิจกรรม สรุปผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผล Defect ก่อน-หลัง การทำกิจกรรม

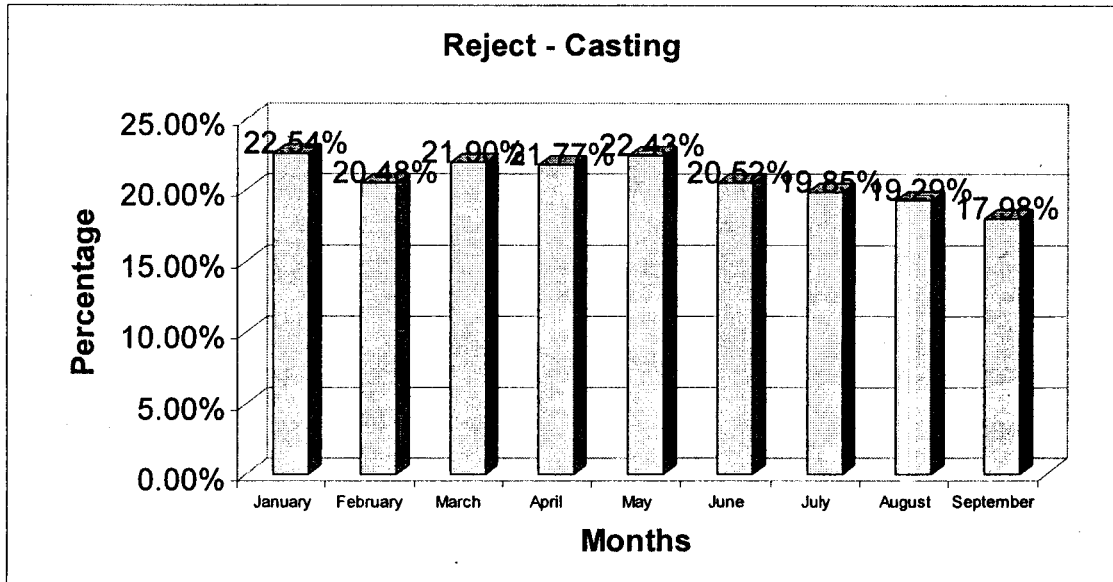
รายการ	ก่อน	หลัง	เพิ่ม/ลด
1) %Defect-Reject ทั้งบริษัท	24.14%	21.55%	ลด2.59%
2) %Defect-Rework ทั้งบริษัท	10.3%	11.4%	เพิ่ม1.1%
3) %Defect-Reject Casting	21.82%	19.41%	ลด2.41%
4) %Defect-Rework Casting	5.31%	4.54%	ลด0.77%



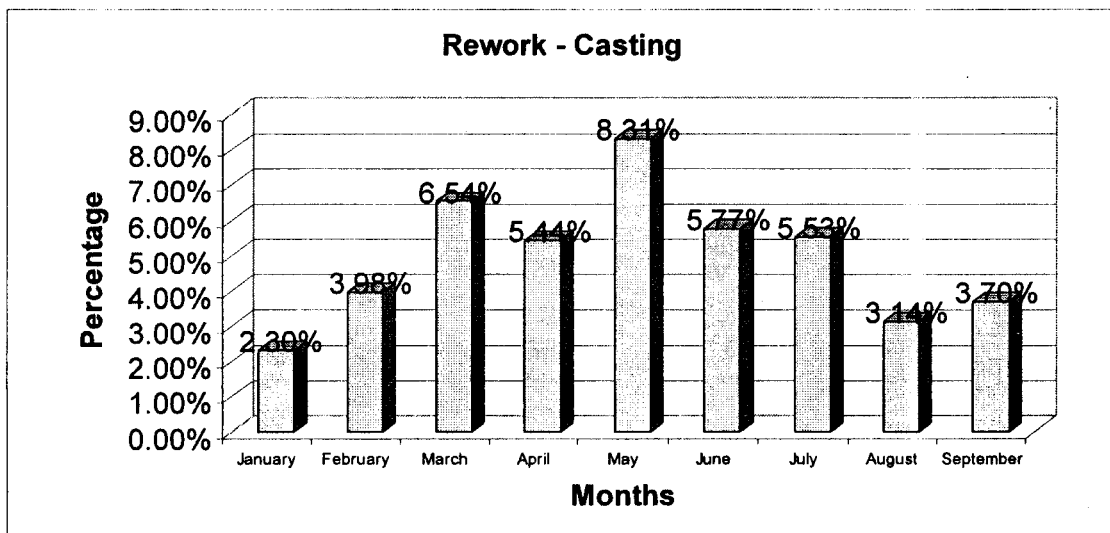
ภาพที่ 4.1 Reject ทั้งบริษัท ปี พ.ศ. 2552



ภาพที่ 4.2 Rework ทั้งบริษัท ปี พ.ศ. 2552



ภาพที่ 4.3 Reject-Casting ปี 2552



ภาพที่ 4.4 Rework-Casting ปี 2552

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล Defect-Pinhole

การดำเนินการกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ ของกระบวนการหล่ออลูมิเนียม จะอยู่ในช่วง ตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤษภาคม 2552 ซึ่งถือเป็นข้อมูลก่อนการทำกิจกรรม และข้อมูล ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-กันยายน 2552 ถือเป็นข้อมูลหลักการทำกิจกรรม

จากกราฟ ภาพที่ 4.5 จะพบว่า ในช่วงตั้งแต่ เดือนมิถุนายนเป็นต้นมา แนวโน้มของ Defect-Pinhole จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ถ้าเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินการ สรุปล ข้อมูล ดังนี้

ก่อนดำเนินการกิจกรรม เดือน ม.ค.-พ.ค. %Defect-Pinhole = 1.72%

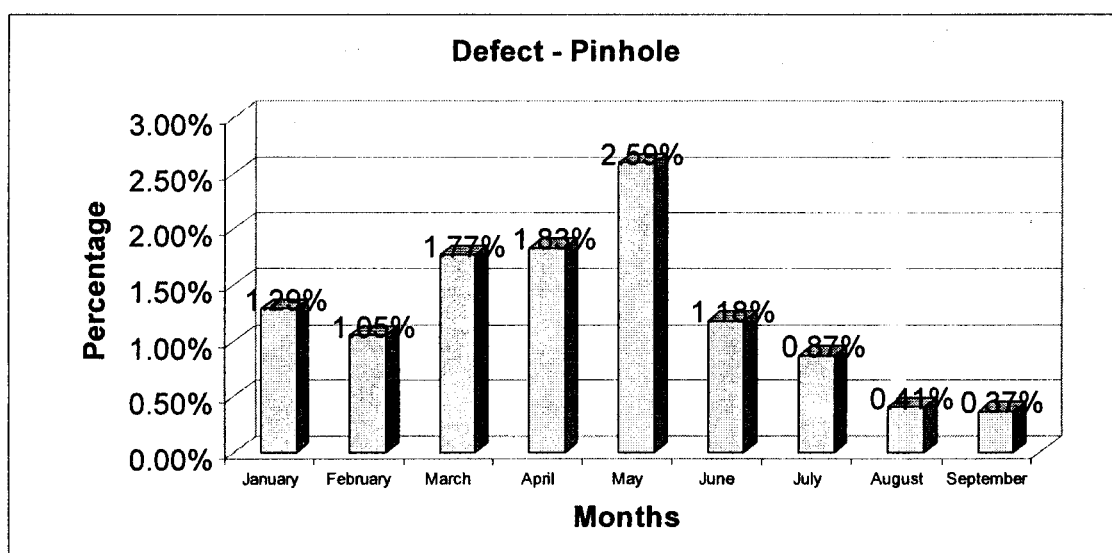
และ %Defect-Pinhole เทียบกับ Defect ทั้งหมด = 30.13%

หลังดำเนินการกิจกรรม เดือน มิ.ย.-ก.ย. %Defect-Pinhole = 0.69%

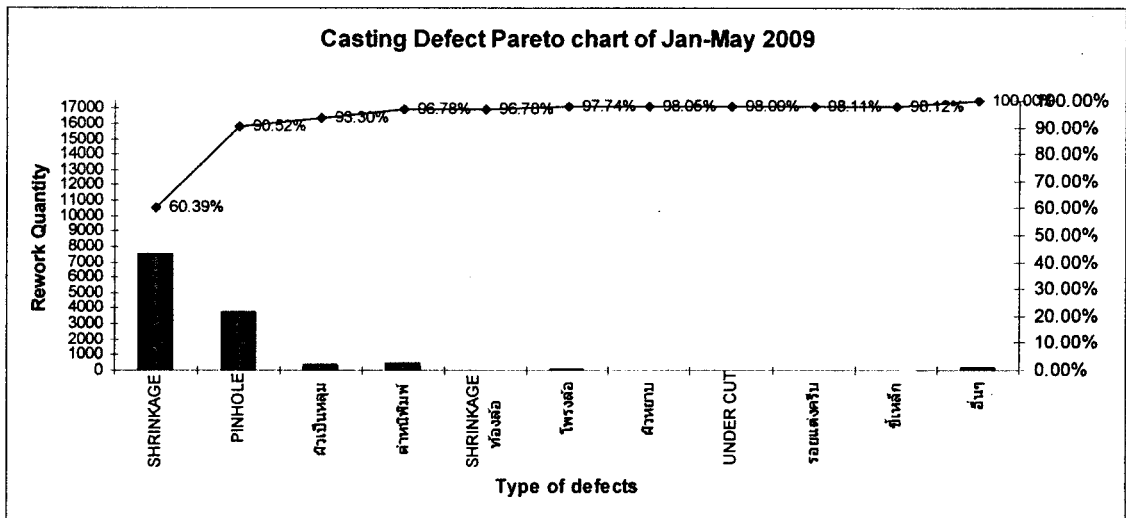
และ %Defect-Pinhole เทียบกับ Defect ทั้งหมด = 13.95%

สรุปคือ %Defect ลดลง 1.03% หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนลดถึง 60%

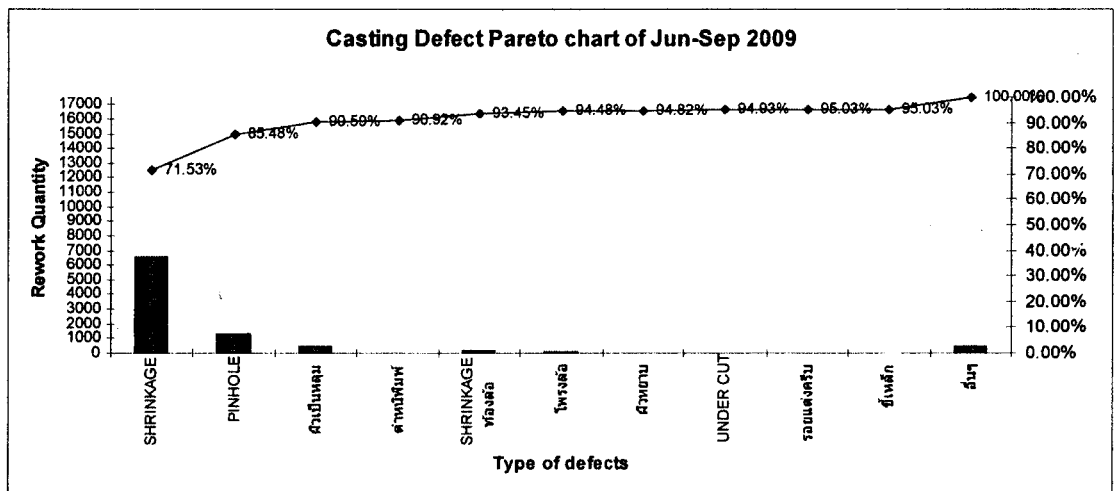
รายละเอียด %Defect-Pinhole ตามภาพที่ 4.5 ข้อมูล Defect-Pinhole ปี พ.ศ. 2552 ภาพที่ 4.6 Pareto Diagram-Casting Defect Jan-May 2009 และภาพที่ 4.7 Pareto Diagram-Casting Defect Jun-Sep 2009



ภาพที่ 4.5 ข้อมูล Defect-Pinhole ปี พ.ศ. 2552



ภาพที่ 4.6 Pareto Diagram-Casting Defect Jan-May 2009



ภาพที่ 4.7 Pareto Diagram-Casting Defect Jun-Sep 2009

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

ในการดำเนินกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ เริ่มตั้งแต่การกำหนดผังองค์กร นโยบาย และเป้าหมาย ของ Pillar#6: Quality Maintenance ให้สอดคล้องตามนโยบาย และเป้าหมาย TPM ของบริษัท มีการกำหนดแผนการดำเนินงาน การวิเคราะห์ การนำไปปฏิบัติสำหรับ เครื่องมือที่สำคัญ ได้แก่ การวิเคราะห์ Quality Characteristic Sheet เพื่อค้นหาแหล่งความแปรปรวน (Source of Variation) แล้วทำการควบคุมและ/หรือกำจัดให้หมดไปโดยการดำเนินการ Defect-free Condition ในด้านการใช้เทคโนโลยี (Machine Itself) และการตรวจสอบอย่างซื่อสัตย์ (Faithful Observance) มีการประยุกต์ใช้เทคนิคทางด้านสถิติ (Statistic Process Control) เพื่อติดตาม (Monitor) และควบคุม (Control) คุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristic) ที่สำคัญ มีการวิเคราะห์ P-M Analysis สำหรับปัญหาหลักของกระบวนการ เพื่อทำการแก้ไขปัญหานั้นๆ และนำไปสู่การออกแบบทดลอง (Design Of Experiment) เพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัย (Factor) ที่สำคัญต่างๆ ที่จะมีผลต่อลักษณะทางคุณภาพในเรื่อง รูเข็ม (Pinhole)

จากผลการดำเนินกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ เปรียบเทียบข้อมูล ก่อนทำ กิจกรรม (ม.ค.52-พ.ค.52) และหลังการทำกิจกรรม (มิ.ย.52-ก.ย.52) สรุปได้ว่า ของเสียลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะ Pinhole ที่มีการดำเนินกิจกรรมประมาณ 70% ของขั้นตอนการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ รายละเอียดตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผล Defect ก่อน-หลัง การทำกิจกรรม

รายการ	ก่อนทำกิจกรรม	หลังทำกิจกรรม
1) %Defect-Reject รวมทั้งบริษัท	24.14%	21.55%
2) %Defect-Rework รวมทั้งบริษัท	10.3%	11.4%
3) %Defect-Reject กระบวนการหล่อ	21.82%	19.41%
4) %Defect-Rework กระบวนการหล่อ	5.31%	4.54%
5) %Defect-Pinhole	1.72%	0.69%
6) %Defect-Pinhole เทียบกับ Defect ทั้งหมด	30.13%	13.95%

2. อภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ ของบริษัท เลนโซวีล จำกัด เปรียบเทียบผล ก่อนทำกิจกรรม (ม.ค.52-พ.ค.52) และหลังการทำกิจกรรม (มิ.ย.52-ก.ย.52) สรุปได้ ดังนี้

%Defect-Reject รวมทั้งบริษัทลดลง	=	2.59%
%Defect-Rework รวมทั้งบริษัทเพิ่มขึ้น	=	1.1%
%Defect-Reject เฉพาะของกระบวนการหล่อลดลง	=	2.41%
%Defect-Rework เฉพาะของกระบวนการหล่อลดลง	=	0.77%
%Defect-Reject เรื่อง PINHOLE ลดลง	=	1.03%
%Defect-Reject เรื่อง PINHOLE เทียบกับ Defect ทั้งหมดลดลง	=	16.18%

โดยรวม จะเห็นได้ว่า %Defect หลังทำกิจกรรมจะลดลง เมื่อเทียบกับก่อนทำกิจกรรม ยกเว้นในเรื่อง %Defect-Rework รวมทั้งบริษัทที่เพิ่มขึ้น 1.1%

จาก %Defect-Rework รวมทั้งบริษัทที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าบริษัทฯ มีทั้งหมด 3 โรงงาน คือ 1) โรงงานหลอม และหล่ออลูมิเนียม 2) โรงงานกลึง และพ่นสีส้อแม็กซ์ และ 3) โรงงานชุบโครเมียม โดยภาพรวมการทำกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ มีความคืบหน้าอยู่ที่ 35% โดยได้ดำเนินการที่โรงงานหลอม และหล่ออลูมิเนียมก่อน ซึ่งมีความหนาอยู่ที่ 70% ของขั้นตอนทั้งหมด โดยจะเห็นได้ว่า %Defect ทั้ง Reject และ Rework รวมทั้ง Pinhole ที่เกิดจากโรงงานหลอม และหล่ออลูมิเนียมลดลงทั้งหมด แสดงว่า %Defect-Rework รวมทั้งบริษัทที่เพิ่มขึ้น เกิดจากกระบวนการผลิตที่โรงงานกลึง และพ่นสีส้อแม็กซ์ และ โรงงานชุบโครเมียม

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การดำเนินกิจกรรม การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพของบริษัท เสนโซ่วิล จำกัด จะยังไม่เสร็จสมบูรณ์ตามขั้นตอนทุกกระบวนการ แต่จากผลของการดำเนินกิจกรรมในส่วน ของกระบวนการหล่อที่มีการนำเครื่องมือที่สำคัญของ TPM มาปฏิบัติ สรุปได้ว่า แนวโน้มของ Reject และ Rework ลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มที่จะนำไปสู่ “ของเสียเป็นศูนย์” ตาม หลักการของการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพต่อไป

3. ข้อเสนอแนะ

การนำกิจกรรม การบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) ในด้านการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance) มาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลนั้น ควรจะมีการดำเนินการ ดังนี้

1) ผู้บริหารระดับสูงสุด จะต้องมีความมุ่งมั่น (Commitment) ที่จะนำระบบฯ มาปฏิบัติและให้การสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมอย่างจริงจัง และประกาศนโยบายให้พนักงานทุกระดับทั่วทั้งองค์กรรับทราบ และนำไปปฏิบัติ

2) จะต้องมีการกำหนดเป้าหมาย ความคืบหน้าของการทำงาน และผลการทำ กิจกรรมให้ชัดเจน เช่น Pillar#6 กำหนดเป้าหมายความคืบหน้า 50% ภายในปี 2552, %Reject < 22%, %Rework < 7% เป็นต้น และเป้าหมายนี้ให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของ KPI ที่ใช้สำหรับการ ประเมินผลงานของบุคลากรประจำปีในแต่ละหน่วยงานนั้นๆ

3) ควรมีการจัดประกวด TPM Award ภายในบริษัทของการทำงานกิจกรรมในแต่ละ Pillar และแต่ละพื้นที่ หรือกระบวนการผลิต เพื่อกระตุ้น เปรียบเทียบ และแสดงถึงประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการทำกิจกรรมในแต่ละ Pillar

4) การเข้าร่วมในกิจกรรมการประกวด TPM ระดับประเทศ ที่มีการจัดทุกปี โดย หน่วยงานภาครัฐ และ/หรือเอกชน เพื่อหาประสบการณ์กับโรงงานอื่นๆ และยกระดับของการ ดำเนินกิจกรรม

5) การไปดูงานบริษัทอื่นที่ดำเนินกิจกรรม TPM เพื่อดูวิธีการ เทคนิคต่างๆ และนำ กลับมาประยุกต์ใช้กับงานที่ตัวเองรับผิดชอบ

6) การให้หน่วยงานหรือบริษัทอื่นๆ เข้ามาดูงานที่บริษัท

7) การนำกิจกรรม TPM มาประยุกต์ใช้ของ บริษัท เคนโซ่วิล จำกัด มีการจ้างอาจารย์ที่ปรึกษา ที่มีประสบการณ์ มาฝึกอบรม ทำกิจกรรม Work shop ที่โรงงาน และติดตามความคืบหน้า ทุกๆ 2 สัปดาห์ ตามแผนงานที่กำหนดไว้ 5 ปี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การดำเนินการ เป็นไปตาม ขั้นตอนอย่างมีระบบ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ธานี อ่วมอ้อ (2546) การบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร
สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ

Kunio Shirose, Yoshifumi Kimara, Mitsugu Kaneda. (2005) *P-M Analysis An Advanced step in
TPM Implementation*. Oregon: Norman Bodek Productivity Press.

Douglas C Montgomery. (2004) *Design and Analysis of Experiments*. 6th Edition. English: John
Wiley & Sons.

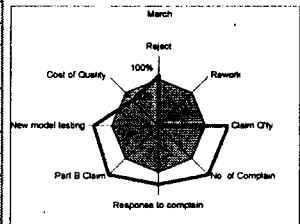
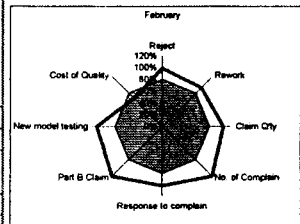
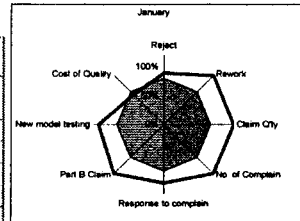
Michael H.Down, Todd Kerkstra, Peter Cvetkovski, David R. Benham. (2005) *Statistical
Process Control*. 2nd Edition. Michigan: Automotive Industry Action Group.

Tokutaro SUZUKI การดำเนินกิจกรรม TPM เพื่อการปฏิรูปการผลิต แปลจาก Seisan Kakushin
no tame no shin TPM Tenkai Puroguram-Sochi Kogyo hen โดย ผศ.ดร.สมชัย
อัครทิวา (2547) กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)



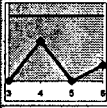
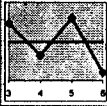

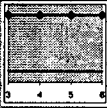
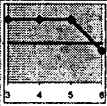
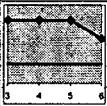
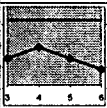
ภาคผนวก

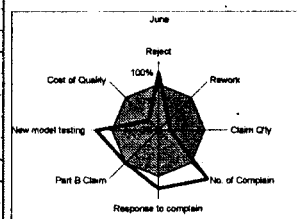
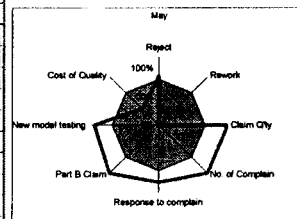
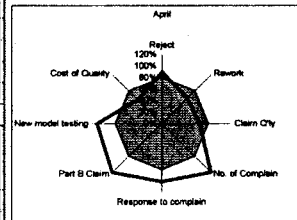
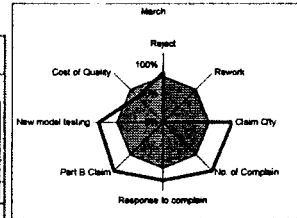
ข้อมูล Reject/Rework ไตรมาสที่ 1/2552

KPI Weekly Report QC QUARTER 1 - 2009							
KPIs	GOAL	Month	Month	Actual	Var	Attainment	Trend
Reject	≤ 22% avg	1	January	24.37%	-2.37%	89.2%	
		2	February	22.21%	-0.21%	99.0%	
		3	March	24.97%	-2.97%	86.5%	
Rework	≤ 7% avg	1	January	5.04%	-1.96%	128.0%	
		2	February	7.47%	0.47%	93.2%	
		3	March	14.23%	7.23%	0.0%	
Claim Qty	≤ 3000 ppm	1	January	1814	-1398	148.2%	
		2	February	2883	-117	103.9%	
		3	March	1620	-1390	146.0%	
No. of Complain (≤ 7 / month)	≤ 7.00 times / month	1	January	3.00	4.00	157.1%	
		2	February	2.00	5.00	171.4%	
		3	March	5.00	2.00	128.6%	
Response to Complain	≥ 98% avg	1	January	100.00%	1.00%	101.0%	
		2	February	100.00%	1.00%	101.0%	
		3	March	100.00%	1.00%	101.0%	
Supplier Quality Improvement (cumulative) Part B Claim (≤ 5 / Q)	≤ 5.00 times / Q	1	January	0.00	-5.00	200.0%	
		2	February	1.00	-4.00	180.0%	
		3	March	2.00	-3.00	180.0%	
New Model on time testing	≥ 90% avg	1	January	100.00%	10.00%	111.1%	
		2	February	100.00%	10.00%	111.1%	
		3	March	100.00%	10.00%	111.1%	
Cost of Quality	≤ 10% of Sales	1	January	12.66%	2.66%	73.4%	
		2	February	13.20%	3.20%	88.0%	
		3	March	13.75%	3.75%	82.5%	



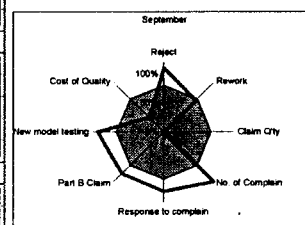
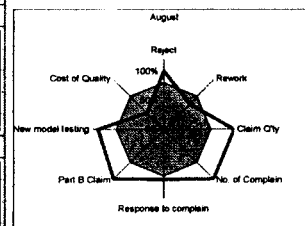
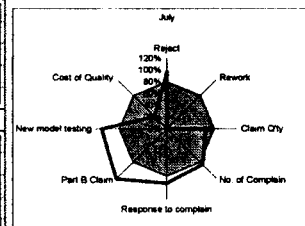
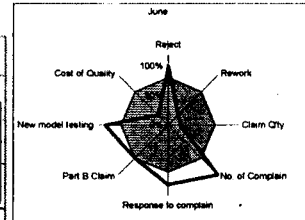
ข้อมูล Reject/Rework ไตรมาสที่ 2/2552

 KPI Weekly Report QC QUARTER 2 - 2009							
KPIs	GOAL	Month	Month	Actual	Var	Attainment	Trend
Reject	≤ 22% avg	3	March	24.97%	-2.97%	86.5%	
		4	April	24.18%	-2.18%	90.1%	
		5	May	24.93%	-2.93%	86.7%	
		6	June	22.00%	0.00%	100.0%	
Rework	≤ 7% avg	3	March	14.23%	7.23%	0.0%	
		4	April	9.72%	2.72%	61.1%	
		5	May	15.09%	8.09%	0.0%	
		6	June	12.33%	5.33%	23.9%	
Claim Qty	≤ 3000 ppm	3	March	1620	-1380	146.0%	
		4	April	4045	1045	65.2%	
		5	May	1197	-1803	160.1%	
		6	June	5370	2370	21.0%	
No. of Complain (≤ 7 / month)	≤ 7.00 times / month	3	March	5.00	2.00	128.6%	
		4	April	5.00	2.00	128.6%	
		5	May	1.00	6.00	185.7%	
		6	June	4.00	3.00	142.9%	
Response to Complain	≥ 98% avg	3	March	100.00%	1.00%	101.0%	
		4	April	100.00%	1.00%	101.0%	
		5	May	100.00%	1.00%	101.0%	
		6	June	100.00%	1.00%	101.0%	
Supplier Quality Improvement (cumulative) Part B Claim (≤ 5 / Q)	≤ 8.00 times / Q	3	March	2.00	-3.00	160.0%	
		4	April	2.00	-3.00	160.0%	
		5	May	2.00	-3.00	160.0%	
		6	June	6.00	1.00	80.0%	
New Model on time testing	≥ 90% avg	3	March	100.00%	10.00%	111.1%	
		4	April	100.00%	10.00%	111.1%	
		5	May	100.00%	10.00%	111.1%	
		6	June	95.83%	5.83%	106.5%	
Cost of Quality	≤ 10% of Sales	3	March	15.92%	5.92%	40.8%	
		4	April	14.16%	4.16%	58.4%	
		5	May	15.94%	5.94%	40.8%	
		6	June	17.58%	7.58%	24.2%	



ข้อมูล Reject/Rework ไตรมาสที่ 3/2552

LENSO		KPI Weekly Report QC						
		QUARTER 3 - 2009						
KPIs	GOAL	Month	Month	Actual	Var	Attainment	Trend	
Reject	≤ 22% avg	6	June	22.00%	0.00%	100.0%		
		7	July	22.55%	-0.55%	97.5%		
		8	August	21.89%	0.11%	100.5%		
		9	September	19.84%	2.16%	109.6%		
Rework	≤ 7% avg	6	June	12.33%	5.33%	23.9%		
		7	July	14.92%	7.92%	0.0%		
		8	August	9.65%	2.65%	62.1%		
		9	September	8.65%	1.65%	76.4%		
Claim Q'ty	≤ 3000 ppm	6	June	5370	2370	21.0%		
		7	July	4038	1038	85.4%		
		8	August	1435	-1565	152.2%		
		9	September	25300	22300	0.0%		
No. of Complain (≤ / month)	≤ 7.00 times / month	6	June	4.00	3.00	142.9%		
		7	July	8.00	-1.00	85.7%		
		8	August	2.00	5.00	171.4%		
		9	September	5.00	2.00	128.6%		
Response to Complain	≥ 99% avg	6	June	100.00%	1.00%	101.0%		
		7	July	91.18%	-7.82%	82.1%		
		8	August	85.00%	-14.00%	85.8%		
		9	September	100.00%	1.00%	101.0%		
Supplier Quality Improvement (cumulative) Part B Claim (≤ 5 / Q)	≤ 5.00 times / Q	6	June	6.00	1.00	80.0%		
		7	July	3.00	-2.00	140.0%		
		8	August	4.00	-1.00	120.0%		
		9	September	5.00	0.00	100.0%		
New Model on time testing	≥ 90% avg	6	June	95.83%	5.83%	106.5%		
		7	July	98.60%	8.60%	109.6%		
		8	August	100.00%	10.00%	111.1%		
		9	September	100.00%	10.00%	111.1%		
Cost of Quality	≤ 10% of Sales	6	June	17.58%	7.58%	24.2%		
		7	July	17.00%	7.00%	30.0%		
		8	August	15.97%	5.97%	40.3%		
		9	September	16.47%	6.47%	35.3%		



ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายเลิศศักดิ์ มูลสมบัติ
วัน เดือน ปีเกิด	7 มีนาคม 2514
สถานที่เกิด	อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2539
สถานที่ทำงาน	บริษัท เลนโซ่วีล จำกัด นิคมอุตสาหกรรมเวลโกรว์ จังหวัดระยอง
ตำแหน่ง	ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ