

การลดปริมาณของเสียและงานซ่อมแซมในกระบวนการผลิตโพลีเอทิลีนสำหรับเบาะรถยนต์
โดยแนวคิดซิกซ์ซิกม่า

พิศาล เพ็ญญะเขียว


งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์ และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณา
งานนิพนธ์ของ พิศาล เพลินภูเขียว ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

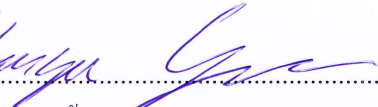
คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์


..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. ทนงศักดิ์ เทพสนธิ)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์


..... ประธาน
(ดร. ทนงศักดิ์ เทพสนธิ)


..... กรรมการ
(ดร. วรรตลา อุทัยรัตน์)


..... กรรมการ
(ดร. สัญญา ยิ้มศิริ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาถิติ ศีพัฒนา)

วันที่ ๕ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. ทนงศักดิ์ เทพสนธิ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. วรรตภา อุทัยรัตน์ และ ดร. สัญญา ยิ้มศิริ เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการในการสอบงานนิพนธ์ และให้โอกาสแก่ผู้วิจัยได้สามารถสอบงานนิพนธ์จนสำเร็จ ลุล่วง ตลอดจนได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้อง และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้มอบความรัก ความอบอุ่น อบรมเลี้ยงดูสั่งสอนให้กำลังใจและให้ได้รับการศึกษา และขอขอบคุณ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและสนับสนุน ผู้วิจัยเสมอมาเป็นอย่างดีจนสามารถทำให้ผู้วิจัยศึกษา ทำงานนิพนธ์สำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูคุณเวทิตา แคนุพการี บุรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

พิศาล เพลินภูเขียว

56921235: สาขาวิชา: การจัดการงานวิศวกรรม; วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม)

คำสำคัญ: การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต/ การลดปริมาณของเสีย/ ซิกส์ซิกม่า

พินิจ พิลาญญิว: การลดปริมาณของเสียและงานซ่อมแซมในกระบวนการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์โดยแนวคิดซิกส์ซิกม่า (REDUCTION OF DEFECT AND REWORKS IN AUTOMOTIVE SEAT MANUFACTURING USING SIX SIGMA CONCEPT) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ทนงศักดิ์ เทพสนธิ, Ph.D., 119 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียและปริมาณงานซ่อมแซมโฟมจากกระบวนการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์ให้ได้ตามเป้าหมายของบริษัทโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคของซิกส์ซิกม่า และดำเนินงานตามหลักการ DMAIC ทำการปรับปรุงสายการผลิตโฟมของบริษัทกรณีศึกษา ที่ประสบปัญหาการเกิดของเสียและงานซ่อมแซมเกินกว่าระดับที่บริษัทยอมรับได้ส่งผลให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าใช้จ่ายของเสียและงานซ่อมแซม จากขั้นตอนการกำหนดปัญหาพบว่าชิ้นงานที่มีต้นทุนของของเสียและการซ่อมแซมมากที่สุดคือชิ้นงาน L01 โดยมีต้นทุนในการซ่อมแซมชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง จากขั้นตอนการวัดผู้วิจัยพบว่าเกิดจาก 3 สาเหตุหลัก ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม พนักงานฉีดน้ำยาโมลด์ Release ปริมาณไม่เท่ากัน และการมีระบบระบายอากาศ (Auto air vent) ของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ ในขั้นตอนการวิเคราะห์พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของการควบคุมแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 58-60 °C การฉีดน้ำยา Mold release ของพนักงานไม่มีผลต่อการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร การติดตั้งระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติเพิ่มจำนวน 3 จุด ช่วยลดการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมได้อย่างมีนัยสำคัญ จากการปรับปรุงตามผลการวิเคราะห์ทำให้ปริมาณงานซ่อมแซมจากการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ลดลงคิดเป็น 58.12% ซึ่งส่งผลให้สามารถลดต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือนได้ เท่ากับ 12,862 บาทต่อเดือน

56921235: MAJOR: MANAGEMENT ENGINEERING; M, Eng. (ENGINEERING
MANAGEMENT)

KEYWORDS: PRODUCTIVITY IMPROVEMENT/ WAST REDUCTION/ SIX SIGMA

PHISARN PLERNPOOKHIEW: REDUCTION OF DEFECT AND REWORK IN
AUTOMOTIVE SEAT MANUFACTURING USING SIX SIGMA CONCEPT

ADVISORY COMMITTEE: THANONGSAK THEPSONTHI, Ph.D., 119 P. 2016.

The purpose of this research was to reduce the defective ratio and rework in foam manufacturing for automotive seat using Six Sigma technique (DMAIC). The company is facing a problem of defective ratio higher than company expected causing cost increasing.

During the identify phase; It was found that most of defect and rework are foam part L01 caused by having a void larger than 10 mm. Based on the measurement phase, there are 3 causes; mold temperature, spraying of mold release liquid, not enough auto air vent. After the analysis; it was found that the appropriate mold temperature is between 58-60 °C, spraying of mold release liquid has no effect to void reduction, adding 3 more auto air vent significantly reduce void. The result of implementation cause a void reduction of 58.12% which result in 12,862 Bath cost reduction per month.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
เป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ขั้นตอนของการวิจัย.....	7
แผนการดำเนินงาน.....	9
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
พอลิยูรีเทน.....	10
การควบคุมคุณภาพ.....	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ.....	38
วิธีการดำเนินการ.....	39
ขั้นตอนการกำหนดปัญหา.....	51
ขั้นตอนการวัด.....	61
ขั้นตอนการวิเคราะห์.....	70
ขั้นตอนการปรับปรุง.....	71
ขั้นตอนการควบคุม.....	71

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	72
ขั้นตอนการวิเคราะห์.....	72
ขั้นตอนการปรับปรุง.....	97
ขั้นตอนการควบคุม.....	100
วิเคราะห์สรุปเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุง.....	106
5 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	109
สรุปผลการวิจัย.....	109
ข้อเสนอแนะ.....	113
บรรณานุกรม.....	114
ภาคผนวก.....	115
ภาคผนวก ก.....	116
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 จำนวนการผลิตงานเสียและชิ้นงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558	4
1-2 ต้นทุนงานเสียและงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558.....	5
1-3 แผนการดำเนินงาน.....	9
2-1 ระดับซิกม่า ค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) และ DPMO.....	20
2-2 ผลการทดสอบและความผิดพลาดในการทดสอบ.....	27
3-1 กำลังการผลิตของสายการผลิต โฟมต่อวัน.....	42
3-2 ประเภทของโฟม.....	43
3-3 ขั้นตอนและรายละเอียดการผลิตโฟมแบบ Turn table mold.....	45
3-4 จำนวนพนักงานในแต่ละกิจกรรม.....	50
3-5 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต โฟม.....	51
3-6 การจำแนกปัญหาของเสียและงานซ่อมแซม.....	52
3-7 ประเภทของชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานซ่อมแซม.....	56
3-8 การจำแนกผิวของชิ้นงานโฟม	57
3-9 การจำแนกประเภทของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม- สิงหาคม ปี พ.ศ 2558.....	58
3-10 ต้นทุนของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมจำแนกตามประเภทในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม ปี พ.ศ 2558.....	59
3-11 ผลการลงคะแนน.....	67
3-12 ผลการวิเคราะห์ด้วย Cause and Effect metric.....	68
3-13 ระยะเวลาดำเนินการสำหรับแต่ละขั้นตอน.....	71
4-1 การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของชิ้นงาน L01 ในช่วงวันที่ 26 ตุลาคม-31 ตุลาคม ปี 2558.....	73
4-2 การปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์และจำนวนการผลิตโฟม.....	78
4-3 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิแม่พิมพ์ 55-57 °C.....	80
4-4 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรอุณหภูมิแม่พิมพ์ 58-60 °C.....	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-5 การเปรียบเทียบการเกิดขึ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังการปรับ เพิ่มการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์.....	82
4-6 ผลการทดสอบสมมติฐานการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในการฉีดโฟม.....	85
4-7 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังมีการกำหนดการฉีดพ่นน้ำยา Mold release.....	88
4-8 การเปรียบเทียบการเกิดขึ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังการ กำหนด.....	89
4-9 ผลการทดสอบสมมติฐานการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีด พ่น น้ำยา Mold release.....	90
4-10 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากมีการติดตั้งระบบระบาย อากาศเพิ่มในแม่พิมพ์จำนวน 3 จุด.....	92
4-11 การเปรียบเทียบการเกิดขึ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังการติดตั้ง ระบบระบายอากาศเพิ่ม.....	93
4-12 ผลการทดสอบสมมติฐานการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม.....	94
4-13 ผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 3 ปัจจัย.....	95
4-14 การกำหนดค่าของแต่ละปัจจัยในการปรับปรุงตัวแปรในการทดลอง.....	97
4-15 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรหลังการปรับปรุง ในช่วงวันที่ 9 มกราคม-15 มกราคม ปี พ.ศ. 2559.....	98
4-16 การเปรียบเทียบชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรก่อนและหลังการ ปรับปรุง.....	98
4-17 การกำหนดค่าการควบคุมหลังการปรับปรุง.....	100
4-18 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรหลังการปรับปรุงในช่วงวันที่ 9 มกราคม-17 มกราคม ปี พ.ศ. 2559.....	104
4-19 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายหลังการปรับปรุง.....	107
4-20 ค่าใช้จ่ายในติดตั้ง Auto air vent.....	107

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 ปริมาณของเสีย และปริมาณงานซ่อมแซมเฉลี่ยต่อเดือนปี พ.ศ. 2557.....	2
1-2 จำนวนต้นทุนการเกิดของเสียการซ่อมแซมโฟมแต่ละประเภท และแนวโน้มการเกิดของเสียของของแต่ละชิ้นงานในเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ. 2258.....	6
2-1 การเกิดปฏิกิริยาไดไอโซไซยานต (Diisocyanate).....	11
2-2 ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบพอลิออลกับไอโซไซยานต.....	14
2-3 ปฏิกิริยาไดไอโซไซยานตและน้ำ.....	14
2-4 กระบวนการในการผลิตโฟมแบบ Slabstock foam, conveyor process.....	16
2-5 กระบวนการในการผลิตโฟมแบบ Molded flexible foam.....	17
2-6 กระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกส์ ซิกม่า DMAIC.....	18
2-7 หลักการทำงานของซิกส์ซิกม่า.....	19
2-8 กราฟเส้นแสดงราคาทองคำต่อน้ำหนัก 1 บาท.....	21
2-9 จำนวนการผลิตและของเสีย.....	22
2-10 ต้นทุนของเสียจากการผลิต.....	23
2-11 แผนภูมิแก๊งปลา.....	24
2-12 แผนภูมิแก๊งปลาที่มีสาเหตุหลายระดับ.....	25
2-13 เขตปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 การทดสอบข้างเดียวข้างขวา.....	28
2-14 เขตปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 การทดสอบข้างเดียวข้างซ้าย.....	29
2-15 เขตปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ของการทดสอบแบบสองข้าง.....	29
2-16 แผนภูมิควบคุม.....	32
2-17 ขอบเขตของแผนควบคุมคุณภาพ.....	33
3-1 ชิ้นส่วนประกอบของเบาะรถยนต์.....	38
3-2 แผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยตามหลักการ DMAIC.....	40
3-3 แผนผังโครงสร้างทีมงานวิจัยตามหลักการซิกส์ ซิกม่า.....	42
3-4 โฟมสำหรับเบาะรถยนต์.....	43
3-5 ระบบการผลิตโฟมแบบ Turn table mold.....	44
3-6 ต้นทุนการเกิดของเสียและการซ่อมแซมโฟมโดยแยกตามประเภท.....	60

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-7 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุและผล.....	63
3-8 แผนภาพแสดงความสำคัญของปัญหาที่ทำให้เกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร.....	69
3-9 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัจจัย.....	70
4-1 กราฟแสดงการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของชิ้นงาน L01.....	73
4-2 การตรวจสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์ก่อนทำการฉีดโฟม.....	75
4-3 โปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของแม่พิมพ์ในการผลิตโฟม.....	76
4-4 พารามิเตอร์ในการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์.....	77
4-5 การตรวจสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์หลังการปรับเพิ่มอุณหภูมิ.....	78
4-6 ชิ้นงานที่เป็นของเสียจากการปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 2 และ 3.....	79
4-7 การทดสอบหาค่า P-Value โดยใช้โปรแกรม Mini-Tap.....	83
4-8 การใส่ข้อมูลในการทดสอบหาค่า P-Value.....	84
4-9 การใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Option ในการทดสอบหาค่า P-Value.....	84
4-10 การกำหนดทิศทางการฉีดพ่นน้ำยา Mold release.....	87
4-11 การปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release.....	87
4-12 แม่พิมพ์สำหรับโฟม L01ก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศอัตโนมัติเพิ่ม.....	91
4-13 การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน Visual management ในการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์.....	101
4-14 การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน Visual management ในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release..	102
4-15 การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน Visual management ในการตรวจสอบ Auto air vent	103
4-16 แผนภูมิควบคุมคุณภาพสัดส่วนการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรหลังทำการปรับปรุง.....	105
4-17 แผนภูมิแสดงค่าใช้จ่ายหลังทำการปรับปรุงในเดือนมกราคม-เมษายน พ.ศ. 2559.....	108
5-1 แผนภูมิเปรียบเทียบการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อน-หลังปรับปรุง.....	112

บทที่ 1

บทนำ

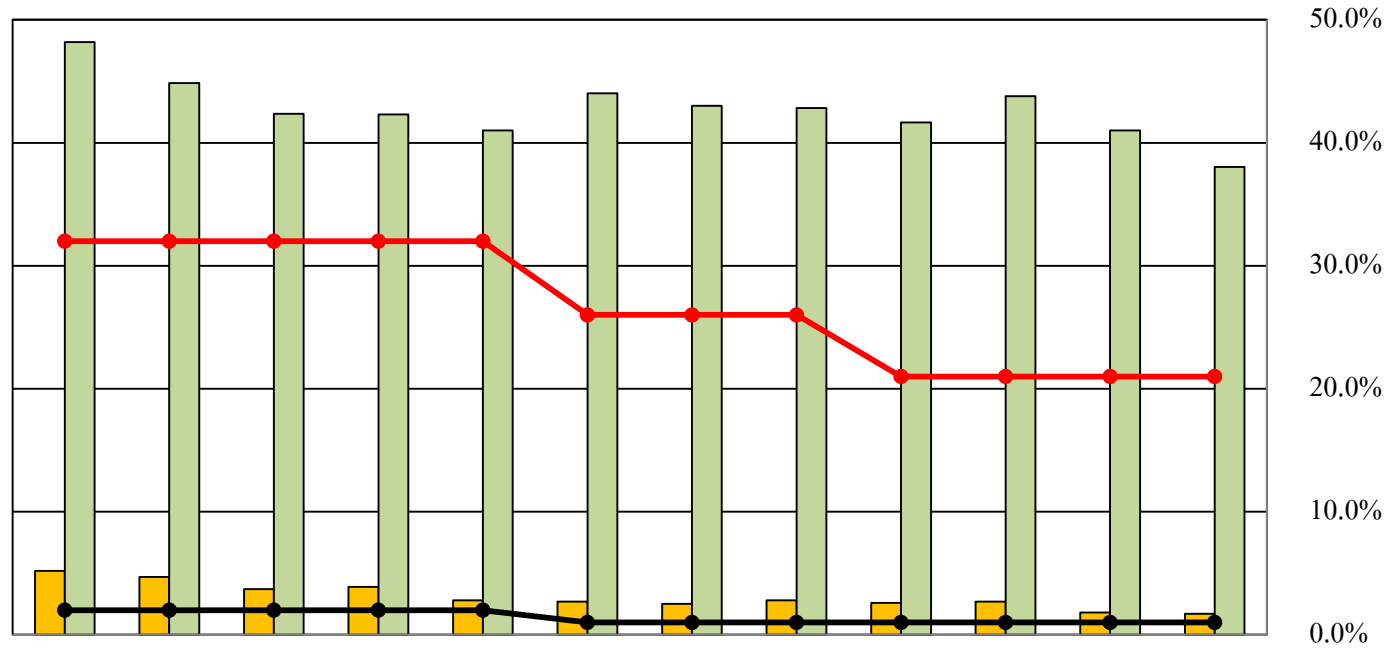
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการผลิตโพลีเมอร์สำหรับเบาะรถยนต์ มีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโพลีเมอร์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้หากไม่ได้รับการควบคุมที่ถูกต้องก็จะก่อให้เกิดปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตและ การซ่อมแซมโพลีเมอร์ภายหลังกระบวนการผลิต จากกราฟแสดงปริมาณของเสีย (Scrap) และปริมาณการซ่อมแซม (Rework) ในการผลิตโพลีเมอร์เฉลี่ยต่อเดือนภายในปี พ.ศ. 2557 ของบริษัท ภูมิศึกษาแสดงดังภาพที่ 1-1 จะเห็นได้ว่าปริมาณของเสีย และปริมาณการซ่อมแซมโพลีเมอร์ต่อเดือน สูงกว่าเป้าหมายของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ ทำให้บริษัทคิดหาวิธีที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตโพลีเมอร์ เพื่อให้สามารถลดปริมาณของเสียในการผลิตและปริมาณการซ่อมแซมโพลีเมอร์ต่อเดือนลดลงให้ได้ตามเป้าหมาย

จากการศึกษาข้อมูลการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพบว่าบริษัทใหญ่หลายแห่งที่ประสบความสำเร็จอย่างสูงในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเนื่องจากการนำเอาเทคนิค ซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) มาใช้ ในการปรับปรุงคุณภาพภายในกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพรอบเวลาในการผลิตและการจัดส่ง ลดขั้นตอนการทำงานให้สั้นลง สามารถทำให้กระบวนการผลิตและการทำงานมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้เปรียบในการแข่งขันสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมาก สร้างความสำเร็จให้กับบริษัทได้อย่างก้าวกระโดดและสร้างความพึงพอใจที่ดีให้แก่ลูกค้า

โดยหลักการของ ซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) ซึ่งมุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาอันเกิดจากการดำเนินงาน และลดความผันแปรของกระบวนการ สามารถนำมาใช้ในการลดเวลา ลดข้อบกพร่อง และลดของเสียจากกระบวนการผลิตโพลีเมอร์สำหรับเบาะรถยนต์ได้

ปริมาณของเสียและงานซ่อมแซม ปี พ.ศ. 2557



	Jan-14	Feb-14	Mar-14	Apr-14	May-14	Jun-14	Jul-14	Aug-14	Sep-14	Oct-14	Nov-14	Dec-14
Scrap	5.2%	4.7%	3.7%	3.9%	2.8%	2.7%	2.5%	2.80%	2.60%	2.70%	1.8%	1.7%
Rework	48%	45%	42%	42%	41%	44%	43%	43%	42%	44%	41%	38%
Rework (Target)	30%	30%	30%	30%	30%	25%	25%	25%	20%	20%	20%	20%
Scrap (Target)	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%

ภาพที่ 1-1 ปริมาณของเสียและปริมาณงานซ่อมแซมเฉลี่ยต่อเดือนปี พ.ศ. 2557

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นการผลิตโพลีเอทิลีนสำหรับเบาะรถยนต์ของบริษัททรูศึกษา พบว่ามีจำนวนบริษัทตั้งเป้าที่จะลดของเสียจากการโพลีเอทิลีนโดยมีเป้าหมายของเสียอยู่ที่ 1% และมีเป้าหมายลดงานซ่อมแซมอยู่ที่ 20% ของการผลิตโพลีเอทิลีน ซึ่งจากข้อมูลที่ทางผู้วิจัยได้รวบรวมก่อน พบว่าในปี พ.ศ. 2557 การผลิตโพลีเอทิลีนสำหรับเบาะรถยนต์มีชิ้นงานที่เป็นของเสียเป็นร้อยละ 1.7% ของการผลิต และโพลีเอทิลีนที่ต้องทำการซ่อมแซมโพลีเอทิลีนคิดเป็นร้อยละ 38.0% ซึ่งตัวเลขที่ทางผู้วิจัยได้สำรวจเบื้องต้นนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดของเสียและงานซ่อมแซมเกินกว่าเป้าหมายที่ทางบริษัททรูศึกษาได้กำหนดไว้ ซึ่งส่งผลทำให้บริษัทเกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นจากของเสียและการซ่อมแซมชิ้นงานก่อนนำไปใช้งาน

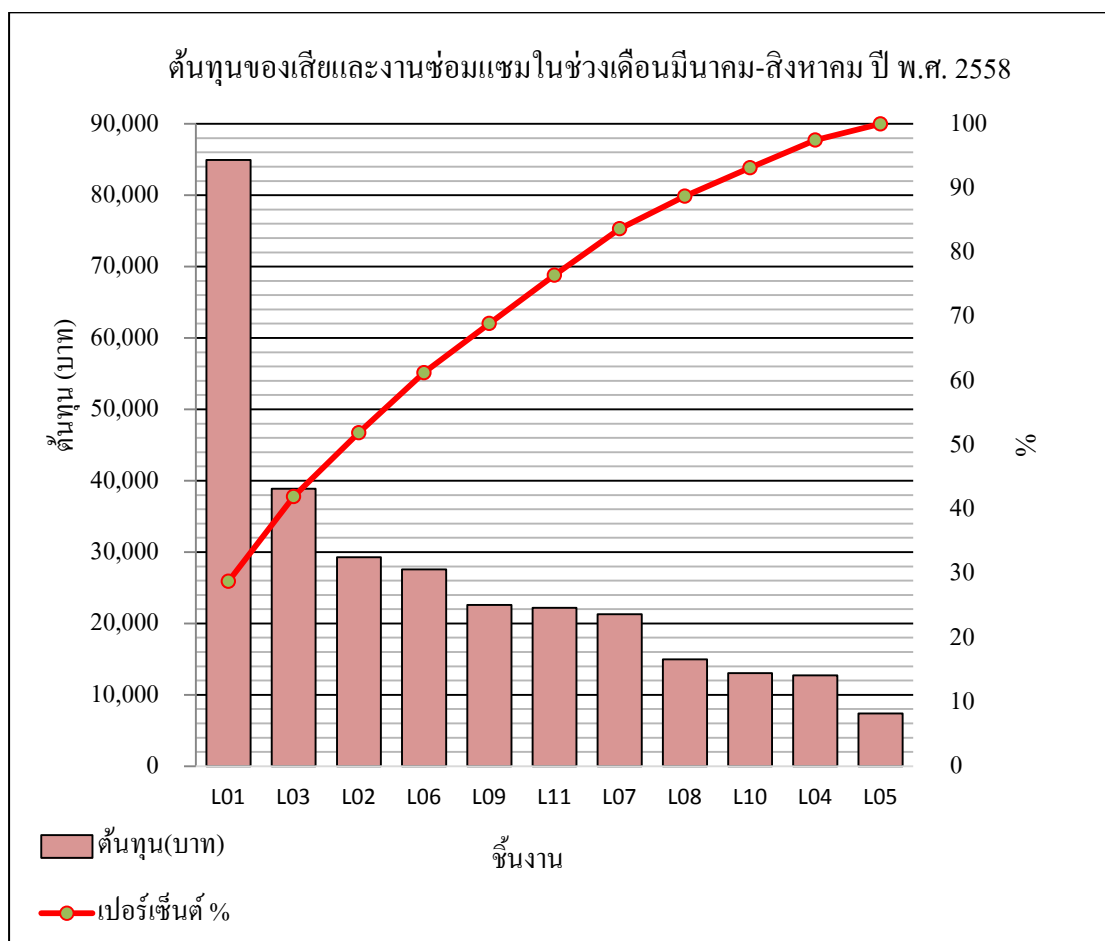
ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการวิจัยในเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของสายการผลิตโพลีเอทิลีนของบริษัททรูศึกษา งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการนำแนวคิดแบบ ซิกส์ซิกมา โดยใช้หลักการ DMAIC มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการผลิตโพลีเอทิลีนผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการเกิดของเสียและงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม ปี พ.ศ. 2558 เพื่อเป็นข้อมูลก่อนการดำเนินการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 จำนวนการผลิต งานเสียและชิ้นงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558

ข้อมูลแสดงจำนวนชิ้นงานที่ซ่อมแซม งานเสีย และยอดการผลิตในช่วง เดือน มีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558															
ลำดับ	ชนิด	Mar-15		Apr-15		May-15		Jun-15		Jul-15		Aug-15		รวม	
		งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย	งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย	งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย	งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย	งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย	งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย	งาน ซ่อมแซม	งาน เสีย
1	L01	3,521	48	2,351	22	2,470	21	3,238	43	4,003	72	2,925	52	18,507	258
2	L02	473	65	319	39	291	29	361	25	374	24	236	20	2,054	202
3	L03	543	70	409	49	498	32	662	34	695	40	422	35	3,229	261
4	L04	812	12	445	13	464	6	432	7	388	15	364	13	2,905	66
5	L05	121	17	50	8	69	6	58	4	56	4	48	5	403	43
6	L06	332	24	214	9	227	24	474	34	484	27	351	18	2,082	136
7	L07	381	24	501	24	570	17	476	11	475	8	382	7	2,785	90
8	L08	474	19	500	8	521	9	396	6	436	5	432	5	2,758	52
9	L09	1,452	21	674	11	779	4	1,460	7	1,556	5	1,479	5	7,399	53
10	L10	39	20	43	18	40	8	44	10	46	4	27	3	239	65
11	L11	270	24	181	13	197	8	300	12	268	23	259	19	1,474	98
รวม		8,417	343	5,687	215	6,125	164	7,900	193	8,780	228	6,925	181	43,834	1,324
ยอดการผลิต		22,355		16,074		16,920		22,762		24,321		19,864		122,296	

ตารางที่ 1-2 ต้นทุนงานเสียและงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558

ข้อมูลแสดงต้นทุนงานซ่อมแซมและงานเสียในช่วง เดือน มีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558							
ลำดับ	ชนิด	ค่าวัสดุคิบบ (บาทต่อชิ้น)	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนของเสีย (บาท)	ต้นทุนการซ่อมแซม (บาท)	ต้นทุนรวม(บาท)	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	L01	172.78	2.18	40,346	44,578	84,924	28.8
2	L02	122.99	2.18	4,478	24,814	29,291	9.93
3	L03	122.04	2.18	7,039	31,859	38,898	13.19
4	L04	96.25	2.18	6,334	6,387	12,721	4.31
5	L05	150.72	2.18	878	6,514	7,392	2.51
6	L06	169.05	2.18	4,538	23,025	27,563	9.35
7	L07	169.05	2.18	6,070	15,246	21,316	7.23
8	L08	172.78	2.18	6,012	8,937	14,948	5.07
9	L09	122.99	2.18	16,129	6,481	22,610	7.67
10	L10	193.22	2.18	522	12,527	13,049	4.43
11	L11	193.22	2.18	3,213	18,960	22,173	7.52
รวม				95,558	199,327	294,885	100



ภาพที่ 1-2 จำนวนต้นทุนการเกิดของเสียการซ่อมแซมโพลีเมอร์แต่ละประเภท และแนวโน้มการเกิดของเสียของของแต่ละชิ้นงานในเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ. 2558

จากข้อมูลการเกิดของเสีย และงานซ่อมแซมโพลีเมอร์ในการผลิต ตั้งแต่เดือน มีนาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2558 พบว่ามีชิ้นงานที่เป็นของเสีย 1,324 ชิ้น และชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซม 43,834 ชิ้น จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมดจำนวน 122,296 ชิ้น ดังแสดงในตารางที่ 1-1

โดยชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซมมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ L01 โดยคิดจากต้นทุนของเสียและการซ่อมแซม ชิ้นงาน L01 มีต้นทุนของเสียและงานซ่อมแซม 84,924 บาท คิดเป็นร้อยละ 28.80% ของชิ้นงานเสียและงานซ่อมแซม โดยมีชิ้นงานที่เป็นของเสีย

258 ชิ้น ชิ้นงานที่ทำซ่อมแซม 18,507 ชิ้น ดังแสดงใน ตารางที่ 1-2 โดยสามารถสร้างกราฟแสดงจำนวนต้นทุนการเกิดของเสีย การซ่อมแซมของโคมแต่ละประเภทและแนวโน้มการเกิดของเสียของของแต่ละชิ้นงานแสดงดังภาพที่ 1-2

ดังนั้นจากสาเหตุข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่นำเอาเทคนิคของซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียและการซ่อมแซมโคมเพื่อปรับปรุงพัฒนากระบวนการทำงานให้มีคุณภาพเสถียรภาพและประสิทธิภาพอีกทั้งเพื่อลดต้นทุนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อลดปริมาณของเสียและปริมาณการซ่อมแซมโคมจากกระบวนการผลิตโคมสำหรับเบาะรถยนต์ให้ได้ตามเป้าหมายของบริษัท โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคของซิกส์ซิกม่า (Six Sigma)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. สามารถลดต้นทุนการผลิตอันเนื่องมาจากของเสีย และการซ่อมแซมโคม
2. เพิ่มคุณภาพของโคมและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต
3. เป็นแนวทางในการกำหนดแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากสาเหตุซ้ำ ๆ ในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษา วิเคราะห์ และลดปัญหาของเสียและการซ่อมแซมที่เกิดจากกระบวนการผลิตโคมสำหรับเบาะรถยนต์ในรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษา

ขั้นตอนของการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตโคม
 - 2.1 รวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโคม
 - 2.2 พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตและปริมาณของเสียในปัจจุบัน

- 2.3 กำหนดเป้าหมายของการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตโพลี
- 3. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา
 - 3.1 ศึกษากระบวนการผลิตโพลีทั้งกระบวนการผลิต
 - 3.2 ระดมความคิดเพื่อแจกแจงหาสาเหตุและผลกระทบของข้อบกพร่องโดยแผน

ก้างปลา (Cause and Effect diagram)

- 4. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
 - 4.1 ทดสอบด้วยเครื่องมือทางสถิติ
 - 4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่สำคัญที่ต้องนำไปทดลองในขั้นตอน

ต่อไป

- 5. การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต
 - 5.1 ออกแบบการทดลอง
 - 5.2 กำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อการทดลอง
 - 5.3 กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล
 - 5.4 ทำการทดลองตามแผนที่วางไว้
 - 5.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- 6. ทำการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ
- 7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
- 8. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอผลงาน

แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1-3 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียดการดำเนินงาน	ช่วงระยะเวลาการดำเนินงาน							
	ปี พ.ศ. 2557				ปี พ.ศ. 2558			
	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ
1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←→							
2. กำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น			←→					
3. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา			←→					
4. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา				←→				
5. การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต					←→			
6. ทำการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ						←→		
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ							←→	
8. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอผลงาน								←→

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

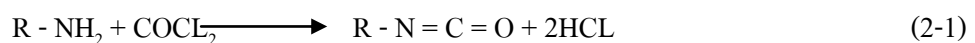
ในบทนี้จะอธิบายถึงที่มาของกรรมวิธีการผลิต โฟม โครงสร้างและส่วนประกอบของ โฟม และแนวคิดซิกส์ซิกม่า เริ่มจากประวัติความเป็นมาของ ซิกส์ซิกม่า แนวคิด และความสำเร็จที่ได้รับจากการนำแนวคิดของซิกส์ซิกม่า มาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ในงานวิจัย เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดยแบ่งรายละเอียดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และส่วนที่สองคืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พอลิยูรีเทน (Polyurethane)

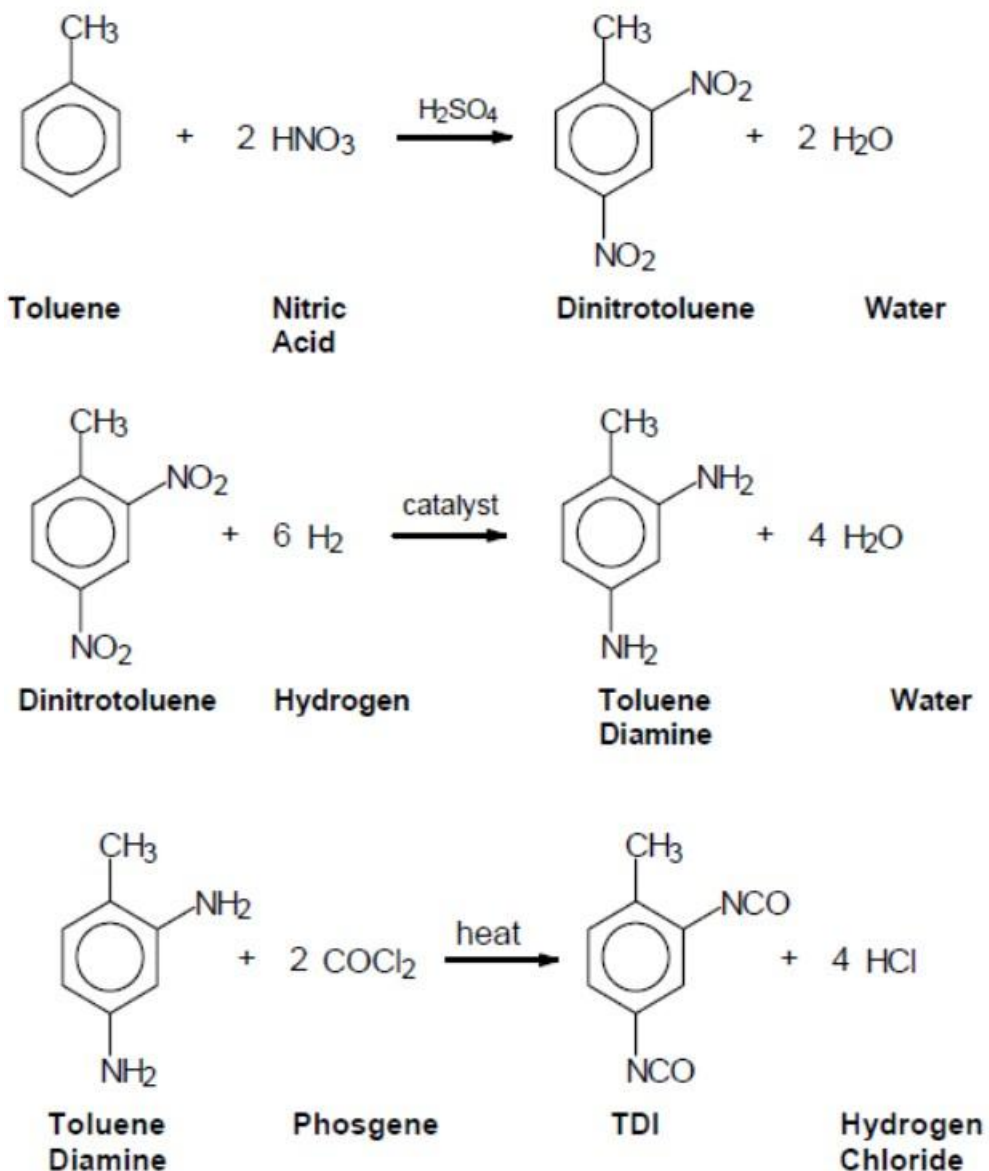
ปรีชา พหลเทพ (2546) อธิบายว่า พอลิยูรีเทน เป็น พอลิเมอร์ ที่มีหมู่ $-NHCOO-$ อยู่ในโมเลกุล การผลิตในทางการค้าเริ่มตั้งแต่ปี 1937 โดย เบเยอร์ (Bayer) แห่งบริษัท Farbenfabriken Bayer ในเยอรมัน จากปฏิกิริยาไดไอโซไซยานตกับไกลคอล จะได้พอลิยูรีเทน ซึ่งมีสมบัติเป็นพลาสติกและเส้นใย ต่อมาพบว่าทำเป็นกาว วัสดุเคลือบผิว และโฟมแข็ง ได้ด้วย ในปี 1950 ได้มีการพัฒนา พอลิยูรีเทนเป็นอิลาสโตเมอร์ และโฟมยืดหยุ่นได้ ในปี 1955 ได้มีการผลิต โฟมพอลิยูรีเทน อย่างกว้างขวางโดยใช้พอลิเอสเทอร์ ที่ปลายโมเลกุลมีหมู่ $-OH$ 2 ข้างเป็น พอลิออล (Polyol) ในปี 1957 การผลิตพอลิยูรีเทนใช้พอลิไอเทอร์ที่ปลายโมเลกุลมีหมู่ $-OH$ แทน พอลิเอสเทอร์ต้นทุนถูกกว่า ใช้พอลิเอสเทอร์ และทนกรดทนด่างได้ดีกว่า เพราะหมู่ไอเทอร์เสถียรกว่าหมู่เอสเทอร์

วิธีเตรียมมอนอเมอร์

1. ไดไอโซไซยานต (Diisocyanate) ที่ใช้มากในทางการค้า คือ ปฏิกิริยาฟอสจีนชันของ Primary amines



ตัวอย่างไดไอโซไซยานต ที่ใช้กันคือ โทลูอินไดไอโซไซยานต ซึ่งมีวิธีการเตรียม โดยเริ่มต้นจากโทลูอิน ดังแสดงตามภาพที่ 2-1



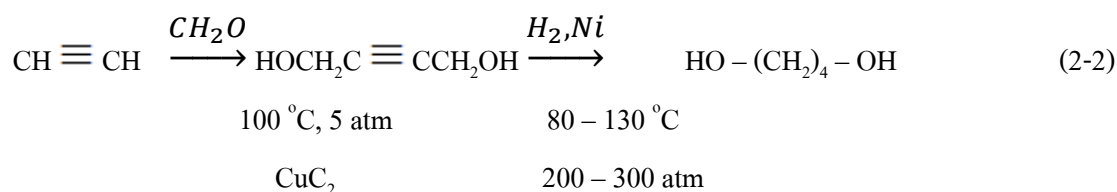
ภาพที่ 2-1 การเกิดปฏิกิริยาไดไอโซไซยานต (Diisocyanate) (ปรีชา พหลเทพ, 2546)

ผลผลิตที่ได้เป็นของผสมของไอโซเมอร์ 2 ตัวของโทลูอิน ไดไอโซไซยานต คือ โทลูอิน 2,4-ไดไอโซไซยานต กับ โทลูอิน 2,6-ไดไอโซไซยานต ของผสมนี้จุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 5-15 °C เพราะฉะนั้นอุณหภูมิปกติจะเป็นของเหลว สัดส่วนของไอโซเมอร์จะได้ต่างกัน แล้วแต่วิธีเตรียมว่าจะแยกผลผลิตในขั้นที่ได้ 2-ไนโตรโทลูอิน (ประมาณ 60%) กับ 4-ไนโตรโทลูอิน (ประมาณ 40%) ออกจากกันหรือไม่ ถ้าไม่แยกโดยทำในตรชั้นต่อไปเลยจะได้ 80 : 20 TDI

ถ้าแยก 2 – ไนโตรโทลูอินไปทำไนเตรชันต่างหากจะได้ 65 : 35 TDI และแยก 4-ไนโตรโทลูอินไป
ทำไนเตรชันต่างหากจะได้ 100% 2, 4 – TDI แล้วแต่ความต้องการ กรณีของ 80 : 20 TDI ใช้มาก
ที่สุด และราคาถูกที่สุด ในการผลิตโฟมชนิดยืดหยุ่นไดไอโซไซยานาตตัวอื่นๆ ที่ใช้อยู่บ้าง คือ ไดฟิ
นิลมีเรน ไดไอโซไซยานาต และเฮกซาเมธิลีน ไดไอโซไซยานาต เป็นต้น ไอโซไซยานาตเป็น
สารพิษ การใช้จึงต้องระมัดระวัง

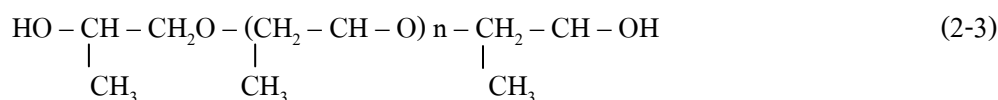
2. ไดออลและพอลิออล (Diols and Polyols) การเตรียมพอลิยูรีเทนใช้อะลิฟาติก
ไดออล (ไกลคอล) เช่น 1, 4 – บิวเทนไดออล แต่ปัจจุบันนิยมใช้สารประกอบพอลิเอเธอริกไฮดรอกซี
ที่เป็นพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลไม่สูงมากนัก เช่น พอลิเอสเตอร์ และพอลิอีเทอร์ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์
ได้มีคุณสมบัติที่ใช้งานได้กว้างขวางและราคาถูก

สำหรับ 1, 4 – บิวเทนไดออล อาจเตรียมได้จากอะเซทีลีนดังปฏิกิริยา



การใช้ 1, 4 – บิวเทนไดออล เตรียมพอลิยูรีเทน จะได้พอลิเมอร์ใช้ในรูปเส้นใยเท่านั้น ใช้งาน
เป็นอีลาสโตเมอร์ และพลาสติกหล่อไม่ได้

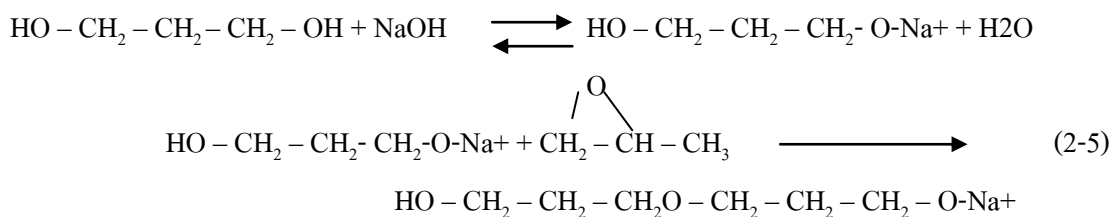
กรณีพอลิเอสเตอร์ที่ใช้เตรียมพอลิยูรีเทน มักจะใช้น้ำหนักโมเลกุลประมาณ
1,000–2,000 และต้องให้มีหมู่ไฮดรอกซีที่ปลายโมเลกุลเพื่อให้ทำปฏิกิริยาได้ พอลิเอสเตอร์ลักษณะ
เช่นนี้เตรียมจากปฏิกิริยาของกรดไดเบสิก เช่น กรดอะไดปิก กรดเซบาซิก เป็นต้น กับไกลคอล เช่น
เอธิลีนไกลคอล หรือพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ เช่น กลีเซอรอล ส่วนประกอบของสารที่ใช้เตรียม
พอลิเอสเตอร์เพื่อเตรียมพอลิยูรีเทนนี้สามารถแปรเปลี่ยนและให้พอลิยูรีเทนที่มีสมบัติแตกต่างกัน
ไป น้ำมันละหุ่งซึ่งเป็นไตรออลก็ใช้เตรียมพอลิยูรีเทนได้ ซึ่งจะใช้ทำโฟมชนิดกึ่งแข็ง (Semi-Rigid
Foam) พอลิอีเทอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซีที่ปลายสายโซ่โมเลกุล ได้รับความนิยมนำใช้เตรียมพอลิยูรีเทน
มากในปัจจุบัน เช่น พอลิโพรพิลีนไกลคอล (พอลิโพรพิลีนออกไซด์ที่ปลายสายโซ่โมเลกุลเป็น
หมู่ไฮดรอกซี



พอลิโพรพิลีนไกลคอล ใช้เตรียมพอลิยูรีเทน โฟมชนิดยืดหยุ่น การเตรียมพอลิโพรพิลีนไกลคอลเตรียมโดยพอลิเมอร์ไรซ์โพรพิลีนออกไซด์



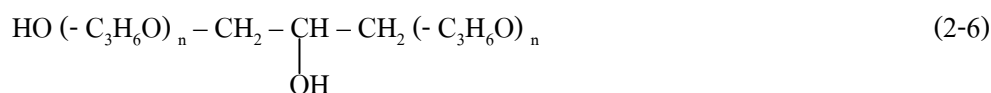
ที่อุณหภูมิประมาณ 160 °C ในโพรพิลีนไกลคอล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันแบบรวมตัวโดยอ้อนลบ โดยขั้นเริ่มต้นจะเป็นดังนี้



หลังจากนี้ก็จะเกิดขึ้นแผ่ขยายไปเรื่อย ๆ จนถึงขั้นสิ้นสุดเกิดการย้ายสายโซ่

ได้พอลิโพรพิลีนไกลคอลตามต้องการ นิยมใช้น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ ไม่เกิน 2,000

พอลิยูรีเทนโฟมชนิดยืดหยุ่นถ้าโครงสร้างไม่มีการเชื่อมโยงเลยจะไม่แข็งแรง ในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้ไตรออลมากกว่าไดออล การเตรียมไตรออล ทำโดยพอลิเมอร์ไรซ์โพรพิลีนออกไซด์ในสารประกอบไครไฮดรอกซี เช่น กลีเซอรอล (ใช้เป็นตัวเริ่ม) กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้พอลิอีเทอร์ไตรออล



ปกติถ้าจะใช้เตรียมพอลิยูรีเทนโฟมชนิดยืดหยุ่น จะใช้น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 3,000-3,500 เพื่อให้มีดีกรีของการเชื่อมโยงต่ำ ถ้าจะเตรียมพอลิยูรีเทนโฟมชนิดแข็งต้องใช้พอลิอีเทอร์ไตรออล น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ ประมาณ 500 จะทำให้มีดีกรีของการเชื่อมโยงสูง

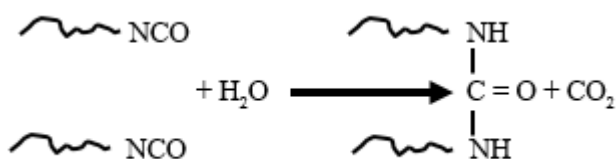
การเตรียมโฟมชนิดยืดหยุ่น

ปรีชา พหลเทพ (2546) อธิบายว่าการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบพอลิออลกับไอโซไซยานเนต จะได้พอลิยูรีเทนดังนี้



ภาพที่ 2-2 ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบพอลิออลกับไอโซไซยานเนต (ปรีชา พหลเทพ, 2546)

การเตรียมโฟมชนิดยืดหยุ่นจะผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเตรียมได้จากไดไอโซไซยานเนต กับน้ำ เข้าไปในปฏิกิริยาพร้อมกัน



ภาพที่ 2-3 ปฏิกิริยาไดไอโซไซยานเนตและน้ำ (ปรีชา พหลเทพ, 2546)

เพราะฉะนั้นในของผสมจะใส่ไดไอโซไซยานเนต พอลิออล และน้ำลงไปพร้อมกัน พอลิออลที่ใช้มักใช้พอลิเอสเทอร์และพอลิอีเทอร์ กระบวนการเตรียมโฟมชนิดยืดหยุ่นที่ใช้ทั่วไปมี 3 แบบ คือ One-Shot, Prepolymer และ quasi-prepolymer กรณีที่ใช้พอลิเอสเทอร์ มีนิยมนิยมแบบ one-shot แต่พอลิอีเทอร์นิยมใช้ทั้ง 3 แบบ

1. One-Shot Polyester Foams ส่วนผสมที่ใช้ คือ
 - พอลิเอสเทอร์มีกิ่งสาขา 100 ส่วน โดยน้ำหนัก
 - 65 : 35 TDI 33 ส่วน โดยน้ำหนัก
 - น้ำ 4 ส่วน โดยน้ำหนัก
 - ตัวเร่ง (N-Methylmorpholine) 2 ส่วน โดยน้ำหนัก
 - ตัวเร่ง (N, N-Dimethylcetylamine) 2 ส่วน โดยน้ำหนัก
 - ตัวตัดแปรง (Ammonium Oleate) 2 ส่วน โดยน้ำหนัก

พอลิเอสเตอร์ที่ใช้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 2,000 ปกติเตรียมจากกรดอะไดคิกกับ ไดเอธิลีนไกลคอล ได้ผลิตผลเป็นของเหลวหนืด ของผสมทั้งหมดผ่านเข้าไปในเตาปฏิกรณ์ ประมาณ 2-3 นาที โฟมจะเกิดเต็มที่ การทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ใช้เครื่องมือ Henecke Type

2. Polyether prepolymer วิธีนี้ใช้พอลิเอสเตอร์ทำปฏิกิริยากับ ไดไอโซไซยานเนตมากเกินไป ก่อนจะได้ Prepolymer ปลายโมเลกุลเป็นไอโซไซยานเนต ซึ่งเสถียรในสภาวะที่แห้ง ถ้าเติมน้ำ และตัวเร่งลงไปรวมทั้งตัวปรับปรุง หรือตัวตัดแปรลงไป จะเกิดโฟมชนิดยืดหยุ่นตามต้องการ วิธีนี้ ราคาถูกกว่าวิธีในข้อ 1

3. Quasi-prepolymer polyether foams วิธีนี้คล้าย ๆ Prepolymer แต่ใช้ปริมาณ ไดไอโซไซยานเนตปริมาณมาก ๆ ทำปฏิกิริยากับ พอลิเอสเตอร์ (พอลิออล) ได้พอลิยูรีเทนน้ำหนัก โมเลกุลต่ำ ๆ และมีไดไอโซไซยานเนตอิสระเหลืออยู่มาก ผ่านเข้าไปในขั้นที่ 2 ทำปฏิกิริยากับ พอลิเอสเตอร์ (พอลิออล) ต่อ เติมน้ำ เติมตัวเร่งและตัวตัดแปรลงไปจะได้โฟมยืดหยุ่นออกมา วิธีนี้ลด ความหนืดของ Prepolymer ลง เพราะน้ำหนักโมเลกุลในขั้นตอนแรกจะต่ำทำให้ผลิตง่ายขึ้น

4. One-shot polyether foams วิธีนี้ใช้มากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และ พอลิเอสเตอร์ที่ใช้ทำให้โฟมที่ได้มีสมบัติเหมาะสมในการทำเบาะรองนั่ง ส่วนผสมที่ใช้มีดังนี้

พอลิเอสเตอร์ไตรออล 100 ส่วนโดยน้ำหนัก

80 : 20 TDI 40 ส่วนโดยน้ำหนัก

น้ำ 3 ส่วนโดยน้ำหนัก

ตัวเร่ง (Stannous Octoate) 0.3 ส่วนโดยน้ำหนัก

ตัวเร่ง (ไตรเอธิลีนไดเอมีน) 0.5 ส่วนโดยน้ำหนัก

ซิลิโคนบิสออกโคพอลิเมอร์ 1 ส่วนโดยน้ำหนัก

ตัวเร่ง Stannous octoate จะช่วยในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิยูรีเทน ส่วนตัวเร่ง ไตรเอธิลีนไดเอมีนช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง ส่วนซิลิโคนบิสออกโคพอลิเมอร์จะใช้เพื่อเป็น ตัวสแตบิไลเซอร์ ในระหว่างที่เกิดโฟม นิยมใช้ซิลิโคนพอลิแอลคิลีนออกไซด์ ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้น พร้อม ๆ กันและต่อเนื่อง ได้โฟมออกมาในรูปแผ่น อาจกว้างถึง 8 ฟุต สูง 4 ฟุต ส่วนความยาวก็ ตัดให้ได้ตามต้องการ เช่น 10 ฟุต 20 ฟุต หลังจากตัดแล้วอบไว้ 10-24 ชั่วโมงจึงนำไปใช้งาน

โฟมชนิดแข็ง (Rigid foams)

การเตรียมโฟมชนิดแข็งก็ใช้หลักการคล้ายโฟมชนิดยืดหยุ่น เพียงแต่ต้องให้ดิกิริของการ เชื่อมโยงสูง ซึ่งจะได้จากการใช้พอลิเอสเตอร์ไตรออล น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ เช่น ประมาณ 500 ทำ ปฏิกิริยากับ ไดไอโซไซยานเนตจะมีดิกิริของการเชื่อมโยงสูง ผสมน้ำลงไปด้วยเกิดก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ จะได้โฟมชนิดแข็งนิยมเตรียมแบบ One-Shot และพ่นสารเชื่อมจุดเคือคต่ำ

เช่น ไตรคลอโรฟลูออโรมีเทนจุดเดือด $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ เข้าไปจะช่วยทำคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อน ฉนวนไฟฟ้าได้ดีขึ้น

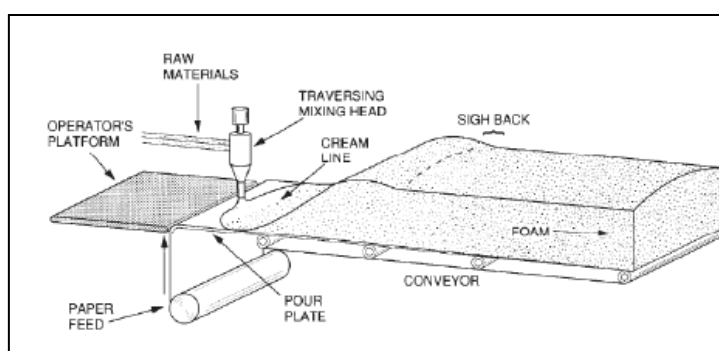
คุณสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

พอลิยูรีเทนที่ใช้เป็นโฟม มีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมเซต แต่พอลิยูรีเทนที่ใช้ในรูปเส้นใย อีลาสโตเมอร์ เป็นเทอร์โมพลาสติก แต่มีใช้ไม่มากนัก นิยมใช้ในรูปโฟมมากกว่า โฟมชนิดยืดหยุ่น จะมีความหนาแน่นประมาณ $1.5\text{-}3\text{ lb/ft}^3$. รับน้ำหนักได้ดี จึงนิยมใช้ทำเบาะรองนั่งทั่วไป ๆ แก้วอีบูนม ที่นอน มีความทนทานต่อตัวทำลายต่าง ๆ ได้ดี โดยเฉพาะโฟมที่ได้จาก พอลิเอสเทอร์จะทนทานกว่าโฟมที่ได้จากพอลิอีเทอร์ ทนต่อความร้อนได้ดีถึง $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ส่วนโฟม ชนิดแข็งจะมีความหนาแน่นประมาณ 2 lb/ft^3 . มีความต้านทานต่อการกดคั้น ใช้เสริมช่องว่างใน ส่วนที่ต้องการน้ำหนักเบา เช่น ปีกเครื่องบิน เป็นต้น คุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำมากจึงใช้เป็น ฉนวนในกระติกน้ำแข็ง หรือในตู้เย็น นอกจากนี้ยังใช้ทำส่วนประกอบของเรือเพื่อให้การลอยตัวดี ขึ้น

กรรมวิธีในการผลิตพอลิยูรีเทนโฟมแบบยืดหยุ่น

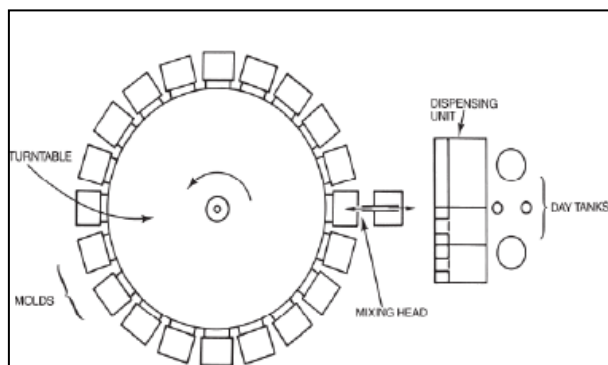
กรรมวิธีการผลิตโฟมแบบยืดหยุ่นแบ่งออกได้เป็น 2 กรรมวิธี ดังนี้

1. Slabstock foam คือ การผลิตพอลิยูรีเทน โฟม โดยกระบวนการแบบต่อเนื่องเกิดจากการเท Liquid foaming mixture ลงบน Conveyor ที่เคลื่อนที่ เรียกว่า Slabstock foam และส่วนที่ถูก ตัดออกมาเป็นก้อนเรียกว่า Block foam หรือ Bun foam กระบวนการผลิต Slabstock foam แสดงใน ภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 กระบวนการในการผลิตโฟมแบบ Slabstock foam, conveyor process (ปรีชา พลเทพ, 2546)

2. Molded flexible foam เป็นการผลิตพอลิยูรีเทนโฟมโดยกระบวนการไม่ต่อเนื่อง ซึ่งใช้ในกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างซับซ้อน เช่น เบาะรถยนต์ แก้วอีเล็ก หมวกกันน็อก Vibration damping ของรถยนต์ ที่พักแขน โซฟา และที่นอน เป็นต้น ภาพที่ 2-5 เป็นการแสดงกระบวนการในการผลิตโฟมแบบการผลิตโฟมแบบ Molded flexible foam



ภาพที่ 2-5 กระบวนการในการผลิตโฟมแบบ Molded flexible foam (ปรีชา พหลเทพ, 2546)

การควบคุมคุณภาพ

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) อธิบายว่า การบูรณาการซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) ร่วมกับแผนกลยุทธ์ขององค์กร จะช่วยส่งเสริมแผนที่มีมุ่งเน้นความสำคัญต่อลูกค้าโดยที่โครงการต่าง ๆ ขององค์กรจะมีเจ้าหน้าที่หรือพนักงานจากหลาย ๆ ฝ่ายมาร่วมกันคิด และโครงการที่พัฒนาจะมุ่งเน้นที่กระบวนการธุรกิจ (Business process) ซึ่งสอดคล้องกับ Total quality management (TQM) ถ้าประยุกต์ซิกส์ซิกม่า กับโครงการที่ต้องการกำจัดข้อบกพร่องเท่านั้น ซิกส์ซิกม่า จะเป็นวิธีการที่ช่วยปรับปรุงได้ดี แต่จะไม่ได้ใช้คุณค่าที่แท้จริงของซิกส์ ซิกม่า

TQM และซิกส์ซิกม่า ให้ความสำคัญกับการเป็นผู้นำและการทำงานร่วมกันเป็นทีม นอกจากนั้นทั้ง 2 วิธียังเน้นในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง แต่การจัดการระหว่าง 2 วิธีจะแตกต่างกัน เนื่องจาก TQM ให้แนวทางอย่างกว้าง ๆ เพื่อให้องค์กรทั้งหลายปฏิบัติตาม ซึ่งพบว่าโอกาสที่องค์กรทั้งหลายจะบรรลุ TQM มีน้อย เมื่อเทียบกับการที่องค์กรเลือกที่จะประยุกต์ ISO 9000 เนื่องจากมีเกณฑ์ที่ชัดเจนในการประเมิน ขณะที่ซิกส์ซิกม่า มีเครื่องมือและเทคนิคที่ทรงพลังในการพัฒนาคุณภาพ

ซิกส์ซิกม่า ในองค์กรเปรียบเสมือนชุดเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ แต่การจะนำเครื่องมือชนิดใดไปใช้ ก็ขึ้นอยู่กับความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ที่จะนำเครื่องมือชิ้นนั้น ๆ ไปใช้งาน ซิกส์ซิกม่า ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2523 โดย บิล สมิธ (พ.ศ. 2472-2536) ชาวอเมริกัน ซึ่ง

ทำงานให้กับบริษัทโมโตโรล่า ทำให้ยอดขายและอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการลดจำนวนข้อบกพร่อง (Defects) ส่งผลให้บริษัทได้รับรางวัลคุณภาพแห่งชาติของ Malcolm baldrige

ซิกส์ซิกม่า คือ ส่วนผสมระหว่างความฉลาดหลาย ๆ ด้านในการบริหารองค์กร โดยการพัฒนาวิธีทางสถิติเพื่อเป็นอาวุธขององค์กร โดยมีเป้าหมายสูงสุดเพื่อเป็นกลยุทธ์ของกิจการมากกว่าที่จะเป็นวิธีการทางคุณภาพที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ

คุณสมบัติพิเศษ 7 ประการของซิกส์ซิกม่า ในการเพิ่มความสำเร็จสำหรับการบริหารงานจากระดับล่างขององค์กรขึ้นมา คือ

1. เกิดผลลัพธ์สุดท้ายตามที่คาดหวัง
2. เป็นการแสดงภาวะการเป็นผู้นำ (Leadership) ของระดับบริหาร เพราะการทุ่มเทและผลักดันของผู้บริหารจะทำให้องค์กรประสบความสำเร็จตามที่คาดหวัง
3. มีกลยุทธ์ DMAIC ซึ่งเป็นการรวมตัวอักษรตัวแรกของแต่ละขั้นตอน อีกทั้งสามารถเขียน DMAIC เป็นวงจร ดังแสดงในภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 กระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกส์ซิกม่า DMAIC (ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551)

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมการ (Deployment หรือ Define phase; D) เป็นการกำหนดปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจวัด (Measurement phase; M) เป็นการระบุปัจจัยเข้า (Input)

กระบวนการ (Process) ปัจจัยออก (Output) และผลลัพธ์ (Outcome)

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis phase; A) เป็นการวิเคราะห์กระบวนการและปัญหา และหาต้นตอของสาเหตุทั้ง 5M1E (Man, Machine, Method, Material, Measurement and Environment)

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุง (Improvement Phase; I) เป็นการหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยการกำจัดต้นเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย

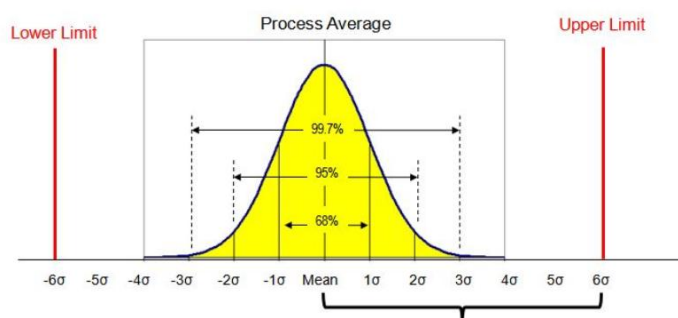
ขั้นตอนที่ 5 การควบคุมติดตาม (Control phase; C) เป็นการทำให้เกิดการคงสภาพของการปรับปรุงนั้นไว้ให้อยู่อย่างต่อเนื่อง โดยการพัฒนากระบวนการติดตาม เพื่อรักษาการเปลี่ยนแปลงที่ได้ดำเนินการไว้ให้คงอยู่

4. เห็นความสำเร็จของโครงการได้เร็ว (3-6 เดือน) เนื่องจากโครงการที่ดีต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป ดังนั้นโครงการแต่ละโครงการจะใช้ระยะเวลาประมาณ 4-6 เดือนจึงจะเหมาะสม

5. สามารถกำหนดมาตรการสำหรับการวัดผลได้ชัดเจน

6. เน้นที่ลูกค้าโดยการประเมินมุมมองของลูกค้าต่อระดับคุณภาพขององค์กร

7. ใช้กลวิธีในทางสถิติในการพัฒนา ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ ซึ่งใช้วัดความแปรผันเฉลี่ยที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยต่างจากซิกส์ ซิกม่าที่กล่าวมานั้น เนื่องจากซิกส์ ซิกม่า คือ ค่าของระดับคุณภาพ (Quality level) ซึ่งค่ายิ่งสูงยิ่งมีคุณภาพดี โดยทั่วไปบริษัทจะกำหนดค่าของระดับคุณภาพอยู่ที่ระดับ 2 ถึง 3 ซิกม่า ในสหรัฐอเมริกา กำหนดค่าของระดับคุณภาพอยู่ที่ระดับ 4 ซิกม่า ดังนั้นซิกส์ซิกม่า จึงเป็นกลยุทธ์ที่ทำให้ธุรกิจมีค่าระดับคุณภาพสูงนั่นเอง



ภาพที่ 2-7 หลักการทำงานของซิกส์ซิกม่า (ระดับคุณภาพของซิกส์ซิกม่า, 2559)

ตารางที่ 2-1 ระดับซิกม่า ค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) และ DPMO

ระดับซิกม่า	ค่าความน่าเชื่อถือ %	DPMO
1	30.9	691,462
2	69.1	308,538
3	93.3	66,807
4	99.38	6,210
5	99.977	233
6	99.9997	3.4

กระบวนการในการผลิตจะมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ หรือประมาณ 99.73% ภายใต้การกระจายแบบปกติแสดงในภาพที่ 2-7 การกำหนดเป้าหมายให้สามารถผลิตสินค้าและบริการภายใต้ระดับ $\pm 3\sigma$ นั้นหมายถึง การมีโอกาสพบของเสีย 2,700 ชิ้นในล้านชิ้นหากคำนึงถึงการผ่าตัดของแพทย์ การจ่ายยาในโรงพยาบาล การให้บริการของสายการบินย่อมไม่มีลูกค้าคนใดอยากเป็นผลของความผิดพลาดแม้เพียงหนึ่งครั้งในล้านครั้งและในลักษณะเดียวกันกับการผลิตสินค้าและบริการต่างที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าจึงจำเป็นต้องผลิตสินค้าและบริการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเข้าใกล้หรือเท่ากับระดับของเสียเป็นศูนย์

กระบวนการซิกม่าซิกม่า โดยใช้เทคนิค DMAIC

ขั้นตอนกระบวนการของซิกม่าซิกม่า โดยมี DMAIC ประกอบด้วย

1. การกำหนด (Define)
2. การวัด (Measurement)
3. การวิเคราะห์ (Analysis)
4. การปรับปรุง (Improvement)
5. การควบคุม (Control)

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

Project Charter คือ เอกสารระบุถึงปัญหา รวมไปถึงขั้นตอนการจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งตัวอย่างการเขียนระบุปัญหา ซึ่งต้องมีการกำหนดขอบเขตในการตัดสินใจ เช่น ปัญหานี้สำคัญหรือไม่ การกำหนดปัญหานี้สามารถเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ เป็นต้น โดยการเลือกปัญหาที่จะมาแก้ไวนั้น เราสามารถเลือกใช้เครื่องมือการวิเคราะห์แบบพาเรโต เพื่อดู

ความสำคัญของปัญหาตามลำดับ ใน Project charter ยังต้องมีผู้บริหาร โครงการมาเป็นที่ปรึกษาของโครงการ และยังต้องมีการกำหนดเป้าหมายของโครงการก่อนเริ่มดำเนินโครงการนั้น ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดปัญหา เช่น

พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2521) อธิบายว่า กราฟเป็นส่วนหนึ่งของรายงานต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับนำเสนอข้อมูลที่สามารถทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่าง ๆ ได้ดี สะดวกต่อการแปลความหมายและสามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูล ด้วยวิธีอื่น ๆ

กราฟเส้น เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ใช้สำหรับแสดงแนวโน้มของปัญหา เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไขในช่วงเวลา และใช้สำหรับอ่านค่าตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งได้อย่างคร่าว ๆ จากกราฟเส้นตรง ซึ่งมีหลักวิธีการเขียนกราฟเส้นดังนี้

1. ให้แกนตั้งและแกนนอนเป็นค่าของตัวแปร Y และ X ตามลำดับ
2. กำหนดจุดคู่ลำดับ (X, Y) ลงบนแผ่นกราฟ
3. ลากเส้นต่อจุดคู่ลำดับทุกจุดบนแผ่นกราฟก็จะได้กราฟเส้นตัวอย่างกราฟเส้น

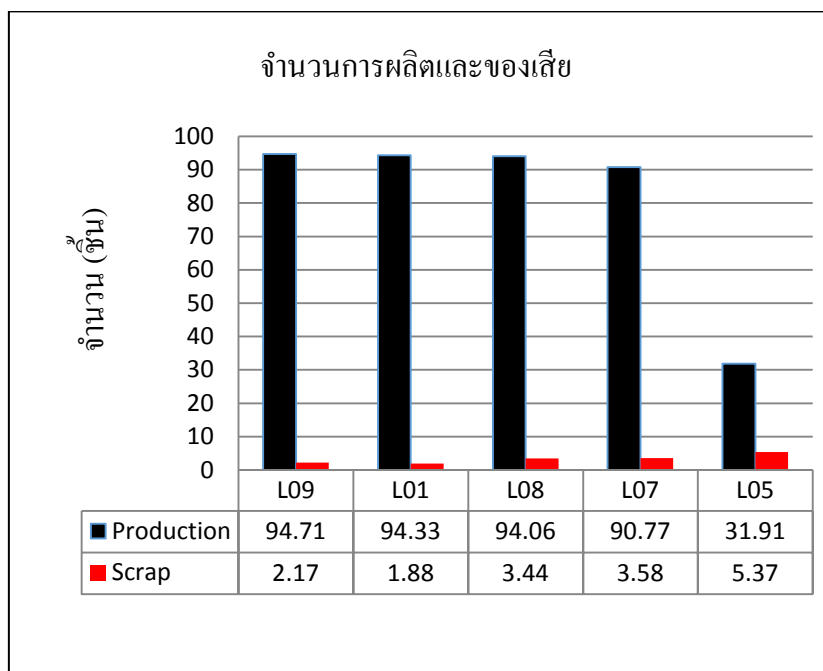
ดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 กราฟเส้นแสดงราคาทองคำต่อหน้า 1 บาท (กราฟเส้น, 2559)

จากภาพที่ 2-8 จะเห็นได้ว่าแกน Y เป็นราคาทองคำต่อหน้า 1 บาท มีหน่วยเป็นบาท แกน X เป็นเป็นวันในหนึ่งสัปดาห์มีหน่วยเป็นวันกราฟเส้นของราคาทองคำในวันจันทร์ราคาต่อบาทคือ 9,700 บาทต่อหน้า 1 บาท จะเห็นได้ว่าราคาทองคำในแต่ละวันมีราคาที่ไม่เท่ากันในวันศุกร์ราคาทองคำอยู่ที่ 10,000 บาทต่อหน้า 1 บาท ดังนั้นจากกราฟทำให้สามารถรู้ราคาทองคำในหนึ่งสัปดาห์ว่ามีราคาในแต่ละวันเป็นเท่าไร

กราฟแท่งจะมีลักษณะเช่นเดียวกับกราฟฮิสโตแกรม เป็นกราฟที่ประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่เท่ากัน วางอยู่บนแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ ใช้สำหรับในการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลตามเวลา หรือประเภทสินค้า ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ดังตัวอย่างกราฟแท่งในภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 จำนวนการผลิตและของเสีย

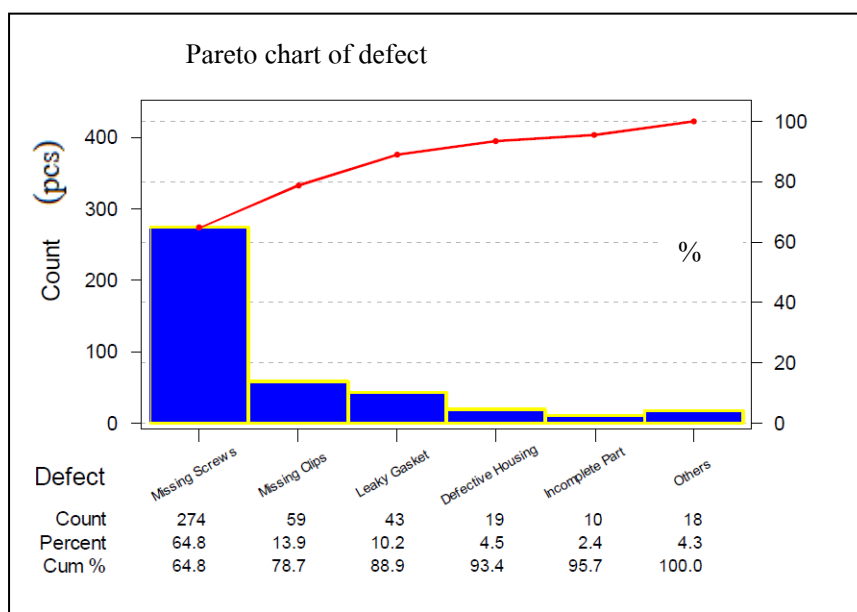
จากภาพจะเห็นได้ว่าจำนวนการผลิตของชิ้นงานแต่ละประเภทผลิตจำนวนเท่าไรและมีของเสียจำนวนเท่าไร เช่น ชิ้นงานประเภท A01 ผลิตจำนวน 105 ชิ้นมีของเสียจำนวน 3 ชิ้น และสามารถทราบถึงประเภทของชิ้นงานทั้งหมดก็ประเภทจากกราฟแท่งในภาพที่ 2-9 มีชิ้นงานทั้งหมด 5 ประเภท คือ ชิ้นงาน A01, A02, A03, A04 และ A05 ตามลำดับ

แผนภูมิพาร์โต (Pareto diagram) พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2521) อธิบายว่า แผนภูมิพาร์โตเป็นแผนภูมิที่แสดงว่า มูลเหตุใดเป็นมูลเหตุที่สำคัญที่สุด วิธีการเขียนแผนภูมิพาร์โตเริ่มจากการใช้ใบตรวจสอบเก็บข้อมูลก่อน แล้วจำแนกแจกแจงข้อมูลเป็นหมวดหมู่ตามสาเหตุต่าง ๆ หลังจากนั้นก็จัดอันดับโดยนำสาเหตุที่มีความถี่สูงสุดไปแสดงไว้ซ้ายสุดในแผนภูมิ และสาเหตุรองลงมา ก็แสดงไว้ชิดมาทางขวามือนอกจากจะแสดงมูลเหตุที่สำคัญที่สุดและเรียงมูลเหตุอื่น ๆ ตามลำดับความสำคัญแล้วจะแสดงเส้นกราฟสะสมไว้ด้วย

หลักเกณฑ์การเขียนแผนภูมิพาเรโตประกอบด้วย

1. จำแนกลักษณะและประเภทสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น
2. เก็บรวบรวมข้อมูลนับจำนวนลักษณะหรือประเภทของปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วคำนวณร้อยละของลักษณะหรือประเภทของปัญหาที่เกิดขึ้น
3. เรียงข้อมูลที้นับจำนวนได้จากมากไปหาน้อย จัดทำร้อยละสะสม
4. เขียนแผนภูมิจากร้อยละสะสมโดยให้แกนเป็นลักษณะหรือประเภทของปัญหา และแกนตั้งเป็นร้อยละของลักษณะหรือประเภทของปัญหา แล้วเขียนกราฟแท่งเรียงปัญหาจากมากไปหาน้อย พร้อมทั้งกำหนดจุดและลากเส้นร้อยละสะสมของลักษณะ หรือประเภทของปัญหา

แผนภูมิพาเรโต มีประโยชน์ในการสรุปรวม และประมาณการถึงขนาดของปัญหาที่จะแก้ไขได้จากแต่ละปัจจัย



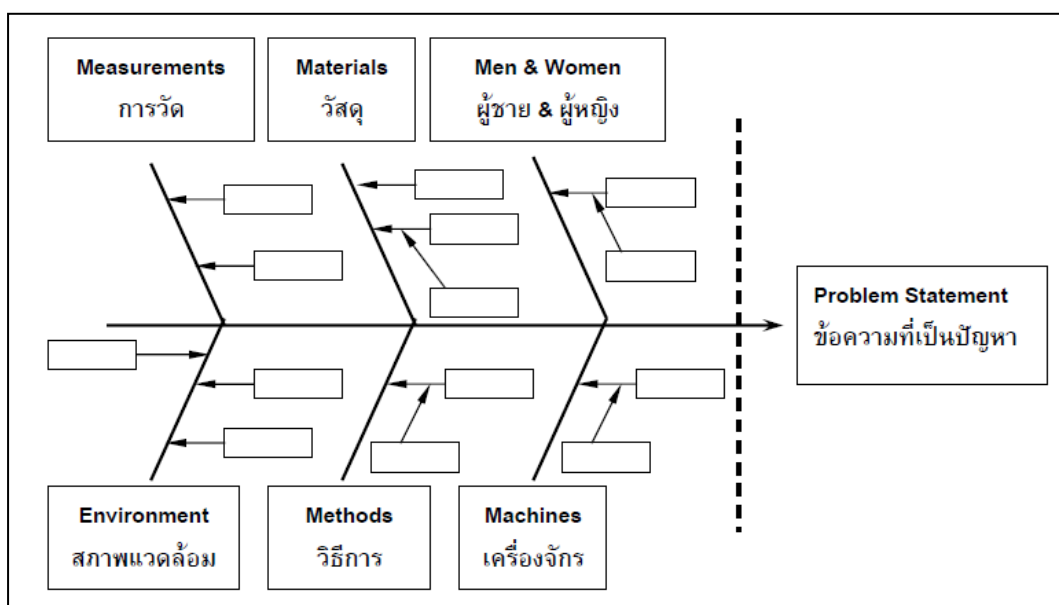
ภาพที่ 2-10 ต้นทุนของเสียจากการผลิต

จากภาพที่ 2-10 เป็นการแสดงให้เห็นของเสียในกระบวนการผลิตซึ่งของเสียที่มี % การเกิดอันดับหนึ่งคือ Missing screw จำนวนการเกิดคือ 274 ชิ้นคิดเป็น 64.8% ของของเสียทั้งหมด และอันดับสองคือ Missing clips จำนวนของเสียคือ 59 ชิ้นคิดเป็น 13.9% การเกิดของเสียจะลดลงตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 2-10

ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหาโดยก่อนอื่นควรศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้เพื่อวัดความผันแปรที่เกิดจากการวัดหากความผันแปรที่เกิดขึ้นมีมากเกินไปที่กำหนดจะต้องหาทางปรับปรุงระบบการวัดให้ดีขึ้นเสียก่อนจากนั้นทำการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการเพื่อศึกษาว่าความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเป็นเท่าไรและควรจะต้องเป้าหมายในการปรับปรุงไว้เท่าใดผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ปัจจัย ๆ ต่างที่คาดว่าจะสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

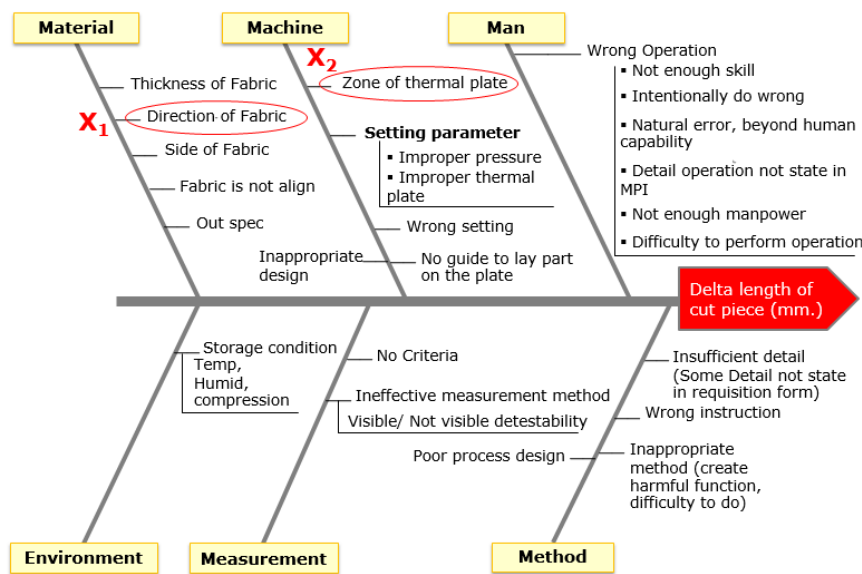
แผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone diagram) พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2521) อธิบายว่า แผนภูมิแก๊งปลาเป็นแผนภูมิที่ใช้ต่อจากแผนภูมิพาเรโต หลังจากตัดสินใจที่จะเลือกแก้ปัญหาใดจากการทำแผนภูมิพาเรโตแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เลือกขึ้นมาจากแผนภูมิพาเรโต โดยแสดงผลของสาเหตุของปัญหาไว้ที่ปลายแผนภูมิ และระหว่างที่จะถึงปลายของแผนภูมิจะแสดงถึงสาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ คน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ และสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 แผนภูมิแก๊งปลา

หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone diagram) คือ การใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3-6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา

(Sub-bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4-5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น แผนภูมิก้างปลาสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในกรณีของบุคคลหรือกลุ่มงาน การใช้งานโดยทั่วไป หัวหน้าทีมจะเขียนแผนภูมิก้างปลาบนกระดานดำ โดยใส่หัวข้อของปัญหาหลักลงไปก่อน แล้วจึงปรึกษากับทีมงานถึงสาเหตุหลักของปัญหา เพื่อเขียนต่อลงไปจากแนวแกนของปัญหาหลัก ทีมงานจะช่วยกันเสนอปัญหาทั้งหมด และช่วยกันตัดสินใจในการระบุปัญหาหลัก และอาจจะเขียนวงกลม เพื่อแสดงแต่ละหัวข้อ โดยทำเป็นลำดับจนได้แผนภูมิที่ครบถ้วนสมบูรณ์ แผนภูมิก้างปลาเป็นเครื่องมือคุณภาพที่มีการใช้กันมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากสามารถมองเห็นภาพได้ง่าย สามารถใช้รวบรวมความคิดเห็นของกลุ่มได้อย่างเป็นระบบ ทำให้มีความเข้าใจ และนำไปใช้วินิจฉัยปัญหาได้ในที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 แผนภูมิก้างปลาที่มีสาเหตุหลายระดับ (การวิเคราะห์แผนภูมิก้างปลา, 2559)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase)

เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ผลผลิต (Y) ของกระบวนการไม่เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งก็คือ ตัวสาเหตุของ Defect (X_i) นั่นเอง ดังสมการทางคณิตศาสตร์ $Y = f(X_i)$ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าอะไรก็ตามที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดในทางซิกส์ซิกม่า จะถือว่าเป็น Defect (Y) ฉะนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์หาปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการเกิด (Defect) และนำมาเรียงลำดับความสำคัญเพื่อหาสาเหตุหลัก สาเหตุรอง (X_1, X_2, X_3, \dots) โดยจะต้องรวบรวมข้อมูลและนำมาประมวลผลในเชิงสถิติ อันเป็นจุดเด่นของซิกส์ซิกม่า ที่การทำงานทุกขั้นตอนต้องมีที่มาและพิสูจน์ได้อย่างชัดเจนไม่ใช่ความเชื่อหรือความรู้สึกในการตัดสินใจทั้งนี้ เครื่องมือทางสถิติมีหลากหลายชนิด จึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับข้อมูลและกระบวนการทำงาน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำสามารถเชื่อถือได้

การตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) สายชล สตินสมบูรณ์ทอง (2555) อธิบายว่า สมมติฐาน (Hypothesis) คือ ข้อสมมติฐาน หรือข้อความที่ถูกตั้งขึ้น อาจจะเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงที่ได้เกี่ยวข้องกับลักษณะของประชากร หรือมากกว่า 1 ประชากรขึ้นไป หรือเป็นข้อความเกี่ยวกับพารามิเตอร์ในประชากรเอง

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test) คือ วิธีการตัดสินใจเกี่ยวกับสมมติฐานโดยอาศัยเกณฑ์บางอย่างเข้าช่วย โดยทั่วไปจะใช้วิธีการทางสถิติกับข้อมูลที่ได้มาจากตัวอย่างแล้วพิจารณาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งสมมติฐานมีสองส่วนคือ

สมมติฐานหลัก (Null hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_0 คือ ข้อสมมติฐานที่เกี่ยวกับสภาพความเป็นจริงของประชากร และมุ่งหวังที่จะปฏิเสธ

สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_1 คือ ข้อสมมติฐานอย่างอื่นที่เป็นไปได้ทั้งหมดซึ่งไม่อยู่ในสมมติฐานหลัก

ความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I Error)

เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง และเรียกความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 1 นี้ว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of significance) ซึ่งเรามักจะกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนการทดสอบ และใช้สัญลักษณ์ α โดยที่

$$\begin{aligned}\alpha &= P(\text{Type I Error}) \\ &= P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \text{ โดยที่ } H_0 \text{ เป็นจริง}) \\ &= P(\text{Reject } H_0 \mid H_0 \text{ True})\end{aligned}$$

ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) = $1 - \alpha$

$$= P(\text{ยอมรับ } H_0 \text{ โดยที่ } H_0 \text{ เป็นจริง})$$

$$= P(\text{Accept } H_0 \mid H_0 \text{ True})$$

ความผิดพลาดชนิดที่ 2 (Type II Error)

เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง และใช้สัญลักษณ์ β แทนความผิดพลาดชนิดนี้ โดยที่

$$\beta = P(\text{Type II Error})$$

$$= P(\text{ยอมรับ } H_0 \text{ โดยที่ } H_0 \text{ เป็นเท็จ})$$

$$= P(\text{Accept } H_0 \mid H_0 \text{ False})$$

$$\text{กำลังการทดสอบ (Power of the test)} = 1 - \beta$$

$$= P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \text{ โดยที่ } H_0 \text{ เป็นเท็จ})$$

$$= P(\text{Reject } H_0 \mid H_0 \text{ False})$$

ตารางที่ 2-2 ผลการทดสอบและความผิดพลาดในการทดสอบ

ผลการทดสอบ		ความเป็นจริง
ยอมรับ H_0	ผลการทดสอบถูกต้อง	ความผิดพลาดชนิดที่ 2 (Type II Error)
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I Error)	ผลการทดสอบถูกต้อง

การทดสอบสมมติฐานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การทดสอบแบบข้างเดียว (One-sided test) คือ การทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนด การพิจารณาว่าการทดสอบสมมติฐานแบบใดเป็นการทดสอบแบบข้างเดียว ให้พิจารณาจากสมมติฐานแย้ง H_1 ถ้าใน H_1 มีเครื่องหมายมากกว่า ($>$) หรือ น้อยกว่า ($<$) จะเรียกว่าการทดสอบแบบข้างเดียว

การทดสอบแบบข้างเดียวแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ชนิดที่ 1 การทดสอบแบบข้างเดียวด้านขวา

สมมุติฐาน

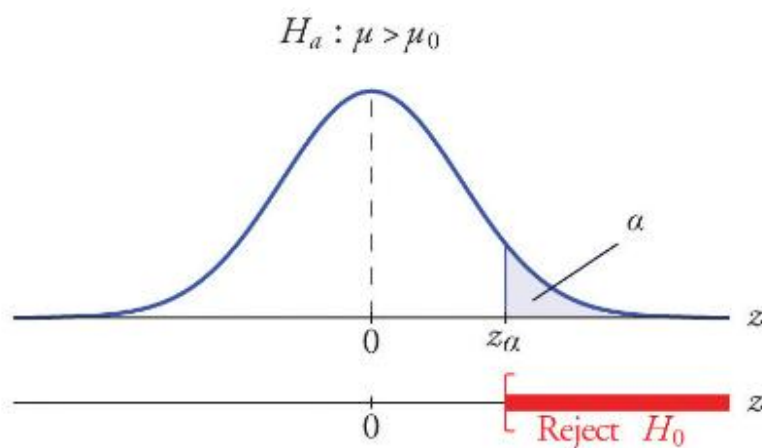
$$H_0 : \mu \leq \mu_0 \text{ vs } H_1 : \mu > \mu_0$$

$$\text{หรือ } H_0 : \mu = \mu_0 \text{ vs } H_1 : \mu > \mu_0$$

โดยที่ μ_0 = ค่าเฉลี่ยประชากรที่คาดว่าจะเป็น

μ = ค่าเฉลี่ยประชากรที่ไม่ทราบค่า

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Z > Z_{1-\alpha}$



ภาพที่ 2-13 เขตปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 การทดสอบแบบข้างเดียวข้างขวา (การทดสอบแบบข้างเดียว, 2559)

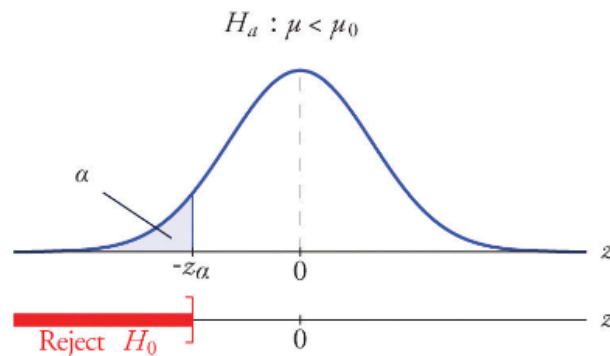
ชนิดที่ 2 การทดสอบแบบข้างเดียวด้านซ้าย

สมมุติฐาน

$$H_0 : \mu \geq \mu_0 \text{ vs } H_1 : \mu < \mu_0$$

$$\text{หรือ } H_0 : \mu = \mu_0 \text{ vs } H_1 : \mu < \mu_0$$

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Z < Z_{1-\alpha}$



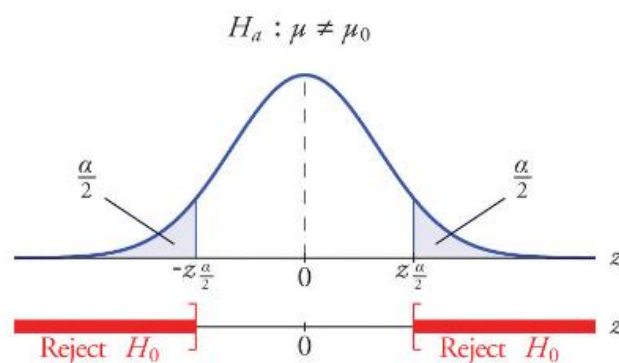
ภาพที่ 2-14 เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 การทดสอบข้างเดียวข้างซ้าย (การทดสอบแบบข้างเดียว, 2559)

2. การทดสอบแบบสองข้าง (Two-Side test) คือการทดสอบว่าค่า พารามิเตอร์เท่ากับค่าที่กำหนด การพิจารณาว่า การทดสอบสมมติฐานแบบใดเป็นการทดสอบแบบสองข้าง ให้พิจารณาจากสมมติฐานแย้ง H_1 ถ้าใน H_1 มีเครื่องหมายไม่เท่ากับ (\neq) จะเรียกว่าการทดสอบแบบสองข้าง

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu = \mu_0 \text{ vs } H_1 : \mu \neq \mu_0$$

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Z > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z < -Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ นั่นคือ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $|Z| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$



ภาพที่ 2-15 เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ของการทดสอบแบบสองข้าง (การทดสอบแบบสองข้าง, 2559)

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

1. ตั้งสมมติฐาน
2. กำหนดค่าตัวสถิติทดสอบ
3. กำหนดระดับนัยสำคัญ α
4. สร้างเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0
5. สรุปผลการทดลอง

ขั้นตอนการปรับปรุง (Improvement phase)

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุจนทราบถึงสาเหตุหลัก (X_1) ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแล้ว ในขั้นตอนนี้จะกำหนดแผนงานในการปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยมุ่งเน้นไปที่การกำจัดหรือลดสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหาหลักนั้น ๆ ทั้งนี้ ในซิกส์ซิกม่า ยังสามารถประเมินได้ด้วยว่า หากสามารถกำจัด X แต่ละตัวออกไป จะส่งผลในการปรับปรุงค่า Y เป็นจำนวนเท่าใดอันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในด้านการศึกษาความคุ้มค่า เพราะการเปลี่ยนแปลงบางอย่างอาจจำเป็นต้องอาศัยการลงทุนเพิ่มฉะนั้นเมื่อศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงานหลาย ๆ แนวทางแล้วก็นำมาประเมินหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด หรือนำมาเรียงลำดับว่า ควรจะเลือกดำเนินการตามแนวทางใดก่อน-หลังจึงจะเหมาะสมตามสภาวะการณ์แวดล้อม ผลกระทบที่เกิดขึ้น การยอมรับจากผู้ที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงเริ่มดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงานตามแผนงานที่กำหนด

ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

สุกซัย นาทะพันธ์ (2551) อธิบายว่า แผนควบคุมคุณภาพ หมายถึง กราฟที่เขียนขึ้นโดยอาศัยข้อมูลที่แทนคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ที่ต้องการควบคุมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยตรวจวัดค่าข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ใน 2 ลักษณะ คือ

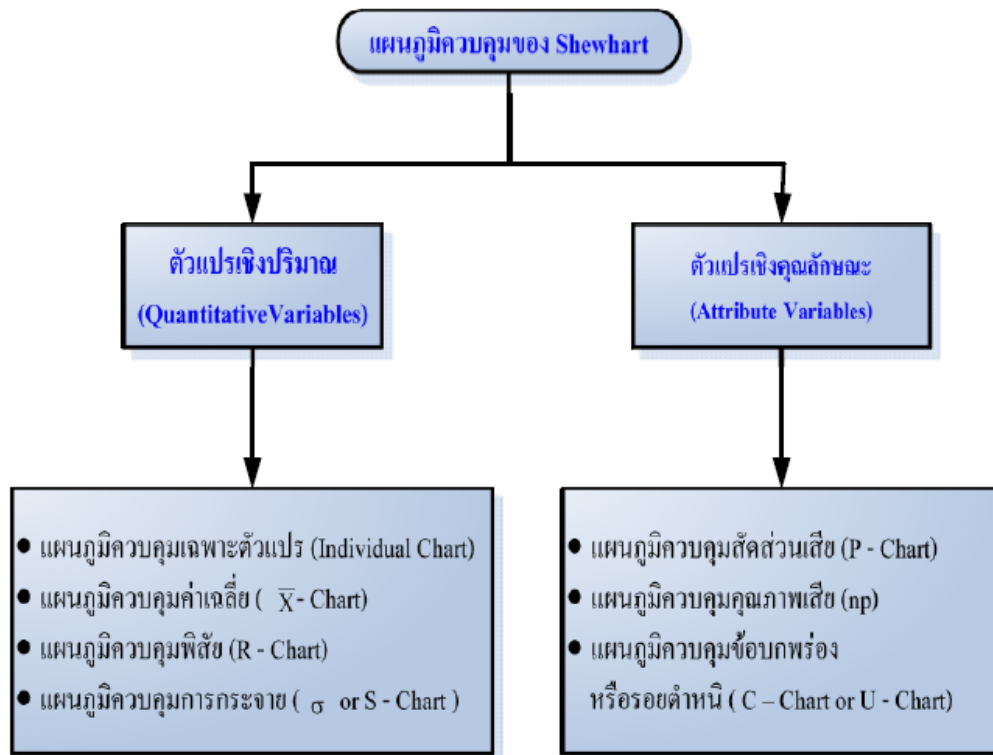
1. ค่าที่ได้จากการ ชั่ง ตวง วัด ที่ตีค่าออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งเรียกว่า ตัวแปรปริมาณ (Quantitative variables) เช่น ความยาว ส่วนสูง ความหนา ความกว้าง และปริมาตรต่าง ๆ เป็นต้น
2. ค่าที่ได้จากการวัดในเชิงคุณลักษณะจะเป็นการพิจารณาภายนอก เช่น มีรอยตำหนิ-ไม่มีรอยตำหนิ สวย-ไม่สวย หรือจะเป็นการประเมินผลลัพธ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นจากการวัดเชิงปริมาณแล้วสรุปผลว่า เป็นผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่ดี ผลิตภัณฑ์เสียหรือไม่เสีย เป็นต้น แล้วนับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะที่สนใจ เช่น สนใจผลิตภัณฑ์เสีย ก็จะนับค่าที่เป็นหน่วยนับ (Attribute) เรียกว่า ตัวแปรคุณลักษณะหรือตัวแปรคุณภาพ (Qualitative variables)

ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุมคุณภาพ

แผนภูมิควบคุมคุณภาพ คือ แผนภูมิที่ช่วยในการควบคุมค่าของตัวแปรที่กำหนดเพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ตัวแปรเหล่านั้น เป็นตัวแทนของกระบวนการผลิต ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าแผนภูมิควบคุมคุณภาพมีประโยชน์ในการที่ช่วยเฝ้าติดตามกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินการอยู่ ช่วยตรวจจับแนวโน้มของสภาวะการเปลี่ยนแปลงจากเป้าหมายที่กำหนดและช่วยตรวจจับแนวโน้มของสภาวะ “นอกการควบคุมการผลิต (Out of control)” ของกระบวนการผลิต นอกจากนี้ในบางกระบวนการผลิต ถึงแม้ว่ากระบวนการผลิตนั้นจะอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติแล้วก็ตาม แผนภูมิควบคุมคุณภาพนี้ก็ยังสามารถนำมาทำนายสมรรถนะของกระบวนการผลิตได้ และยังสามารถใช้ในการพิจารณาหาสาเหตุของความแปรผัน เพื่อเป็นแนวทางในการลดความผันแปร และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้นได้อีกทางหนึ่ง

ประเภทของแผนควบคุมคุณภาพ

1. แผนภูมิควบคุมคุณภาพด้วยตัวแปร (Control charts for variable) หรือแผนภูมิควบคุมตัวแปรปริมาณ ได้แก่ แผนภูมิควบคุมตัวแปรเชิงเดี่ยว (X-chart or Individual chart) แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (\bar{X} -Chart) แผนภูมิควบคุมพิสัย (R-chart) และแผนภูมิควบคุมการกระจาย (σ - chart or S - chart)
2. แผนภูมิควบคุมคุณภาพสำหรับข้อมูลคุณลักษณะ (Control charts for attributes) ได้แก่ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนเสีย (P-Chart) แผนภูมิคุณภาพเสีย (np-chart) และแผนภูมิข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ (C-chart or U - chart) ดังแผนภูมิข้างล่าง



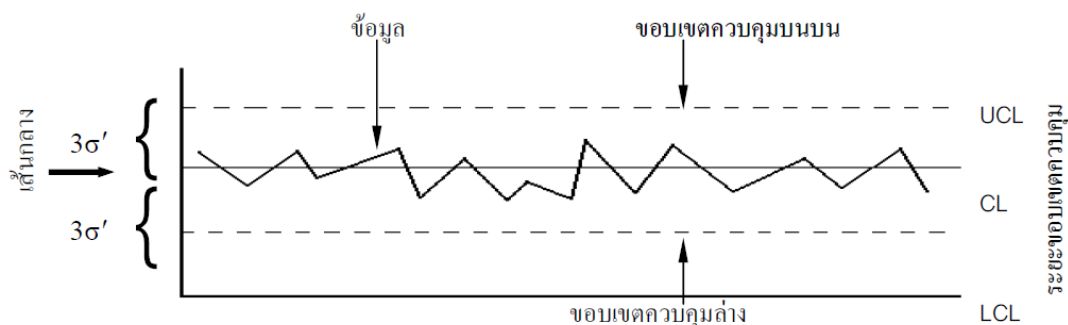
ภาพที่ 2-16 แผนภูมิควบคุม (Control chart)

แผนภูมิคุณภาพนี้เป็นแผนภูมิที่สร้างขึ้นอยู่ภายใต้ข้อบังคับของข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ต่อมาได้มีผู้คิดค้นแผนภูมิคุณภาพอื่น ๆ ขึ้นมาใช้มากมาย เช่นแผนภูมิควบคุมคุณภาพเคลื่อนที่เฉลี่ย(Control chart for moving average) แผนภูมิควบคุมคุณภาพถดถอยเชิงเส้น (Regression control chart) แผนภูมิถ่วงน้ำหนักแบบเอกซโปเนนเชียล (The xponentially weight average) แผนภูมิเฉลี่ยสะสม (Cumulative sum chart) เป็นต้น

การสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพโดยทั่วไป

จะมีองค์ประกอบอย่างน้อย 3 ส่วน คือ

1. เส้นศูนย์กลาง (Control limit)
2. เส้นขอบเขตควบคุมบน (Upper control limit)
3. เส้นขอบเขตควบคุมล่าง (Lower control limit)



ภาพที่ 2-17 ขอบเขตของแผนควบคุมคุณภาพ

จากภาพที่ 2-17 เส้นศูนย์กลาง คือ เส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายของการผลิต ส่วนเส้นขอบเขตควบคุมบนและขอบเขตควบคุมล่าง คือ เส้นที่ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ ถ้าข้อมูลทั้งหมดตกอยู่ในขอบเขตการควบคุมนี้ก็ถือว่าการผลิตยอมรับได้ในทางสถิติ แต่ถ้ามีข้อมูลบางตัวตกอยู่นอกขอบเขตการควบคุมไม่ว่าจะสูงกว่าขอบเขตการควบคุมบนหรือต่ำกว่าขอบเขตการควบคุมล่าง จะถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้เชิงสถิติดังนั้นขึ้นอยู่กับ การเชื่อถือหลักเกณฑ์การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติของผู้ผลิต ถ้าผู้ผลิตมีความเชื่อในหลักเกณฑ์ทางสถิติก็จะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องของกระบวนการผลิตโดยทันที

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิชาติ สถิตย์ธรรม (2555) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาดำแหน่งแม่เหล็กในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยปัญหาคือ ตำแหน่งแม่เหล็กหลังจากประกอบไม่ตรงตำแหน่งที่กำหนด โดยประยุกต์ให้การบริหารคุณภาพตามหลักการซิกส์ซิกส์มา โดยใช้หลักการ DMAIC ในการศึกษาพบว่าในการประกอบชิ้นงานปัจจุบันแม่เหล็กในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เกิดปัญหาดำแหน่งของแม่เหล็กหลังจากการประกอบไม่ตรงตามข้อกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นคิดเป็น 0.043% ของการผลิตทั้งหมด การดำเนินงานประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ตามหลักการ ซิกส์ ซิกส์มา ดังนี้

ขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่จะทำการแก้ไข (Define phase) จากการศึกษาพบว่าเกิดปัญหาในสองกระบวนการ ได้แก่ การปรับตำแหน่งของตัวคดียิงงานบนเครื่องจักรไม่เหมาะสม และการปรับตำแหน่งของชุดกลไกการผลักไม่เหมาะสม

ขั้นตอนการวัด (Measurement phase) เป็นขั้นตอนการวัดค่าความผิดพลาดเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในขั้นตอนนี้ใช้เครื่องมือคุณภาพ คือ แผนภูมิการไหล

(Process mapping) เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการหลังจากนั้นได้ทำการจัดทำแผนภูมิแกงปลาเพื่อวิเคราะห์หาโอกาสของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase) เป็นขั้นตอนการพิสูจน์สมมติฐานเพื่อหาว่าปัจจัยว่าปัจจัยนั้น ๆ มีผลจริงต่อการเกิดปัญหาหรือไม่ก่อนที่จะนำไปดำเนินการปรับปรุง ในการวิเคราะห์ใช้ Attribute gage study report ในการวัดประสิทธิภาพโดยรวมต้องมากกว่าหรือเท่า 90% ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5% ดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2% ถึงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase) ในขั้นตอนนี้จะทำการออกแบบการทดลองเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบกับกระบวนการมากที่สุดมาทำการทดลองเพราะจะทำให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพ ผลจากการวิเคราะห์มี 3 สาเหตุที่ส่งผลกับปัญหาดำเนินแม่เหล็ก คือ ข้อบกพร่องในเรื่องแรงดันของกระบอกสูบไม่เหมาะสม ตำแหน่งของตัวคยัดงานบนเครื่องจักรไม่เหมาะสม และตำแหน่งของตัวคยัดงานบนเครื่องจักรไม่เหมาะสม แนวทางการปรับปรุง คือ เปลี่ยนตัวยัดกดใหม่ให้เป็นเฟืองรูปแบบเคียว เปลี่ยนชุดกลไกการผลักชิ้นงานใหม่โดยกำหนดไว้มีตำแหน่งอ้างอิงในการติดตั้ง ส่วนข้อบกพร่องในเรื่องแรงดันของกระบอกสูบไม่เหมาะสมผลจากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงไม่ควรเปลี่ยนรูปแบบทำงานแต่อย่างใด

ขั้นตอนการควบคุม (Control phase) ในขั้นตอนนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลงานที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้ว โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุง การควบคุมหลังการปรับปรุงโดยการเก็บตัวอย่าง 30 ชิ้นเพื่อทำการวัดแนวโน้มหลังการปรับปรุงเพื่อทำการกำหนดเป็นจุดเฝ้าระวัง (Critical dimension)

ผลจากการดำเนินงานโดยการบริหารคุณภาพด้วยหลักการ DMAIC พบว่าสามารถลดปัญหาดำเนินแม่เหล็กหลังการประกอบไม่เป็นไปตามกำหนดจากเดิมเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.043 ลดลงเหลือร้อยละ 0.001 ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

ธนศ สัจจวุฒิ (2550) ได้ทำงานวิจัยเรื่องการลดของเสียในกระบวนการผลิตพัฒนาระบายความร้อน โดยวิธีการซิกซ์ซิกม่านำมาประยุกต์ใช้ในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการผลิตในงานเชิงอุตสาหกรรมให้มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งมีส่วนสำคัญของเสียก่อนการปรับปรุงการผลิตอยู่ที่ร้อยละ 1.45 โดยมีกลุ่มประชากรที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย เช่น พนักงานระดับปฏิบัติการ วิศวกร ผู้บริหาร และแบล็คเบลท์ ซึ่งหลักการที่งานวิจัยนี้ได้นำไปใช้คือ นำแนวทางการศึกษากระบวนการและการเก็บข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่างที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการและมีแนวทางการปฏิบัติ ดังนี้

1. ทำการเลือกใช้เครื่องมือในการศึกษากลุ่มประชากรที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก เช่น การสัมภาษณ์ การสังเกตและการจดบันทึก
2. การศึกษากระบวนการและการจัดทำแผนที่กระบวนการ รวมไปถึงการกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถของกระบวนการ
3. การใช้เครื่องมือทางสถิติในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำไปประมวลผลในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การสุ่มตัวอย่างกลุ่มประชากร และการทดสอบสมมติฐานเพื่อทำการยืนยันผลลัพธ์ที่ได้
4. ทำการสรุปผลหลังจากดำเนินการแก้ไข

ดังนั้นสามารถสรุปผลการดำเนินการวิจัยได้ว่าผลภายหลังการปรับปรุง สัดส่วนของเสียสามารถลดลงได้มาจากก่อนการปรับปรุงร้อยละ 1.45 เหลือเพียงร้อยละ 0.60 และมีการปรับปรุงมาตรฐานการทำงานแบบใหม่ตามที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการจากแนวทางของซิกซ์ซิกม่า

รัชชัย ไชยดิษฐ์ (2554) ได้ทำงานวิจัยการประยุกต์ใช้แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการของซิกซ์ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการย้ายสายไฟของราศคอนเนคเตอร์ชนิดราศ ซึ่งในปรับปรุงกระบวนการผลิตในงานเชิงอุตสาหกรรมให้มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งมีการวัดจาก 3 สัดส่วน ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และโอกาสการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต โดยก่อนการปรับปรุงการผลิตมีค่าดังต่อไปนี้ ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 0.73 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1053 โอกาสการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเท่ากับ 14,510 ppm โดยผู้วิจัยมีการตั้งเป้าหมายของดำเนินการปรับปรุงด้วยเทคนิค DMAIC ดังนี้ ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 1.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.6348 โอกาสการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเท่ากับ 64 ppm และศึกษาความสามารถของกระบวนการของระบบการวัดก่อนเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นได้มาจากระบบการวัดที่มีความน่าเชื่อถือ

ภายหลังการปรับปรุงผู้วิจัยพบว่าค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ และโอกาสการเกิดของเสียจากกระบวนการย้ายสายไฟมีการปรับปรุงแบบก้าวกระโดด โดยมีผลจากการวิจัยดังนี้ ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 1.59 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0560 โอกาสการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเท่ากับ 25 ppm

ธนันต์ วงศ์เวียง (2547) ได้ทำการศึกษาและวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการสั่งซื้อชิ้นส่วนรถยนต์โดยใช้หลักการของ ซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษาบริษัท อีซูซุ ไทยแลนด์ จำกัด อันเนื่องมาจากการหยุดสายการผลิตเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตต่ำและการส่งมอบสินค้าล่าช้า จากการศึกษาโรงงานมีปัญหาการหยุดสายการผลิต โดยมีสาเหตุจากการประกอบ

ปัญหาเครื่องจักร ปัญหาคุณภาพจากชิ้นส่วนภายในกับภายนอก และปัญหาชิ้นส่วนไม่เพียงพอต่อการประกอบ ทั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ทำงานอยู่ในกระบวนการสั่งซื้อจากภายในเพื่อนำมาเป็นชิ้นส่วนในการประกอบรถยนต์ของบริษัทดังกล่าว จึงเลือกทำการแก้ไขปัญหาการหยุดสายการผลิต เนื่องจากพบปัญหาชิ้นส่วนไม่เพียงพอต่อการผลิต ซึ่งผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วพบว่าปัญหานี้คิดเป็นร้อยละ 7 ของสาเหตุที่ส่งผลให้หยุดสายการผลิตทั้งหมด โดยผู้วิจัยทำการศึกษาและพบว่า ปัญหาที่หมายเลขชิ้นส่วนผิดพลาดมากที่สุดร้อยละ 90 ของปัญหาทั้งหมด ปัญหาจำนวนใช้ต่อคันผิดร้อยละ 5 ของปัญหาทั้งหมด ปัญหากำหนดรุ่นรถผิดร้อยละ 2 ของปัญหาทั้งหมด และอื่น ๆ รวมกันร้อยละ 3 ของปัญหาทั้งหมด สาเหตุส่วนใหญ่มาจากวิธีการทำรายการชิ้นส่วน การป้อนหมายเลขชิ้นส่วนและข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล ดังนั้นจึงได้ทำการเปลี่ยนวิธีการทำรายการชิ้นส่วนและข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล โดย 3 วิธีการดังนี้

1. ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตเฟสช่วยป้อนข้อมูลที่ต้องมาทำซ้ำเป็นประจำ
2. ทำการสร้างตารางอ้างอิงในกระบวนการทำรายการชิ้นส่วน
3. เพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบในการตรวจสอบขั้นสุดท้าย

ผลการวิจัยพบว่าทำให้สามารถลดปัญหาชิ้นส่วนผิดในช่วงเวลา 6 เดือนที่ผ่านมาเป็นศูนย์ ลดเวลาหยุดสายการผลิตเฉลี่ยต่ำลงจากร้อยละ 0.02 เป็นร้อยละ 0.05 ของเวลาทำงานทั้งหมดต่อเดือนและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเสียเวลาสูญเสียเปล่าเมื่อเทียบกับปีที่แล้วได้เป็นจำนวนเงิน 2,106,560 บาทต่อปี

สุภวรรณ ศรีวรรณ (2554) ได้ทำงานวิจัยเพื่อลดข้อบกพร่องและปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะนั่งหน้ารถยนต์โดยประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า และดำเนินการตามหลักการของ DMAIC ทำการปรับปรุง 2 กระบวนการ คือ กระบวนการผลิตที่พิงศีรษะ (Headrest) และกระบวนการพ่นกั้นงานด้วยกาวพันกาว (Bonding) การดำเนินการตามหลัก DMAIC

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define) พบว่าที่กระบวนการผลิตที่พิงศีรษะจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ปัญหาเกิดโพรงอากาศที่พิงศีรษะ ส่วนที่กระบวนการ (Bonding) พบลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ปัญหาของการ (Bonding) ไม่ติด

ขั้นตอนการวัด (Measure) นำปัญหาหลักของทั้งสองกระบวนการมาหาสาเหตุของปัญหาด้วยการระดมสมอง และสร้างผังก้างปลาพบว่าสาเหตุหลักของปัญหาการเกิดโพรงอากาศที่พิงศีรษะพบมากที่สุดขั้นตอนการฉีด ส่วนปัญหาของการ (Bonding) ไม่ติดนั้นมีสาเหตุหลักมาจากแรงกดของอุปกรณ์จับยึด ชิ้นงานไม่เหมาะสมไม่มีการควบคุมปริมาณ และวิธีการในการพันกาว

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) นำสาเหตุหลักของทั้งสองปัญหามาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากความผิดพลาด (FMEA) ร่วมกับการ

ออกแบบการทดลอง (DOE) พบว่าปัจจัยที่ส่งต่อปัญหาการเกิดโพรงอากาศคือชนิดของหลอดฉีด ส่วนที่กระบวนการ (Bonding) จะนำหลักการวิเคราะห์การไหลของงานพร้อมการออกแบบวิธีการทำงานใหม่มาแก้ไขปัญหาการพ่นกาวไม่ติด

ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve) ในการแก้ไขปัญหาคือที่กระบวนการผลิตที่พึงประสงค์ได้ทำการเปลี่ยนชนิดของหลอดฉีดจากการไหลทางเดียวมาเป็นการไหลออกสองทางแบบเฉียง ส่วนที่กระบวนการ (Bonding) ได้ทำการแก้ไขเป็น 2 แนวทาง คือ

1. ปรับปรุงเครื่องพ่นกาวให้สามารถพ่นกาวอัตโนมัติสามารถควบคุมปริมาณกาว เวลาที่ใช้ในการพ่นและทิศทางในการพ่นกาวได้
2. ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานเนื่องจากได้ปรับปรุงอุปกรณ์กดชิ้นงาน โดยเพิ่มตำแหน่งกดชิ้นงาน

ขั้นตอนการควบคุม (Control) จากการปรับเปลี่ยนการทำงานของทั้งสองกระบวนการ โดยได้กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานใหม่

จากการติดตามผล 3 เดือนพบว่าปริมาณของเสียที่เกิดจากชิ้นงานเป็นโพรงอากาศลดลงได้ 99.45% และที่กระบวนการ (Bonding) สามารถลดพนักงานลงได้ 1 คน และยังสามารถลดเวลาในการทำงานของพนักงานลง 24.41 วินาทีต่อชิ้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มค่าผลิตผลภาพรวมของบริษัท (Yield) ให้สูงขึ้นจากเดิม 98.94% เป็น 99.87% และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 22,800 บาทต่อเดือน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

สถานประกอบการที่ทำการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้เป็นบริษัทผลิตเบาะรถยนต์ให้กับรถยนต์หลายยี่ห้อเช่น Ford GM และ MG เป็นต้น ซึ่งในการผลิตเบาะสำหรับรถยนต์มีชิ้นส่วนหลัก ๆ ดังนี้ โครงสร้างเหล็ก (Frame) โฟม (Foam) พลาสติก (Plastic) และ ผ้าหุ้ม (Trim cover) บริษัทผลิตเบาะรถยนต์เพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ให้กับผู้ผลิตรถยนต์ทั้งในและต่างประเทศ บริษัทได้รับการรับรองมาตรฐาน TS16949 ISO14001 OHSAS18001 มีสถานที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด โดยรถยนต์ยี่ห้อ Ford เป็นลูกค้ารายใหญ่ของบริษัทตัวอย่าง

ในกระบวนการผลิตเบาะสำหรับรถยนต์มีกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปลีกย่อยหลายกระบวนการ ซึ่งกระบวนการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตเบาะสำหรับรถยนต์ ผู้วิจัยได้มองเห็นปัญหาจากกระบวนการผลิตโฟมพบว่าการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์เกิดปัญหาชิ้นงานมีของเสียจากการผลิตส่งผลทำให้ต้องมีการซ่อมแซมก่อนจะนำชิ้นงานไปใช้งาน เพื่อส่งมอบให้สายการประกอบเบาะสำหรับรถยนต์ใช้ในการผลิตเบาะรถยนต์ ซึ่งโฟมมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการผลิตเบาะรถยนต์ แต่ในปัจจุบันกระบวนการผลิตโฟมยังพบปัญหาด้านคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตโฟมของบริษัทกรณีศึกษาตัวอย่างนี้

ชื่อชิ้นส่วนประกอบของเบาะรถยนต์	ภาพของชิ้นส่วน
ผ้าหุ้มและพลาสติก (Trim and plastic)	

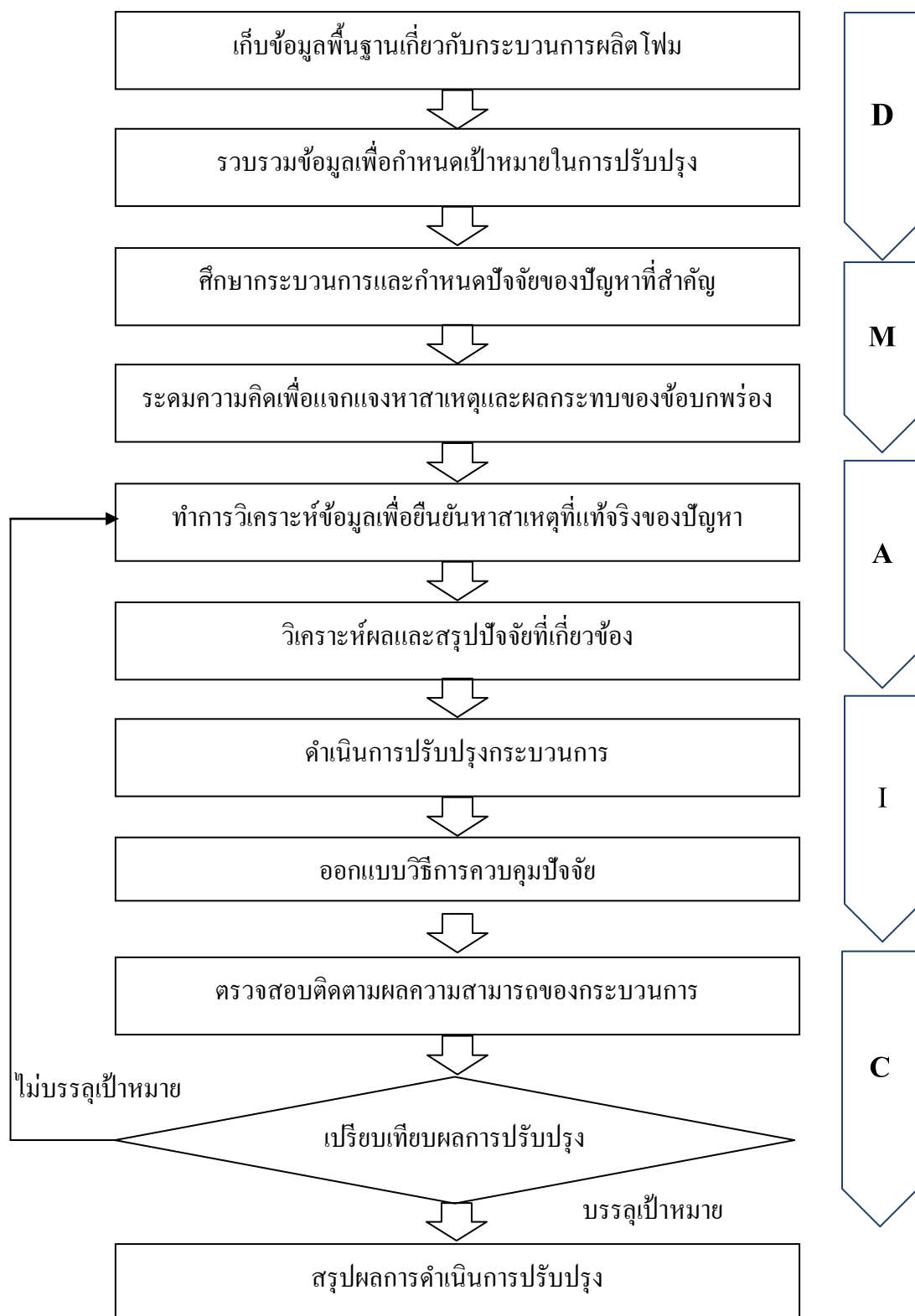
ภาพที่ 3-1 ชิ้นส่วนประกอบของเบาะรถยนต์

ชื่อชิ้นส่วนประกอบเบาะรถยนต์	ภาพของชิ้นส่วน
โครงสร้างเบาะ (Frame structure)	
โฟม (Foam pad)	

ภาพที่ 3-1 (ต่อ)

วิธีการดำเนินการ

การดำเนินการวิจัยของงานวิจัยนี้จะทำการดำเนินการตามขั้นตอนของหลักการซิกส์ซิกม่า ที่เรียกว่า (DMAIC) เพื่อค้นหาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตโฟมและก่อให้เกิดของเสียจากการผลิต ซึ่งส่งผลทำให้ต้องมีการซ่อมแซมก่อนจะนำชิ้นงานไปใช้งาน โดยจะทำการทวนสอบปัจจัยด้วยเครื่องมือทางสถิติวิศวกรรมจากนั้นทำการวิเคราะห์หาปัจจัยหลักและออกแบบวิธีการควบคุมที่เหมาะสมของปัจจัยหลักต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และดำเนินการควบคุมกระบวนการด้วยเครื่องมือควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และเครื่องมือของวิศวกรรมอุตสาหกรรม โดยมีวิธีการตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามแผนผังการดำเนินการดังภาพที่ 3-2

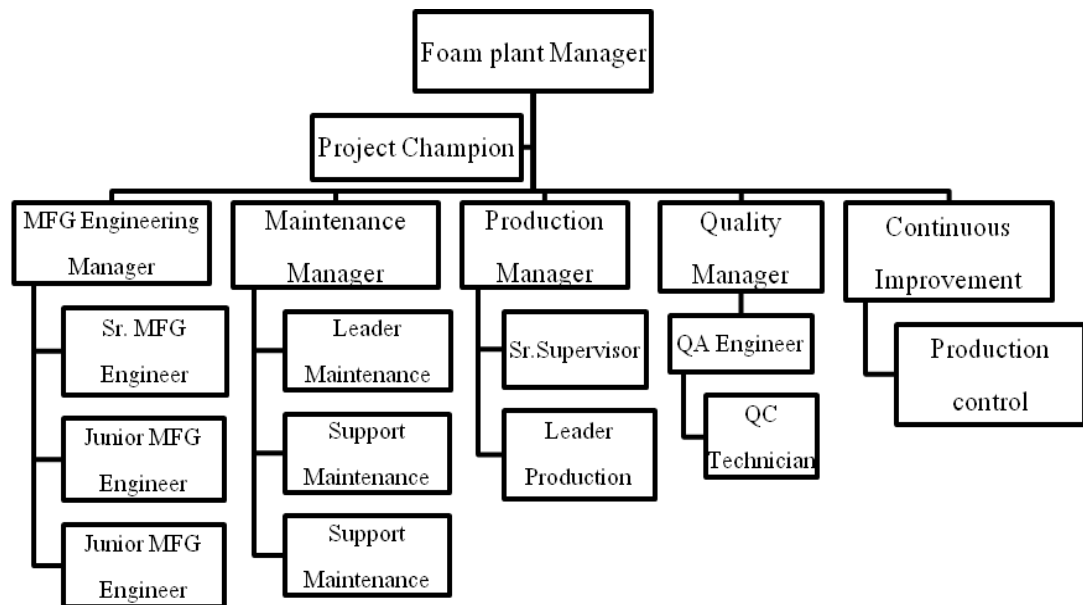


ภาพที่ 3-2 แผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยตามหลักการ DMAIC

โครงสร้างทีมงานในการดำเนินงาน

ทางบริษัทกรณีศึกษามีการจัดตั้งทีมงานในการดำเนินการเพื่อปรับปรุงคุณภาพโฟม เพื่อลดปัญหาการเกิดของเสี้ยวและการซ่อมแซมโฟม เพื่อกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการดำเนินการปรับปรุงอย่างชัดเจน ดังแผนผังโครงสร้างทีมงานในภาพที่ 3-3 ซึ่งมีจำนวนทีมงานดำเนินการทั้งหมด 18 คน และประกอบไปด้วยฝ่ายต่าง ๆ ดังนี้

1. ผู้จัดการโรงงาน Foam plant manager ควบคุมและดูแลการปฏิบัติงานทุกฝ่าย
2. หัวหน้าโครงการ Project champion ทำหน้าที่ประสานงานกับทุกฝ่ายเพื่อดำเนินการปรับปรุงคุณภาพโฟม ลดปัญหาการเกิดของเสี้ยวและการซ่อมแซมโฟม
3. วิศวกรออกแบบกระบวนการผลิต Manufacturing engineer ทำหน้าที่ออกแบบและควบคุมระบบการผลิต
4. วิศวกรซ่อมบำรุง Maintenance ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงระบบการทำงานของเครื่องจักรและระบบการผลิตในสายการผลิต
5. ผู้จัดการฝ่ายผลิต ควบคุมดูแลการผลิตในสายการผลิต
6. ผู้จัดการคุณภาพ ควบคุมตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ทำการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิต
7. วิศวกรออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



ภาพที่ 3-3 แผนผัง โครงสร้างทีมงานวิจัยตามหลักการซิกส์ซิกม่า

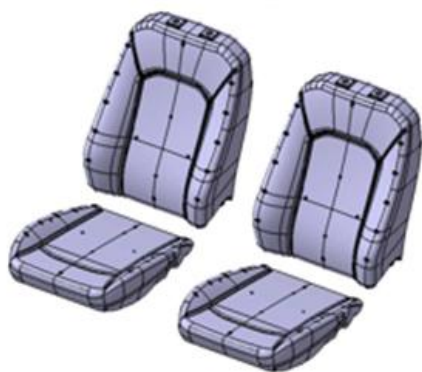
การศึกษาคำสั่งการผลิต

บริษัท ตรีศึกษา เป็นบริษัทผลิตเบาะรถยนต์ ซึ่งบริษัทมีสายการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์ แบบ Turn table mold ที่มีกำลังการผลิตในปัจจุบันตามตารางที่ 3-1 ตารางแสดงกำลังการผลิตของสายการผลิตโฟมต่อวัน โดยเบาะรถยนต์ที่ผลิต คือ รถยนต์ (Ford eco sport) จำนวนพนักงานทั้งหมด 16 คน ลักษณะการผลิตโฟมจะผลิตตามความต้องการของสายการผลิตเบาะรถยนต์ กำลังการผลิตสูงสุดต่อวัน อยู่ที่ 570 ชิ้นต่อวัน

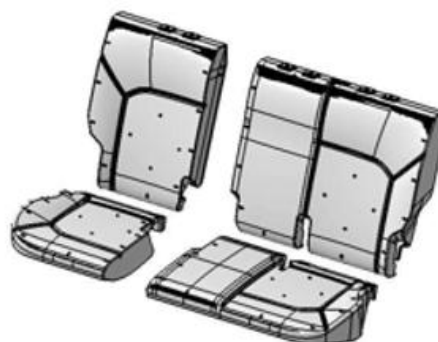
ตารางที่ 3-1 กำลังการผลิตของสายการผลิตโฟมต่อวัน

Daily	Working		Output (pcs)
	Time/day (min)	Operator (Person)	
1 กะ	470	16	570
1 กะ (OT)	590	16	715

ลักษณะของโฟมสำหรับเบาะรถยนต์รุ่นที่ทางผู้วิจัยได้ศึกษามีชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ เบาะหน้า (Front set) และเบาะหลัง (Rear seat) แสดงดังภาพที่ 3-4 โฟมสำหรับเบาะรถยนต์ 1 คัน และรถยนต์รุ่นที่ทางผู้วิจัยทำการศึกษามีโฟมทั้งหมด 11 ประเภท โดยแต่ละประเภทจะมีการใช้งานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรุ่นหรือประเภทของเบาะนั้น ๆ ตามตารางที่ 3-2



เบาะหน้า (Front seat)



เบาะหลัง (Rear seat)

ภาพที่ 3-4 โฟมสำหรับเบาะรถยนต์

ตารางที่ 3-2 ประเภทของโฟม

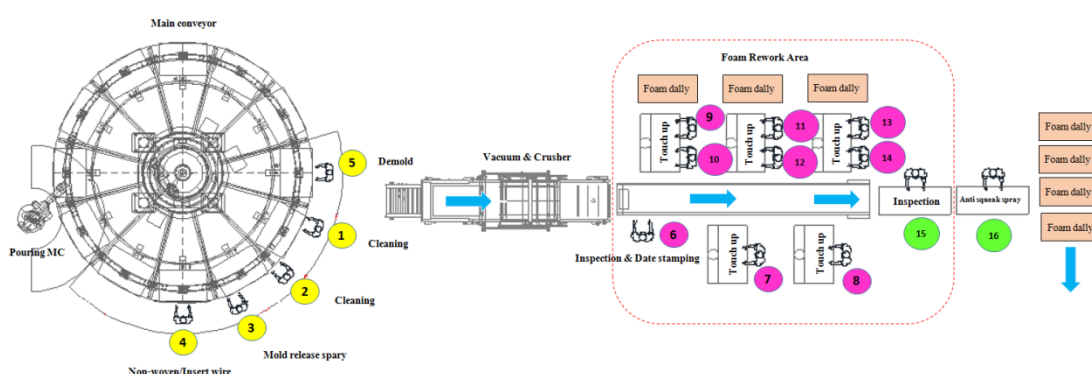
ลำดับ	รายละเอียด	ประเภท
1	FOAM PAD FSB	Foam front seat back
2	FOAM PAD FSB W AR LB	Foam front seat back
3	FOAM PAD FSB LH AR LB SAB	Foam front seat back
4	FOAM PAD FSB RH AR LB SAB	Foam front seat back
5	FOAM PAD FSC	Foam front seat cushion
6	FOAM PAD FSC W OCS	Foam front seat cushion
7	FOAM PAD RSB40%	Foam rear seat back
8	FOAM PAD RSC40%	Foam rear seat cushion

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ประเภท
9	FOAM PAD RSC60%	Foam rear seat cushion
10	FOAM PAD RSB60% W CENTER HR	Foam rear seat back
11	FOAM PAD RSB60% WO CENTER HR	Foam rear seat back

กระบวนการผลิตโฟมแบบ Turn table mold





กระบวนการผลิตโฟมของบริษัทกรณีสึกษาใช้การผลิตแบบ (Turn table mold) สำหรับสายการผลิตโฟมในปัจจุบันมีจำนวนช่องบรรจุแม่พิมพ์ (Hand carry) สำหรับใส่แม่พิมพ์ทั้งหมดจำนวน 12 ช่อง ซึ่ง 1 ช่องสามารถใส่แม่พิมพ์ได้ 2 ตัว ดังนั้นจะสามารถใส่แม่พิมพ์ได้ทั้งหมด 22 ตัว ระบบการผลิตดังแสดงดังภาพที่ 3-5







ภาพที่ 3-5 ระบบการผลิตโฟมแบบ Turn table mold

จากภาพที่ 3-5 กระบวนการผลิตโฟมแบบ Turn table mold สามารถอธิบายขั้นตอนการผลิตโฟมของบริษัทกรณีสึกษาดังตารางที่ 3-3





ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและรายละเอียดการผลิตโฟมแบบ Turn table mold

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	ภาพ
1	Mold cleaning	<p>1. ทำความสะอาดผิวของแม่พิมพ์ โดยใช้มือสกอตไบร์ทลูกหรือฝอยทองเหลืองขัดเศษของโฟมหรือสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามร่องขอบแม่พิมพ์ หมุดยึดผ้าหรือแกนของ Auto vent ออก โดยเริ่มทำจาก Upper Mould Middle and Lower ตามลำดับขั้นตอนและวิธีการของแต่ละแม่พิมพ์ให้ดูใน Visual Management เพิ่มเติม</p> <p>2. ใช้ปืนลมเป่าทำความสะอาดซ้ำเพื่อไล่เศษฝุ่นที่ตกค้างที่แม่พิมพ์ออกให้หมด</p>	 
2	Mold release	<p>1. พ่นน้ำยาไปบนส่วนต่างของแม่พิมพ์ เช่น ในร่องอ่างของแม่พิมพ์และขอบข้างของแม่พิมพ์ รวมถึงด้านในที่มีรูปร่างโค้งเว้าต่าง ๆ ของ Upper Middle Lower mould โดยกะระยะห่างและปรับปริมาณของน้ำยาให้พอดี ดูที่ Visual Management เพิ่มเติม</p>	 







ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	ภาพ
3	Insert part Wire & Non-woven	1. หยิบชิ้นส่วนย่อยวางใส่ลงไป ไปในแม่พิมพ์ให้ครบตาม จำนวน และถูกต้องตาม ตำแหน่งที่กำหนดในมาตรฐาน ขณะที่วางจะต้องสังเกตว่า ชิ้นงานยึดติดอยู่กับแม่พิมพ์ หรือไม่ และวางงานถูกต้องทิศทาง หรือไม่ รูปแบบและวิธีการใส่ ของแต่ละแม่พิมพ์ให้ดูที่ Visual management เพิ่มเติม	 
4	Auto pouring	Robot auto pouring จะทำการ ฉีดน้ำยาโฟมลงในแม่พิมพ์ ปริมาณน้ำยาขึ้นอยู่กับปริมาตร ของโฟมแต่ตัว	
5	De-mould	1. ใช้มือกดแนวโฟมไปตาม ขอบทั่วทั้งแม่พิมพ์และบาง ชิ้นส่วนจะต้องดึงโฟมให้หลุด ออกจากหมุดหรือแกนด้านหลัง ออกก่อน 2. จับประคองชิ้นงานขยับ ชิ้นงานไปมา จนเห็นว่าชิ้นงาน หลุดออกหมดทั้งตัวแล้ว นำ ชิ้นงานออกจากตัวแม่พิมพ์ด้วย ความระมัดระวัง และส่งเข้า เครื่องบดไล่ก๊าซทันที ขั้นตอน การถอดของแต่ละ	 





ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	ภาพ
6	Crusher & Vacuum	1. นำชิ้นงานที่มีโครงเหล็กวางบนสายพานของเครื่อง Vacuum & Crusher ด้านบนและกดปุ่มสวิทช์	
7	Date stamp	1. ตรวจสอบชิ้นงานว่าเสียรูปหรือไม่และตรวจสอบชิ้นงานแห้วหรือผลที่ซ่อมได้หรือไม่ 2. พลิกชิ้นงานแล้วผ่านเครื่องพิมพ์ วันที่ เดือน ปี และเวลาที่ผลิตชิ้นงาน จะต้องพิมพ์ที่ด้านหลังชิ้นงานเท่านั้น	
8	Trim & Cut	1. ใช้ตัวตัดกริป ดัดเศษโฟมส่วนเกินโดยรอบตัวงาน โดยเฉพาะกริปแข็งให้ตัดตามแนวที่กำหนด รายละเอียดการตัดดู Visual management เพิ่มเติม 2. พนักงานที่ตัดกริปชิ้นงานคนสุดท้ายให้หางานชิ้นเพื่อส่งต่อขั้นตอนต่อไป	 

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	ภาพ
		<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ Air saw หรือกรรไกร กรีดเปิดแผ่นโฟม 2. ตัดโฟมให้ได้รูปคล้ายแผ่น และพนักงาว 3. ติดชิ้นงานเข้ากับแผ่นและใช้ ลมเป่าให้กาวแห้ง 4. ใช้กรรไกรหรือ Air saw ตัด แต่งโฟมให้ได้รูป 5. ใช้เครื่องขัดแต่งให้ได้รูปทรง และติดเทป (เฉพาะด้านที่โชว์ เท่านั้น) 	  
9	Repair		
			 

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	ภาพ
		<ol style="list-style-type: none"> 1. เก็บชิ้นงานออกจากโมโนเรล และตรวจสอบ 2. นำชิ้นงานเรียงใส่รถเข็นให้ถูกต้องตามกำหนด 3. บรรจุให้ครบตามจำนวนที่มาตรฐานกำหนด 4. บันทึกข้อมูลในระบบและทำการสแกน ดิจิตอลบาร์โค้ดไปกับรถใส่งาน 	
			
			
10	Final inspection		

ตารางที่ 3-4 จำนวนพนักงานในแต่ละกิจกรรม

ลำดับ	กิจกรรม	จำนวนพนักงาน
1	Mold cleaning	2
2	Mold release	1
3	Insert part	1
4	Auto pouring	MC
5	De-mould	1
4	Inspection record	1
6	Crusher & Vacuum	1
7	Date stamp	1
8	Trim & Cut	4
9	Repair	4
10	Final inspection	1
รวม		16

จากข้อมูลในตารางที่ 3-3 และตารางที่ 3-4 เป็นการแสดงการทำงานและวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในระบบการผลิต โฟมแบบ Turn table mold ของบริษัทกรีนศึกษาซึ่งสามารถแสดงให้เห็นวิธีการทำงานของแต่ละกิจกรรม และจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรม ซึ่งมีกิจกรรมทั้งหมด 10 กิจกรรม และมีจำนวนพนักงานทั้งหมด 16 คน

ในการผลิตโฟมขั้นตอนที่จะทำให้เกิดชิ้นงานเสียหรือชิ้นงานที่ต้องทำการซ่อมแซมจะอยู่ในส่วนของการผลิตในระบบ Turn table mold เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการทำความสะอาดแม่พิมพ์ การฉีดน้ำยา Mold release การใส่ชิ้นย่อย เช่น ลวด ผ้า Non woven และขั้นตอนการเอาโฟมออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ นี้สามารถเขียนเป็นแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตโฟมในขั้นตอนของ Main conveyor ของระบบ Turn table mold ได้ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตโฟม

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตโฟม						
Flow Process Chart						
สถานี งาน	พนักงาน	คำอธิบายขั้นตอน การปฏิบัติงาน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	
					○ ⇨ □ ▽	หมายเหตุ
1	2	Mold cleaning R- L mold	-	20	●	
2	1	Spray release agent	-	15	●	
3	1	Put wire insert and Non-woven	-	20	●	
4	MC	Auto pouring	-	10	●	
5	1	De-mold	-	10	●	
6	MC	Vacuum & Crusher	-	26	●	

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (DEFINE PHASE)

ทำการศึกษาสภาพปัญหาและสภาพของกระบวนการผลิตโฟมในปัจจุบัน ศึกษาถ่วงการผลิตรบบการผลิต และความสามารถในการผลิตปัจจุบัน รวบรวมข้อมูลการผลิตโฟมในช่วง 6 เดือนย้อนหลัง คือ เดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ 2558 รวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดของเสีย และการซ่อมแซมโฟม โดยแบ่งตามประเภท จำนวนของเสีย และคิดเป็นต้นทุนเพื่อหาเป้าหมายที่ต้องการปรับปรุง พร้อมทั้งกำหนดรายละเอียดของขอบเขตการดำเนินการและเป้าหมายของการดำเนินการ

จากข้อมูลสถิติการเกิดของเสีย และการซ่อมแซมโฟมในการผลิต ตั้งแต่เดือน มีนาคม-สิงหาคม พ.ศ 2558 สามารถแบ่งประเภท จำนวนของเสีย และคิดเป็นต้นทุนดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 1-1 ตารางที่ 1-2 และภาพที่ 1-2 การจำแนกปัญหาการเกิดของเสียและชิ้นงานซ่อมสามารถจำแนกประเภทได้ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การจำแนกปัญหาของเสียและงานซ่อมแซม

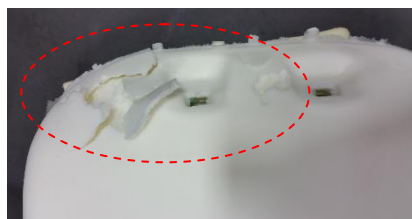
รายละเอียดของปัญหา	ภาพประกอบ
<p data-bbox="300 949 798 1055">ชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร (Void > 10 mm A-Surface)</p>	

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

รายละเอียดของปัญหา

ภาพประกอบ

ชิ้นงานฉีกขาด (Foam tear)



ชิ้นงานบิดไม่เต็ม (Foam deform)



ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

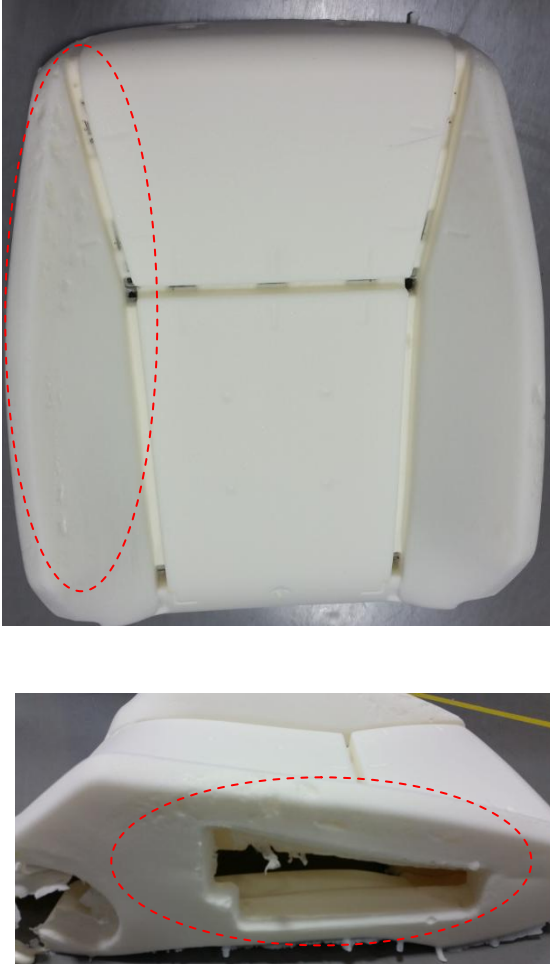
รายละเอียดของปัญหา

ภาพประกอบ

ชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 40 มิลลิเมตร
(Big Void A-Surface)



ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

รายละเอียดของปัญหา	ภาพประกอบ
ชิ้นงานผิวลอก (Peeling skin)	


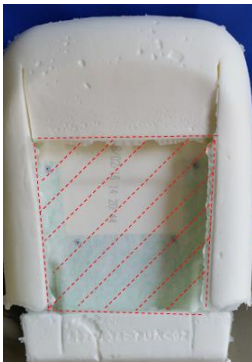

จากข้อมูลการตรวจสอบการคุณภาพชิ้นงานจากกระบวนการผลิตโฟม สามารถแยกประเภทชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซม ได้ดังตารางที่ 3-6 เป็นการรวบรวมข้อมูลการเกิดของเสียและงานที่ต้องทำการซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 สามารถแยกประเภท จำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซมได้ดังแสดงในตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ประเภทของชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานซ่อมแซม

ประเภทของชิ้นงานที่เป็นของเสีย และชิ้นงานซ่อมแซม	
งานซ่อมแซม	Void > 10 mm ชิ้นงานเป็นหลุมขนาด > 10 มิลลิเมตร Tear ชิ้นงานฉีกขาด
งานเสีย	Non-woven collapse (ฝักรองด้านหลัง พับ และหดตัว) Short mold (ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม) Peeling skin (ชิ้นงานผิวลอก) Big void inside pad foam (ชิ้นงานเป็นหลุมขนาดใหญ่ด้านใน > 40 มิลลิเมตร) Foam deform (ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง) Missing location wire inset ใต้วงคอดัดตำแหน่ง

จากข้อมูลในตารางที่ 3-7 จะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่ต้องทำการซ่อมแซม คือ ชิ้นงานที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ด้าน A-Surface และชิ้นงานที่มีการฉีกขาด ในส่วนของชิ้นงานที่เป็นของเสียหรือชิ้นงานที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ คือ ฝักรองด้านในพับและหดตัว ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปไม่เต็ม ชิ้นงานผิวลอก ชิ้นงานมีหลุมขนาดใหญ่ด้านในมากกว่า 40 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่ไม่ได้รูปร่าง และชิ้นงานที่มีการใต้วงคอดัดตำแหน่ง การกำหนดพื้นผิวของโฟม หรือ Surface zone สามารถแสดงดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 การจำแนกผิวของชิ้นงานโฟม (Surface zone)

ลำดับ	รายละเอียด	ภาพประกอบ
1	<p>A-surface</p> <p>เป็นผิวของโฟมบริเวณด้านหน้า ซึ่งจะรวมไปถึงด้านหลังบริเวณบริเวณภายใต้เส้นประสีแดง</p>	
2	<p>B-surface</p> <p>เป็นผิวของโฟมที่ไม่สามารถสัมผัสโดนคนได้โดยตรงจะเป็นส่วนที่สัมผัสกับโครงสร้างที่เป็นเหล็กหรือพลาสติกของเบาะ บริเวณภายใต้เส้นประสีแดง คือ B-surface</p>	
3	<p>C-surface</p> <p>เป็นผิวของโฟมที่อยู่บริเวณด้านล่างสุดเมื่อทำการประกอบเบาะ ซึ่งคนจะไม่สามารถสัมผัสโดยตรงกับบริเวณภายใต้เส้นประสีแดง คือ C-surface</p>	

การกำหนดพื้นผิวของโฟมสามารถกำหนดได้ 3 โซน ได้แก่ โซน A-surface โซน B-surface และ โซน C-surface รายละเอียดตามตารางที่ 3-8

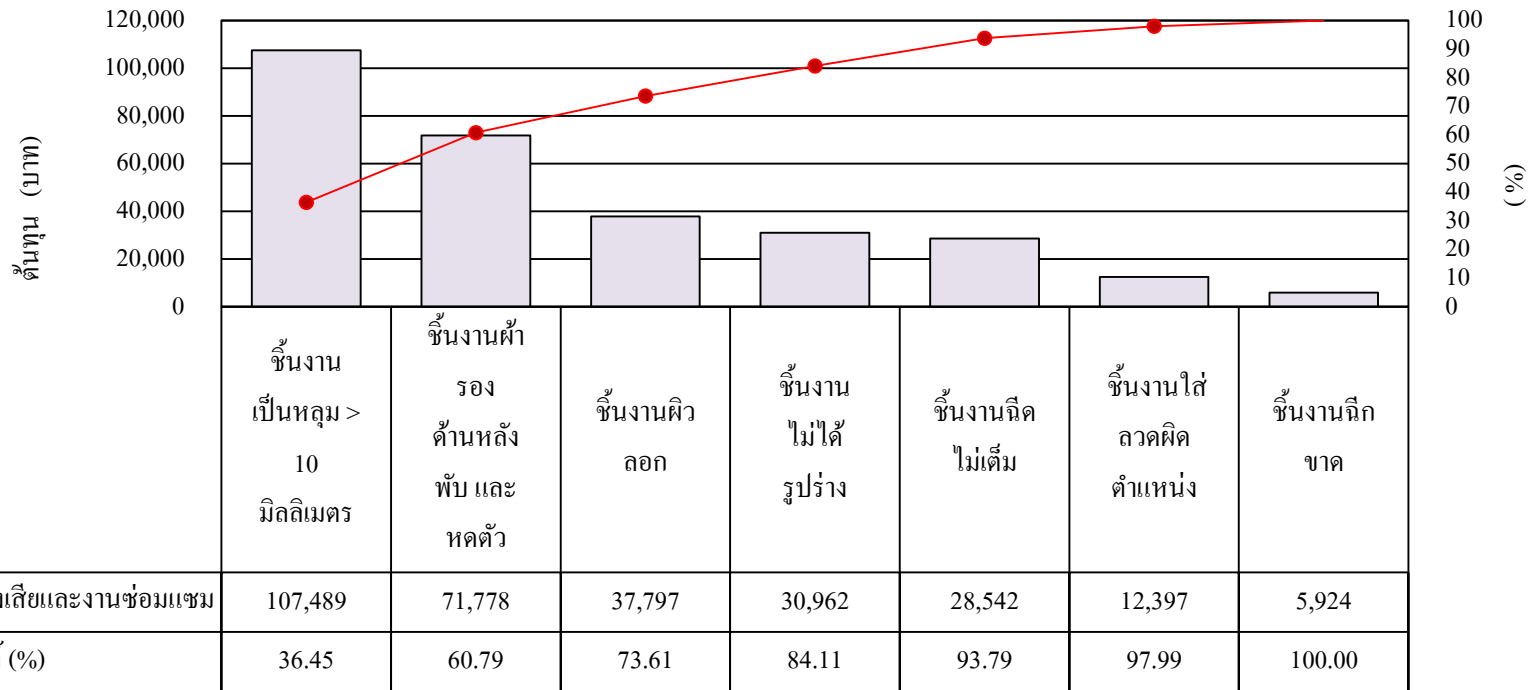
ตารางที่ 3-9 ข้อมูลแสดงการจำแนกประเภทของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558

ชนิดของชิ้นงาน	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11
ประเภทของชิ้นงานซ่อมแซม											
ชิ้นงานเป็นหลุม >10 มิลลิเมตร	17,920	1,807	2,841	2,556	355	1,846	2,520	2,637	6,962	227	1,445
ชิ้นงานฉีกขาด	587	246	387	349	48	235	265	121	437	12	29
รวม	18,507	2,053	3,228	2,905	403	2,081	2,785	2,758	7,399	239	1,474
ประเภทของชิ้นงานที่เป็นของเสีย											
ชิ้นงานฝักรองด้านหลังพับ และหดตัว	183	0	0	0	0	0	86	37	47	0	70
ชิ้นงานฉีกไม่เต็ม	0	134	15	32	12	26	0	1	0	3	1
ชิ้นงานผิวลอก	3	13	145	5	7	30	1	12	2	32	14
ชิ้นงานเป็นหลุมขนาดใหญ่ด้านใน > 40มิลลิเมตร	65	21	4	0	0	12	2	0	1	3	2
ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง	2	22	87	29	12	55	1	2	3	5	8
ชิ้นงานใส่ลวดผิดตำแหน่ง	5	12	10	0	12	13	0	0	0	22	3
รวม	258	202	261	66	43	136	90	52	53	65	98

ตารางที่ 3-10 ต้นทุนของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมจำแนกตามประเภทในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ 2558

	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)		ต้นทุน (บาท)	เปอร์เซ็นต์ (%)
ประเภทชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซม		ค่าใช้จ่ายต่อชิ้น (บาท)		
ชิ้นงานเป็นหลุม > 10 มิลลิเมตร	41,227	2.18	107,489	36.45
ชิ้นงานฉีก ขาด	2,717	2.18	5,924	2.01
ประเภทของชิ้นงานที่เป็นของเสีย		ต้นของเสียต่อชิ้น		
ชิ้นงานฝักรองด้านหลังพับ และหดตัว	423	-	71,778	24.34
ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม	224	-	28,542	9.68
ชิ้นงานผิวลอก	264	-	37,797	12.82
ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง	226	-	30,962	10.50
ชิ้นงานใส่ลวดผิดตำแหน่ง	77	-	12,397	4.20
รวม	45,158		294,888	100.0

ข้อมูลแสดงต้นทุนของเสีย การซ่อมแซมโคม ในช่วงเดือน มีนาคม-สิงหาคม พ.ศ 2558



ภาพที่ 3-6 ต้นทุนการเกิดของเสียและการซ่อมแซมโคม โดยแยกตามประเภท

จากข้อมูลดังตารางที่ 3-9 ผู้ทำการวิจัยได้รวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดของเสียและงานซ่อมแซมโฟมในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2558 โดยแยกตามประเภทของชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซมดังตารางที่ 3-10 ชนิดของชิ้นงานประกอบไปด้วย ชิ้นงาน L0, L02, L03, L04, L05, L06, L07, L08, L09, L10 และชิ้นงาน L11 ซึ่งทำการรวบรวมจำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสียและจำนวนชิ้นงานที่ต้องทำการซ่อมแซมในแต่ละชนิดในช่วงระยะเวลา 6 เดือน คือ เดือนมีนาคม-เดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2558 ซึ่งประเภทชิ้นงาน L01 มีชิ้นงานที่ต้องทำการซ่อมทั้งหมด 18,507 ชิ้น และชิ้นงานที่เป็นของเสียทั้งหมด 258 ชิ้น เป็นชิ้นงานที่จำนวนของเสียและงานซ่อมแซมมากที่สุด

จากตารางที่ 3-9 และภาพที่ 3-6 สามารถแสดงการเกิดของเสียและการซ่อมแซมโฟมในช่วงเดือน มีนาคม-สิงหาคมปี พ.ศ. 2558 โดยแยกตามประเภทชิ้นงานที่เป็นของเสียและชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซม พบว่าประเภทของชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร มีต้นทุนในการซ่อมแซมมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ มีต้นทุนในการซ่อม 107,489 บาท จำนวนชิ้นงานที่ต้องทำการซ่อม 41,227 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 36.45% ของต้นทุนทั้งหมด

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้กำหนดเป้าหมายในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ คือ ต้องการลดปริมาณการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้นงาน L01 เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการลดของเสียและงานซ่อมแซมของบริษัทกรณีศึกษา

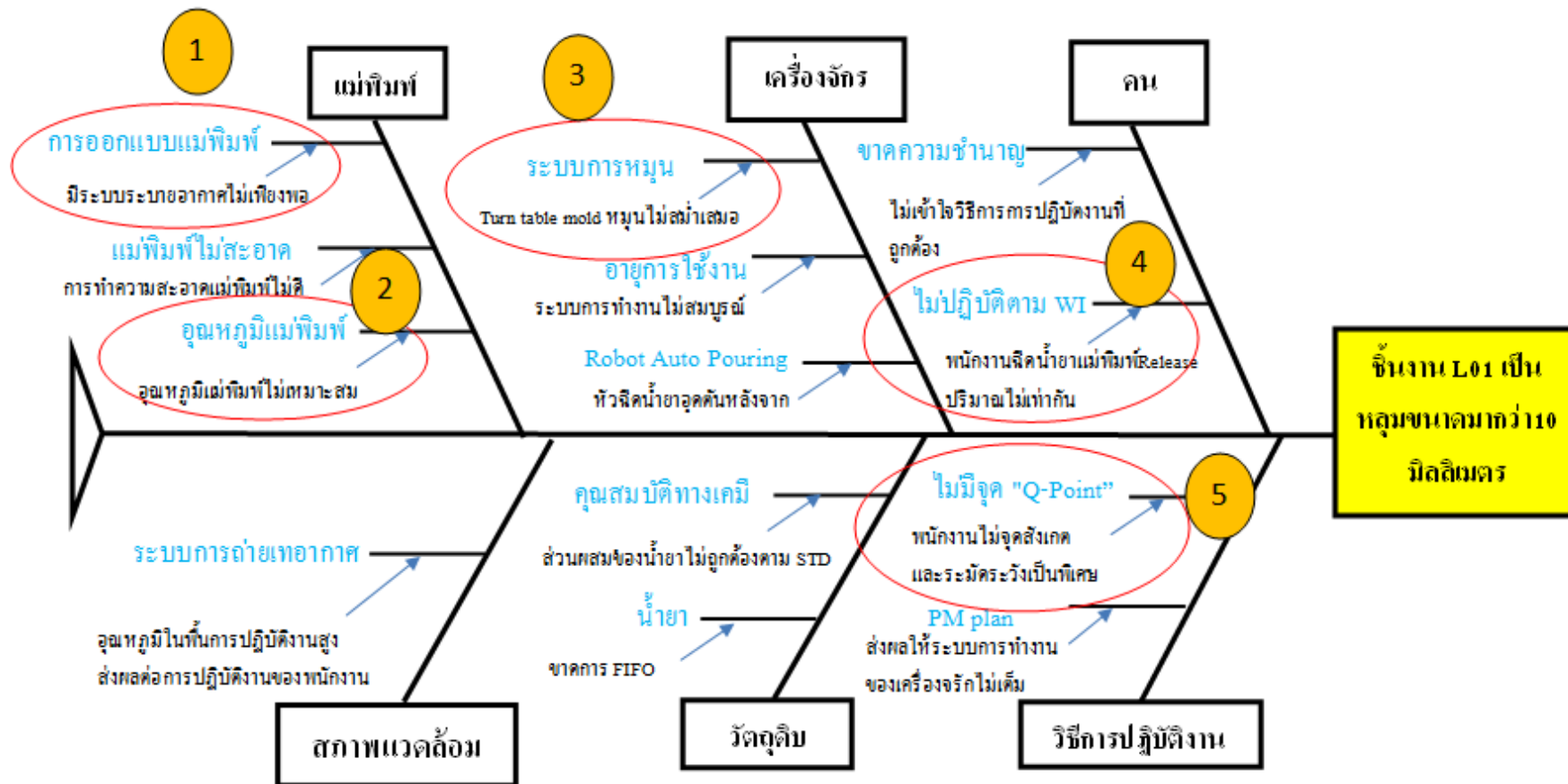
ขั้นตอนการวัด (MEASUREMENT PHASE)

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตโฟมเพื่อค้นหาปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่าปัจจัยใดบ้างที่เป็นปัจจัยนำเข้าที่แท้จริง (Key process input variables: KPIVs) ที่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดของเสียและงานซ่อมแซม จะเป็นการวัดค่าปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ ว่าปัจจัยใดคือสาเหตุหลักที่แท้จริงที่ทำให้ชิ้นงาน L01 เกิดของเสียและเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร (Key process output variables: KPOVs) โดยการระดมสมอง (Brain storming) ของทีมงานทุกฝ่าย เพื่อที่จะทำการค้นหาปัจจัยนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งหมด ที่สามารถทำให้เกิดปัญหาของเสียด้วยเครื่องมือ Cause and Effect Diagram หรือแผนภูมิแก๊งปลาโดยการใช้หลักการ 4M 1E จำแนกประเภทของสาเหตุและทำการประเมินตารางความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect metric) หลังจากนั้นจัดทำแผนภูมิพารโต (Pareto chart) เพื่อแสดงสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดของเสียจากการผลิตโฟม

หลังจากที่ได้ตัดสินใจจากขั้นตอนค้นหาปัญหาเพื่อกำหนดว่าปัญหาที่ต้องการแก้ไข คือ การเกิดของเสียและข้อบกพร่องของชิ้นงาน (L01) ทีมงานและผู้วิจัยได้ทำการระดมสมอง (Brain storming) เพื่อที่จะทำการค้นหาปัจจัยนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งหมด และนำมาดำเนินการแก้ไขต่อไป โดยทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุและเหตุผล ซึ่งทำให้พบสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดปัญหาหลายสาเหตุโดยการใช้หลักการ 4M 1E จำแนกประเภทของสาเหตุเหล่านี้ออกเป็น 6 ประเภทด้วยกัน ดังนี้

1. Man สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับคน
2. Machine สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร
3. Material สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ
4. Mold สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์
5. Method สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ
6. Environment สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทั้งหมด

จากนั้นนำสาเหตุที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาเขียนลงในแผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุและเหตุผล หรือแผนภูมิก้างปลา เพื่อแสดงการเชื่อมโยงของรากเหง้าสาเหตุที่เกี่ยวข้องทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุและผล

ผู้วิจัยและทีมงานทำการพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุและผลในการหาสาเหตุของปัญหาชิ้นงาน L01 เกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ผู้วิจัยและทีมงานทำการประชุมเพื่อระดมความคิดและตัดสินใจเลือกสาเหตุที่สำคัญที่คาดว่าจะเป็สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร จากการระดมความคิดสามารถระบุสาเหตุที่คาดว่าจะเป็สาเหตุ 5 สาเหตุ ทั้งนี้สำหรับสาเหตุอื่นที่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ต่อ เนื่องจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำงานและทีมงานพิจารณาและมีความคิดเห็นตรงกันว่าสาเหตุเหล่านี้ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อ การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

ดังนั้นเพื่อมิให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร จากกระบวนการผลิตของชิ้นงาน L01 ผู้วิจัยและทีมงานตกลงที่จะทำการวิเคราะห์ 5 สาเหตุ (KPIV) มีดังนี้

1. มีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ
2. การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
3. Turn table mold หมุนไม่สม่ำเสมอ
4. พนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ Release ในปริมาณไม่เท่ากัน
5. พนักงานไม่มีจุดสังเกต และระมัดระวังเป็นพิเศษ

ทั้ง 5 สาเหตุที่ได้มานั้นยังไม่สามารถที่จะสรุปได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงคืออะไร ซึ่งจะต้องทำการรอกหาสาเหตุที่สำคัญ Cause and Effect metric ซึ่งมีเครื่องมือที่จะวัดระดับความสัมพันธ์และความสำคัญของสาเหตุต่าง ๆ ออกมาเป็นลำดับคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 3-11

เกณฑ์ในการให้คะแนนระดับความสำคัญ

- 9 = ระดับความสำคัญมากจำนวนพนักงานลงคะแนน 10 คนขึ้นไป
- 6 = ระดับความสำคัญปานกลางจำนวนพนักงานลงคะแนน 5-9 คน
- 3 = ระดับความสำคัญน้อยจำนวนพนักงานลงคะแนน 3-4 คน
- 1 = ระดับความสำคัญน้อยมากจำนวนพนักงานลงคะแนน 0-2 คน

เกณฑ์การให้คะแนน KPIVs

- 9: มีความสัมพันธ์กับการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร สูงมาก
- 6: มีความสัมพันธ์กับการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ปานกลาง
- 3: มีความสัมพันธ์กับการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร น้อย
- 1: มีความสัมพันธ์กับการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร น้อยมาก

เกณฑ์การให้คะแนนการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร (KPOV)

พิจารณาจากความสำคัญของปัญหาที่ต้องการแก้ไข

9: ระดับความรุนแรงสูงมากส่งผลกระทบต่อ การเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

6: ระดับความรุนแรงปานกลางส่งผลกระทบต่อ การเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

3: ระดับความรุนแรงน้อยส่งผลกระทบต่อ การเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

1: ระดับความรุนแรงน้อยมากส่งผลกระทบต่อ การเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

หลังจากที่ทีมงานได้ทำการระดมสมองเพื่อที่จะให้คะแนนตามลำดับความสำคัญด้วย

วิธีการ Cause and Effect metric ดังแสดงผลตามตารางที่ 3-11 พบว่าสาเหตุที่มีความสำคัญให้เกิด ปัญหาชิ้นงาน L01 เกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร สามารถเรียงตามลำดับได้ดังนี้

ความสำคัญลำดับที่ 1 คือ สาเหตุจากการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม

ความสำคัญลำดับที่ 2 คือ สาเหตุจากพนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ Release ปริมาณไม่

เท่ากัน

ความสำคัญลำดับที่ 3 คือ สาเหตุจากการมีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ

ความสำคัญลำดับที่ 4 คือ สาเหตุจากพนักงานไม่มีจุดสังเกต และระมัดระวังเป็นพิเศษ

ความสำคัญลำดับที่ 5 คือ สาเหตุจาก Turn table mold หมุนไม่สม่ำเสมอ

ผู้วิจัยและทีมงานทั้งหมดจำนวน 15 คน ทำการลงคะแนนเพื่อแสดงความคิดเห็นเพื่อหา

สาเหตุหลักที่ทำให้ชิ้นงานเกิดของเสียและงานซ่อมแซมประกอบด้วย

1. นายอิชสระพงษ์ ชมพูนุตร วิศวกรออกแบบการผลิต
2. นายกรวิทย์ บริสุทธิ์ วิศวกรออกแบบการผลิต
3. นางสาวสุคนทิพย์ เนตาหาญ วิศวกรการผลิต
4. นายชัชพงษ์ ค้อยหน่า วิศวกรออกแบบซ่อมบำรุง
5. นายชาติชาย เพิ่มสวัสดิ์ พนักงานซ่อมบำรุง
6. นายเชิดศักดิ์ ใจเอี่ยม พนักงานซ่อมบำรุง
7. นายทศพล แก้วระดี วิศวกรการผลิต
8. นายวิทยา ศรีวรกิจ วิศวกรการผลิต
9. นางสาววิภาพร พรอเนก วิศวกรควบคุมคุณภาพ
10. นายพายุ นรชาญ ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ
12. นายวิโรจน์ หาญกล้า เจ้าหน้าที่คุณภาพ
13. นายคมเพชร กำเสริฐ วิศวกรปรับปรุงกระบวนการผลิต
14. นายณพรัตน์ เขียวค่อม เจ้าหน้าที่ควบคุมการผลิต

15. นายพิศาล เพลินภูเขียว วิศวกรออกแบบผลิตภัณฑ์

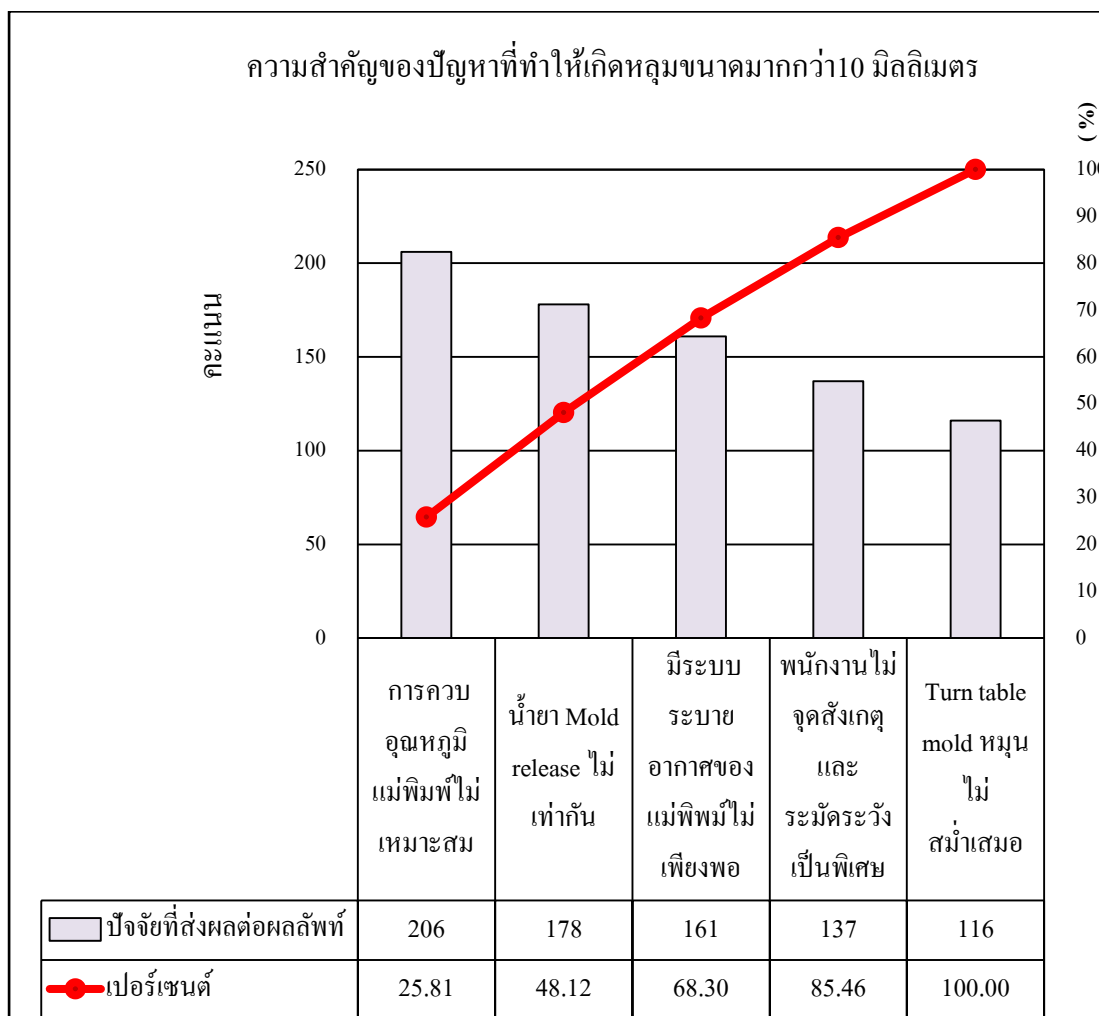
ผลการจากการลงคะแนนเพื่อหาสาเหตุว่าสาเหตุใดคือ สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียและ
ชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 ดังแสดงในตารางที่ 3-11 หลังจากนั้นผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จาก
การลงความเห็นของทีมงานทั้งหมดจัดทำตาราง Cause and Effect metric เพื่อหาลำดับความสำคัญ
ของปัญหาดังแสดงในตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-11 ผลการลงคะแนน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพท์		ผลลัพท์								
		จำนวนเกินหลุม >10 ม.ม.	จำนวนเกินหลุม >30 ม.ม.	ชั้นงานลึก-ขาด	ผ้า Non-woven พับ และหดตัว	ชั้นงานลึกไม่เต็ม	ชั้นงานผิวลอก	จำนวนเกินหลุมขนาด >40 ม.ม.	ชั้นงานไม่ได้รับร่าง	ใส่ลวดผิดพลาด
		จำนวนพนักงานที่ลงคะแนน (คน)								
1	มีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ	14	14	2	1	1	1	6	1	1
2	การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	12	10	4	1	6	9	9	6	1
3	Turn table mold หมุนไม่สม่ำเสมอ	5	5	2	1	1	1	6	1	1
4	น้ำยา Mold release ไม่เท่ากัน	11	10	6	1	3	6	6	1	1
5	พนักงานไม่มีจุดสังเกตและระวังเป็นพิเศษ	5	5	6	9	1	1	6	1	9

ตารางที่ 3-12 ผลการวิเคราะห์ด้วย Cause and Effect metric

		Cause & Effect metric										
ระดับความสำคัญ		9	6	1	1	1	3	3	1	1		
ความสำคัญของปัญหาที่ต้องการแก้ไข		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์	ผลลัพธ์	ชิ้นงานเป็นหลุม >10 ม.ม.	ชิ้นงานเป็นหลุม >30 ม.ม.	ชิ้นงานฉีก-ขาด	ผ้า Non-woven พับ และหดตัว	ชิ้นงานขีด ไม่เต็ม	ชิ้นงานผิวลอก	ชิ้นงานเป็นหลุมขนาด >40 ม.ม.	ชิ้นงานไม่รูปร่าง	ได้ลวดผิดตำแหน่ง	คะแนนรวม	ลำดับความสำคัญ
	1	มีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ	9	9	1	1	1	1	6	1	1	161
2	การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	9	9	3	1	6	9	9	6	1	206	1
3	Turn table mold หมุนไม่สม่ำเสมอ	6	6	1	1	1	1	6	1	1	116	5
4	น้ำยา Mold release ไม่เท่ากัน	9	9	1	1	3	6	6	1	1	178	2
5	พนักงานไม่มีจุดสังเกตและระวังเป็นพิเศษ	6	6	6	9	1	1	6	1	9	137	4



ภาพที่ 3-8 แผนภาพแสดงความสำคัญของปัญหาที่ทำให้เกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

ผลที่ได้จากแผนภูมิการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุหลักที่คาดว่าจะเป็นปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ผู้วิจัยและทีมงานร่วมกันพิจารณาจากข้อมูลที่ได้ ทำให้ผู้วิจัยและทีมงานพบว่า มี 3 ปัจจัยสำคัญที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดปัญหาชิ้นงานเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรมากที่สุด คือ

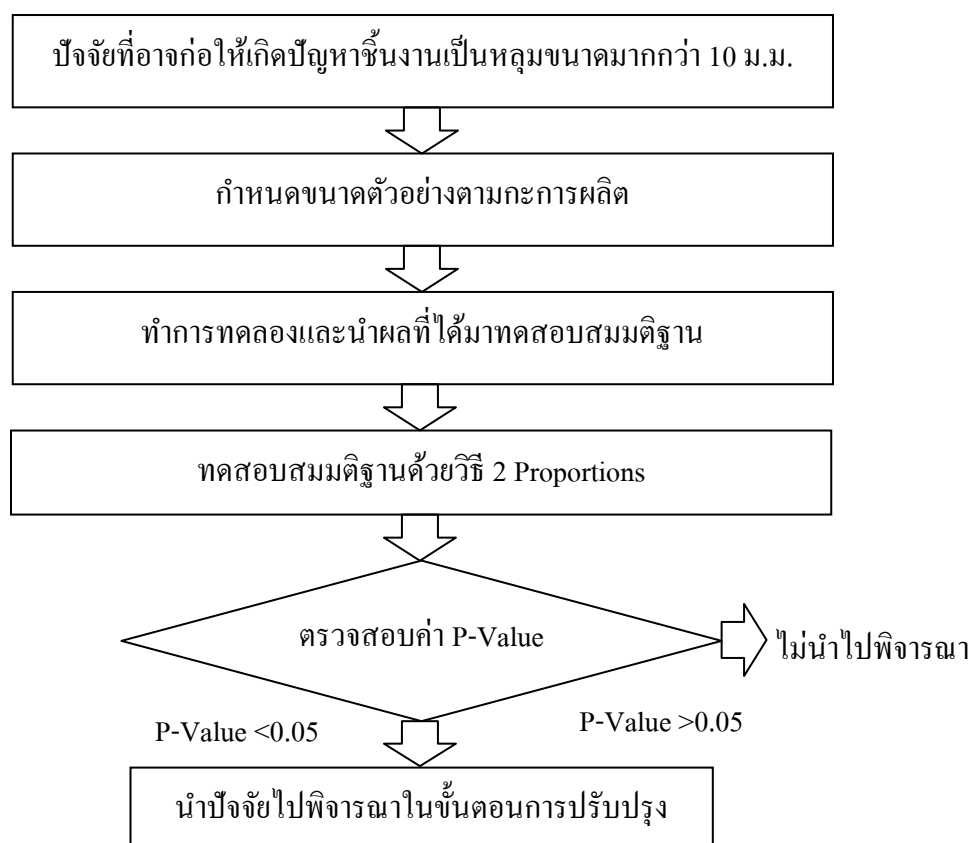
1. สาเหตุจากการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
2. สาเหตุจากพนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ Release ปริมาณไม่เท่ากัน
3. สาเหตุจากการมีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ (Auto air vent)

โดยทั้ง 3 สาเหตุข้างต้นจะต้องถูกนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอน Analysis phase ต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (ANALYSIS PHASE)

จากขั้นตอนนี้การวัดเพื่อหาสาเหตุ จะสามารถสรุปปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียจากการผลิตโพลีเมอร์ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อเป็นขั้นตอนการพิสูจน์สมมติฐาน เพื่อที่จะหาว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้ทำการวัดมานั้นมีผลจริงต่อการเกิดของเสียจากการผลิตโพลีเมอร์หรือไม่ ก่อนที่จะนำปัจจัยนั้น ๆ ไปทำการเดินการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยผู้ทำการวิจัยและทีมงานทำการกำหนดตัวอย่างที่จะทำการทดลอง โดยเก็บข้อมูลแบ่งตามกระบวนการผลิตใช้การทดสอบสมมติฐานแบบ 2 Proportion เพื่อพิสูจน์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดของเสียจากการผลิตโพลีเมอร์และส่งผลให้ต้องมีการซ่อมแซม ก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งในการทดสอบสมมติฐานกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัจจัย

ขั้นตอนการปรับปรุง (IMPROVEMENT PHASE)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละปัจจัยที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ พร้อมทั้งทำการทดลองเพื่อยืนยันผลลัพธ์ก่อนที่จะนำค่าที่เหมาะสมนั้นไปปรับใช้กับกระบวนการจริงในการผลิตโฟม โดยการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยให้ประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นตอนการควบคุม (CONTROL PHASE)

ขั้นตอนนี้จะทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้นงาน L01 เป็นฝ้าติดตามผลการดำเนินการหลังจากมีการปรับปรุงปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร โดยใช้แผนภูมิควบคุม I-MR Chart เพื่อเป็นการเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพ

สำหรับระยะเวลาสำหรับแต่ละขั้นตอนในการปฏิบัติงานมีรายละเอียดระยะเวลาดำเนินการสำหรับแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 ระยะเวลาดำเนินการสำหรับแต่ละขั้นตอน

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ
1	กำหนดปัญหา	2 ส.ค 2558 - 4 ก.ย 2558
2	การวัดผล	5 ก.ย 2558 - 2 ต.ค 2558
3	การวิเคราะห์	3 ต.ค 2558 - 4 พ.ย 2558
4	การปรับปรุง	5 พ.ย 2558 - 15 ธ.ค 2558
5	การควบคุม	16 ธ.ค 2558 - 1 ก.พ 2559
6	สรุปผลและทำรายงานวิจัย	2 ก.พ 2559 - 29 ก.พ 2559

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการอภิปราย

ในบทนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์จากการประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของ ชิกส์ ชิกมา เพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต โฟม ที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ ซึ่งใน ขั้นตอนแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define phase)
2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase)
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase)
4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)
5. ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

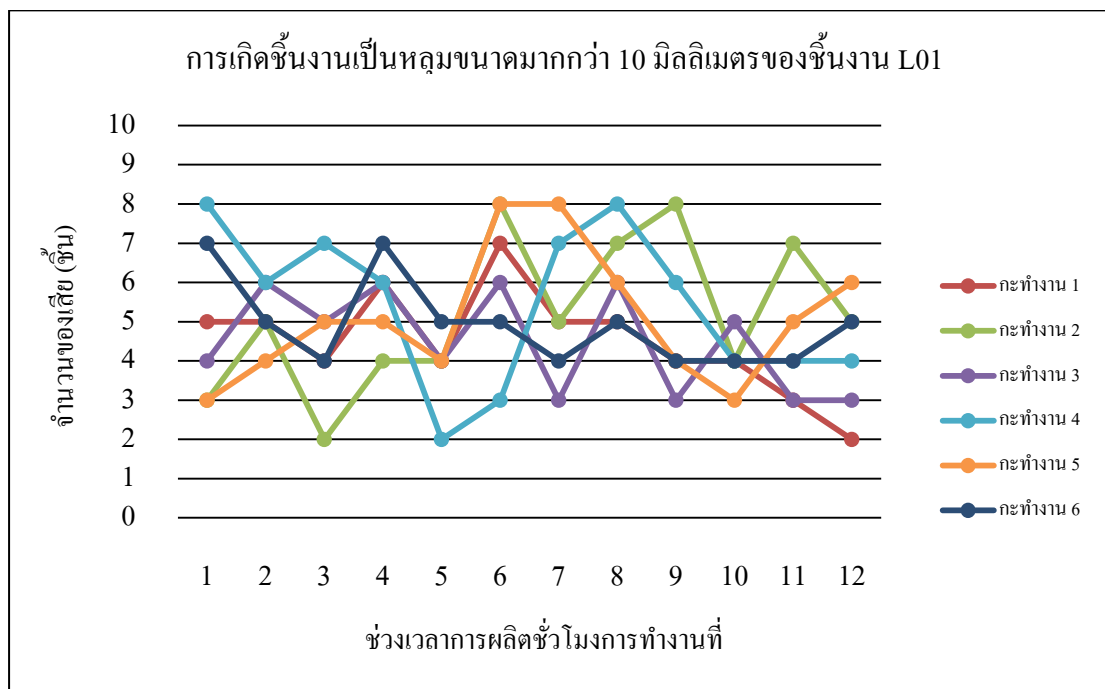
เนื่องจากเนื้อหาในขั้นตอนการระบุปัญหา Define phase และขั้นตอนการวัด Measure phase เนื้อหาในสองขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยได้นำเสนอเนื้อหาไว้ในบทที่ 3 และในบทนี้ทางผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการวิเคราะห์ Analysis phase ขั้นตอนการปรับปรุง Improve phase และขั้นตอนการควบคุม Control phase โดยขั้นตอนต่าง ๆ จะดำเนินงานตามแผนที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้า

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (ANALYSIS PHASE)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยผู้ทำการวิจัยและทีมงานทำการกำหนดตัวอย่างที่จะทำการทดลอง โดยเก็บข้อมูลแบ่งตามกระบวนการผลิตใช้การทดสอบสมมติฐานแบบ 2 Proportions เพื่อพิสูจน์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดของเสียจากการผลิต โฟม และส่งผลให้ต้องมีการซ่อมแซมก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งในการทดสอบสมมติฐานจะทำการกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากการเก็บข้อมูลการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของชิ้นงาน L01 ในช่วงวันที่ 26 ตุลาคม-31 ตุลาคม 2558 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบก่อนการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของชิ้นงาน L01 ในช่วงวันที่ 26 ตุลาคม-31 ตุลาคม ปี 2558

		ช่วงเวลาการผลิตชั่วโมงการทำงานที่												รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
กะทำงานที่ (เช้า)	จำนวนการผลิต	ชิ้นงานเป็นหลุม > 10 มิลลิเมตร												
1	72	5	5	4	6	4	7	5	5	4	4	3	2	54
2	77	3	5	2	4	4	8	5	7	8	4	7	5	62
3	69	5	5	4	6	4	7	5	5	4	4	3	2	54
4	73	8	6	7	6	2	3	7	8	6	4	4	4	65
5	76	3	4	5	5	4	8	8	6	4	3	5	6	61
6	75	7	5	4	7	5	5	4	5	4	4	4	5	59
รวม	442	31	30	26	34	23	38	34	36	30	23	26	24	355



ภาพที่ 4-1 กราฟแสดงการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของชิ้นงาน L01

กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของการทำงานทั้งหมด 6 กะ เปรียบเทียบการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตรในการผลิตหนึ่งวัน โดยมีชั่วโมงการทำงานต่อหนึ่งวัน คือ 12 ชั่วโมง การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตรมีการเกิดแบบกระจายตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-6 ชิ้นใน 1 ชั่วโมงการทำงาน จากกราฟแสดงให้เห็นว่าชิ้นงาน L01 สามารถการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตรได้ตั้งแต่ชั่วโมงการทำงานที่ 1 ถึง ชั่วโมงการทำงานที่ 12 เป็นการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร แบบกระจายตัวการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร มากที่สุดคือ 8 ชิ้นใน 1 ชั่วโมงการทำงานและเกิดน้อยสุดคือ 2 ชิ้นใน 1 ชั่วโมงการทำงาน

การวิเคราะห์ปัญหาเรื่องการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม

ในการผลิตโพลีเมอร์สำหรับเบาะรถยนต์การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ก่อนที่ทำการผลิตโพลีเมอร์มีความสำคัญสำหรับการไหลและกระจายตัวของน้ำยาโพลีเมอร์ ระบบระบายความร้อนของแม่พิมพ์ถูกออกแบบให้มีการระบายความร้อนโดยใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในระบบการผลิตปัจจุบันของบริษัท วิทยาลัยศึกษาทำการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ก่อนที่จะฉีดน้ำยาโพลีเมอร์

อุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ที่ 55 – 57 °C การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์พนักงานจะต้องทำการวัดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ด้วยมิเตอร์วัดอุณหภูมิก่อนที่จะทำการฉีดโฟมในการเตรียมแม่พิมพ์สำหรับการฉีดโฟมทุกครั้ง ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-2 การตรวจสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์ก่อนทำการฉีดโฟม

แนวทางในการวิเคราะห์การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสมในระบบการผลิตในปัจจุบัน ในระบบการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ อุณหภูมิมาตรฐานมีการกำหนดอุณหภูมิอยู่ที่ 50-70 °C โดยการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ขึ้นอยู่กับ การออกแบบแม่พิมพ์และระบบการผลิตของบริษัทนั้น ๆ

จากข้อมูลการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขานมากกว่า 10 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 4-1 สามารถคิดเป็น % การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมในการผลิตในสายการผลิตปัจจุบัน โดยอุณหภูมิแม่พิมพ์อยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 55-57 °C จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในการผลิตโฟมในปัจจุบันอยู่ในระดับ

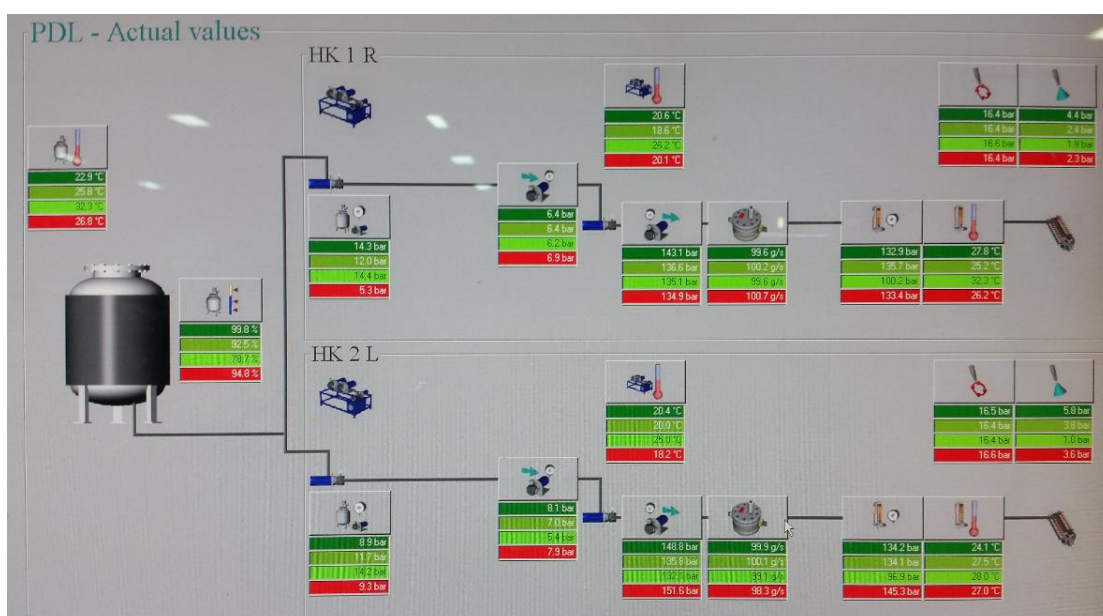
อุณหภูมิที่ต่ำเมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิมาตรฐาน ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานมีความคิดเห็นตรงกันที่จะทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์เป็น 3 ระดับจากอุณหภูมิปัจจุบัน โดยอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่จะทำการปรับดังนี้

ระดับที่ 1 อยู่ที่ 58-60 °C

ระดับที่ 2 อยู่ที่ 61-63 °C

ระดับที่ 3 อยู่ที่ 64-66 °C

เพื่อที่จะนำข้อมูลการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร มาทำการเปรียบเทียบในการทดสอบสมมติฐานกับค่าอุณหภูมิปัจจุบันที่ระดับ 55-57 °C โดยทำการเก็บข้อมูลตามกะการทำงานทั้งหมด 6 กะ (กะเช้า) ในแต่ละระดับอุณหภูมิที่ทำการเพิ่มขึ้น การปรับเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์จะควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นโดยโปรแกรม Hennecke ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 โปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของแม่พิมพ์ในการผลิตโคม

ในการปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์จะใช้โปรแกรม Hennecke เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นก่อนที่ปล่อยน้ำหล่อเย็นเข้าไปในแม่พิมพ์แต่ละตัว โดยแม่พิมพ์แต่ละตัวจะมีพารามิเตอร์ในการควบคุมดังแสดงในภาพที่ 4-4

Parameter - Mould tempering

	✓	⚠ [°C]	✗ [°C]
Mould Temp. 1	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 2	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 3	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 4	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 5	✓	100.0	5.0
Mould Temp. 6	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 7	✓	110.0	5.0
Mould Temp. 8	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 9	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 10	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 11	✓	72.0	5.0
Mould Temp. 12	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 13	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 14	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 15	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 16	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 17	✓	80.0	5.0
Mould Temp. 18	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 19	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 20	✓	80.0	10.0
Mould Temp. 21	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 22	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 23	✓	80.0	5.0
Mould Temp. 24	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 25	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 26	✓	80.0	5.0
Mould Temp. 27	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 28	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 29	✓	70.0	5.0
Mould Temp. 30	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 31	✓	75.0	5.0
Mould Temp. 32	✓	80.0	5.0

ภาพที่ 4-4 พารามิเตอร์ในการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์

ในการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์แต่ละตัวจะมีพารามิเตอร์ในการควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น พารามิเตอร์ของแม่พิมพ์ตัวที่ 12 จะมีอุณหภูมิในพารามิเตอร์ที่ 73 °C และค่าอุณหภูมิที่สูญเสียไปจากระบบการถ่ายเทน้ำหล่อเย็นไปสู่แม่พิมพ์อยู่ที่ 5 °C โดยปกติอุณหภูมิที่สูญเสียจะมีค่าवलบอยู่ที่ 2-3 °C ขึ้นอยู่กับระบบการซ่อมบำรุงของระบบการถ่ายเทน้ำหล่อเย็นนั้น ๆ สำหรับค่าอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่วัดได้จากการกำหนดพารามิเตอร์เท่ากับ 65 °C ดังแสดงในภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 การตรวจสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์หลังการปรับเพิ่มอุณหภูมิ

ตารางที่ 4-2 การปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์และจำนวนการผลิตโฟม

ระดับที่	อุณหภูมิ °C	จำนวนการผลิต	ชิ้นงานเป็นหลุม > 10 มิลลิเมตร	งานเสีย
1	58-60	455	309	6
2	61-63	59	45	23
3	64-67	12	0	12

จากข้อมูลในการทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ทั้ง 3 ระดับในตารางที่ 4-2 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 1 ที่อุณหภูมิ 58-60 °C จำนวนการผลิตโฟมทั้งหมดรวม 455 ชิ้น เกิดชิ้นที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 309 ชิ้น

เกิดขึ้นงานที่เป็นของเสีย 6 ชิ้น

2. จากการปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 2 ที่อุณหภูมิ 61-63 °C จำนวนการผลิตโฟมทั้งหมดรวม 59 ชิ้น เกิดขึ้นที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 28 ชิ้น เกิดขึ้นงานที่เป็นของเสีย 23 ชิ้น โดยชิ้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

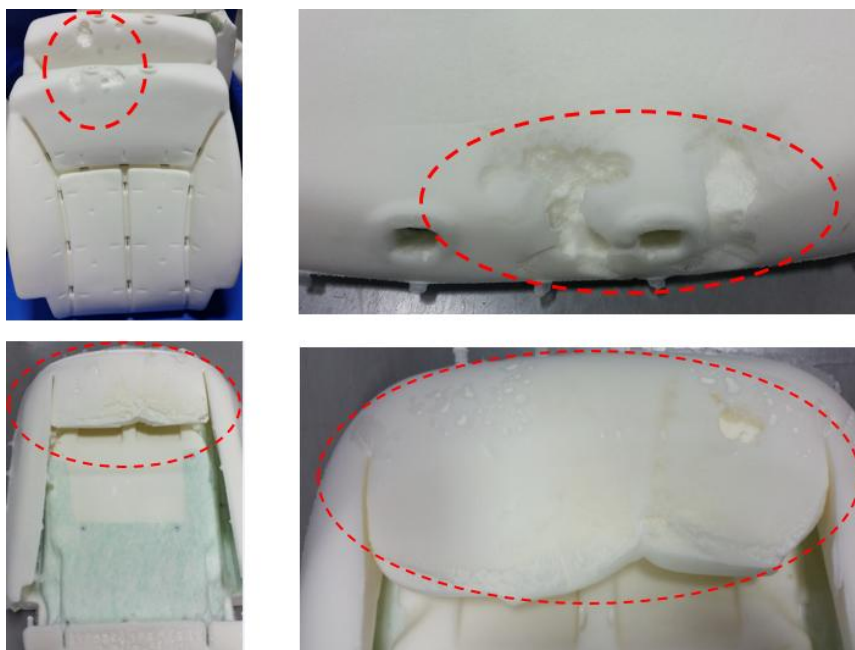
2.1 Peeling skin ชิ้นงานผิวลอก 20 ชิ้น

2.2 Foam deform ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง 3 ชิ้น

3. จากการปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 3 ที่อุณหภูมิ 64-67 °C จำนวนการผลิตโฟมทั้งหมดรวม 12 ชิ้น เกิดขึ้นงานที่เป็นของเสีย 12 ชิ้น โดยชิ้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

3.1 Foam deform ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง 12 ชิ้น

เนื่องจากการทดลองการเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในระดับที่ 2 และระดับที่ 3 ทำให้เกิดของเสียเกินกว่ามาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษาทางผู้วิจัยและทีมงานจึงได้หยุดการทดลองในการทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 2 และ 3



ภาพที่ 4-6 ชิ้นงานที่เป็นของเสียจากการปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 2 และ 3

จากข้อมูลในการทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ทั้ง 3 ระดับ พิจารณาจากการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรและการเกิดของเสีย ผู้วิจัยเลือกข้อมูลจากการปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในระดับที่ 1 อุณหภูมิที่ 58-60 °C เพื่อทำการทดสอบความแตกต่าง

ในเรื่องของการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบกับ การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ ก่อนที่จะมีการปรับเพิ่มอุณหภูมิ

ข้อมูลการเกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรก่อนที่จะทำการปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ โดยแยกตามกะการทำงานทั้ง 6 กะ การทำงาน (กะเช้า) ดังแสดงในตารางที่ 4-3 และข้อมูลข้อมูลการเกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรหลังการปรับเพิ่มอุณหภูมิในระดับที่ 1 โดยแยกตามกะการทำงานทั้ง 6 กะ การทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิแม่พิมพ์ 55-57 °C

กะทำงาน (เช้า)	จำนวนการผลิต	ชิ้นงานเป็นหลุม > 10 มิลลิเมตร	งานเสีย	(%)
1	72	54	1	75.00
2	77	62	2	80.52
3	69	54	1	78.26
4	73	65	0	89.04
5	76	61	2	80.26
6	75	59	1	78.67
รวม	442	355	7	80.32

จากข้อมูลในตารางที่ 4-3 แสดงการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรที่ การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ 55-57 °C จากการเก็บข้อมูลจากการทำงาน 6 กะการทำงานจำนวนการผลิตทั้งหมด 442 ชิ้น เกิดชิ้นงานเป็นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 355 ชิ้น คิดเป็น 80.32% และเกิดชิ้นงานที่เป็นของเสียทั้งหมด 7 ชิ้น คิดเป็น 1.58% โดยชิ้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

1. Short mold ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม 3 ชิ้น
2. Peeling skin ชิ้นงานผิวลอก 1 ชิ้น
3. Foam deform ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง 3 ชิ้น

ตารางที่ 4-4 ชั้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรอุณหภูมิแม่พิมพ์ 58-60 °C

กะทำงาน (เช้า)	จำนวนการผลิต	ชั้นงานเป็นหลุม > 10 มิลลิเมตร	งานเสีย	(%)
1	78	51	0	65.38
2	80	54	2	67.50
3	74	55	1	74.32
4	79	49	3	62.03
5	68	51	1	75.00
6	76	49	0	64.47
รวม	455	309	6	67.91

จากข้อมูลในตารางที่ 4-3 และ ตารางที่ 4-4 สามารถนำข้อมูลชั้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลังจากการปรับเพิ่มการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ที่ 58-60 °C

หลังจากการปรับเพิ่มการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ที่ 58-60 °C การเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรในชั้นงาน L01 จำนวนการผลิตทั้งหมด 455 ชั้น เกิดชั้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 309 ชั้น คิดเป็น 67.91% และเกิดชั้นงานที่เป็นของเสียทั้งหมด 6 ชั้น คิดเป็น 1.31% โดยชั้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

1. Foam deform ชั้นงานไม่ได้รูปร่าง 2 ชั้น
2. Non-woven collapse ฝารองด้านหลัง พับ และหดตัว 2 ชั้น
3. Short mold ชั้นงานฉีดไม่เต็ม 1 ชั้น
4. Peeling skin ชั้นงานผิวลอก 1 ชั้น

สามารถสรุปได้ว่าการปรับเพิ่มการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ที่ 58-60 °C สามารถลดปริมาณการเกิดชั้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลงได้และไม่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแตกต่างเรื่องอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ 58-60 °C นำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในปัจจุบันที่ อุณหภูมิ 55-57 °C โดยการทดสอบชั้นงาน L01 หลังจากมีการปรับเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์จะมีส่วนช่วยในการลดการเกิดหลุม

ขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ได้หรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การเปรียบเทียบการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบการเกิดขึ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังการปรับปรุง
 เพิ่มการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์

กะทำงาน (เช้า)	ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	X_{1i}	X_{2i}
1	54	51
2	62	54
3	54	55
4	65	49
5	61	51
6	59	49
รวม	355	309

กำหนดให้

ให้ X แทนจำนวนชิ้นงานที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

ให้ N แทนจำนวนชิ้นงานที่ทำการทดลอง

ให้ P_1 แทนสัดส่วนของเสียเมื่อควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ 55-57 °C

ให้ P_2 แทนสัดส่วนของเสียเมื่อควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ 58-60 °C

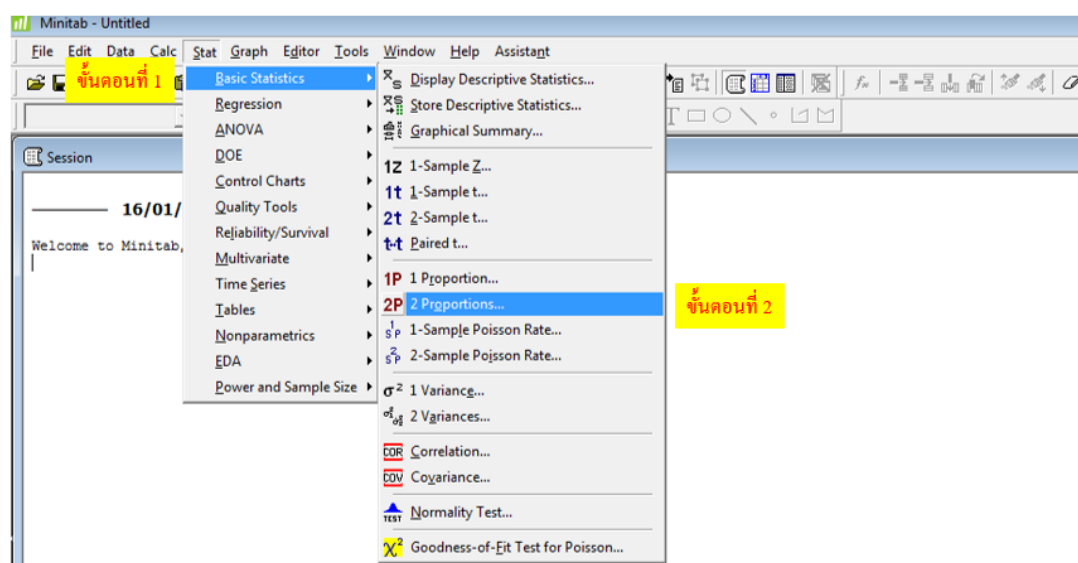
ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

$$H_0: P_1 \leq P_2 \text{ หรือ } P_1 - P_2 \leq 0$$

$$\text{หรือ } H_1: P_1 > P_2 \text{ หรือ } P_1 - P_2 > 0$$

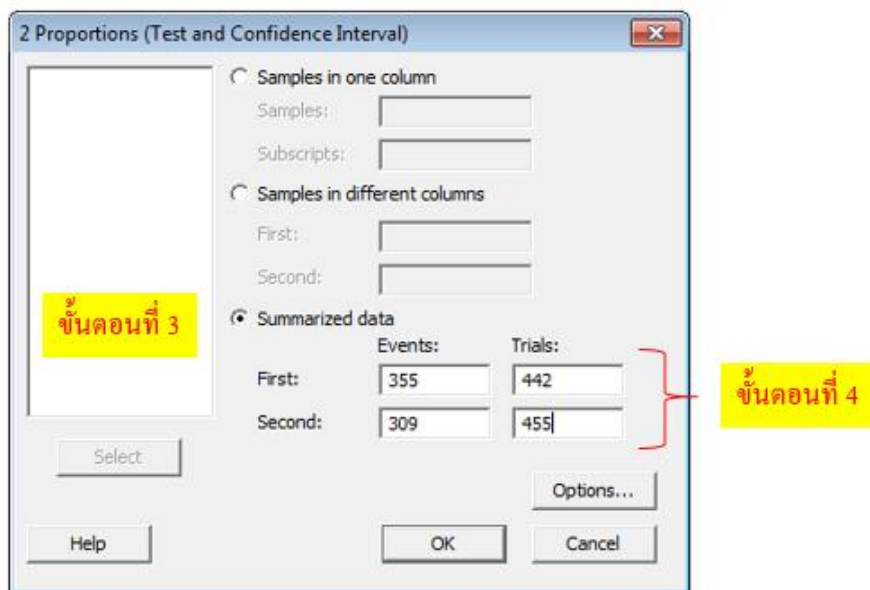
ขั้นที่ 2 คำนวณค่าสถิติทดสอบด้วยโปรแกรม Mini-Tab

เนื่องจากการทดสอบโดยการใช้ 2 Proportions hypothesis test ทางผู้ดำเนินงานต้องการที่หาค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในการฉีดโฟม โดยใช้โปรแกรม Mini-Tab V16 ในการทดสอบสมมติฐาน การใช้โปรแกรม Mini-Tab หาค่า P-Value ดังแสดงตามภาพที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 ค่า P-Value



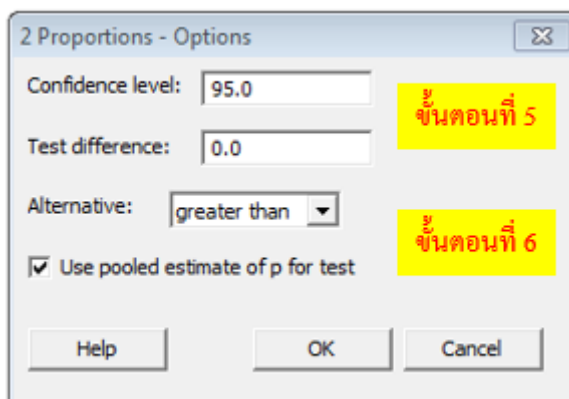
ภาพที่ 4-7 การทดสอบหาค่า P-Value โดยใช้โปรแกรม Mini-Tab

1. เข้าไปที่เมนู Stat เพื่อเลือก Basic statistics และเลือก ฟังก์ชัน 2P-2 Proportions ในทดสอบหาค่า P-Value แบบ 2 Proportions หรือ ขั้นตอนที่ใช้ในการทดสอบเป็นอิสระต่อกันทั้ง 2 กลุ่ม



ภาพที่ 4-8 การใส่ข้อมูลในการทดสอบหาค่า P -Value

2. ฟังก์ชันของโปรแกรมจะมีหน้าต่างเพื่อให้ใส่ข้อมูลที่จะทดสอบเลือกการใส่ข้อมูลแบบ Summarized data ใส่ข้อมูลก่อนและหลังการทดสอบ



ภาพที่ 4-9 การใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Option ในการทดสอบหาค่า P -Value

3. ฟังก์ชัน Option ของโปรแกรมจะมีหน้าต่างเพื่อให้ใส่ข้อมูลค่าความเชื่อมั่น Confidence level ในทดสอบหาค่า P -Value กำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% และกำหนดทางเลือกให้เป็น Less than หรือ น้อยกว่า เมื่อใส่ข้อมูลในการทดสอบครบแล้วกดปุ่ม “OK” เพื่อทำการแสดงผลการทดสอบผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบสมมติฐานการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในการฉีดโฟม

Mold temp. level	X	n	%
55-57	355	442	80.31
58-60	309	455	67.91

$$\text{Difference} = P_1 - P_2$$

Estimate for difference: 0.113435

Test for difference = 0 (vs > 0): $Z = 3.92$ P-Value = 0.000

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สร้างเขตปฏิเสธ H_0

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า P-Value < 0.05

สรุปผลการทดสอบ

เนื่องจาก P-Value = 0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 58-60 °C ในการฉีดโฟมมีส่วนช่วยในการลดการเกิดขึ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้นงาน L01 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

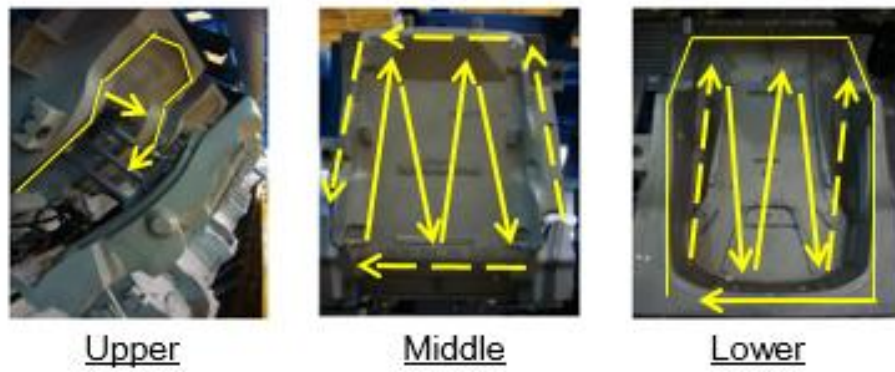
ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์สามารถช่วยลดการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมอาจเกิดจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่เพิ่มขึ้นช่วยในการขยายตัวของโฟมทำให้น้ำยาโฟมที่ฉีดลงบนแม่พิมพ์ไหลเคลื่อนตัวได้ดีกว่าอุณหภูมิปัจจุบันส่งผลให้การระบายอากาศภายในแม่พิมพ์ในขณะที่โฟมเซตตัวดีขึ้น

การวิเคราะห์ปัญหาจากพนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ (Mold release) ปริมาณไม่เท่ากัน

ปัญหาการฉีดน้ำยา Mold release ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ระยะห่างในการฉีดพ่นน้ำยา ความเร็วในการฉีด และปริมาณน้ำยาที่ฉีดต้องพอดีกับขนาดและพื้นที่ของแม่พิมพ์ ก่อนที่จะทำการฉีดพ่นน้ำยาต้องทำความสะอาดพื้นผิวของแม่พิมพ์ เศษโฟมที่ติดบนพื้นผิวของแม่พิมพ์ จะทำให้อากาศที่อยู่ภายในแม่พิมพ์ไม่สามารถระบายออกได้ดี ในเวลาที่แม่พิมพ์ปิด ซึ่งจะทำให้มีฟองอากาศอยู่ภายในเนื้อโฟม ทำให้ชิ้นงานไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ และอาจจะส่งผลต่อการเกิดโฟมเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

แนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาพนักงานฉีดน้ำยา Mold release ปริมาณไม่เท่ากันจะมีการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนที่ผู้ดำเนินงานได้กำหนดไว้ หลังจากมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานในการฉีดพ่นน้ำยาและให้พนักงานปฏิบัติตามแล้ว จะทำการเก็บข้อมูลชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนที่จะมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานในการฉีดพ่นน้ำยาลงบนแม่พิมพ์ ตามตารางที่ 4-1 โดยมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานในการฉีดน้ำยา Mold release ดังนี้

1. กำหนดให้พนักงานทำการฉีดน้ำยาบนแม่พิมพ์ Upper mold ตามทิศทางของลูกศรที่มีการกำหนดไว้
2. กำหนดให้พนักงานทำการฉีดน้ำยาลงบนแม่พิมพ์ Middle mold ตามทิศทางของลูกศร โดยเริ่มที่ด้านซ้ายมือไปหาขวามือของแม่พิมพ์ และตรงที่เป็นเส้นประให้เอียงหัวฉีดเล็กน้อย
3. กำหนดให้พนักงานทำการฉีดน้ำยาลงบนแม่พิมพ์ Lower mold ตามทิศทางของลูกศร โดยเริ่มที่ด้านซ้ายมือไปหาขวามือของแม่พิมพ์ และตรงที่เป็นเส้นประให้เอียงหัวฉีดเล็กน้อย
4. กำหนดระยะห่างในการฉีดพ่นน้ำยาแม่พิมพ์อยู่ที่ประมาณ 15-20 ซม.
5. กำหนดปริมาณน้ำยา Mold release ที่ฉีดในแต่ละครั้งอยู่ที่ 4-5 มิลลิลิตร โดยการกำหนดเวลาในการฉีดน้ำยาเท่ากับ 5 วินาทีต่อการฉีดน้ำยาในแต่ละครั้ง



ภาพที่ 4-10 การกำหนดทิศทางการฉีดพ่นน้ำยา Mold release



ภาพที่ 4-11 การปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release

ตารางที่ 4-7 ชั้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังมีการกำหนดการฉีดพ่นน้ำยา

Mold release

กะทำงาน (เช้า)	จำนวนการผลิต	ชั้นงานเป็นหลุม > 10 มิลลิเมตร	งานเสีย	(%)
1	85	62	1	72.94
2	76	59	1	77.63
3	67	55	0	82.09
4	77	56	2	72.73
5	70	59	0	84.29
6	73	58	1	79.45
รวม	448	349	5	77.90

จากข้อมูลในตารางที่ 4-7 เป็นการเก็บข้อมูลการผลิต โฟมและการเกิดชั้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากมีการกำหนดวิธีการฉีดพ่นน้ำยาเพื่อให้พนักงานปฏิบัติตาม จากข้อมูลการผลิตโฟมทั้งหมด 6 กะ (กะทำงานเช้า) มีปริมาณการผลิตโฟมทั้งหมด 488 ชั้น และชั้นงานเกิดเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 349 ชั้น คิดเป็นอัตราการเกิดชั้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 77.90% เพื่อให้เห็นความแตกต่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ในการทดลองการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release ทางผู้ดำเนินงานได้กำหนดการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ 55-57 °C ซึ่งเป็นค่าปัจจุบันในการกำหนดการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์

หลังจากมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release เกิดชั้นงานเป็นของเสียทั้งหมด 5 ชั้น คิดเป็น 1.02% โดยชั้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

1. Foam deform ชั้นงานไม่ได้รูปร่าง 3 ชั้น
2. Short mold ชั้นงานฉีดไม่เต็ม 1 ชั้น
3. Peeling skin ชั้นงานผิวลอก 1 ชั้น

สามารถสรุปได้ว่าหลังจากมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release สามารถลดปริมาณการเกิดชั้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลงได้และไม่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น

ดังนั้นผู้ดำเนินงานจึงทำการทดสอบความแตกต่างก่อนและหลังการกำหนดวิธีการฉีดพ่นน้ำยาเพื่อให้พนักงานปฏิบัติตาม โดยการทดสอบชิ้นงาน L01 หลังจากมีการกำหนดวิธีการฉีดพ่นน้ำยาเพื่อให้พนักงานปฏิบัติตามจะมีส่วนช่วยในการลดการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรได้หรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การเปรียบเทียบการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบการเกิดชิ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release

กะทำงาน (เช้า)	ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	X_{1i}	X_{2i}
1	54	62
2	62	59
3	54	55
4	65	56
5	61	59
6	59	58
รวม	355	349

กำหนดให้

ให้ X แทนจำนวนชิ้นงานที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

ให้ N แทนจำนวนชิ้นงานที่ทำการทดลอง

ให้ P_1 แทนสัดส่วนของเสียก่อนมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release

ให้ P_2 แทนสัดส่วนของเสียหลังมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

$$H_0: P_1 \leq P_2 \text{ หรือ } P_1 - P_2 \leq 0$$

$$\text{หรือ } H_1: P_1 > P_2 \text{ หรือ } P_1 - P_2 > 0$$

ขั้นที่ 2 คำนวณค่าสถิติทดสอบด้วยโปรแกรม Mini-Tab

ตารางที่ 4-9 ผลการทดสอบสมมติฐานการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่น
น้ำยา Mold release

Operation	X	n	%
Old	355	442	0.803167
New	349	448	0.779018

Difference = $P_1 - P_2$

Estimate for difference: 0.0241496

Test for difference = 0 (vs > 0): $Z = 0.89$ P-Value = 0.211

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สร้างเขตปฏิเสธ H_0

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า P-Value < 0.05

สรุปผลการทดสอบ

เนื่องจาก P-Value = 0.211 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release ในการฉีดโฟมไม่มี ส่วนช่วยในการลดการเกิดชิ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้นงาน L01 ที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05 ซึ่งในปัจจุบันพนักงานได้ทำการฉีดน้ำยาก่อนที่จะทำการฉีดโฟมลงบนผิวแม่พิมพ์ แต่ไม่มีการกำหนดปริมาณให้ชัดเจนและเป็นมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปัญหาจากการมีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ

การออกแบบแม่พิมพ์ในการฉีดโฟมสำหรับเบาะรถยนต์โดยปกติจะมีการออกแบบ แม่พิมพ์ให้ระบบระบายแบบอัตโนมัติ หรือที่เรียกว่า Auto air vent ซึ่งในการออกแบบแม่พิมพ์ จะต้องออกแบบให้มีพื้นที่สำหรับติดตั้งระบบระบายอากาศให้เหมาะสมกับขนาดของแม่พิมพ์ นั้น ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของโฟม สำหรับโฟมบางชนิดอาจไม่จำเป็นต้องมีระบบระบายอากาศแบบ อัตโนมัติขึ้นอยู่กับนำไปใช้งานของโฟมชนิดนั้นในการติดตั้งระบบระบายอากาศจะทำให้ผิว ของชิ้นงานเป็นรอยยุบ่นจากการทำงานของระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติ ในกรณีที่ผิวชิ้นงาน

เป็นด้าน A-surface หรือด้านที่เราสัมผัสได้ จำเป็นต้องมีการแต่งผิวของโพนก่อนที่จะนำไปใช้งาน โดยการเจียรนัย รอยยุบย่นที่ผิวของโพนนั้นสำหรับแม่พิมพ์ของชิ้น L01 จากการตรวจสอบเบื้องต้น พบว่ามีระบบระบายแบบอัตโนมัติจำนวน 4 จุด (วงกลมสีแดง) และจากการตรวจสอบพื้นที่ในการติดตั้งระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติเพิ่ม พบว่าพื้นที่ของแม่พิมพ์ที่เป็นชิ้นส่วนแม่พิมพ์ด้านบน สามารถที่จะติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มได้โดยมีพื้นที่ที่สามารถติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม 3 จุด (วงกลมสีเขียว) ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานทำการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม (วงกลมสีเขียว) เป็นการติดตั้ง Auto air vent เพิ่มเติม ดังแสดงในภาพที่ 4-12



ก่อนปรับปรุง



หลังปรับปรุง

ภาพที่ 4-12 แม่พิมพ์สำหรับโพน L01 ก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศอัตโนมัติเพิ่ม

แนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาหระบระบายอากาศไม่เพียงพอ จะทำการเก็บข้อมูล ชื้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร จำนวน 6 กะ (กะทำงานเช้า) หลังจากการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจำนวน 3 จุด ไปเปรียบกับข้อมูลก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มในแม่พิมพ์ของชื้นงาน L01 ตามตารางที่ 4-1 เพื่อหาค่า P-Value ในการทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ 4-10 ชื้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มในแม่พิมพ์จำนวน 3 จุด

กะทำงาน (เช้า)	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	ชื้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม. (ชิ้น)	งานเสีย (ชิ้น)	ชื้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม. (ชิ้น)
1	79	42	1	53.16
2	89	48	1	53.93
3	75	42	1	56.0
4	88	47	1	53.41
5	84	46	0	54.76
6	82	44	1	54.12
รวม	497	269	5	54.12

จากข้อมูลในตารางที่ 4-11 เป็นการเก็บข้อมูลการผลิตโฟมและการเกิดชื้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจำนวน 3 จุด ทั้งหมด 6 กะ (กะทำงานเช้า) มีปริมาณการผลิตโฟมทั้งหมด 497 ชิ้น และชื้นงานเกิดเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 269 ชิ้น คิดเป็นอัตราการเกิดชื้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 54.12%

เพื่อให้เห็นความแตกต่างก่อนและหลังการปรับปรุงในการทดลองการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจำนวน 3 จุด ทางผู้ดำเนินงานได้กำหนดการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ที่ 55-57 °C ซึ่งเป็นค่าปัจจุบันในการกำหนดการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ และการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานในการฉีดพ่นน้ำยา Mold release ใช้วิธีการแบบเดิมก่อนที่จะมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานหลังจากมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจำนวน 3 จุด เกิดชื้นงานเป็นของเสียทั้งหมด 5 ชิ้น คิดเป็น 1.0% โดยชื้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

1. Foam deform ชีงงานไม่ได้รูปร่าง 3 ชีง

2. Short mold ชีงงานฉีดไม่เต็ม 2 ชีง

สามารถสรุปได้ว่าหลังจากการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มสามารถลดปริมาณการเกิด ชีงงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลงได้และไม่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น

ดังนั้นผู้ดำเนินงานจึงทำการทดสอบความแตกต่างก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบาย อากาศเพิ่มโดยการทดสอบชีงงาน L01 หลังจากมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจะมีส่วนช่วย ในการลดการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ได้หรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การเปรียบเทียบการเกิดชีงงานเป็นหลุมก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 การเปรียบเทียบการเกิดชีงงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังกา ติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม

กะทำงาน (เข้า)	ชีงงาน L01 เป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	X_{1i}	X_{2i}
1	54	42
2	62	48
3	54	42
4	65	47
5	61	46
6	59	44
รวม	355	269

กำหนดให้

ให้ X แทนจำนวนชีงงานที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร

ให้ N แทนจำนวนชีงงานที่ทำการทดลอง

ให้ P_1 แทนสัดส่วนของเสียเมื่อไม่มีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม

ให้ P_2 แทนสัดส่วนของเสียเมื่อมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

$$H_0: P_1 \leq P_2 \text{ หรือ } P_1 - P_2 \leq 0$$

หรือ $H_1: P_1 > P_2$ หรือ $P_1 - P_2 > 0$

ขั้นที่ 2 คำนวณค่าสถิติทดสอบด้วยโปรแกรม Mini-Tab

ตารางที่ 4-12 ผลการทดสอบสมมติฐานการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่ม

Sample	X	n	%
1	355	442	0.803167
2	269	497	0.541247

Difference = $P_1 - P_2$

Estimate for difference: 0.261920

Test for difference = 0 (vs > 0): $Z = 8.95$ $P\text{-Value} = 0$

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สร้างเขตปฏิเสธ H_0

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $P\text{-Value} < 0.05$

สรุปผลการทดสอบ

เนื่องจาก $P\text{-Value} = 0$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจำนวน 3 จุด มีส่วนช่วยในการลดการเกิดชื้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้นงาน L01 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นสันนิษฐานได้ว่าการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มสามารถช่วยลดการเกิดชื้นงานเป็นหลุม มีความเป็นไปได้ว่าการระบายอากาศผ่านระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติทำให้อากาศภายในแม่พิมพ์ระบายได้ดียิ่งขึ้น จุดที่มีการติดตั้งระบบระบายอากาศมีความเหมาะสมกับการระบายอากาศแม่พิมพ์ของชิ้นงาน L01 ส่งผลให้การเกิดชื้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลดลงได้อย่างชัดเจน

การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดบ้างที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถสรุปการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 3 ปัจจัยได้ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 3 ปัจจัย

สมมติฐาน	การทดลอง	ผลลัพธ์
การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	ทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ทั้ง 3 ระดับ ระดับที่ 1 อยู่ที่ 58-60 °C ระดับที่ 2 อยู่ที่ 61-63 °C ระดับที่ 3 อยู่ที่ 64-66 °C	อุณหภูมิของแม่พิมพ์มีผลต่อการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ
พนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ (Mold release) ปริมาณไม่เท่ากัน	1. กำหนดให้พนักงานทำการฉีดน้ำยาบนแม่พิมพ์ ด้วยบนตามทิศทางของลูกศรที่กำหนดไว้ 2. กำหนดให้พนักงานทำการฉีดน้ำยาบนแม่พิมพ์ ด้วยกลางตามทิศทางของลูกศร โดยเริ่มที่ด้านซ้ายมือไปหาขวามือของแม่พิมพ์ และตรงที่เป็นเส้นประให้เอียงหัวฉีดเล็กน้อย 3. กำหนดให้พนักงานทำการฉีดน้ำยาบนแม่พิมพ์ ด้วยล่างตามทิศทางของลูกศร โดยเริ่มที่ด้านซ้ายมือไปด้านขวามือของแม่พิมพ์	พนักงานฉีดน้ำยา (Mold release) ปริมาณไม่เท่ากัน ไม่มีผลต่อการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

สมมติฐาน	การทดลอง	ผลลัพธ์
พนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ (Mold release) ปริมาณ ไม่เท่ากัน	4. กำหนดระยะห่างในการฉีดพ่นน้ำยาแม่พิมพ์อยู่ที่ประมาณ 15-20 ซม. 5. กำหนดปริมาณน้ำยา Mold release ที่ฉีดในแต่ละครั้งอยู่ที่ 4-5 มิลลิลิตร โดยการกำหนดเวลาในการฉีดน้ำยาเท่ากับ 5 วินาทีต่อการฉีดน้ำยาในแต่ละครั้ง	
ระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ (Auto air vent)	การติดตั้งระบบระบายอากาศอัตโนมัติ (Auto air vent) ที่แม่พิมพ์เพิ่มจำนวน 3 จุด	การติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มเติมที่แม่พิมพ์มีผลต่อการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อมูลสมมติฐานการทดลองและผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-13 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์มีผลต่อการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ระดับ 58-60 °C คือ ระดับอุณหภูมิที่ดีที่สุดดังแสดงในตารางที่ 4-2

2. การกำหนดวิธีการปฏิบัติงานในการฉีดน้ำยา (Mold release) ไม่มีผลต่อการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามได้ทำการเปลี่ยนแปลงวิธีปฏิบัติงานในการฉีดน้ำยาเป็นวิธีการใหม่ซึ่งมีมาตรฐานมากกว่าวิธีการเดิม

3. การติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจำนวน 3 จุด มีส่วนช่วยในการลดการเกิดชิ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ การติดตั้งระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติบนแม่พิมพ์จากเดิม 4 จุดเป็น 7 จุด ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในสมมติฐานนี้มีค่าเฉลี่ยในการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ดีที่สุดดังแสดงในตารางที่ 4-10

ขั้นตอนการปรับปรุง (IMPROVEMENT PHASE)

หลังจากผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ส่งผลให้เกิดปัญหาการขึ้น L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัย ที่ทางผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์มีส่วนทำให้เกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละปัจจัยมี อัตราการเกิดที่ไม่เท่ากัน จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัย สามารถที่จะลดการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานได้กำหนดแนวทางในการปรับปรุงดังนี้

ตารางที่ 4-14 การกำหนดค่าของแต่ละปัจจัยในการปรับปรุงตัวแปรในการทดลอง

ปัจจัย	ค่าปัจจุบัน	ค่าการปรับปรุง
การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	55-57 °C	58-60 °C
พนักงานฉีดน้ำยาแม่พิมพ์ (Mold release) ปริมาณไม่เท่ากัน	ไม่มีการกำหนดปริมาณน้ำยา	กำหนดวิธีการฉีดน้ำยา ปริมาณน้ำยา 4-5 มิลลิตร โดยการกำหนดเวลาในการฉีดน้ำยา เท่ากับ 5 วินาทีต่อการฉีดน้ำยา ในแต่ละครั้ง
ระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ ไม่เพียงพอ (Auto air vent)	ระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติ 4 จุด	ระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติ 7 จุด

เมื่อได้แนวทางการแก้ไขและปรับปรุง ผู้วิจัยและทีมงานเห็นชอบร่วมกันในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดขึ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร โดยกำหนดค่าการปรับปรุงของแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 4-14 โดยจะเริ่มทำการปรับปรุงตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2559 และจะเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบปัญหาการเกิดขึ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลังการปรับ โดยจะนำข้อมูลหลังการปรับปรุงไปเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุงในตารางที่ 4-1 การเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของขึ้นงาน L01 ในช่วงวันที่ 26 ตุลาคม-31 ตุลาคม 2558

ตารางที่ 4-15 ชี้นงาน L01 เป็นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรหลังการปรับปรุง ในช่วงวันที่ 9 มกราคม-15 มกราคม 2559

กะทำงาน (เช้า)	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	ชี้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม. (ชิ้น)	งานเสีย (ชิ้น)	ชี้นงานเป็นหลุม >10 ม.ม. (%)
1	85	26	1	30.59
2	84	26	1	30.95
3	72	22	0	30.56
4	71	22	0	30.99
5	76	24	1	31.58
6	85	27	0	31.76
รวม	473	147	3	31.08

เมื่อนำข้อมูลการเกิดชี้น L01 เป็นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังการปรับปรุง มาเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุงสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบชี้นงาน L01 เป็นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อนและหลัง การปรับปรุง

	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	ชี้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม. (ชิ้น)	ชี้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม. (%)	ของเสีย (%)
ก่อนปรับปรุง	442	355	80.32	1.58
หลังปรับปรุง	473	147	31.08	0.63

จากข้อมูลในตารางที่ 4-15 และตารางที่ 4-16 เป็นการเก็บข้อมูลการผลิตโฟมและการเกิดชี้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากมีการทดลองปรับปรุงปัจจัย ทั้ง 3 ปัจจัย ที่ส่งผลต่อการเกิดชี้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร โดยตารางที่ 4-15 เป็นการเก็บข้อมูลทั้งหมด

6 กะ (กะทำงานเช้า) มีปริมาณการผลิตโฟมทั้งหมด 473 ชิ้น และชิ้นงานเกิดเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 147 ชิ้น คิดเป็นอัตราการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 31.08% การเกิดของเสียหลังจากมีการทดลองปรับปรุงปัจจัย ทั้ง 3 ปัจจัย เกิดชิ้นงานเป็นของเสีย ทั้งหมด 3 ชิ้น คิดเป็น 0.63% โดยชิ้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

1. Foam deform ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง 1 ชิ้น
2. Short mold ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม 2 ชิ้น

สามารถสรุปได้ว่าหลังจากการปรับปรุงปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย สามารถลดปริมาณการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ลงได้และไม่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น โดยสามารถเปรียบเทียบข้อมูลก่อนการปรับและหลังการปรับปรุงดังตารางที่ 4-16 การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตรก่อนการปรับปรุงคิดเป็น 80.32% การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังการปรับปรุงคิดเป็น 31.08% โดยสามารถคิดเป็นสัดส่วนการลดเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร ลดลงจากเดิมก่อนการปรับเท่ากับ 50.24%

ขั้นตอนการควบคุม (CONTROL PHASE)

ในขั้นตอนการควบคุมการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการทดลองการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานและการปรับการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร โดยผลจากการทดลองส่งผลทำให้การเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 31.08% ซึ่งสามารถลดการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ลดลงจากเดิมก่อนการปรับปรุง 50.24%

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานต้องการที่จะควบคุมตัวแปรและปัจจัยให้อยู่ภายใต้การควบคุม หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีการกำหนดตัวแปรและปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 การกำหนดค่าการควบคุมหลังการปรับปรุง

ปัจจัย	ค่าการควบคุมใหม่
การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์	58-60 °C
ปริมาณน้ำยา (Mold release)	4-5 มิลลิเมตร ต่อครั้ง 5 วินาที
เวลาในการฉีด	กำหนดวิธีการฉีดพ่นน้ำยา
วิธีการปฏิบัติงาน	ดังภาพที่ 4-10 และภาพที่ 4-11
ระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติของแม่พิมพ์ (Auto air vent)	ติดตั้งระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติเพิ่มเติม 3 จุด บนแม่พิมพ์ของชิ้นงาน L01 ดังภาพที่ 4-12

จากตารางที่ 4-17 สามารถอธิบายได้ดังนี้การกำหนดค่าควบคุมใหม่ในการควบคุม

1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์กำหนดให้มีการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ทุก ๆ

4 ชั่วโมง ทั้งกะทำงานเช้าและกะทำงานดึก การตรวจสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์แสดงดังภาพที่ 4-12





Visual Management

สำหรับ () อธิบายจุด กับ ไม่จุด ✓ ขยายความการประกอบ () อธิบาย Option () อื่นๆ



ข้อกำหนดในการตรวจสอบอุณหภูมิ Mold



รายละเอียดการปฏิบัติงาน

1. ให้ทำการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ทุกๆ 4 ชั่วโมง และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบและบันทึก
2. อุปกรณ์ในการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ต้องใช้มีเทอร์มิดอุณหภูมิเท่านั้น

จุดสำคัญด้านคุณภาพ

1. อุณหภูมิแม่พิมพ์อยู่ที่ 58-60 °C.

เหตุผล

ถ้าอุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่อยู่ในระดับที่ควบคุม จะส่งผลต่อการเกิดของเสียและงานซ่อมในกระบวนการผลิตโฟมเกินกว่าค่าที่บริษัทกำหนด





ตรวจสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์ทุก 4 ชั่วโมง

Customer : JSI Program : C346 Product : Rear Seat Cushion & Back Running no. : JSI-MFG-FOAM-C346-003 Refer ODS no. : JSI-MFG-ODS-ALL-LARGE FOAM-002		
Issue by	Check by	Approve (Op.Mgr)

ภาพที่ 4-13 การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน Visual management ในการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์


2. การกำหนดปริมาณน้ำยา Mold release ในการฉีดต่อครั้ง 4-5 มิลลิลิตรโดยการกำหนดเวลาในการฉีดที่ 5 วินาทีในการฉีดหนึ่งครั้งแสดงดังภาพที่ 4-9 และภาพที่ 4-10 ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยกำหนดเป็น Visual management ดังแสดงในภาพที่ 4-14





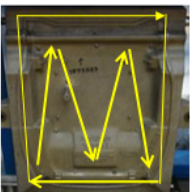
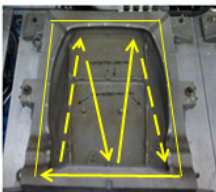
Visual Management

สำหรับ () อธิบายจุด กับ ไม่จุด (✓) ขยายความการประกอบ () อธิบาย Option () อื่นๆ

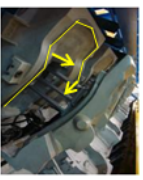
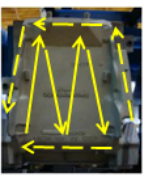
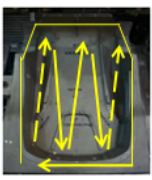


ข้อกำหนดในการฉีดน้ำยา Mold Release

Front Seat Cushion





Front Seat Back

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

1. ให้ทำการ Release Upper Mold ตามทิศทางของลูกศร
2. ให้ทำการ Release Middle Mold ตามทิศทางของลูกศร โดยเริ่มที่ด้านข้างของ Mold ก่อน (ที่เป็นเส้นประให้เอียงหัวฉีดเล็กน้อย)
3. ให้ทำการ Release Lower Mold ตามทิศทางของลูกศร โดยเริ่มที่ขอบ Mold ก่อน (ที่เป็นเส้นประให้เอียงหัวฉีดเล็กน้อย)



1.จะต้องไม่ ท่นน้ำยามากเกินไป จนผิว Mold เปียกชื้น หรือมีไอน้ำเกาะ

จุดสำคัญด้านคุณภาพ

ระยะห่างในการฉีดพ่น Release นั้น อยู่ที่ประมาณ 15-20 ซม.เวลาประมาณ 5 วินาที

เหตุผล

ถ้าระยะในการฉีดพ่นไม่พอดี จะทำให้ชิ้นงานที่ออกมาไม่ได้คุณภาพ เช่น มีโฟมติดอยู่ที่ผิวแม่พิมพ์ หรือตัวโฟมจะมีลักษณะคล้ายเปียกน้ำ กลายเป็นงานเสีย

Customer : JSI
 Program : C346
 Product : Front Seat Back & Cushion
 Running no. : JSI-MFG-FOAM-C346-004
 Refer ODS no. : JSI-MFG-ODS-ALL-LARGE FOAM-002

Issue by	Check by	Approve (Op.Mgr)
----------	----------	------------------

ภาพที่ 4-14 การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน Visual management ในการฉีดน้ำยา Mold release

3. การกำหนดระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติกำหนดให้มีการติดตั้งระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ L01 จำนวน 4 แม่พิมพ์ ทำการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจากเดิม 4 จุด ให้ติดตั้งเพิ่มเป็น 7 จุด แสดงดังภาพที่ 4-15





Visual Management

สำหรับ () อธิบายจุด กับ ไม่จุด ✓ ขยายความการประกอบ () อธิบาย Option () อื่นๆ



ข้อกำหนดในการติดตั้งระบบระบายอากาศ Auto Air Vent



รายละเอียดการปฏิบัติงาน

1. ทำความสะอาด Auto Air Vent เมื่อมีเศษโฟมติดหรืออุดตัน
2. พนักงานต้องตรวจสอบการทำงานของ Auto Air Vent ว่าทำงานได้ไม่ช้าหรือเสียหาย

จุดสำคัญด้านคุณภาพ

1. Auto Air Vent ทั้งหมดบนแม่พิมพ์ L01 เท่ากับ 7 จุด

เหตุผล

แม่พิมพ์ที่ไม่ติดตั้ง Auto Air Vent เพิ่มจำนวน 3 จุด จะส่งผลต่อการเกิดของเสียและงานซ่อมในกระบวนการผลิตโฟมเกินกว่าค่าที่บริษัทกำหนด



Mold L01 ติดติดตั้งเพิ่ม Auto Air Vent 3 จุด

Customer : JSI
Program : C346
Product : Rear Seat Cushion & Back
Running no. : JSI-MFG-FOAM-C346-003
Refer ODS no. : JSI-MFG-ODS-ALL-LARGE FOAM-002

Issue by

Check by

Approve (Op.Mgr)

ภาพที่ 4-15 การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน Visual management ในการตรวจสอบ Auto air vent

จากการกำหนดการควบคุมตัวแปรและปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-16 สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อทำการควบคุมโดยทางผู้วิจัยได้นำเอาแผนภูมิควบคุม (Control chart) มาใช้ในการควบคุมและติดตามผลชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังการปรับปรุง ใช้ข้อมูลจากการผลิตหลังการปรับปรุงทุกกะการทำงานของการผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยแต่ละกะการทำงาน พนักงาน QC ต้องตรวจสอบชิ้นงานทุกตัวและบันทึกการเกิดขึ้นเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร นำข้อมูลที่วัดได้ในแต่ละกะการผลิตมาทำการเปรียบเทียบการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร โดยใช้แผนภูมิควบคุมคุณภาพเพื่อใช้ในการเฝ้าระวังการตรวจติดตามความผิดปกติ รวมถึงความผันแปรของกระบวนการที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิตของชิ้นงาน L01 จากข้อมูลการตรวจสอบการเกิดขึ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรทั้งหมด 15 กะ กะทำงานเช้า 8 กะ และกะทำงานเย็น 7 กะ สามารถแสดงจำนวนการผลิตชิ้นงาน L01 และการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 ชี้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังการปรับปรุง ในช่วงวันที่ 9 มกราคม-17 มกราคม ปี พ.ศ. 2559

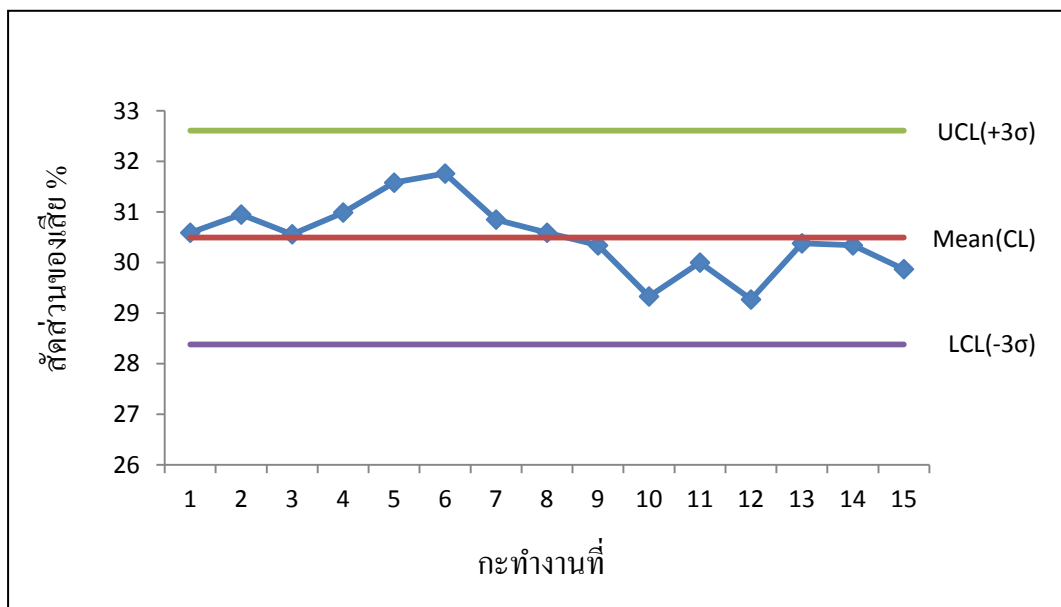
กะทำงาน	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	ชี้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม. (ชิ้น)	งานเสีย (ชิ้น)	(%) ชี้นงานเป็นหลุม > 10 ม.ม.
1	85	26	1	30.59
2	84	26	1	30.95
3	72	22	0	30.56
4	71	22	0	30.99
5	76	24	1	31.58
6	85	27	0	31.76
7	94	29	2	30.85
8	85	26	0	30.59
9	89	27	0	30.34
10	75	22	1	29.33
11	70	21	0	30.00
12	82	24	1	29.27
13	79	24	1	30.38
14	89	27	0	30.34
15	77	23	0	29.87
รวม	1,213	370	8	-
เฉลี่ย	80	24.7	1	30.50

จากข้อมูลในตารางที่ 4-18 เป็นการเก็บข้อมูลการผลิตโฟมและการเกิดชี้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากมีการควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ตามการกำหนดการควบคุมใหม่ ข้อมูลการผลิตทั้งหมด 15 กะ มีปริมาณการผลิตโฟมทั้งหมด 1,213 ชิ้น และชี้นงานเกิดเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรทั้งหมดจำนวน 370 ชิ้น คิดเป็นอัตราการเกิดชี้นงานเป็นหลุมขนาด

มากกว่า 10 มิลลิเมตร 30.50% เกิดขึ้นงานเป็นของเสียทั้งหมด 8 ชิ้น คิดเป็น 0.65% โดยชิ้นงานที่เป็นของเสียมีดังนี้

1. Foam deform ชิ้นงานไม่ได้รูปร่าง 3 ชิ้น
2. Short mold ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม 2 ชิ้น
3. Non-woven collapse ฝักรองด้านหลัง พับ และหดตัว 2 ชิ้น
4. Peeling skin ชิ้นงานผิวลอก 1 ชิ้น

จากข้อมูลในตารางที่ 4-18 สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพ (Quality control chart) เพื่อตรวจสอบว่าการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้นงาน L01 อยู่ในกระบวนการควบคุมหรือไม่ จากการคำนวณโดยโปรแกรม Excel จะได้ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร เท่ากับ 30.50% (Mean CL) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เท่ากับ 0.7% หลังจากนั้นนำค่าเฉลี่ยของสัดส่วนในการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาสร้างค่าควบคุมบน (UCL+3 σ) ได้ค่าควบคุมบนเท่ากับ 32.60% และค่าควบคุมล่าง (LCL-3 σ) ได้ค่าเท่ากับ 28.38% ข้อมูลที่ได้มีความเชื่อมั่นที่ 99.73% ดังแสดงในภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4-16 แผนภูมิควบคุมคุณภาพสัดส่วนการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังทำการปรับปรุง

จากภาพที่ 4-14 แสดงให้เห็นว่าหลังการปรับปรุงและควบคุมการเกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของแต่ละกะการทำงานนั้นจะพบมีค่าเฉลี่ยการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร เท่ากับ 30.50% ในกรณีที่ชิ้นงานออกจากเส้นควบคุมหมายความว่าอาจมีปัจจัยหรือสาเหตุหลักมีความบกพร่องหรือผิดปกติ ซึ่งสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การปฏิบัติงานของพนักงานในช่วงเวลานั้น ๆ การตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์หรือปัจจัยอื่นที่ส่งผลให้เกิดค่าความผันแปรระหว่างตัวชิ้นงาน หากต้องการทราบสาเหตุที่แท้จริงต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ผู้วิจัยและทีมงานพิจารณาข้อมูลจากการควบคุมการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรให้อยู่ในค่าที่ลดเป็นที่น่าพอใจแล้ว

โดยจะเห็นว่าเมื่อสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพ แสดงดังภาพที่ 4-16 พบว่าไม่มีข้อมูลใดตกนอกขอบเขตการควบคุม แสดงว่าการควบคุมตัวแปรและปัจจัยหลังการปรับปรุงการเกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.73%

วิเคราะห์สรุปเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุง

จากการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดปริมาณการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ของชิ้น L01 ลดลงได้และไม่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำข้อมูลชิ้นงานซ่อมแซมในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุงโดยชิ้นงานที่ทำการซ่อมแซมคิดเป็น 89.20% และชิ้นงานที่เป็นของเสียคิดเป็น 1.60% ของการผลิตในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 โดยจะนำข้อมูลหลังการปรับปรุงในเดือนมกราคม-เดือนเมษายน มาทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต้นทุนที่สามารถลดลงได้หลังการปรับปรุงดังตารางที่ 4-19 และการปรับปรุงกระบวนการผลิตโฟม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง Auto air vent เพิ่มเติมในแม่พิมพ์ ของชิ้นงาน L01 แต่ละตัวจำนวน 3 จุด ซึ่งมีแม่พิมพ์ทั้งหมดจำนวน 2 ตัว ซึ่งสามารถแสดงต้นทุนในการติดตั้ง Auto air vent ในตารางที่ 4-20

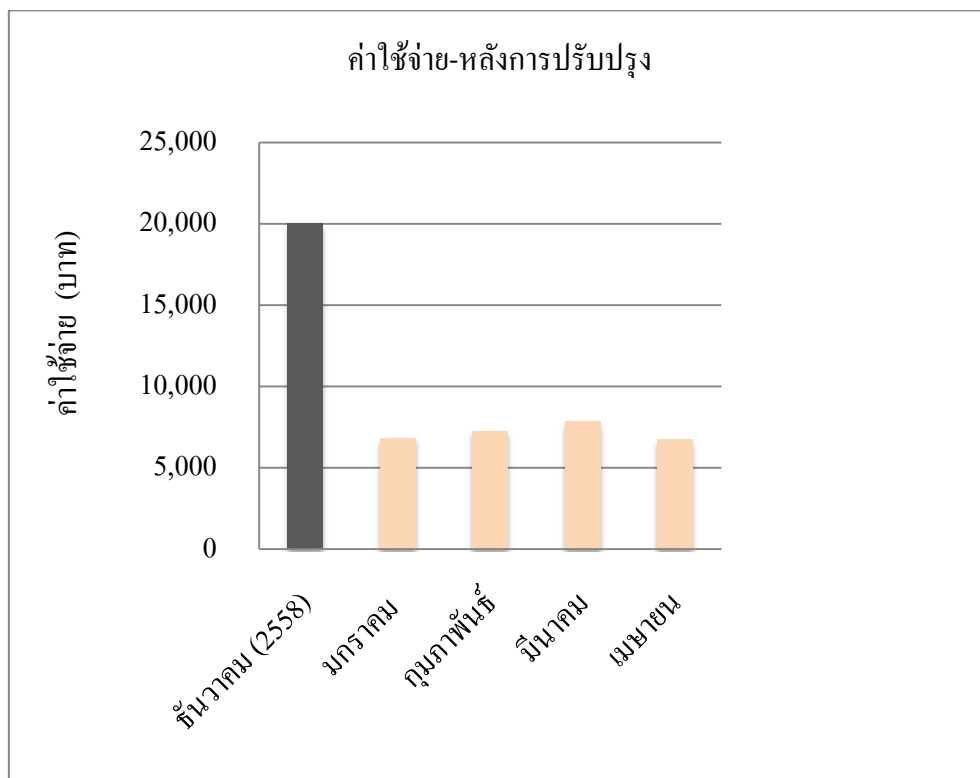
ตารางที่ 4-19 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายหลังการปรับปรุง

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อน-หลังการปรับปรุงของชิ้นงาน L01 ในช่วงเดือน มกราคม-เมษายน 2559						
เดือน	จำนวน การผลิต	ของเสีย (ชิ้น)	งาน ซ่อมแซม (ชิ้น)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ลดได้ (บาท)	
ก่อนการ ปรับปรุง	ธันวาคม (2558)	4,267	68	3,806	20,046	-
	มกราคม	3,789	25	1,156	6,840	13,207
หลังการ ปรับปรุง	กุมภาพันธ์	4,587	24	1,431	7,266	12,780
	มีนาคม	4,869	27	1,466	7,861	12,185
	เมษายน	3,965	24	1,203	6,769	13,277

ตารางที่ 4-20 ค่าใช้จ่ายในติดตั้ง Auto air vent

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง Auto air vent			
		แม่พิมพ์ 1	แม่พิมพ์ 2
ค่าแรงในการติดตั้ง	2,500	2,500	2,500
ค่าอุปกรณ์และระบบ Auto air vent	2300x3	6,900	6,900
รวม			18,800

จากข้อมูลในตารางที่ 4-19 สามารถสร้างกราฟแสดงต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุง
ดังภาพที่ 4-17



ภาพที่ 4-17 แผนภูมิแสดงค่าใช้จ่ายหลังทำการปรับปรุงในเดือนมกราคม-เมษายน พ.ศ. 2559

จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตโฟมในครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการดำเนินงานอยู่ที่ 18,800 บาท เป็นค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง Auto air vent ซึ่งหลังจากมีการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนจากการซ่อมแซมชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร และงานเสียจากกระบวนการผลิตโฟม

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุงในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 มีต้นทุนในการซ่อมแซมชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร เท่ากับ 20,046 บาท เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง และในเดือนมกราคมหลังการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนได้ เท่ากับ 13,207 บาท เดือนกุมภาพันธ์ลดต้นทุนได้ 12,780 บาท เดือนมีนาคมลดต้นทุนได้ 12,185 บาท และเดือนเมษายนลดต้นทุนได้ 13,277 บาท และสามารถลดต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือนได้ เท่ากับ 12,862 บาทต่อเดือน ซึ่งสามารถลดต้นทุนของเสียและงานซ่อมแซมได้คิดเป็น 64.14%

บทที่ 5

การสรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในหัวข้อการลดปริมาณของเสียและงานซ่อมแซมในกระบวนการผลิตโฟม สำหรับเบาะรถยนต์ผู้วิจัยได้นำหลักการ DMAIC ของกระบวนการซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวทางทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์ในโรงงานตัวอย่าง พบว่าระบบการผลิตโฟมใช้ระบบ Turn table mold การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการที่จะลดปริมาณของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมที่เกิดจากกระบวนการ โฟมในปัจจุบัน ผู้วิจัยทำการพิจารณาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์โดยทำการวิเคราะห์กระบวนการหรือวิธีการที่ส่งผลทำให้เกิดของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียและงานซ่อมแซมในกระบวนการผลิตโฟมสำหรับเบาะรถยนต์ โดยเริ่มจากการระบุปัญหาเพื่อนำมาทำการแก้ไข และ ใช้แผนภูมิ Pareto มาทำการจำแนกประเภท ลักษณะ และอาการของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยพบว่าชิ้นงาน L01 เป็นชิ้นงานที่ต้นทุนของเสียและงานซ่อมแซมมากที่สุด ซึ่งปัญหาที่พบมากที่สุดและทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุดคือ ชิ้นงานที่เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตาม 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Define phase)

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดของเสียและการซ่อมแซมในช่วงเดือน มีนาคม-เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 โดยแบ่งตามประเภท และคิดเป็นต้นทุนเพื่อหาเป้าหมายที่จะใช้ในการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ว่าชิ้นงานที่มีต้นทุนของเสียและการซ่อมแซมมากที่สุดคือ ชิ้นงาน L01 โดยมีต้นทุนในการซ่อมแซมชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง และผู้วิจัยเลือกปัญหาชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร เพื่อดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง

2. การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measurement phase)

ในขั้นตอนการวัดผู้วิจัยและทีมงานทำการรวบรวมปัญหาซึ่งคาดว่าจะจะเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร โดยการพิจารณาปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าจะส่งกระทบต่อการเกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร จากกระบวนการในปัจจุบัน โดยการระดมสมอง (Brain storming) ของทีมงานทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะทำการค้นหาปัจจัยนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งหมด ที่สามารถทำให้เกิดปัญหาของเสีย ด้วยเครื่องมือ Cause and Effect diagram หรือแผนภูมิแก๊งปลาโดยการให้หลักการ 4M 1E จำแนกประเภทของสาเหตุและทำการประเมินตารางความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect metric) ซึ่งตารางความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล (Cause and Effect metric) จะช่วยกรองหาสาเหตุด้วยหลักการให้คะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและปัญหา เพื่อลดความซับซ้อนของการค้นหาสาเหตุ

จากข้อมูลที่ได้ทำให้พบว่าสาเหตุที่มีความสำคัญให้เกิดปัญหาชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ที่มีความสำคัญตามลำดับ ดังนี้

1. มีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ
2. การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
3. Turn table mold หมุนไม่สม่ำเสมอ
4. พนักงานฉีดน้ำยาโมลด์ Release ปริมาณไม่เท่ากัน
5. พนักงานไม่มีจุดสังเกต และระมัดระวังเป็นพิเศษ

หลังจากนั้นนำสาเหตุทั้ง 5 สาเหตุที่มีความสำคัญมาวิเคราะห์และพิจารณาหาสาเหตุหลักที่น่าจะส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดปัญหามากที่สุดด้วยหลักการพารโต พบว่ามี 3 สาเหตุคือ

1. สาเหตุจากการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
2. สาเหตุจากพนักงานฉีดน้ำยาโมลด์ Release ปริมาณไม่เท่ากัน
3. สาเหตุจากการมีระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ (Auto air vent)

ผู้วิจัยและทีมงานนำสาเหตุหลักทั้ง 3 สาเหตุ ทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3. การวิเคราะห์ (Analysis phase)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผู้ทำการวิจัยและทีมงานนำสาเหตุหลักทั้ง 3 สาเหตุมาทำการวิเคราะห์ โดยได้ทำการกำหนดตัวอย่างที่จะใช้ในการวิเคราะห์โดยการเก็บข้อมูลชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ซึ่งแบ่งตามกะการผลิต จำนวน 6 กะ (กะทำงานเช้า) ในช่วงวันที่ 26 ตุลาคม-31 ตุลาคม 2558 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดชิ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ผู้วิจัยใช้การทดสอบสมมติฐานแบบ

2 Proportions hypothesis test ซึ่งผู้วิจัยทำการทดสอบสมมติฐานในการหาค่า P-Value โดยการใช่ Program Mini-Tap ในการคำนวณหาค่า P-Value ทำการกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุหลักทั้ง 3 สาเหตุสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์มีผลต่อการเกิดหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญจากการวิเคราะห์อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการควบคุมแม่พิมพ์อยู่ที่อุณหภูมิ 58-60 °C

2. พนักงานฉีดน้ำยา Mold release ของพนักงานไม่มีผลต่อการเกิดหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ

3. การเพิ่มระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์จำนวน 3 จุด มีผลต่อการลดลงของหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ

4. การปรับปรุง (Improvement phase)

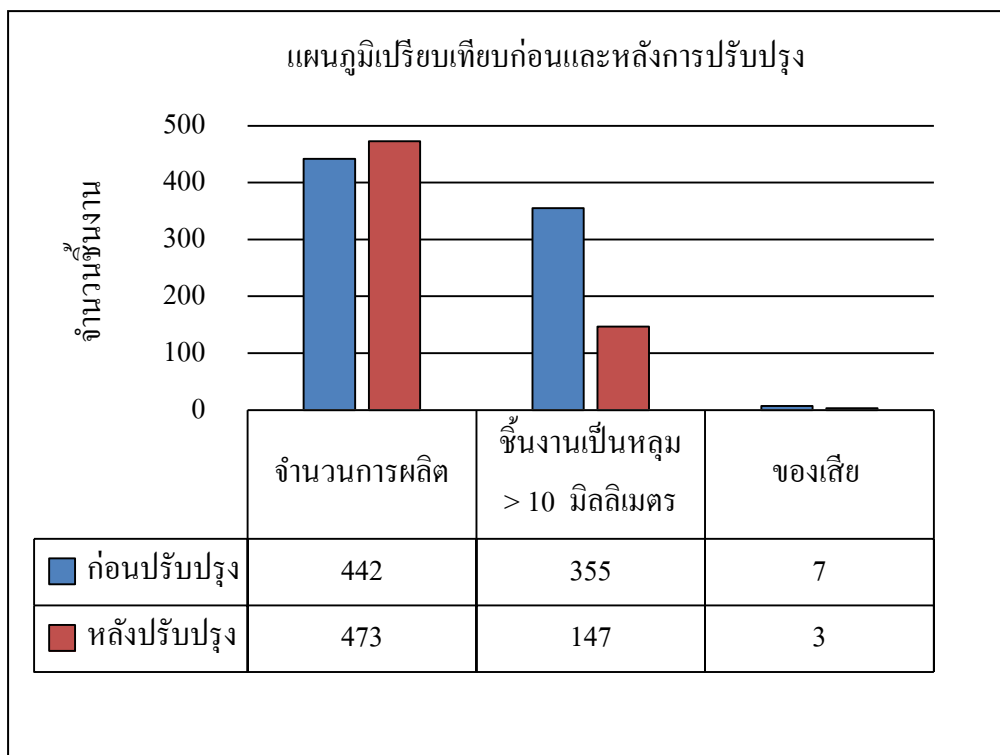
หลังจากผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ส่งผลให้เกิดปัญหาการขึ้น L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัย ที่ทางผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์มีส่วนทำให้เกิดขึ้นงาน L01 เป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการปรับปรุงสาเหตุทั้ง 3 สาเหตุพร้อม ๆ กัน เพื่อจะเป็นการยืนยันว่าการปรับปรุงทั้ง 3 สาเหตุ ไม่เกิดการขัดแย้งกันโดยมีการปรับปรุงดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 58-60 °C

2. ปริมาณน้ำยา Mold release 4-5 มิลลิลิตร ต่อครั้ง เวลาในการฉีดที่ 5 วินาทีต่อหนึ่งครั้งและกำหนดให้พนักงานปฏิบัติตามวิธีการฉีดพ่นน้ำยาแบบใหม่

3. ติดตั้งระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติเพิ่มจากเดิม 4 จุด เป็น 7 จุด

หลังจากการปรับปรุงปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย สามารถลดปริมาณการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลงได้และไม่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 6 กะ (กะทำงานเช้า) มีปริมาณการผลิตโฟมทั้งหมด 473 ชิ้น และขึ้นงานเกิดเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 147 ชิ้น คิดเป็นอัตราการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร 31.08% เปรียบเทียบการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรก่อนการปรับปรุงข้อมูลทั้งหมด 6 กะ (กะทำงานเช้า) มีปริมาณการผลิตโฟมทั้งหมด 442 ชิ้น และขึ้นงานเกิดเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 355 ชิ้น ดังแสดงในแผนภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 แผนภูมิเปรียบเทียบการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ก่อน-หลังปรับปรุง

5. การควบคุม (Control phase)

ในขั้นตอนการควบคุมการเกิดชิ้นงานเป็นหลุมมากกว่า 10 มิลลิเมตร หลังจากผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการทดลองปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน และการปรับปรุงปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ผลจากการทดลองส่งผลทำให้การเกิดชิ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรลดลงและไม่ส่งผลให้เกิดของเสียเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยและทีมงานได้จัดทำวิธีการปฏิบัติงานโดยกำหนดเป็น Visual management ดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 58-60 °C กำหนดให้มีการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ทุก ๆ 4 ชั่วโมง ทั้งกะทำงานเช้าและกะทำงานดึก
2. การควบคุมปริมาณน้ำยาโมลด์ Release กำหนดให้พนักงานฉีดน้ำยาโมลด์ Release 4-5 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยกำหนดเวลาในการฉีดที่ 5 วินาทีต่อหนึ่งครั้งและกำหนดให้พนักงานปฏิบัติตามวิธีการฉีดพ่นน้ำยาแบบใหม่

3. ระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติการกำหนดให้มีการติดตั้งระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติของแม่พิมพ์ L01 จำนวน 4 แม่พิมพ์ ทำการติดตั้งระบบระบายอากาศเพิ่มจากเดิม 4 จุดให้ติดตั้งเพิ่มเป็น 7 จุด

4. การควบคุมและติดตามการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร ด้วยการ ใช้แผนภูมิ (Control chart) ในการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อใช้ในการเฝ้าระวังการตรวจติดตามความผิดปกติ รวมถึงความผันแปรของกระบวนการที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิตโฟม สำหรับเบาะรถยนต์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการเกิดขึ้นงานเป็นหลุมขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรของชิ้นงาน L01 เท่านั้น ดังนั้นควรขยายผลศึกษาปัญหาการเกิดของเสียของชนิดอื่น ๆ ในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาด้วย

2. ควรมีการศึกษาระบบระบายอากาศแบบอัตโนมัติ (Auto air vent) ของแม่พิมพ์แต่ละตัวอย่างละเอียดตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ ขั้นตอนการทดลองการฉีดโฟมและทำการตรวจสอบระบบการทำงานของแม่พิมพ์ ก่อนที่จะทำการผลิตจำนวนมาก (Mass production)

3. การดำเนินการลดของเสียและชิ้นงานซ่อมแซมในกระบวนการผลิต โฟมสำหรับเบาะรถยนต์โดยเทคนิคซิกซ์ซิกม่า ทุกหน่วยงานในองค์กรที่เกี่ยวข้องควรมีความเข้าใจหลักการในเรื่องซิกซ์ซิกม่า DMAIC

4. ในการดำเนินการทดลองต้องใช้ชิ้นงานในการทดลองจำนวนมากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดถูกต้องและแม่นยำ ชิ้นงานที่ทำการทดลองจำเป็นต้องผลิตเพื่อส่งมอบให้สายการผลิตในปัจจุบันอาจจะส่งผลกระทบต่อสายการผลิตโฟม และส่งผลทำให้งานวิจัยล่าช้า ควรมีการวางแผนการดำเนินงานอย่างละเอียดและดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ทุกขั้นตอน

บรรณานุกรม

- การวิเคราะห์แผนภูมิแกงปลา. (2559). เข้าถึงได้จาก www.mairai.wordpress.com
- กราฟเส้น. (2559). เข้าถึงได้จาก www.truelookpanya.com
- การทดสอบสมมุติฐาน. (2559). เข้าถึงได้จาก www.nastocks.blogspot.com
- ชเนศ สัจจุติ. (2550). การลดของเสียในกระบวนการผลิตพอลิเมอร์ความร้อนโดยวิธีการ
ซิกส์ ซิกม่า. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม,
คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชนันต์ วงศ์เวียง. (2547). การเพิ่มประสิทธิภาพการสั่งซื้อชิ้นส่วนรถยนต์โดยใช้หลักการของ
ซิกส์ซิกม่า. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- รัชชัย ไชยดิษะ. (2554). การปรับปรุงกระบวนการย่ำสายไฟด้วยแนวคิดซิกส์ ซิกม่า.
งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม,
คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปรีชา พหลเทพ. (2546). พอลิเมอร์. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2521). การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ระดับคุณภาพของซิกส์ซิกม่า. (2559). เข้าถึงได้จาก www.leansixsigmadefinition.com
- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551). การควบคุมคุณภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สายชล สันสมบูรณ์ทอง. (2555). สถิติเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.
- สุภวรรณ ศรีวรรณ. (2554). การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะรถยนต์โดยการ
ประยุกต์ใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา
วิศวกรรมอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- อภิชาติ สถิติธรรม. (2555). การปรับปรุงคุณภาพในการผลิตตามแนวความคิดของซิกส์ ซิกม่า
กรณีศึกษา บริษัทชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ โดยหลักการ DMAIC. งานนิพนธ์บริหารธุรกิจ
มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเอกการจัดการทั่วไป, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลตารางเลขคู่

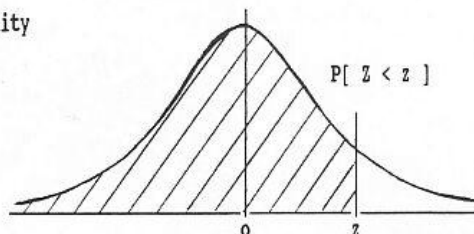
ตารางภาคผนวก ก-1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Z-Table)

STANDARD STATISTICAL TABLES

1. Areas under the Normal Distribution

The table gives the cumulative probability up to the standardised normal value z i.e.

$$P[Z < z] = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{1}{2}Z^2) dz$$



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5159	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7854
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8804	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9865	0.9868	0.9871	0.9874	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9980	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
z	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.70	3.80	3.90
P	0.9986	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางเป็นค่าความน่าจะเป็นซึ่งเขียนแทนด้วยส่วนที่เป็นเส้นตัดแสดงไว้ในรูปข้างบน

ตารางภาคผนวก ก-2 ค่าตัวคูณต่าง ๆ สำหรับแผนภูมิควบคุมคุณภาพ CONTROL CHART
CONSTANTS

Sample Size = m	X-bar Chart Constants		for sigma estimate		R Chart Constants		S Chart Constants	
	A ₂	A ₃	d ₂	D ₃	D ₄	B ₃	B ₄	
2	1.880	2.659	1.128	0	3.267	0	3.267	
3	1.023	1.954	1.693	0	2.574	0	2.568	
4	0.729	1.628	2.059	0	2.282	0	2.266	
5	0.577	1.427	2.326	0	2.114	0	2.089	
6	0.483	1.287	2.534	0	2.004	0.030	1.970	
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924	0.118	1.882	
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864	0.185	1.815	
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816	0.239	1.761	
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777	0.284	1.716	
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744	0.321	1.679	
12	0.266	0.886	3.258	0.283	1.717	0.354	1.646	
13	0.249	0.850	3.336	0.307	1.693	0.382	1.618	
14	0.235	0.817	3.407	0.328	1.672	0.406	1.594	
15	0.223	0.789	3.472	0.347	1.653	0.428	1.572	
16	0.212	0.763	3.532	0.363	1.637	0.448	1.552	
17	0.203	0.739	3.588	0.378	1.622	0.466	1.534	
18	0.194	0.718	3.640	0.391	1.608	0.482	1.518	
19	0.187	0.698	3.689	0.403	1.597	0.497	1.503	
20	0.180	0.680	3.735	0.415	1.585	0.510	1.490	
21	0.173	0.663	3.778	0.425	1.575	0.523	1.477	
22	0.167	0.647	3.819	0.434	1.566	0.534	1.466	
23	0.162	0.633	3.858	0.443	1.557	0.545	1.455	
24	0.157	0.619	3.895	0.451	1.548	0.555	1.445	
25	0.153	0.606	3.931	0.459	1.541	0.565	1.435	

Control chart constants for X-bar, R, S, Individuals (called "X" or "I" charts), and MR (Moving Range) Charts.

NOTES: To construct the "X" and "MR" charts (these are companions) we compute the Moving Ranges as:

R₂ = range of 1st and 2nd observations, R₃ = range of 2nd and 3rd observations, R₄ = range of 3rd and 4th observations, etc. with the "average" moving range or "MR-bar" being the average of these ranges with the "sample size" for each of these ranges being n = 2 since each is based on consecutive observations ... this should provide an estimated standard deviation (needed for the "I" chart) of

$$\sigma = (\text{MR-bar})/d_2 \text{ where the value of } d_2 \text{ is based on, as just stated, } m = 2.$$

Similarly, the UCL and LCL for the MR chart will be: UCL = D₄ (MR-bar) and LCL = D₃ (MR-bar)

But, since D₃ = 0 when n = 0 (or, more accurately, is "not applicable") there will be no LCL for the MR chart, just a UCL.