สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก

สถาพร บุญโพธิ์ทอง

31 ส.ค. 2559
365508 TH 6024523

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

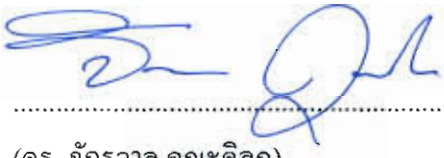
อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ สถาพร บุญโพธิ์ทอง ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

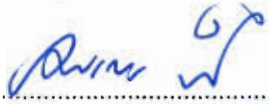
(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์



..... ประธาน

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)



..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

..... กรรมการ

(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 8 เดือน ธันวาคม พ.ศ 2556

ประกาศคุณูปการ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ได้กรุณาประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย รวมถึง ดร. จักรวาล คุณะดิลก อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา และ ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา กรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู สั่งสอน รวมถึงการให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย อีกทั้งยังเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัยได้เจริญรอยตาม และสำนึกถึงความกตัญญูกตเวทีต่อผู้มีพระคุณเสมอมา ขอขอบคุณหัวหน้างานในบริษัทที่ให้ความอนุเคราะห์ในข้อมูล และคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ที่ทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

สถาพร บุญโพธิ์ทอง

54920449: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: ระบบการตรวจสอบคุณภาพ/ กระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก/ แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

สถาพร บุญโพธิ์ทอง: การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก (AN IMPROVEMENT OF QUALITY INSPECTION SYSTEM IN A PLASTIC INJECTION PROCESS.) อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: ดร. จักรวาล คุณะดิลก, Ph.D. 73 หน้า. ปี พ.ศ. 2556.

งานนิพนธ์นี้เป็นการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก เพื่อบริหารกำลังคนให้เกิดประสิทธิภาพและลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้ต่ำกว่า 0.15% ปัญหาที่พบในระบบการตรวจสอบคุณภาพ คือ การตรวจสอบไม่พบปัญหาผลิตชิ้นงานผิดโมเดลตั้งแต่เริ่มการผลิต การตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตมีภาระงานมากเกินไป และแผนการสุ่มตรวจสอบที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพไม่สามารถตรวจจับของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำหลักการทางสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินถึงความสามารถของกระบวนการผลิต ประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ การดำเนินการแก้ไขได้มีการกำหนดเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจ (Master Sample) เพื่อช่วยในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานก่อนเริ่มการผลิต และปรับปรุงแผนการสุ่มตรวจสอบของระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตโดยอ้างอิงจากความสามารถของกระบวนการผลิต และข้อกำหนดของลูกค้าเพื่อลดภาระงานให้น้อยลง รวมทั้งปรับปรุงแผนการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับของการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งออกแบบโดยการลดความน่าจะเป็นในการยอมรับล็อตที่มีสัดส่วนของเสียสูง ผลจากการดำเนินการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนฉีดขึ้นรูปพลาสติก สามารถลดของเสียจากการผลิตชิ้นงานผิดโมเดล ปรับสมดุลของภาระงานในระบบการตรวจสอบ และระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ สามารถตรวจจับของเสียได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สามารถลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลงเหลือ 0.05%

54920449: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng.
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORDS: INSPECTION SYSTEM/ INJECTION PROCESS/ SAMPING PLAN
SATAPRON BOONPHOTHONG: AN IMPROVEMENT OF QUALITY INSPECTION SYSTEM IN A PLASTIC INJECTION PROCESS. ADVISOR: JAKRAWARN KUNADILOK, Ph.D., 73 P. 2013.

This research was to improve the quality inspection system in a plastic injection process. The objectives were to manage workforce efficiently and to reduce customer complaint rate to be less than 0.15%. The encountered problems occurred in three phases of the inspection system. First, operators were unable to detect nonconforming problems when producing unassigned parts before starting a mass production. Second, workloads of the in-process inspection were unbalanced comparing to the workloads of the other production stages. Third, the sampling plan for outgoing inspection was ineffective in terms of the defect detection ability. To solve these problems, the statistical techniques were applied to evaluate the process capability and performance of the sampling plan. Corrective actions were performed by using master sample parts for helping in decision and judgment of the operators during the first production part inspection. The sampling plan for in-process inspection was redesigned based on the process capability and the customer specification to reduce the workloads of the inspectors. The sampling plan for outgoing inspection was redesigned to decrease the accepting probability of the lots with high portion of defective. The results revealed that the numbers of producing the unassigned parts were decreased. The workloads between production and inspection were more balanced. The final inspection system was able to detect the nonconforming parts, therefore, the customer complaint rate in quality problems was reduced to 0.05%.

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
สารบัญ		ฉ
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ญ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding Machine)	5
	กระบวนการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding)	6
	เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการ (The Operation Characteristic Curve OC Curve)	7
	ดัชนีความสามารถของกระบวนการและดัชนีแสดงสมรรถนะของกระบวนการ (Process Capability: Cp, Cpk and Process Performance: Pp, Ppk)	12
	การประเมินค่าความสามารถของกระบวนการ	13
	ช่วงความเชื่อมั่นและการทดสอบดัชนีความสามารถกระบวนการ (Confidence Interval and Tests on Process Capability Ratios)	14
	การศึกษาความสามารถของระบบการวัด (Measurement System Capability Studies)	14
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3	วิธีดำเนินการวิจัย	19
	ศึกษาและสำรวจสภาพปัจจุบัน	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การดำเนินการ	22
	ระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (First Piece Inspection)	22
	ระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-Process Inspection)	25
	ระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection	40
	สรุปแนวทางในการแก้ไขปัญหา	52
4	ผลการวิจัย	54
	การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต First Piece Inspection)	54
	การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-Process Inspection)	57
	การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection)	57
	สรุปผลการดำเนินการหลังจากการประยุกต์ใช้แนวทางในการแก้ไขปัญหา	60
	วิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ	63
	วิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้า	63
5	อภิปรายและสรุปผล	65
	สรุปผลการลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยลงกว่า 0.15%	65
	สรุปผลการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	65
	สรุปผลการลดค่าใช้จ่ายจากการคัดแยกชิ้นงาน การซ่อมแซมและการบริการลูกค้า หลังจากได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้า	66
	ข้อเสนอแนะ	66
	ปัญหาที่พบในการวิจัย	70

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	71
ประวัติย่อของผู้วิจัย	73

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้า	2
2-1	ส่วนประกอบของชุดฉีด	5
2-2	เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 50, c = 2	9
2-3	พารามิเตอร์ AQL, LTPD, α และ β	10
2-4	เส้นโค้ง OC เมื่อขนาดของตัวอย่างสุ่มเปลี่ยนไป (ค่าวิกฤตคงที่)	11
2-5	เส้นโค้ง OC เมื่อขนาดของค่าวิกฤตเปลี่ยนไป (ขนาดของล๊อตคงที่)	11
3-1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	20
3-2	ภาพรวมของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน	21
3-3	แผนผังขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต	23
3-4	ชิ้นงานที่มีลักษณะของการเปลี่ยนอินเสิร์ทของแม่พิมพ์	24
3-5	แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุการตรวจสอบไม่พบปัญหาการผลิตผิดโมเดล	25
3-6	แผนผังขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพระหว่างการผลิต	27
3-7	ภาพขณะที่เครื่องวัดสามมิติ (CMM) กำลังทำการตรวจสอบชิ้นงาน	30
3-8	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab	34
3-9	แผนผังขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์	42
3-10	อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้า	43
3-11	ปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม (Short Shot)	44
3-12	ปัญหาครีบ (Bari) ที่ชิ้นงาน	44
3-13	ชิ้นงานจำนวน 1 ล๊อต	49
3-14	เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 13, c = 0 และ AQL = 0.01	50
3-15	เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 13, c = 0 และ p = 0.03	51
4-1	ปัญหาฟองอากาศบนชิ้นงาน (Bubble) และเกณฑ์ในการตัดสินใจ	54
4-2	ปัญหาฉีดขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ (Short Shot) และเกณฑ์ในการตัดสินใจ	55
4-3	เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 84, c = 0	59
4-4	อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังจากทำการปรับปรุงแผนการสุ่มตรวจสอบ	61
4-5	เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 13 และ 84, c = 0	62

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

5-1 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่มแบบต่าง ๆ 70

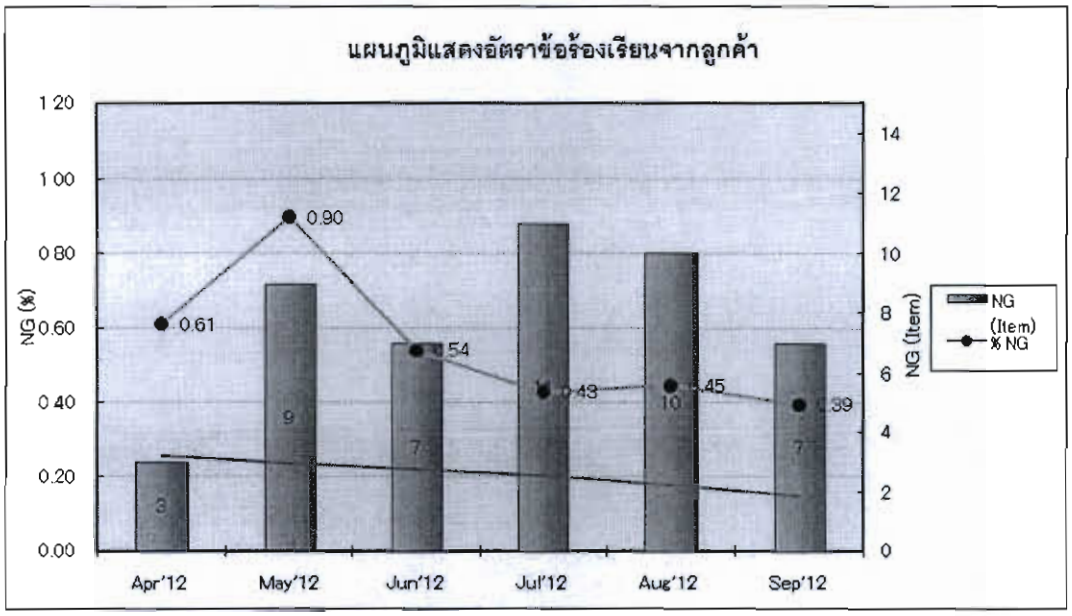
บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ท่ามกลางการแข่งขันของตลาดในยุคปัจจุบันที่มีการแข่งขันทางการตลาดสูง ไม่ว่าจะเป็นด้านราคาของผลิตภัณฑ์ ด้านการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ตรงต่อเวลา ด้านการบริการ รวมไปถึงด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งให้กับลูกค้า ซึ่งไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าคุณภาพเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทั้งผู้ผลิต และผู้ซื้อมีความต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ

ทั้งนี้ทางผู้บริหารได้เห็นถึงความสำคัญของคุณภาพผลิตภัณฑ์ จึงมีการกำหนดนโยบายออกมาเป็นเป้าหมายการทำงาน (Key Performance Indicator: KPI) ได้แก่อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าต้องน้อยกว่า 0.15% ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบระหว่างจำนวนล๊อตที่ลูกค้าร้องเรียนต่อจำนวนล๊อตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการส่งมอบ

ซึ่งในปัจจุบันพบว่าอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าในแต่ละเดือนเมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ได้รับจากผู้บริหาร พบว่าอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้ามีค่าสูงกว่าเป้าหมายที่ได้รับและเมื่อดูจากข้อมูลในแต่ละเดือนที่ผ่านมาอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้ามีแนวโน้มที่สูงมากขึ้นดังภาพที่ 1-1 ที่แสดงข้อมูลของข้อร้องเรียนจากลูกค้าในรอบปีการทำงาน 1/ 2555 โดยเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555



Month	Apr'12	May'12	Jun'12	Jul'12	Aug'12	Sep'12
NG (Item)	3	9	7	11	10	7
Lot Delivery	492	1005	1294	2560	2237	1773
% NG	0.61	0.90	0.54	0.43	0.45	0.39
Target	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15

ภาพที่ 1-1 อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้า

จากภาพที่ 1-1 จะเห็นได้ว่าอัตราข้อร้องเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนเมษายน จนสูงสุดถึง 0.90% ในเดือนพฤษภาคม จากนั้นลดต่ำลงในเดือนมิถุนายนและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จนจบเดือนกันยายน ในเบื้องต้นมีการเข้าไปสำรวจและแก้ไขที่หน้างาน เช่น การฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติงานหน้าเครื่องถึงจุดที่ต้องตรวจสอบของชิ้นงาน แต่เป้าหมายในการทำงานที่ได้รับ คือ เมื่อจบเดือนกันยายนอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าต้องน้อยกว่า 0.15% จากกราฟจะเห็นได้ว่าข้อร้องเรียนจากลูกค้าเมื่อเทียบกับเป้าหมายที่ได้รับผล คือ ยังไม่สามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้รับจากผู้บริหารได้

เมื่อย้อนไปตรวจสอบถึงข้อมูลบันทึกการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมา จากบันทึกการตรวจสอบได้พบถึงข้อผิดปกติและปัญหาของการตรวจสอบ คือ การตรวจสอบไม่สามารถตรวจจับของเสียได้เนื่องจากในบันทึกการตรวจสอบนั้นข้อมูลของเสียที่ตรวจสอบพบน้อยมากหรือเป็นศูนย์

กรณีที่ไม่สามารถตรวจจับของเสียในการตรวจสอบคุณภาพได้ และของเสียนั้นหลุดไปถึงลูกค้าเมื่อลูกค้ามีข้อร้องเรียนเข้ามา ทางผู้ผลิตจะต้องมีการเข้าไปแก้ไขปัญหาให้ลูกค้า ตั้งแต่

การคัดแยกงานดีและงานเสีย การซ่อมแซมชิ้นงานเสีย การบริการลูกค้า ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการทำงานอยู่ด้วย

รวมไปถึงข้อมูลของแผนการผลิตในปี พ.ศ. 2556 พบว่ายอดการผลิตชิ้นงานรวมถึงชิ้นงานโมเดลใหม่ ๆ นั้นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากเป็นเท่าตัว และต้องการกำลังคนไปช่วยในการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ เพื่อลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยลง แต่การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพแฝงอยู่ คือ เวลา แรงงานในการตรวจสอบ อีกทั้งตัวผลิตภัณฑ์เองด้วย ถ้าการตรวจสอบนั้นเป็นการตรวจสอบแบบทำลาย หลังการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จะเกิดการเสียหายไม่สามารถใช้งานได้ จึงจำเป็นต้องมีวางแผนสร้างระบบการตรวจสอบที่ดีเพื่อให้ระบบการตรวจสอบนั้นมีประสิทธิภาพและเพื่อบริหารกำลังคนที่มีอยู่นั้นให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

จากปัญหาที่กล่าวมาในงานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาถึงปัญหาและปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อให้ระบบการตรวจสอบนั้นสามารถตรวจจับของเสียได้ก่อนที่ของเสียนั้นจะหลุดไปถึงลูกค้า จากนั้นจะทำการวัดผลการดำเนินงานระหว่างก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง เพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพของการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15%
2. เพื่อปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการคัดแยกชิ้นงาน การซ่อมแซมและการบริการลูกค้าหลังจากได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้า
4. เพื่อบริหารกำลังคนที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกครอบคลุมถึงเนื้อหาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (First piece inspection)
2. ระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-process inspection)
3. ระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing inspection)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

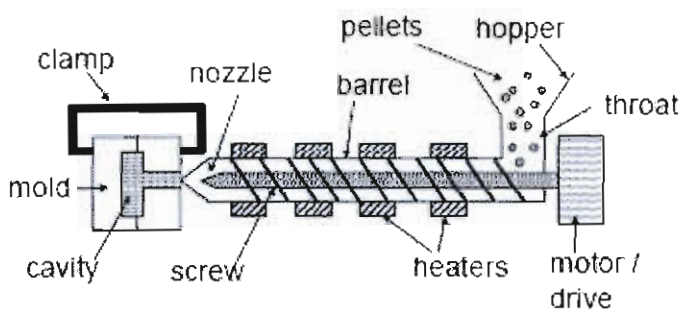
1. สามารถลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15%
2. ระบบการตรวจสอบคุณภาพสามารถดักจับของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นจากการตรวจสอบ และจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้า
4. สามารถบริหารกำลังคนในระบบการตรวจสอบคุณภาพให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding Machine)

โดยทั่วไปแล้วเครื่องฉีดพลาสติกจะมีโครงสร้างสำคัญอยู่ 3 ส่วนดังนี้

1. ชุดฉีด (Injection Unit) จะทำหน้าที่ดึงเม็ดพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีดหลอมเหลวเพื่อทำการหลอมเหลวเม็ดพลาสติก จากนั้นจะส่งพลาสติกที่หลอมเหลวแล้วไปที่หัวฉีด และทำหน้าที่ในการฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ และรักษาความดันในแม่พิมพ์ ชุดฉีดจะมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ส่วนประกอบของชุดฉีด

1.1 ฮอปเปอร์ (Hopper) เป็นกรวยขนาดใหญ่ใช้ในการลำเลียงเม็ดพลาสติกเพื่อป้อนเข้าสู่เครื่องฉีดพลาสติก

1.2 กระบอกฉีดและสกรู (Injector and Screw) เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่หลอมเหลวพลาสติกและสร้างแรงดันเพื่อฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ (Mold) ประกอบด้วยกระบอกส่วนนอกยึดติดอยู่กับที่ ส่วนต้นของกระบอกเป็นที่ติดตั้งฮอปเปอร์ ตรงส่วนกลางและส่วนปลายของกระบอกมีเครื่องให้ความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ ปลายของกระบอกจะต่อเข้ากับหัวฉีด ภายในของกระบอกนี้เป็นสกรูที่มีความยาวสั้นกว่ากระบอกเล็กน้อย มีลักษณะเป็นเกลียวหยาบหมุนป้อนส่วนผสมของพลาสติกให้เคลื่อนที่เข้าสู่กระบอก สามารถเคลื่อนที่ถอยหลังและดันกลับเพื่อเพิ่มแรงดันให้พลาสติกหลอมเหลวไหลเข้าสู่แม่พิมพ์

1.3 หัวฉีด (Nozzle) เป็นส่วนปลายของกระบอกฉีดเข้ากับช่องทางไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์หัวฉีดมีรูขนาดเล็กเพื่อเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่เข้าสู่แม่พิมพ์ของพลาสติกหลอมเหลว

1.4 มอเตอร์ขับสกรู (Driver Motor) อาจเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าหรือมอเตอร์ไฮดรอลิคใช้สำหรับหมุนสกรูและขับดันพลาสติกหลอมเหลว

1.5 แม่พิมพ์ (Mold) เป็นอุปกรณ์ที่มีช่องว่างภายในมีรูปร่างตามผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในการผลิตแม่พิมพ์จะออกแบบให้มี 2 ชิ้นหลัก เพื่อสะดวกในการถอดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออก โดยช่องที่นำพลาสติกหลอมเหลวเข้าสู่ช่องแบบผลิตภัณฑ์ เรียกว่า สปรู (Sprue) และในกรณีที่แม่พิมพ์ถูกออกแบบมาให้ผลิตได้ครั้งละหลายชิ้น จะมีช่องแบบหลายอัน เรียกว่าช่องแบบ (Cavity) และช่องทางแยกจากสปรูเข้าสู่แต่ละช่องแบบ เรียกว่า รันเนอร์ (Runner)

1.6 ชุดควบคุมกลาง (Central Control) เป็นชุดควบคุมเครื่องจักรทุกส่วน รวมทั้งการจ่ายกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ตรวจวัด ชุดควบคุมอุณหภูมิ ชุดควบคุมแรงดัน และอุปกรณ์ตั้งเวลา

2. ส่วนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (Clamping Unit) ทำหน้าที่ในการยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วนเข้ากับตัวเครื่องฉีดพลาสติก เลื่อนปิด - เปิดแม่พิมพ์ ให้แรงในการปิดแม่พิมพ์ หล่อเย็นชิ้นงานฉีดพลาสติก และปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ประกอบไปด้วยแผ่นยึดแม่พิมพ์ซึ่งมีส่วนที่เคลื่อนที่และอยู่กับที่ เพลานำเลื่อน ระบบขับเคลื่อนปิด - เปิดแม่พิมพ์ และแผ่นยึดระบบขับเครื่อง

3. ส่วนฐานของเครื่องฉีดพลาสติก (Base) ทำหน้าที่คอยรับน้ำหนักของชุดฉีด และชุดปิด - เปิดแม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ยึดติดอุปกรณ์ไฮดรอลิกทั้งหมดในเครื่อง และยังทำหน้าที่เป็นถังน้ำมันไฮดรอลิก โดยส่วนใหญ่แล้วตัวฐานเครื่องจะทำด้วยเหล็กเหนียวที่เชื่อมประกอบเข้าเป็นฐานเครื่อง เพื่อความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักมาก ๆ ได้ดี

กระบวนการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding)

ในกระบวนการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก ในการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานจากพลาสติกจะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการปิดแม่พิมพ์เพื่อเตรียมพร้อมในการฉีดพลาสติกเหลว (Clamping)

2. ขั้นตอนการฉีดพลาสติก (Injection) โดยสกรูจะหมุนเพื่อดันพลาสติกเหลวในกระบอกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์จากนั้นแม่พิมพ์จะปิดค้างไว้

3. ขั้นตอนการทำความเย็น (Cooling) โดยน้ำจะไหลผ่านแม่พิมพ์เพื่อให้พลาสติกเย็นตัวลง และคงรูป

4. ขั้นตอนถอดผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ (Ejection)

เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการ (The Operation Characteristic Curve, OC Curve)

เครื่องมือทางสถิติที่สำคัญสำหรับการประเมินสมรรถนะของแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับ ได้แก่ เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการ ซึ่งเส้นโค้งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อต (Probability of Acceptance, P_a และสัดส่วนของเสียในล๊อต Lot Fraction Defective, p) ที่ขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n) และค่าวิกฤต (c) ค่าหนึ่ง ๆ ดังนั้นเส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการจึงเป็นเส้นโค้งที่แสดงความน่าจะเป็นที่ล๊อตแต่ละล๊อตที่มีสัดส่วนของเสียระดับหนึ่ง ๆ จะได้รับการยอมรับหรือปฏิเสธ

การคำนวณค่าความน่าจะเป็นของการยอมรับล๊อตเมื่อทราบสัดส่วนของเสียในล๊อต, ขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n) และค่าวิกฤต (c) หาได้โดยใช้สมการที่ 2-1 และ สมการที่ 2-2 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อขนาดของล๊อต (N) มีขนาดใหญ่ การแจงแจงของเสียหรือข้อบกพร่องแต่ละชิ้นที่ถูกเลือกมาเป็นตัวอย่างมีลักษณะเป็น Binomial ที่มีโอกาสของความสำเร็จ (Success, p) แทนได้ด้วยโอกาสที่แต่ละชิ้นในตัวอย่างจะเป็นของเสียหรือของข้อบกพร่องนั้นเอง สมการที่ 2-1 แสดงการคำนวณความน่าจะเป็นที่จะพบของเสียหรือข้อบกพร่องจำนวน d ชิ้นจากจำนวนตัวอย่าง n ชิ้นที่สุ่มมาจากล๊อตขนาด N ชิ้น

$$P\{defective\} = f(d) = \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d} \qquad (2\text{-}1)$$

ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะยอมรับล๊อตจึงเท่ากับความน่าจะเป็นในการที่จะตรวจพบของเสียหรือข้อบกพร่องไม่เกิน c ชิ้นหรือความน่าจะเป็นที่ $d \leq c$ นั้นเอง ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 2-2

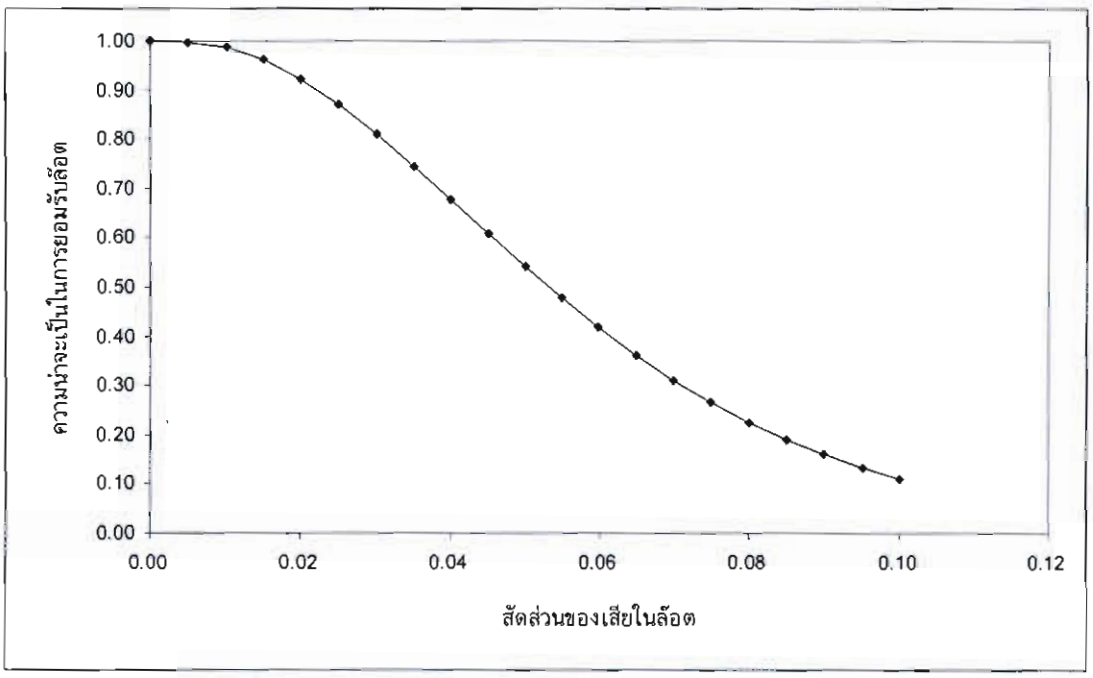
$$P_a = f(d \leq c) = \sum_{d=0}^{c} \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d} \qquad (2\text{-}2)$$

ตัวอย่างเส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้สมการที่ 2-2 เมื่อเปลี่ยนค่า p ไปเป็นค่าอื่น ๆ และใช้แผนการสุ่มเพื่อการยอมรับที่มีค่า n = 50, c = 2 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ความน่าจะเป็นของการยอมรับล๊อตที่ p ค่าต่าง ๆ เมื่อ n = 50, c = 2

สัดส่วนของเสียในล๊อต, p	ความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อต, P_a
0.005	0.99794
0.010	0.98618
0.015	0.96075
0.020	0.92157
0.025	0.87062
0.030	0.81080
0.035	0.74520
0.040	0.67671
0.045	0.60783
0.050	0.54053
0.055	0.47632
0.060	0.41625
0.065	0.36096
0.070	0.31079
0.075	0.26583
0.080	0.22597
0.085	0.19099
0.090	0.16054
0.095	0.13426
0.100	0.11173

จากข้อมูลในตารางที่ 2-1 สามารถนำไปสร้างเส้นโค้งคุณลักษณะดำเนินการ ดังแสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 50, c = 2

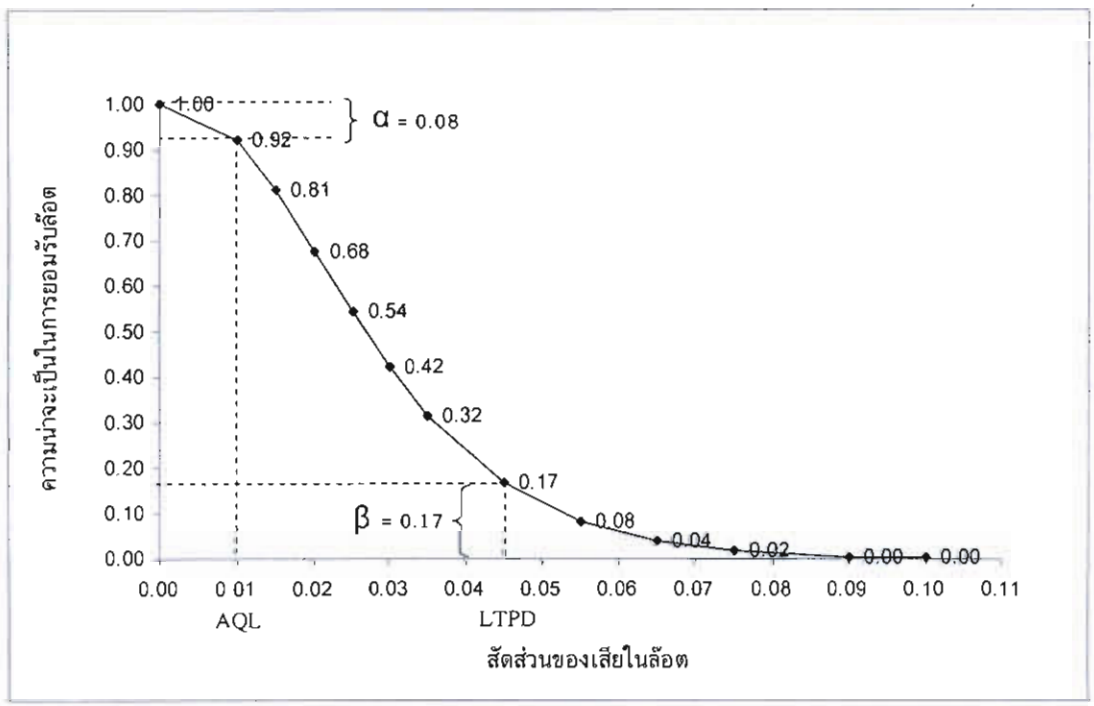
จากภาพที่ 2-2 สามารถอธิบายถึงแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับแบบ n = 50, c = 2 ได้เมื่อทราบค่าสัดส่วนของเสียในแต่ละล๊อต เช่น ถ้า p = 0.04 หรือ 4% จะพบว่าโอกาสที่แต่ละล๊อตจะได้รับการยอมรับจะเท่ากับ 0.68 หรือประมาณ 68% ซึ่งหมายความว่าถ้าผู้ผลิตส่งของมา 100 ล๊อต และแต่ละล๊อตถูกสุ่มตัวอย่างมาตรวจตามแผนดังกล่าว จะสามารถคาดการณ์ได้ว่า จะมีล๊อตที่ยอมรับได้ 68 ล๊อตและถูกปฏิเสธเท่ากับ 32 ล๊อต

1. ความเสี่ยงในการใช้งานเส้นโค้ง OC

ในการใช้งานจะมีการกำหนดระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ (Acceptable Quality Level: AQL) ซึ่งก็คือ ร้อยละของเสียที่กำหนดไว้ ถ้าเป็นการสุ่มตัวอย่างจะมีความเสี่ยงอยู่ระดับหนึ่งที่จะไม่ผ่านการตรวจสอบแม้ว่าจริง ๆ แล้วผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพในระดับที่น่าจะยอมรับได้ โอกาสเสี่ยงนี้คือ โอกาสเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk) หรือ α

และในการสุ่มตัวอย่างอาจมีโอกาสที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีระดับคุณภาพต่ำกว่าระดับคุณภาพที่กำหนด ซึ่งเรียกว่าระดับคุณภาพที่ไม่ยอมรับ (Lot Tolerance Percent Defective: LTPD) ซึ่งเป็นร้อยละของของเสียที่สูงกว่า AQL ซึ่งถ้าเกินระดับ LTPD นี้ผลิตภัณฑ์จะถูกปฏิเสธ ดังนั้นโอกาสที่ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำกว่าจะผ่านการตรวจสอบไปสู่ลูกค้า โอกาสเสี่ยงนี้ คือ โอกาสเสี่ยงของผู้บริโภคหรือ β

ซึ่งจากที่กล่าวมานั้นทั้งโอกาสเสี่ยงของผู้ผลิต และโอกาสเสี่ยงของผู้บริโภคแสดงได้ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 พารามิเตอร์ AQL, LTPD, α และ β

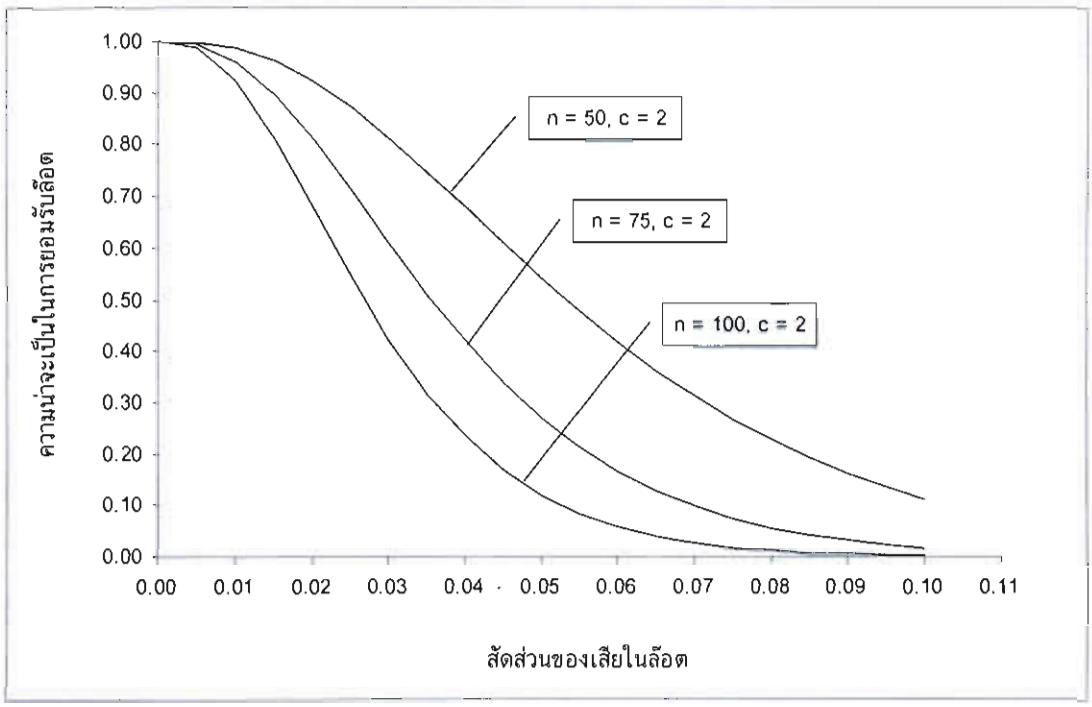
2. การเปลี่ยนแปลงค่า n และ c

2.1 เมื่อ n เปลี่ยนไปแต่ c คงเดิม

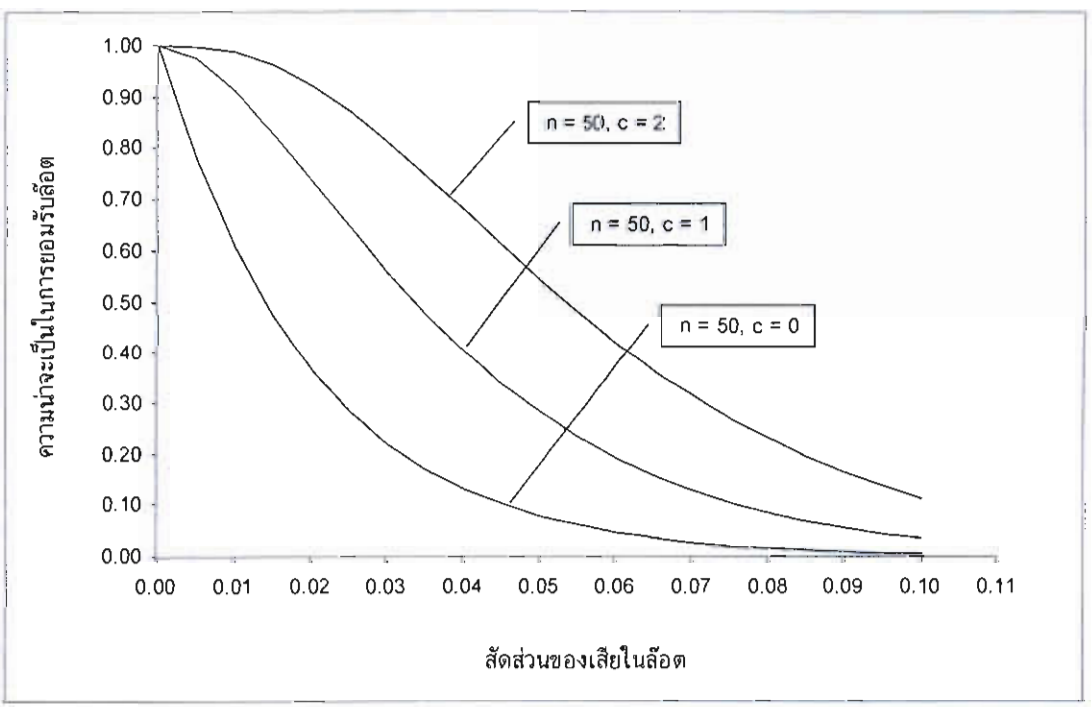
การเพิ่มจำนวนตัวอย่าง (n) จะทำให้ความชันของเส้นโค้ง OC ชันขึ้นนั้น หมายความว่าความถูกต้องแม่นยำของแผนการสุ่มในการบ่งชี้ล็อตที่ดี และล็อตที่ไม่ดีจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวอย่างสุ่มเพิ่มขึ้น ดังอธิบายได้ดังภาพที่ 2-4 ที่แสดงลักษณะของกราฟเมื่อขนาดตัวอย่างสุ่มมีค่าเท่ากับ 50, 75 และ 100 โดยค่าวิกฤตเท่ากับ 2

2.2 เมื่อ c เปลี่ยนไปแต่ n คงเดิม

อิทธิผลของค่าวิกฤต (c) ต่อลักษณะของเส้นโค้ง OC ภาพที่ 2-5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเส้นโค้ง OC ที่ขนาดตัวอย่างสุ่มคงที่ (50) ในขณะที่ค่าวิกฤตเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าวิกฤตที่น้อยลงจะส่งผลให้ความชันของเส้นโค้ง OC เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามผลของการเปลี่ยนแปลงค่าวิกฤตนี้จะส่งผลต่อลักษณะของเส้นโค้ง OC น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของตัวอย่างสุ่ม



ภาพที่ 2-4 เส้นโค้ง OC เมื่อขนาดของตัวอย่างสุ่มเปลี่ยนไป (ค่าวิกฤตคงที่)



ภาพที่ 2-5 เส้นโค้ง OC เมื่อขนาดของค่าวิกฤตเปลี่ยนไป (ขนาดของล๊อตคงที่)

ดัชนีความสามารถของกระบวนการและดัชนีแสดงสมรรถนะของกระบวนการ

(Process Capability: C_p, C_{pk} and Process Performance: P_p, P_{pk})

1. C_p คือ ดัชนีที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรภายในกระบวนการเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) โดยให้ค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนด ดังสมการที่ 2-3

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{Rld2}} \tag{2-3}$$

เมื่อ Upper Specification Limit: USL หรือขอบเขตกำหนดบน

Lower Specification Limit: LSL หรือขอบเขตกำหนดล่าง

ซึ่งสมการที่ 2-3 ใช้ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีข้อกำหนดแบบ 2 ด้าน สำหรับกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีข้อกำหนดเพียงด้านเดียว (ด้านบนหรือด้านล่าง) ดัชนีชี้บ่งความสามารถจะคำนวณได้จากสมการที่ 2-4 และสมการที่ 2-5

กรณีข้อจำกัดด้านล่าง (ข้อกำหนดเป็นแบบ The Lager the Better) จะใช้ดัชนี C_{pl}

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\hat{\sigma}_{Rld2}} \tag{2-4}$$

และกรณีข้อจำกัดด้านบน (ข้อกำหนดเป็นแบบ The Smaller the Better) จะใช้ดัชนี C_{pu}

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\hat{\sigma}_{Rld2}} \tag{2-5}$$

2. P_p คือ ดัชนีที่แสดงถึงสมรรถนะของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรทั้งหมดของกระบวนการเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) โดยให้ค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนด ดังสมการที่ 2-6

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}} \tag{2-6}$$

เมื่อพารามิเตอร์ $\hat{\sigma}$ หาได้จาก

$$\sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3. $\mathbf{C_{pk}}$ คือ ดัชนีที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรภายในกระบวนการเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) โดยคำนึงถึงตำแหน่งของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการอาจไม่อยู่กึ่งกลางระหว่างช่วงข้อกำหนดหรือมีการเคลื่อนตัว (Process Shift) ดัชนี C_{pk} คำนวณได้จากสมการที่ 2-7

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \tag{2-7}$$

หรือ

$$C_{pk} = \min[C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\hat{\sigma}_{R/d2}}, C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\hat{\sigma}_{R/d2}}]$$

4. $\mathbf{P_{pk}}$ คือ ดัชนีที่แสดงถึงสมรรถนะของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรทั้งหมดของกระบวนการเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) โดยคำนึงถึงตำแหน่งของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการอาจไม่อยู่กึ่งกลางระหว่างช่วงข้อกำหนดหรือมีการเคลื่อนดัว (Process Shift) ดัชนี P_{pk} คำนวณได้จากสมการที่ 2-8

$$P_{pk} = \min[\frac{USL - \mu}{3\hat{\sigma}}, \frac{\mu - LSL}{3\hat{\sigma}}] \tag{2-8}$$

เมื่อพารามิเตอร์ $\hat{\sigma}$ หาได้จาก

$$\sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n-1}}$$

การประเมินค่าความสามารถของกระบวนการ

1. ถ้าดัชนี C_p และ C_{pk} มีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่ากระบวนการมีความผันแปรน้อยหรือมีเสถียรภาพสูง

2. ถ้าดัชนี C_p และ C_{pk} มีค่าไม่เท่ากันแสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่อยู่ตรงจุดกึ่งกลางของข้อกำหนด หากค่า $C_{pk} = C_{pu}$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเข้าใกล้ด้าน USL มากกว่าหรือห่างจากด้าน LSL มากกว่า

3. โดยทั่วไปลูกค้าส่วนใหญ่ระบุเกณฑ์ในการยอมรับดังนี้

- C_{pk} ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33
- P_{pk} ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.67

ช่วงความเชื่อมั่นและการทดสอบดัชนีความสามารถกระบวนการ (Confidence Interval and Tests on Process Capability Ratios)

ตามหลักการทางสถิติดัชนีความสามารถของกระบวนการเป็นเพียงตัวประมาณค่าแบบจุด (Point Estimator) ซึ่งจะมีความผันแปรในตัวเองและคลาดเคลื่อนจากความสามารถที่แท้จริงระดับหนึ่ง ดังนั้นการประมาณช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) (1-α) 100% ของดัชนีความสามารถจึงจะช่วยให้การประเมินมีความแม่นยำมายิ่งขึ้น โดยการประมาณช่วงความเชื่อมั่นจะทำบนสมมติฐานของตัวอย่างสุ่ม S จะได้ช่วง (1-α) 100% ของ C_p ดังสมการที่ 2-9

$$\frac{USL-LSL}{6S}\sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2n-1}}{n-1}} \le C_p \le \frac{USL-LSL}{6S}\sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2n-1}}{n-1}} \qquad (2\text{-}9)$$

หรือ

$$\hat{C}_p\sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2n-1}}{n-1}} \le C_p \le \hat{C}_p\sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2n-1}}{n-1}}$$

เมื่อ $\chi^2_{1-\alpha/2n-1}$ และ $\chi^2_{\alpha/2n-1}$ เป็นตัวแปรสุ่มที่การแจกแจงแบบไคสแควร์มีระดับองศาอิสระ (Degree of freedom) n-1 แทนเปอร์เซ็นต์สำหรับขอบเขตล่างและบนของช่วงความเชื่อมั่น

สำหรับช่วง (1-α) 100% ความเชื่อมั่นของดัชนีที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้แก่ C_{pk}, C_{pm} จะประมาณได้จากสมการที่ 2-10

$$\hat{C}_{pk}\left[1-Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}^2_{pk}}+\frac{1}{2(n-1)}}\right] \le C_{pk} \le \hat{C}_{pk}\left[1+Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}^2_{pk}}+\frac{1}{2(n-1)}}\right] \qquad (2\text{-}10)$$

การศึกษาความสามารถของระบบการวัด (Measurement System Capability Studies)

ระบบการวัดซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือวัด ผู้ทำการตรวจวัด และกระบวนการวัดมีความคลาดเคลื่อนระดับหนึ่ง ๆ เสมอ ความคลาดเคลื่อนอาจส่งผลต่อความผันแปรของกระบวนการผลิตได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจว่าความผันแปรที่มาจากระบบการวัดนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรรวมในระดับที่ยอมรับไม่ได้

จึงทำให้การศึกษาความสามารถของระบบการวัดเป็นสิ่งที่จำเป็นและเป็นส่วนหนึ่งของการประยุกต์ใช้ SPC เพื่อทำให้มั่นใจว่าระบบการวัด ผู้ที่ทำการวัด และเครื่องมือที่ใช้ มีทั้งความถูกต้อง (Accuracy) และความเที่ยงตรง (Precision) โดยในทางสถิติความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ระดับของการเป็นไปตามเป้าหมาย ในระบบการวัด หมายถึง ระดับของความใกล้เคียง

ระหว่างค่าจากการวัดกับค่าอ้างอิง (Reference Value) ถ้าระบบการวัดมีค่า Accuracy ต่ำจะส่งผลให้ความเอนเอียง (Bias) มีค่าสูง ในขณะที่ความเที่ยงตรง (Precision) เป็นการวัดขนาดความผันแปรของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ซึ่งเกิดจากความสามารถในการทำซ้ำของทั้งอุปกรณ์ (Repeatability) และของผู้วัด (Reproducibility)

1. การประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลต่อเนื่อง (ข้อมูลจากการวัด)

การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลต่อเนื่องเป็นที่นิยมทำในอุตสาหกรรมเนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของข้อกำหนดของลูกค้า คือ การวิเคราะห์ความสามารถความสามารถในการทำซ้ำของอุปกรณ์ (Repeatability หรือ $\sigma_{repeatability}$) และความสามารถในการผลิตซ้ำของผู้ตรวจวัด (Reproducibility หรือ $\sigma_{reproducibility}$) หรือรู้จักกันในชื่อ R&R (GR&R) หรือเป็นการตรวจสอบความผันแปรจากกระบวนการวัดที่มาจากเครื่องมือวัดและพนักงานวัดโดยจะยอมรับเมื่อสัดส่วนความผันแปรจากแหล่งทั้งสอง (GR&R) เปรียบเทียบกับความผันแปรรวม (Total Variation: TV) หรือ %GR&R ดังสมการที่ 2-11

$$\%GR\&R = 100\left[\frac{GR\&R}{TV}\right] \tag{2-11}$$

ซึ่งแปรความหมายได้ดังนี้

- ยอมรับความสามารถของระบบการวัด เมื่อ %GR&R น้อยกว่า 10%
- อาจยอมรับความสามารถของกระบวนการวัดเมื่อพิจารณาความสำคัญของการประยุกต์ใช้งาน ต้นทุนของการวัด และต้นทุนการซ่อมบำรุงเมื่อ %GR&R มีค่ามากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 30%
- ไม่ยอมรับความสามารถของกระบวนการวัดเมื่อ %GR&R มีค่ามากกว่า 30% และจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการวัดให้ดีขึ้น

การใช้ดัชนีสัดส่วนความเที่ยงตรง – ค่าเผื่อ (Precision-to-Tolerance, P/ T Ratio) ดังแสดงในสมการที่ 2-12

$$P/_T = \frac{k\hat{\sigma}_{gage}}{USL - LSL} \tag{2-12}$$

ค่า k ที่ยอมรับและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ k = 5.15 และ k = 6 เมื่อการแจกแจงความคลาดเคลื่อนจากการวัดจะเป็นแบบปกติ โดยความสามารถของเครื่องมือที่ยอมรับได้ควรมีค่าไม่เกิน 0.1 หรือ 10%

2. การประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (ข้อมูลการตรวจนับ)

เป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคนและระหว่างคน โดยคำนึงถึงความพ้องกันของการวัด ด้วยการประเมินผลคะแนนค่าแอตทิบิวส์ (% Attribute Score) จาก

$$\text{คะแนนค่าแอตทิบิวส์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \text{ X } 100$$

ในการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนจะพิจารณาถึงค่าความสามารถในการวัดซ้ำ (%Repeatability) ของพนักงานแต่ละคน ซึ่งอาจเรียกว่า % Appraiser Score จาก

$$\text{รีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน (m)}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ (N)}} \text{ X } 100$$

นอกจากนี้แล้ว ยังจะวิเคราะห์ถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคน โดยพิจารณาถึงความมีประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน (Operator Effectiveness index, O_E) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (False Alarm Index, I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (Index of a miss, I_{MISS}) โดยสามารถนิยามถึงดัชนีต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \text{ X } 100$$

$$L_{FA} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}} \text{ X } 100$$

$$L_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}} \text{ X } 100$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทิพรัตน์ โคตรชมพู, (2552) การปรับปรุงคุณภาพด้วยแผนกประกันคุณภาพ เพื่อลดของเสียจากการผลิตและลดจำนวนข้อร้องเรียนภาพในจากแผนกประกอบที่ส่งมายังแผนกฉีดพลาสติก โดยได้ทำการปรับปรุงทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเพิ่มหน่วยงานประกันคุณภาพเข้าไปประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ส่งมอบให้กับแผนกประกอบชิ้นส่วน

2. การปรับปรุงด้านการตรวจสอบโดยเน้นการตรวจสอบรูปร่างภายนอกให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. การพัฒนาความสามารถของพนักงานในการยกระดับการตัดสินใจชิ้นงานดีและชิ้นงานเสียให้มีความแม่นยำและถูกต้อง

4. การดำเนินการตรวจประเมินภายใน (Process Audit) เพื่อให้พนักงานเกิดความตระหนักและปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ผลจากการปรับปรุงทำให้สามารถช่วยตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่ผิดพลาดได้มากขึ้น โดยสามารถลดจำนวนข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลงคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 64.22 ต่อเดือน

นันทพร หงส์คำ (2553) การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของผู้ผลิตชิ้นส่วนสำหรับแอร์รถยนต์ โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและพบว่าในปัจจุบันประสิทธิผลของพนักงานตรวจสอบ (Operator Effectiveness: O_E) อยู่ในเกณฑ์ยอมรับแบบก้ำกึ่งที่ 87.53% ทำให้พบปัญหาการตีกลับของเสียจากลูกค้าตามมา ดังนั้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพของพนักงานและลดปัญหาการตีกลับของเสียจากลูกค้า ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงดังนี้

1. ความสามารถของพนักงานโดยประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ รวมถึงการให้ความรู้กับพนักงานถึงความเข้าใจเกี่ยวกับการตรวจสอบลักษณะของผิวงานภายนอกด้วยสายตา

2. ปรับปรุงความสามารถของแผนการตรวจสอบ ด้วยการปรับขนาดของตัวอย่างการสุ่ม (n) ให้มีความพอดีกับขนาดของล็อต ตามมาตรฐาน MIL-STD-105E และใช้การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการตรวจสอบเมื่อพบปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิต

3. สภาพแวดล้อม เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตาจำเป็นต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอ จึงมีการกำหนดมาตรฐานของความเข้มของแสงสว่างจะต้องไม่น้อยกว่า 300 ลักส์ ผลของการดำเนินการพบว่าประสิทธิภาพของพนักงานตรวจสอบโดยรวมเพิ่มขึ้นเป็น 98% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ส่งผลทำให้ของเสียที่ตีกลับจากลูกค้าลดลงเหลือ 0.013%

ไพฑูรย์ ย้อยิ่ง, (2547) แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ สำหรับการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลายชนิด ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง ทั้งแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคุณลักษณะ และแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงแปรผัน เพื่อใช้ในการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลายชนิด ออกแบบโดยพิจารณาจากงบประมาณ เวลา และจำนวนตัวอย่างในการสุ่ม เพื่อให้ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคที่จะยอมรับของเสียสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำสุด

สาธิตา เผื่อนเอี่ยม, (2550) การประเมินและปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบในอุตสาหกรรมบรรจุชิ้นส่วนรถยนต์แยกประกอบเพื่อส่งออกต่างประเทศ ผู้วิจัยได้

ศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการสุ่มในปัจจุบันด้วยเส้นโค้ง OC และได้นำเสนอให้ใช้หลักการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างมาตรฐานกรมทหาร MIL-STD-105E โดยใช้ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบพิเศษระดับ I (SI) และใช้กฎการสับเปลี่ยนของแผนการสุ่มตัวอย่าง (Switching Rules) สำหรับตรวจสอบในอุตสาหกรรมบรรจุชิ้นส่วนรถยนต์แยกประกอบเพื่อส่งออกต่างประเทศ (CKD)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการทำการวิจัย คือ ศึกษาและปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ให้สามารถตรวจจับผลิตภัณฑ์ไม่ได้คุณภาพได้มากขึ้น เพื่อลดการสูญเสียของการผลิตและลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยลง

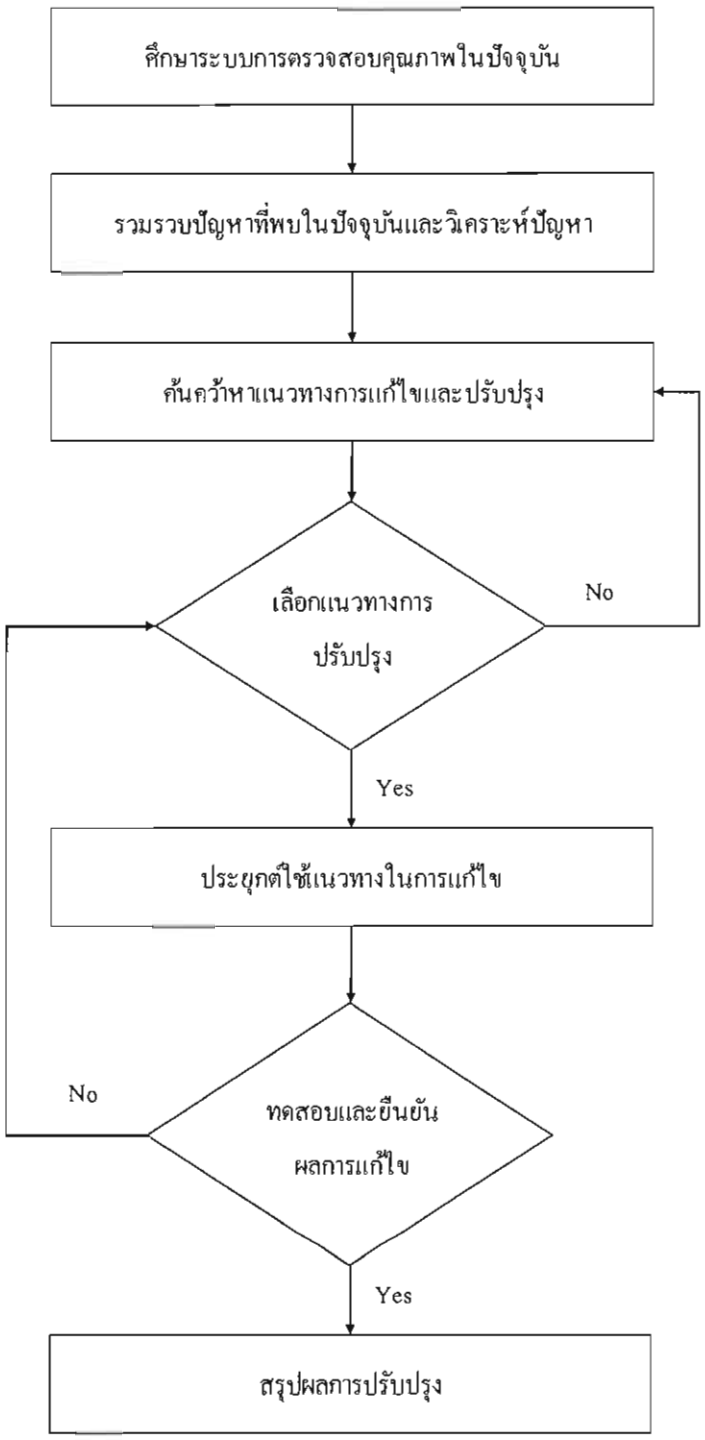
ขั้นตอนของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์ที่พร้อมส่งให้ลูกค้านั้น พบว่ากระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกนั้นมีระบบการตรวจสอบคุณภาพหลักอยู่ 3 ระบบดังนี้

1. ระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (First Piece Inspection)
2. ระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-Process Inspection)
3. ระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection)

ในการศึกษาและปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกแต่ละระบบนั้น มีแนวทางในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาระบบการตรวจสอบคุณภาพในปัจจุบัน
2. ศึกษาปัญหาที่พบในปัจจุบันและวิเคราะห์ปัญหา
3. ค้นคว้าหาแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุง
4. เลือกแนวทางการปรับปรุง
5. ทดสอบและยืนยันผลการปรับปรุง
6. สรุปผลการวิจัย

หรือสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังภาพที่ 3-1

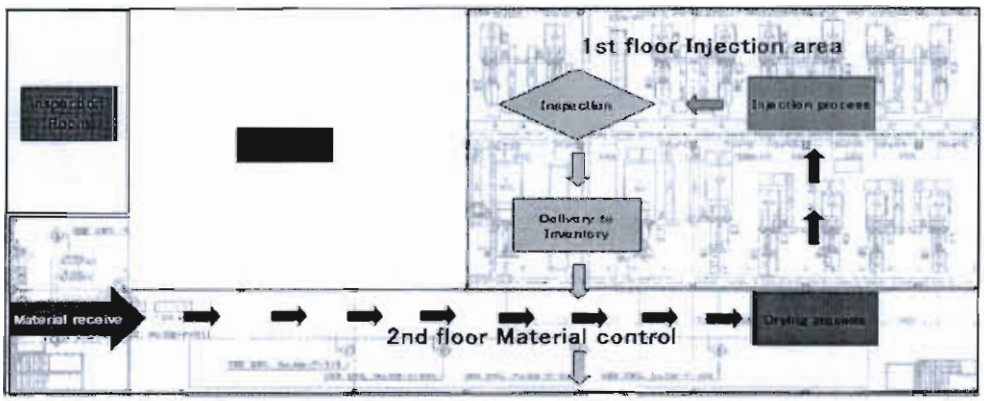


ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมานั้น สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดได้ดังนี้

ศึกษาและสำรวจสภาพปัจจุบัน

บริษัทที่ผู้ทำการวิจัยทำการศึกษา เป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานจากพลาสติก โดยมีการจัดการกระบวนการผลิตปัจจุบันแสดงได้ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ภาพรวมของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

จากภาพที่ 3-2 จะแสดงการไหลของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกโดยการไหลจะเป็นไปตามลูกศรดังภาพ สามารถอธิบายดังนี้

1. ขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบ เมื่อผู้ผลิตเม็ดพลาสติกนำเม็ดพลาสติกมาส่งจะมีการตรวจรับเข้า ซึ่งจะมีหัวข้อในการตรวจรับ ได้แก่ จำนวน ชนิดของเม็ดพลาสติก เป็นต้น

2. ขั้นตอนการอบวัตถุดิบ ก่อนที่จะนำเม็ดพลาสติกเข้าเครื่องฉีดเพื่อทำการฉีดขึ้นรูปนั้นจำเป็นจะต้องนำเม็ดพลาสติกเข้าเครื่องอบตามเวลาและอุณหภูมิที่กำหนด เพื่อป้องกันปัญหา เช่น เม็ดพลาสติกมีความชื้น ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาคุณภาพตามมา

3. ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน หลังจากทำการอบเม็ดพลาสติกตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว จะส่งเข้าเครื่องฉีดเพื่อทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน

4. ขั้นตอนการตรวจสอบ ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก จะมีการตรวจสอบเพื่อยืนยันคุณภาพของชิ้นงาน ตั้งแต่การตรวจสอบก่อนเริ่มการผลิต การตรวจสอบในระหว่างการผลิตจนเมื่อจบการผลิตจะมีการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ ก่อนที่จะนำส่งให้ลูกค้า

5. ขั้นตอนการส่งสินค้า เมื่อผ่านกระบวนการตรวจสอบแล้วจะนำชิ้นงานส่งคลังสินค้าเพื่อรอการจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป

การดำเนินการ

1. ระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (First Piece Inspection)

ระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิตนั้น เป็นการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานขั้นแรกเพื่อยืนยันคุณภาพของชิ้นงานว่าชิ้นงานมีคุณลักษณะตรงตามที่กำหนดหรือไม่ ก่อนเริ่มทำการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก (Mass Production) โดยลักษณะของการตรวจสอบจะเป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกทั่วไปของชิ้นงาน (Appearance) เช่น ชิ้นงานจะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่เสียรูป หรือบิดงอ เป็นต้น

1.1 ศึกษาระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิตในปัจจุบัน

ขั้นตอนของการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต สามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

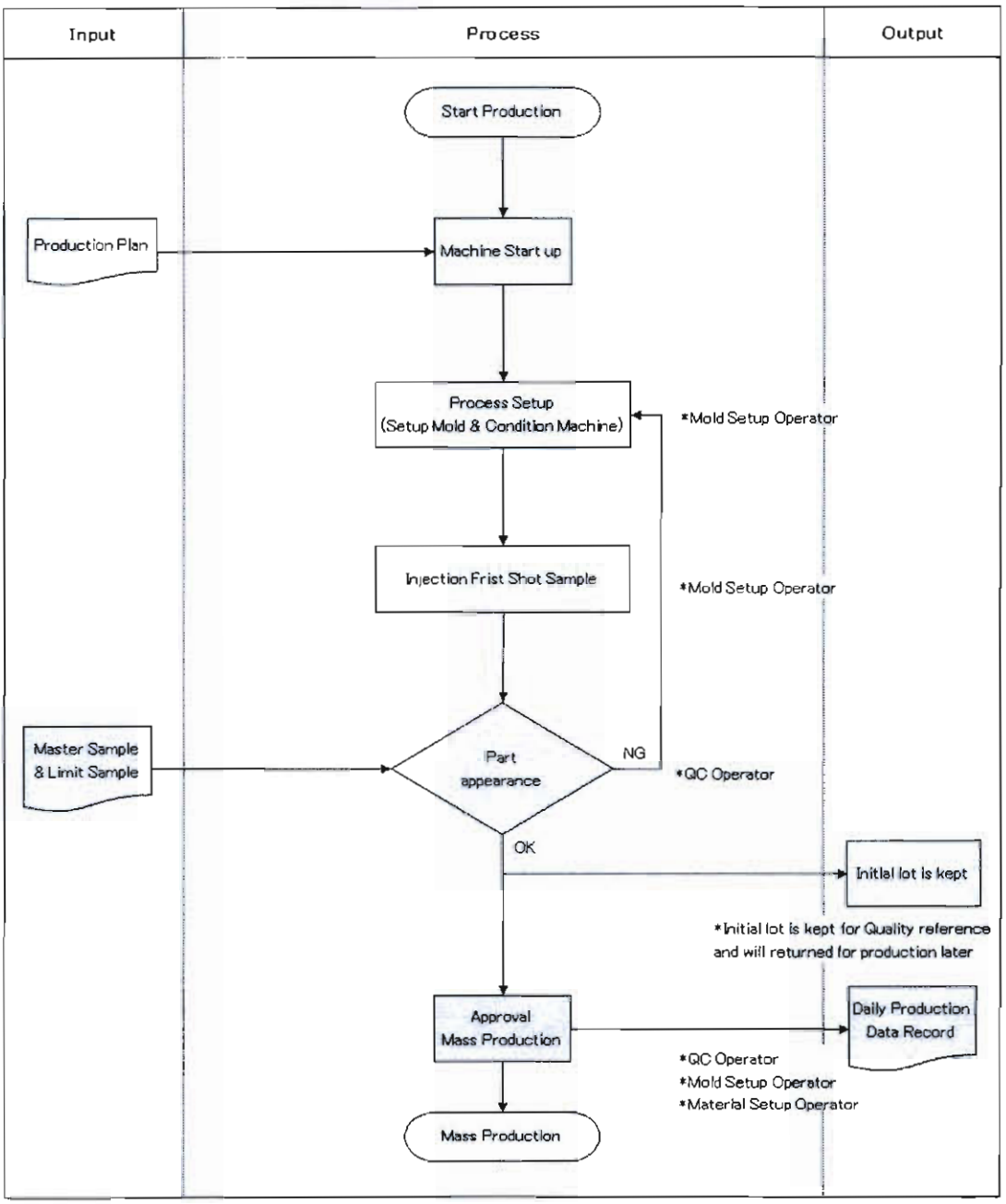
1.1.1 เมื่อได้รับแผนการผลิตจากฝ่ายวางแผนการผลิต ทีมช่างจะเข้าไปดำเนินการติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องจักรพร้อมทั้งปรับตั้งค่าต่าง ๆ ของเครื่องจักร ตามมาตรฐานการผลิตชิ้นงานในแต่ละชนิด จากนั้นทีมช่างผู้ปรับตั้งจะทำการฉีดชิ้นงานช็อตแรก (First Shot Sample) ออกมา แล้วนำส่งให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพทำการตรวจสอบและยืนยันคุณภาพของชิ้นงาน ถ้าชิ้นงานนั้นไม่ผ่านการตรวจสอบ ทีมช่างจะต้องดำเนินการปรับแก้ไขพร้อมทั้งฉีดชิ้นงานช็อตแรกเพื่อให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพตรวจสอบอีกครั้ง จนกว่าชิ้นงานจะผ่านการตรวจสอบจากพนักงานตรวจสอบคุณภาพ

1.1.2 เมื่อชิ้นงานช็อตแรกผ่านการตรวจสอบจากพนักงานตรวจสอบคุณภาพแล้ว ทีมช่างพนักงานตรวจสอบคุณภาพ และพนักงานฝ่ายผลิต จะลงลายมือชื่อในเอกสาร Daily Production Data Record เพื่ออนุมัติให้เริ่มต้นผลิตชิ้นงานจำนวนมาก (Mass Production)

1.1.3 ชิ้นงานช็อตแรกที่ผ่านการตรวจสอบจากพนักงานตรวจสอบคุณภาพจะถูกเก็บไว้ที่หน้าเครื่องจักรเพื่อไว้ตรวจสอบเปรียบเทียบกับชิ้นงานช็อตสุดท้ายของล็อตการผลิต

จากขั้นตอนที่กล่าวมานั้นสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพของระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มทำการผลิตได้ดังภาพที่ 3-3

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



ภาพที่ 3-3 แผนผังขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต

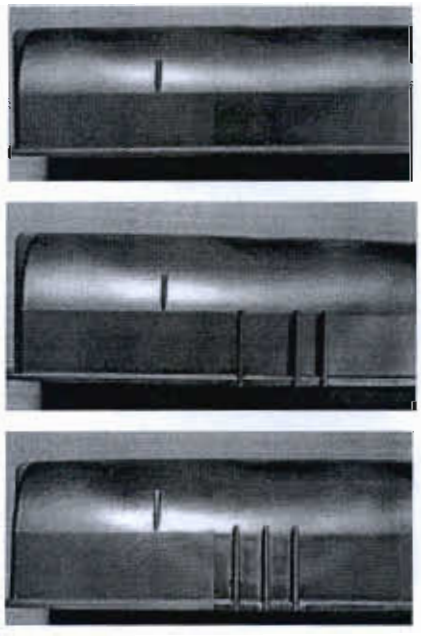
365508

1.2 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากการรวบรวมข้อมูลของปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 พบปัญหาที่มีสาเหตุจากระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิตไม่สามารถตรวจพบได้ดังนี้

1.2.1 ชิ้นงานเสียทั้งล๊อตการผลิต เนื่องจากผลิตชิ้นงานผิดโมเดล

ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับปัญหาพบว่าในการผลิตชิ้นงานผิดโมเดลนั้น จะมีชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายกันอยู่อีก 2 โมเดล โดยที่ชิ้นงานทั้ง 3 โมเดลจะใช้แม่พิมพ์ในการผลิตตัวเดียวกัน และในการผลิตชิ้นงานแต่ละโมเดลนั้น จะใช้รูปแบบของการเปลี่ยนอินเสิร์ทของแม่พิมพ์ตามรูปภาพที่ 3-4 ซึ่งล๊อตของชิ้นงานที่เกิดปัญหานั้น ทีมช่างที่เข้าไปทำการติดตั้งแม่พิมพ์นั้นเปลี่ยนอินเสิร์ทของแม่พิมพ์ผิดอันทำให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่ถูกต้องตามที่ต้องการ



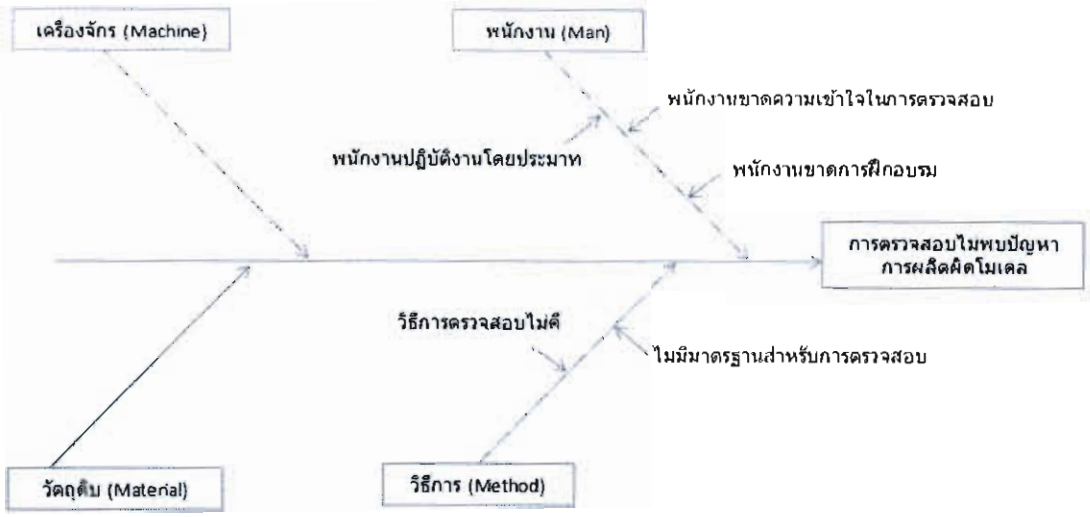
โมเดล A

โมเดล B

โมเดล C

ภาพที่ 3-4 ชิ้นงานที่มีลักษณะของการเปลี่ยนอินเสิร์ทของแม่พิมพ์

จากที่กล่าวมานั้นทั้งหมดในตอนต้น คือ สาเหตุการเกิด แต่ในส่วนสาเหตุของการที่พนักงานตรวจสอบคุณภาพไม่สามารถตรวจพบได้ว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้นไม่ตรงตามโมเดลที่ต้องการตั้งแต่การเริ่มต้นผลิตนั้น สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภูมิก้างปลาดังแสดงในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุการตรวจสอบไม่พบปัญหาการผลิตผิดโมเดล

จากแผนภูมิก้างปลาในรูปที่ 3-5 สามารถสรุปสาเหตุของการตรวจสอบไม่พบถึงปัญหาว่าชิ้นงานผลิตไม่ตรงโมเดลได้ดังนี้

1) พนักงาน (Man) สาเหตุเกิดจากพนักงานขาดความเข้าใจในการตรวจสอบและความแตกต่างของชิ้นงานแต่ละชนิด

2) วิธีการ (Method) สาเหตุเกิดจากวิธีการตรวจสอบไม่ดีรวมไปถึงขาดมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการตรวจสอบชิ้นงาน

1.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

จากสาเหตุของปัญหานั้น แนวทางสำหรับแก้ไขปัญหามีดังนี้

1.3.1 พนักงาน (Man) แก้ไขโดยทำการอบรมถึงวิธีการตรวจสอบและข้อแตกต่างของชิ้นงานแต่ละชนิด

1.3.2 วิธีการ (Method) แก้ไขโดยสร้างมาตรฐานตัวอย่างชิ้นงาน (Master Sample) เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงในการตรวจสอบชิ้นงาน และกำหนดให้ในขณะที่พนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนเริ่มทำการผลิตนั้นจะต้องนำตัวอย่างชิ้นงานมาอ้างอิงในทุก ๆ ครั้งที่ปฏิบัติงาน

2. ระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-Process Inspection)

ระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต มีเป้าหมายในการตรวจสอบเพื่อเป็นการรับประกันว่ากระบวนการผลิตยังคงผลิตชิ้นงานได้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งหัวข้อในการตรวจสอบจะเป็นการตรวจสอบขนาด (Dimension) น้ำหนัก (Weight) ของชิ้นงาน ส่วนการ

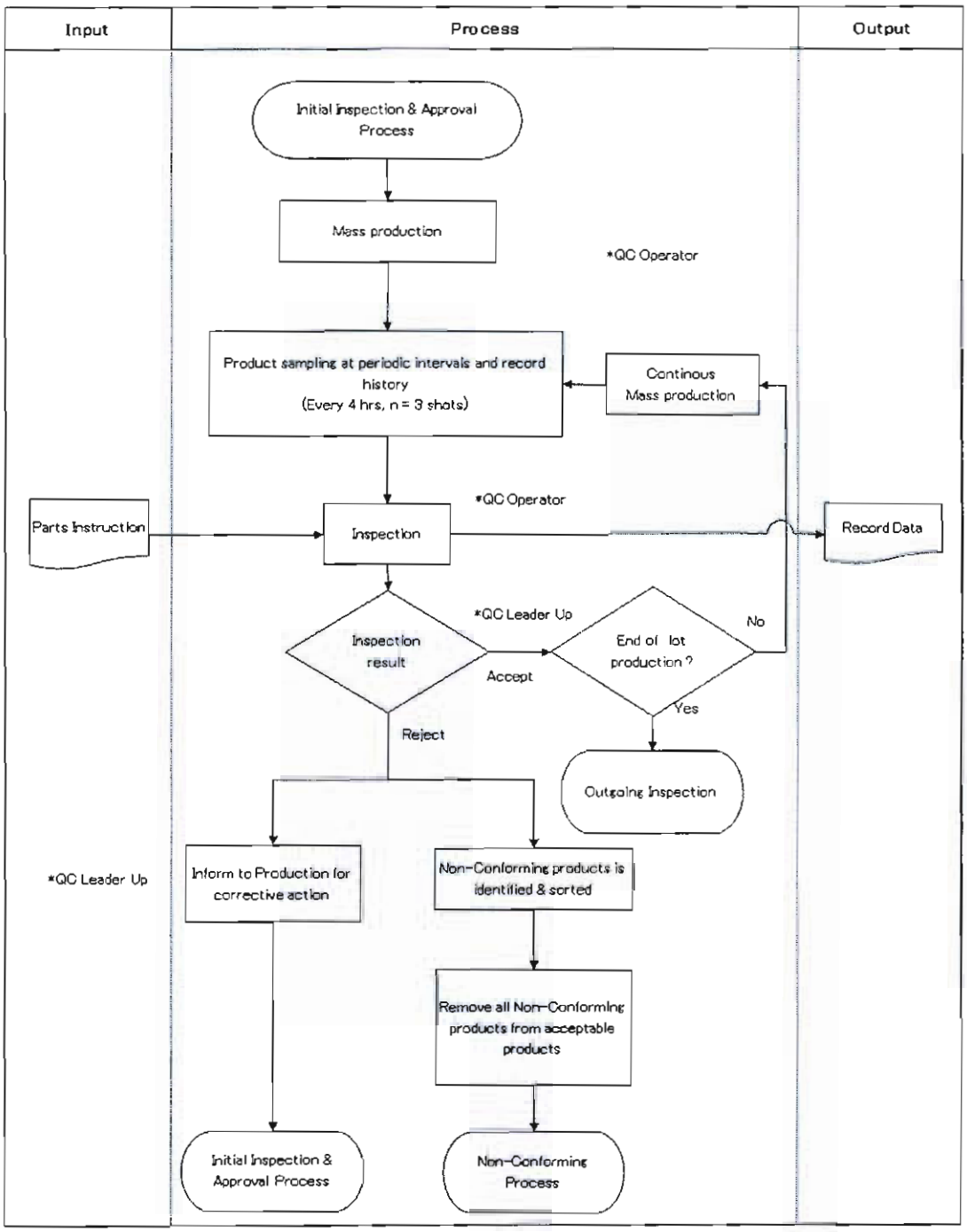
ตรวจสอบจะใช้รูปแบบของการสุ่มชิ้นงานจากกระบวนการในขณะที่ทำการผลิต เพื่อนำชิ้นงานนั้นมาตรวจสอบคุณภาพ โดยที่เวลา จำนวนชิ้นงานที่สุ่มมานั้นจะขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

หากระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต มีการควบคุมให้อยู่ในระดับที่ดีแล้ว จะช่วยลดการสูญเสียที่เกิดจากการผลิตชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า และประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการตรวจสอบ

2.1 ศึกษาระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตในปัจจุบัน

ในปัจจุบันระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิดนั้น หลังจากผ่านกระบวนการอนุมัติให้เริ่มทำการผลิต ทุก ๆ 4 ชั่วโมง พนักงานตรวจสอบคุณภาพจะสุ่มชิ้นงานจำนวน 3 ชิ้อตจากกระบวนการผลิตเพื่อนำมาตรวจสอบตามหัวข้อการตรวจสอบที่ได้กำหนดไว้ ผลของการตรวจสอบจะถูกบันทึกลงในเอกสารเพื่อเป็นหลักฐานในการตรวจสอบ และยืนยันผลการตรวจสอบอีกครั้งโดยหัวหน้างานของพนักงานตรวจสอบคุณภาพ ถ้าผลการตรวจสอบพบว่าชิ้นงานเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้กระบวนการผลิตจะดำเนินต่อไปจนกว่าจะจบล๊อตการผลิด แต่ถ้าผลการตรวจสอบพบว่าชิ้นงานไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน จะมีการแจ้งไปยังฝ่ายการผลิตเพื่อหยุดการผลิตลงพร้อมทั้งดำเนินการคัดแยกชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพออกจากชิ้นงานปกติให้ชัดเจน จากนั้นจะทำการแก้ไขปรับปรุงโดยทีมช่าง และเริ่มต้นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิตเพื่ออนุมัติกระบวนการผลิตใหม่อีกครั้ง

จากที่อธิบายมานั้นสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพของระบบการตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิตได้ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 แผนผังขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพระหว่างการผลิต

2.2 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากข้อมูลในอดีตที่ได้มาจากระบบฐานข้อมูลของการผลิตและปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ไม่พบถึงปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าเกี่ยวกับปัญหาด้านขนาดของชิ้นงาน

แต่ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของผู้บริหารเกี่ยวกับแผนการผลิตในปี พ.ศ. 2556 พบว่ายอดการผลิตชิ้นงานรวมถึงชิ้นงานโมเดลใหม่ ๆ นั้นจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากเป็นเท่าตัว และต้องการกำลังคนไปช่วยในการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ เพื่อลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยลง จึงต้องมีการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต เพื่อบริหารกำลังคนที่มีอยู่นั้นให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ 3-1 กำลังคนของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพในปัจจุบัน

ตำแหน่ง	กะกลางวัน	กะกลางคืน
วิศวกร (Engineer)	1	0
หัวหน้างาน (Leader)	1	1
พนักงาน (Operator)	4	4

ตารางที่ 3-2 กำลังคนของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพในปัจจุบันตามลักษณะของงาน

กระบวนการ	กะกลางวัน	กะกลางคืน
การตรวจสอบคุณภาพในระหว่างกระบวนการผลิต	พนักงาน 2 คน หัวหน้างาน 1 คน	พนักงาน 2 คน หัวหน้างาน 1 คน
การตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มทำการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์	พนักงาน 2 คน	พนักงาน 2 คน
ควบคุมการทำงานของพนักงานและรับข้อร้องเรียนจากลูกค้า	วิศวกร 1 คน	-

จากตารางที่ 3-1 แสดงถึงข้อมูลกำลังคนของส่วนงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นวิศวกร 1 คน หัวหน้างาน 2 คน และพนักงาน 8 คน ถ้าวิเคราะห์ตามภาระงานโดยไม่รวมวิศวกรตามตารางที่ 3-2 แล้วจะพบว่าภาระงานประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ หรือสองในสามเกิดจากการตรวจสอบคุณภาพระหว่างการผลิต เมื่อเทียบกับภาระงานที่เหลือ คือ การตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่มีภาระงาน 40 เปอร์เซ็นต์

2.3 แนวทางการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต คือ การรับประกันว่ากระบวนการผลิตยังคงผลิตชิ้นงานได้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า ดังนั้นถ้าหากพิสูจน์ได้ว่ากระบวนการผลิตมีเสถียรภาพเพียงพอ ไม่มีความแปรผันในกระบวนการ ไม่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ย่อมหมายความว่าสามารถลดความเข้มงวดในการตรวจสอบลงได้ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนชิ้นงานที่ต้องตรวจสอบรวมทั้งรอบเวลาในการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน

ในการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิต จะประเมินจากดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Process Capability: C_{pk}) และมีขั้นตอนในการดำเนินการ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาความสามารถของระบบการวัด เพื่อทำให้มั่นใจว่าผู้ที่ทำการวัด และเครื่องมือที่ใช้มีความถูกต้อง (Accuracy) และความเที่ยงตรง (Precision)

2. วิเคราะห์หาความสามารถของกระบวนการ (C_{pk})

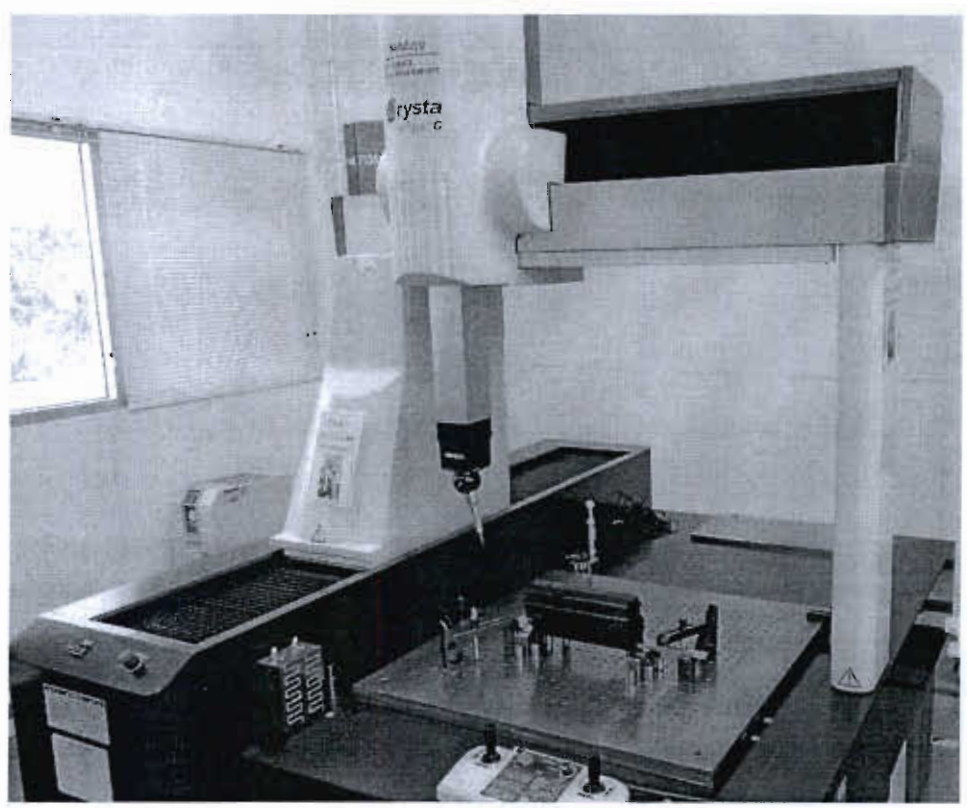
3. ประเมินช่วงความเชื่อมั่นของค่าความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เนื่องจากตามหลักการทางสถิติดัชนีความสามารถของกระบวนการเป็นเพียงตัวประมาณค่าแบบจุด (Point Estimator) ซึ่งจะมีความผันแปรในตัวเองและคลาดเคลื่อนจากความสามารถที่แท้จริงระดับหนึ่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการประเมินช่วงความเชื่อมั่นของดัชนีความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าค่าของความสามารถของกระบวนการที่ได้มานั้นมีความถูกต้องและแม่นยำก่อนที่จะนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงระบบการตรวจสอบต่อไป

2.3.1 การประเมินความสามารถของระบบการวัด

ในการประเมินความสามารถของระบบการวัด จะเป็นการประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลต่อเนื่อง (ข้อมูลจากการการวัด) เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตจะเป็นการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานเป็นสำคัญ ซึ่งจะประเมินทั้งความสามารถในการทำซ้ำของอุปกรณ์ (Repeatability หรือ $\sigma_{repeatability}$) และความสามารถในการผลิตซ้ำของผู้ตรวจวัด (Reproducibility หรือ $\sigma_{reproducibility}$) หรือรู้จักกันในชื่อ R&R (GR&R)

ผู้ทำการวิจัยจะให้พนักงานผู้ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดชิ้นงานเป็นประจำจำนวน 2 คน สุ่มวัดชิ้นงานชิ้นละ 2 ครั้งเป็นจำนวน 20 ชิ้น

โดยในการวัดชิ้นงานจะใช้เครื่องมือวัดสามมิติ (CMM) และจิ๊กในการตรวจสอบชิ้นงานดังภาพที่ 3-7 ในการปฏิบัติงานพนักงานจะนำชิ้นงานใส่ลงบนจิ๊กแล้วเรียกใช้โปรแกรมในการวัดชิ้นงานจากนั้นจะบันทึกผล ซึ่งผลการวัดเป็นไปตามตารางที่ 3-3 ชิ้นงานนี้มีข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 94 $\pm$ 0.8 (LSL = 93.2, USL = 94.8)



ภาพที่ 3-7 แสดงภาพขณะที่เครื่องวัดสามมิติ (CMM) กำลังทำการตรวจสอบชิ้นงาน

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลการวัดชิ้นงาน

Part No	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 2			
	วัดครั้งที่		$\bar{X}$	R	วัดครั้งที่		$\bar{X}$	R
	1	2			1	2		
1	93.955	93.951	93.953	0.004	93.954	93.956	93.955	0.002
2	93.953	93.953	93.953	0.000	93.951	93.953	93.952	0.002
3	93.954	93.957	93.956	0.003	93.952	93.957	93.955	0.005
4	93.952	93.953	93.953	0.001	93.951	93.953	93.952	0.002
5	93.954	93.951	93.953	0.003	93.955	93.952	93.954	0.003
6	93.953	93.955	93.954	0.002	93.954	93.957	93.956	0.003
7	93.953	93.954	93.954	0.001	93.956	93.954	93.955	0.002
8	93.957	93.957	93.957	0.000	93.955	93.951	93.953	0.004
9	93.954	93.951	93.953	0.003	93.952	93.956	93.954	0.004
10	93.951	93.952	93.952	0.001	93.952	93.953	93.953	0.001
11	93.955	93.953	93.954	0.002	93.955	93.951	93.953	0.004
12	93.955	93.954	93.955	0.001	93.956	93.953	93.955	0.003
13	93.955	93.953	93.954	0.002	93.954	93.956	93.955	0.002
14	93.956	93.952	93.954	0.004	93.956	93.952	93.954	0.004
15	93.955	93.951	93.953	0.004	93.952	93.955	93.954	0.003
16	93.956	93.955	93.956	0.001	93.956	93.958	93.957	0.002
17	93.955	93.955	93.955	0.000	93.955	93.952	93.954	0.003
18	93.955	93.957	93.956	0.002	93.957	93.952	93.955	0.005
19	93.957	93.955	93.956	0.002	93.956	93.953	93.955	0.003
20	93.957	93.956	93.957	0.001	93.956	93.952	93.954	0.004
			93.954	0.002			93.954	0.003

จากข้อมูลผลการวัดชิ้นงานตามตารางที่ 3-3 นำข้อมูลไปประเมินความสามารถในการทำซ้ำของเครื่องมือ ได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดซ้ำของเครื่องมือ ($\sigma_{repeatability}$) จากการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน โดยความผันแปรของการวัดซ้ำจะแทนด้วยค่าพิสัย ดังนี้

$$\begin{aligned}\bar{\bar{R}} &= \frac{1}{2}\left(\overline{R_1} + \overline{R_2}\right) \\ &= \frac{1}{2}(0.002 + 0.003) \\ &= 0.0025\end{aligned}$$

จะได้,

$$\begin{aligned}\hat{\sigma}_{repeatability} &= \frac{\bar{\bar{R}}}{d_2} \\ &= \frac{0.0025}{1.128} \\ &= 0.002216\end{aligned}$$

เมื่อค่า d_2 ได้จากตารางค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุมที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 2 เนื่องจากค่าพิสัยแต่ละตัวได้จากการวัดซ้ำ 2 ครั้งของพนักงานแต่ละคน

ในขณะที่ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงาน คือ ค่าความผันแปรที่ประเมินได้จากความแตกต่างของค่าที่ได้จากการวัดจากพนักงานทั้ง 2 คน ดังนี้

$$\begin{aligned}\bar{\bar{x}}_{\max} &= \max(\bar{\bar{x}}_1, \bar{\bar{x}}_2) \\ \bar{\bar{x}}_{\min} &= \min(\bar{\bar{x}}_1, \bar{\bar{x}}_2)\end{aligned}$$

จะได้

$$\begin{aligned}\hat{\sigma}_{reproducibility} &= \frac{R_{\bar{\bar{x}}}}{d_2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{R_{\bar{\bar{x}}}}{d_2}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{repeatability}^{\ 2}}{nr}} \\ &= \sqrt{\left(\frac{93.954 - 93.954}{1.128}\right)^2 - \frac{0.002216^2}{20 \times 2}} \\ &= 0\end{aligned}$$

โดยที่

$$\sigma_{gage}^2 = \sigma_{repeatability}^2 + \sigma_{reproducibility}^2$$

ดังนั้น

$$\sigma^2_{gage} = \sigma^2_{repeatability} + \sigma^2_{reproducibility}$$

$$= 0.002216^2 + 0^2$$

$$= 0.002216^2$$

จะได้ค่า $$\hat{\sigma}_{gage} = \sqrt{0.002216^2}$$

$$= 0.002216$$

จึงประมาณค่า P/T Ratio ได้ดังนี้

$$P/T = \frac{k\hat{\sigma}_{gage}}{USL - LSL}$$

$$= \frac{6(0.00216)}{94.8 - 93.2}$$

$$= 0.0081$$

จะเห็นได้ว่าค่า P/T Ratio มีค่าต่ำกว่า 0.1 หรือ 10% จึงยอมรับได้ว่าระบบการวัดมีความสามารถเพียงพอ

2.3.2 วิเคราะห์หาความสามารถของกระบวนการ

การวิเคราะห์หาความสามารถของกระบวนการ จะเลือกตัวอย่างชิ้นงานมาศึกษา เนื่องจากจำนวนชิ้นงานที่ผลิตนั้นมีมากถึง 104 โมเดล ซึ่งชิ้นงานแต่ละโมเดลนั้นใช้เวลาในการผลิตไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับจำนวนที่ต้องผลิตและเวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละตัว ดังนั้นในการศึกษาค่าความสามารถของกระบวนการ ทางผู้ทำการวิจัยได้เลือกศึกษาชิ้นงานโมเดลโดยใช้เกณฑ์จากเวลาในการผลิตและจำนวนที่ผลิตในแต่ละล๊อต

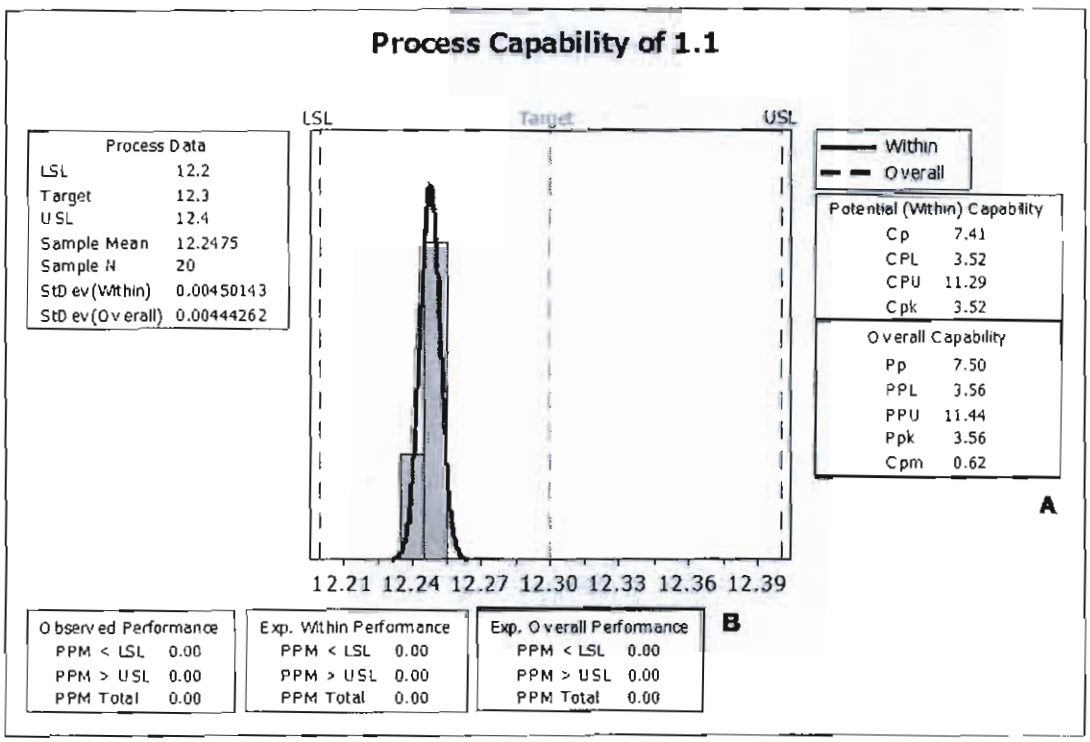
หลังจากการศึกษาและเก็บข้อมูลของชิ้นงานตัวอย่างที่จะทำการศึกษา ชิ้นงานตัวอย่างมีข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

1. เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละตัวเท่ากับ 18 วินาที
2. ในการผลิตแต่ละครั้งมียอดการผลิตเฉลี่ยล๊อตละประมาณ 3,000 ตัว
3. เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละครั้งเฉลี่ยอยู่ที่ 14 – 16 ชั่วโมง

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินความสามารถของกระบวนการนั้นจะทำการสุ่มชิ้นงานจากล๊อตการผลิตจำนวน 20 ตัวเพื่อนำไปตรวจสอบ โดยทุก ๆ 45 นาทีจะมีการเก็บชิ้นงานจากกระบวนการผลิตจำนวน 1 ตัวจนกระทั่งจบการผลิต

เมื่อนำข้อมูลจากผลการวัดชิ้นงานจากพนักงานไปวิเคราะห์หาค่าความสามารถของกระบวนการผลิตแสดงโดยใช้โปรแกรม Minitab ในการช่วยวิเคราะห์ค่าโปรแกรมจะแสดงผล

ทั้งค่าความสามารถของกระบวนการผลิต และของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (PPM) ในรูปของกราฟดังตัวอย่างตามภาพที่ 3-8 จะเห็นได้ว่าจากกราฟในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง (A) จะแสดงค่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยาว และในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง (B) จะแสดงค่าของเสียในกระบวนการผลิตในระยะยาวหน่วยเป็น PPM



ภาพที่ 3-8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab

ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของชิ้นงานตัวอย่าง แสดงได้ดังตารางที่ 3-4 แสดงค่าความสามารถของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Cavity 1 และตารางที่ 3-5 ค่าความสามารถของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Cavity 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-4 ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Cavity 1

CAV.1	1.1	1.2	2	3.1	3.2	4	5	6	7	8.1	8.2	9.1	9.2
USL	0.1	0.1	0.2	0	0	-0.01	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0	0
LSL	-0.1	-0.1	⊥ 0	-0.5	-0.5	-0.06	-0.1	-0.1	▱ 0	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5
Spec	12.3	12.3		59.2	59.2	Φ3TS	16.2	5		0.5	0.5	267.4	267.4
	min	max	A	min	max					min	max	min	max
Tools	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	SG	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ
CAV.1-01	12.250	12.280	0.03	58.90	58.93	2.946	17.670	5.03	0.10	0.51	0.52	267.15	267.16
CAV.1-02	12.240	12.270	0.07	58.91	58.94	2.947	17.650	5.04	0.10	0.50	0.52	267.16	267.15
CAV.1-03	12.240	12.270	0.06	58.91	58.93	2.948	17.660	5.04	0.10	0.52	0.53	267.15	267.16
CAV.1-04	12.250	12.280	0.05	58.91	58.92	2.946	17.670	5.04	0.10	0.51	0.53	267.16	267.14
CAV.1-05	12.250	12.270	0.06	58.90	58.93	2.948	17.650	5.03	0.10	0.50	0.52	267.13	267.17
CAV.1-06	12.250	12.260	0.08	58.91	58.94	2.947	17.650	5.05	0.10	0.51	0.53	267.16	267.15
CAV.1-07	12.250	12.280	0.05	58.90	58.93	2.947	17.650	5.04	0.10	0.51	0.52	267.17	267.15
CAV.1-08	12.250	12.270	0.06	58.91	58.92	2.948	17.670	5.03	0.10	0.52	0.53	267.15	267.18
CAV.1-09	12.250	12.260	0.06	58.92	58.94	2.949	17.670	5.04	0.10	0.51	0.53	267.18	267.16
CAV.1-10	12.240	12.260	0.08	58.91	58.93	2.947	17.660	5.04	0.10	0.51	0.53	267.16	267.15
CAV.1-11	12.250	12.260	0.07	58.90	58.92	2.947	17.680	5.04	0.10	0.50	0.52	267.16	267.15
CAV.1-12	12.250	12.270	0.07	58.92	58.94	2.947	17.660	5.04	0.10	0.51	0.53	267.16	267.14
CAV.1-13	12.250	12.260	0.07	58.91	58.94	2.946	17.660	5.04	0.10	0.51	0.52	267.17	267.14
CAV.1-14	12.250	12.270	0.06	58.91	58.93	2.948	17.650	5.05	0.10	0.51	0.53	267.17	267.14
CAV.1-15	12.250	12.270	0.07	58.91	58.93	2.946	17.660	5.04	0.10	0.51	0.53	267.15	267.14
CAV.1-16	12.250	12.260	0.06	58.91	58.92	2.945	17.660	5.06	0.10	0.51	0.53	267.18	267.16
CAV.1-17	12.240	12.270	0.05	58.91	58.92	2.947	17.650	5.04	0.10	0.51	0.52	267.16	267.18
CAV.1-18	12.250	12.270	0.06	58.92	58.93	2.949	17.660	5.04	0.10	0.50	0.53	267.19	267.15
CAV.1-19	12.250	12.270	0.05	58.90	58.93	2.946	17.650	5.05	0.10	0.51	0.53	267.18	267.16
CAV.1-20	12.240	12.280	0.05	58.91	58.95	2.946	17.650	5.05	0.10	0.50	0.52	267.14	267.15
average	12.248	12.269	0.061	58.909	58.931	2.947	17.659	5.037	0.100	0.509	0.526	267.162	267.154
min	12.240	12.260	0.030	58.900	58.920	2.945	17.650	5.025	0.100	0.500	0.520	267.130	267.140
max	12.250	12.280	0.080	58.920	58.950	2.949	17.680	5.055	0.100	0.520	0.530	267.190	267.180
σn-1	0.004	0.007	0.012	0.006	0.009	0.001	0.009	0.007	0.000	0.006	0.005	0.015	0.012
Cp	7.503	4.641	3.904	13.006	9.778	7.744	3.655	4.473	9.36E+15	5.677	6.632	5.704	6.769
Cpk	3.564	3.203	3.904	10.873	9.035	2.168	3.070	2.841	9.36E+15	5.195	4.908	5.442	6.660
PPM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Cavity 2

CAV.2	1.1	1.2	2	3.1	3.2	4	5	6	7	8.1	8.2	9.1	9.2
USL	0.1	0.1	0.2	0	0	-0.01	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0	0
LSL	-0.1	-0.1	⊥ 0	-0.5	-0.5	-0.06	-0.1	-0.1	▱ 0	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5
Spec	12.3	12.3		59.2	59.2	Φ3TS	16.2	5		0.5	0.5	267.4	267.4
	min	max	A	min	max					min	max	min	max
Tools	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ	SG	XYZ	XYZ	XYZ	XYZ
CAV.2-01	12.26	12.28	0.05	58.91	58.92	2.947	17.660	5.05	0.10	0.51	0.53	267.16	267.19
CAV.2-02	12.26	12.27	0.06	58.90	58.93	2.948	17.650	5.04	0.10	0.51	0.52	267.15	267.17
CAV.2-03	12.27	12.27	0.06	58.91	58.93	2.944	17.650	5.04	0.10	0.51	0.52	267.16	267.18
CAV.2-04	12.26	12.27	0.03	58.90	58.91	2.946	17.670	5.05	0.10	0.50	0.53	267.14	267.18
CAV.2-05	12.26	12.27	0.06	58.92	58.93	2.947	17.680	5.05	0.10	0.52	0.52	267.17	267.18
CAV.2-06	12.26	12.27	0.03	58.90	58.94	2.948	17.670	5.05	0.10	0.50	0.53	267.15	267.18
CAV.2-07	12.26	12.27	0.04	58.91	58.94	2.946	17.660	5.04	0.10	0.51	0.52	267.15	267.19
CAV.2-08	12.26	12.27	0.05	58.90	58.94	2.947	17.670	5.04	0.10	0.50	0.53	267.18	267.19
CAV.2-09	12.27	12.27	0.06	58.90	58.93	2.947	17.670	5.04	0.10	0.51	0.52	267.16	267.19
CAV.2-10	12.26	12.27	0.06	58.92	58.92	2.948	17.680	5.03	0.10	0.50	0.53	267.15	267.17
CAV.2-11	12.26	12.27	0.04	58.92	58.93	2.947	17.660	5.04	0.10	0.50	0.53	267.15	267.20
CAV.2-12	12.25	12.29	0.06	58.90	58.94	2.945	17.660	5.03	0.10	0.50	0.53	267.14	267.18
CAV.2-13	12.25	12.30	0.04	58.90	58.93	2.946	17.660	5.03	0.10	0.50	0.53	267.14	267.18
CAV.2-14	12.25	12.29	0.05	58.89	58.92	2.946	17.650	5.03	0.10	0.50	0.52	267.14	267.19
CAV.2-15	12.26	12.29	0.06	58.92	58.92	2.945	17.650	5.04	0.10	0.51	0.53	267.16	267.20
CAV.2-16	12.26	12.29	0.05	58.91	58.92	2.947	17.660	5.04	0.10	0.50	0.53	267.18	267.19
CAV.2-17	12.27	12.29	0.05	58.91	58.96	2.946	17.660	5.04	0.10	0.50	0.53	267.15	267.20
CAV.2-18	12.26	12.30	0.05	58.90	58.93	2.947	17.660	5.05	0.10	0.50	0.53	267.15	267.21
CAV.2-19	12.26	12.30	0.05	58.90	58.93	2.947	17.670	5.05	0.10	0.50	0.53	267.16	267.20
CAV.2-20	12.26	12.29	0.05	58.92	58.92	2.946	17.650	5.04	0.10	0.50	0.51	267.15	267.17
average	12.260	12.281	0.050	58.907	58.930	2.947	17.662	5.036	0.100	0.504	0.526	267.155	267.187
min	12.250	12.270	0.030	58.890	58.910	2.944	17.650	5.025	0.100	0.500	0.510	267.140	267.170
max	12.270	12.300	0.060	58.920	58.960	2.948	17.680	5.045	0.100	0.520	0.530	267.180	267.210
σ_{n-1}	0.006	0.012	0.010	0.009	0.011	0.001	0.010	0.007	0.000	0.006	0.006	0.012	0.011
Cp	5.932	2.756	5.137	9.025	7.582	7.927	3.503	4.641	9.36E+15	5.572	5.572	6.997	7.384
Cpk	3.559	2.232	5.137	7.473	6.961	2.061	3.048	2.970	9.36E+15	5.349	4.123	6.871	6.291
PPM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.3.3 การประเมินช่วงความเชื่อมั่นของค่าความสามารถของกระบวนการ

จากที่กล่าวมาในข้างต้นถึงหลักการทางสถิติค่าความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เนื่องจากตามหลักการทางสถิติดัชนีความสามารถของกระบวนการเป็นเพียงตัวประมาณค่าแบบจุด (Point Estimator) ซึ่งจะมีความผันแปรในตัวเองและคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการประเมินช่วงความเชื่อมั่นของดัชนีความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) จึงจะช่วยให้การประเมินมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยการประมาณช่วงความเชื่อมั่นจะทำบนสมมติฐานที่การแจกแจงของคุณลักษณะทางคุณภาพเป็นแบบปกติ สำหรับการประเมินช่วงความเชื่อมั่นของค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ ประมาณได้ดังนี้

$$\hat{C}_{pk}\left[1-Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}_{pk}^2}+\frac{1}{2(n-1)}}\right]\le C_{pk}\le\hat{C}_{pk}\left[1+Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}_{pk}^2}+\frac{1}{2(n-1)}}\right]$$

ตัวอย่างการประเมินช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่า C_{pk} ของชิ้นงาน Cavity 2 ในหัวข้อที่ 4 ซึ่งมีค่า C_{pk} น้อยที่สุด ซึ่งมีข้อมูลดังนี้ ตัวอย่างสุ่มขนาด n = 20 คำนวณค่า C_{pk} ได้ = 2.061 จะมีค่าอยู่ในช่วงเท่ากับ

$$=2.061\left[1-1.96\sqrt{\frac{1}{9(20)3.564^2}+\frac{1}{2(20-1)}}\right]\le C_{pk}\le 2.061\left[1-1.96\sqrt{\frac{1}{9(20)3.564^2}+\frac{1}{2(20-1)}}\right]$$

$$=1.39\le C_{pk}\le 2.73$$

จากข้อมูลในตารางที่ 3-4 และตารางที่ 3-5 จะบ่งบอกถึงความสามารถของกระบวนการผลิตและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตในปริมาณชิ้นงานจำนวนหนึ่งล้านชิ้น ถ้าพิจารณาค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่วิเคราะห์ได้จากโปรแกรม ประเมินเปรียบเทียบกับปริมาณชิ้นงานที่เครื่องผลิตได้ โดยจะประเมินทุก ๆ 4 ชั่วโมงตามรอบการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานในระหว่างการผลิต เพื่อที่จะดูอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิต แล้วนำผลนั้นไปกำหนดการสุ่มตรวจสอบที่เหมาะสมกับความสามารถของกระบวนการผลิตต่อไป

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลการประเมินของเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงาน Cavity 1

Cavity 1											
No	Defect	4 Hr		8 Hr		12 Hr		16 Hr		20 Hr	
	(PPM)	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect
1.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
1.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
3.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
3.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
4	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
5	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
6	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
7	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
8.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
8.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
9.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
9.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลการประเมินของเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงาน Cavity 2

Cavity 2										
No	Defect	4 Hr		8 Hr		12 Hr		16 Hr		20 Hr	
	(PPM)	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect	Q'ty	Defect
1.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
1.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
3.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
3.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
4	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
5	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
6	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
7	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
8.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
8.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
9.1	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0
9.2	0	800	0	1600	0	2400	0	3200	0	4000	0

ข้อมูลในตารางที่ 3-6 และตารางที่ 3-7 จะแสดงข้อมูลของจำนวนชิ้นงานที่เครื่องผลิตได้ตามรอบเวลาเปรียบเทียบกับของเสียที่จะเกิดขึ้นสำหรับชิ้นงาน Cavity ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากข้อมูลจะสังเกตเห็นว่าในทุก ๆ หัวข้อของการประเมินค่าของข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์จากลูกค้าตั้งแต่หัวข้อที่ 1 - 9 ของเสียที่จะเกิดขึ้นนั้นมีค่าเป็นศูนย์ทุกหัวข้อการตรวจสอบ เพราะเนื่องจากกระบวนการนั้นไม่เกิดการแปรผันในกระบวนการ โดยพิจารณาได้จากค่าความสามารถของกระบวนการผลิต (C_{pk}) ในตารางที่ 3-5 และตารางที่ 3-6 ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบชิ้นงานในระหว่างการผลิต อาจกำหนดได้โดยตรวจสอบเฉพาะตอนเริ่มต้นการผลิตเท่านั้นก็ได้ ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขของการตรวจสอบชิ้นงานในระหว่างการผลิตเป็นไปดังนี้

1. ลดจำนวนชิ้นงานที่จะต้องสุ่มตามแผนการตรวจสอบ
2. ลดรอบเวลาในการสุ่มชิ้นงานลงจากเดิมที่ต้องตรวจสอบทุก ๆ 4 ชั่วโมง

3. ระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection)

หลังจากที่กระบวนการผลิตสิ้นสุดลงนั้น การตรวจสอบคุณภาพจะเกิดขึ้นอีกครั้ง คือ การตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งการตรวจสอบนี้จะเป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน รวมไปถึงการตรวจสอบลักษณะของบรรจุภัณฑ์และจำนวนของชิ้นงานด้วย

วิธีการตรวจสอบที่ใช้ในการตรวจสอบนั้น มีวิธีที่ใช้กันทั่วไปอยู่ 2 วิธี คือ

1. การตรวจสอบด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่าง
2. การตรวจสอบทุกชิ้นหรือ 100%

ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเป็นเรื่องยากที่จะใช้การตรวจสอบทุกชิ้น เพราะจะทำให้มีต้นทุนในการตรวจสอบสูงมากและเสียเวลา จึงมีการนำเอาวิธีการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่างมาใช้ในการตรวจสอบ โดยนำเอาหลักสถิติเข้ามาประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบคุณภาพ โดยพื้นฐานจะต้องมีการกำหนดขนาดของล๊อต (Lot size) ขนาดของตัวอย่างที่จะสุ่ม (Sample Size) และกำหนดระดับเป้าหมายที่ยอมรับ (Acceptable Quality Level) ตัวอย่างเช่น มีกำหนดขนาดล๊อตไว้ 100 ชิ้น จะต้องสุ่มชิ้นงานจำนวน 5 ชิ้น โดยมีเป้าหมายในการยอมรับเมื่อชิ้นงานทั้ง 5 ชิ้นจะต้องได้คุณภาพทั้งหมด คือ ไม่มีชิ้นงานเสียเลยจึงจะยอมรับชิ้นงานล๊อตนั้น ถ้าตรวจสอบแล้วพบชิ้นงานเสียตั้งแต่ 1 ชิ้นขึ้นไปให้ปฏิเสธไม่ทำการยอมรับชิ้นงานล๊อตนั้น เป็นต้น

3.1 ศึกษาระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน

ปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์นั้นจะใช้วิธีการสุ่มชิ้นงานขึ้นมาตรวจสอบจำนวน 13 ชิ้นต่อล๊อต โดยมีเงื่อนไขในการยอมรับล๊อตเมื่อสุ่มตัวสอบแล้วไม่พบของเสีย และจะปฏิเสธล๊อตเมื่อพบของเสียตั้งแต่ 1 ชิ้นขึ้นไป ในทางปฏิบัติสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

3.1.1 เมื่อสิ้นสุดการผลิตหรือหลังแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด พนักงานฝ่ายผลิตจะนำกรวยสีน้ำเงินมาวางบนผลิตภัณฑ์เพื่อร้องขอให้มีการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ต่อไป

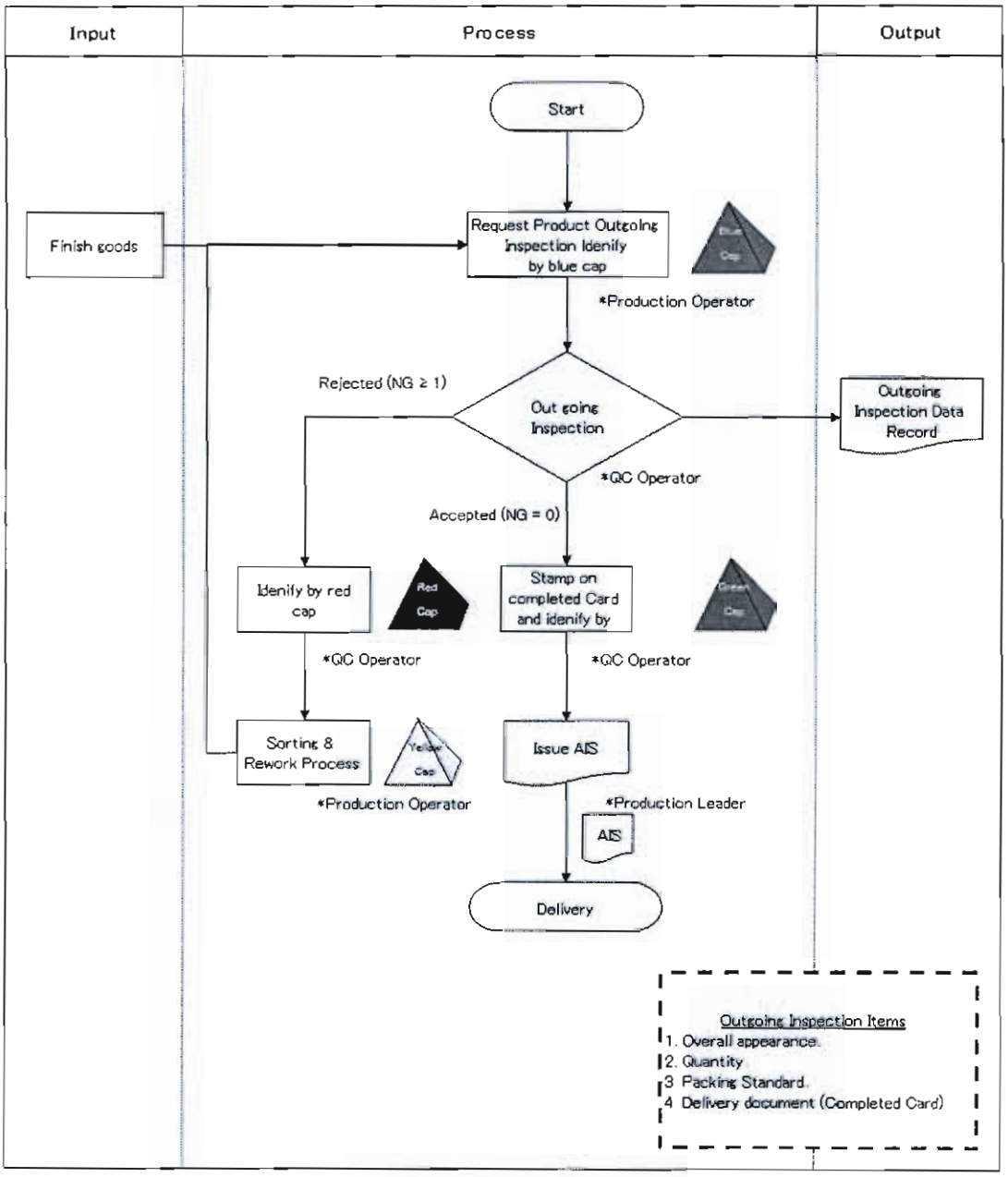
3.1.2 พนักงานตรวจสอบคุณภาพจะทำการสุ่มตรวจสอบเป็นจำนวน 13 ชิ้นต่อล๊อต โดยหัวข้อในการตรวจสอบ ได้แก่ การตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน จำนวนชิ้นงาน ใบล๊อตการ์ด รวมถึงลักษณะของบรรจุภัณฑ์

3.1.3 ถ้าผลการตรวจสอบไม่พบของเสีย (ยอมรับล๊อต) พนักงานตรวจสอบคุณภาพจะแสตมป์ "QC Pass" บนล๊อตการ์ดและวางกรวยสีเขียวเพื่อชี้บ่งผลิตภัณฑ์ว่าผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นหัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตจะออกเอกสารส่งมอบผลิตภัณฑ์ (AIS Slip) พร้อมนำส่งผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า

3.1.4 ถ้าผลการตรวจสอบพบของเสียตั้งแต่ 1 ชิ้นขึ้นไป (ปฏิเสธล๊อต) จะวางกรวยสีแดงเพื่อชี้บ่งผลิตภัณฑ์ว่าไม่ผ่านการตรวจสอบจะต้องดำเนินการแก้ไขหรือกำจัดทิ้ง

3.1.5 ผลิตภัณฑ์ที่กำลังทำการแก้ไขจะมีการวางกรวยสีเหลืองเพื่อบ่งบอกสถานะของผลิตภัณฑ์เมื่อแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วจะวางกรวยสีน้ำเงินมาวางบนผลิตภัณฑ์เพื่อร้องขอให้มีการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์อีกครั้ง

จากขั้นตอนการทำงานอธิบายมานั้นสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพของระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพที่ 3-9

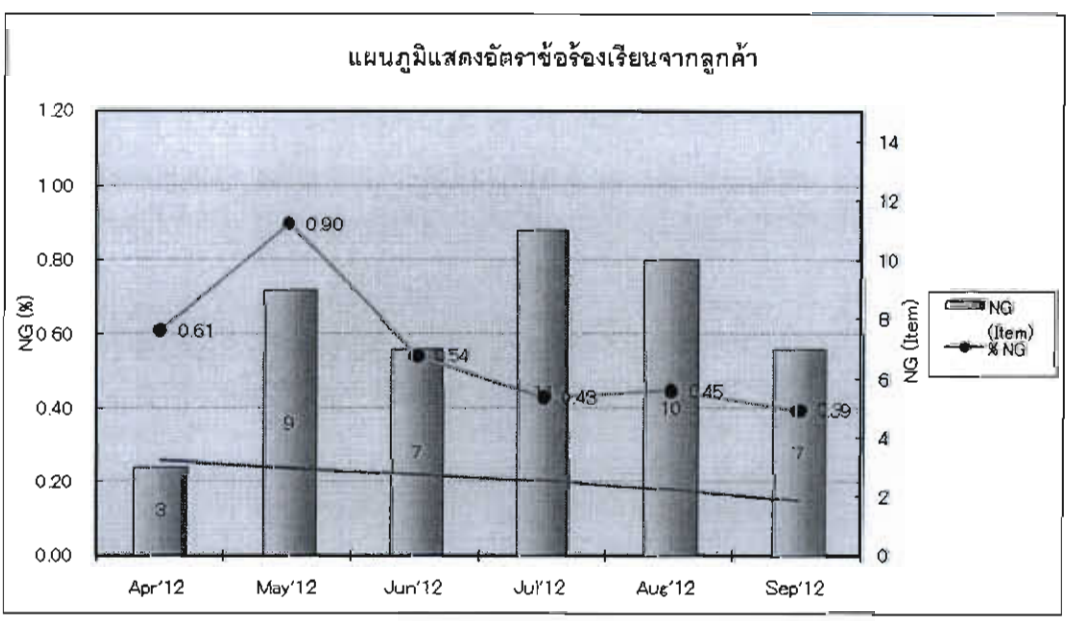


ภาพที่ 3-9 แผนผังขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์

3.2 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

เมื่อรวบรวมข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าในอดีตที่ได้มาจากฐานข้อมูลของฝ่ายควบคุมคุณภาพตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 พบว่าอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าเมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ได้รับจากผู้บริหาร (Key Performance Indicator: KPI) นั้นมีค่าสูงกว่าเป้าหมายและแนวโน้มของปัญหาที่เกิดมีมากขึ้น ดังภาพที่ 3-10 ที่แสดงข้อมูลของข้อร้องเรียนจากลูกค้าในรอบปีการทำงาน 1/ 2555 โดยเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555

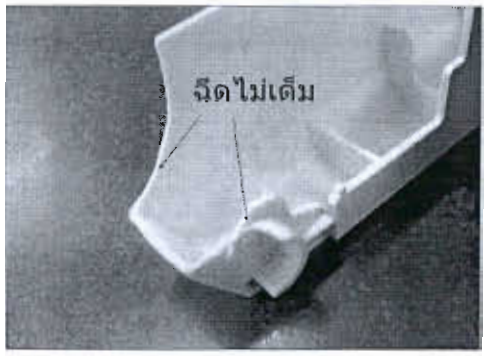
จากภาพที่ 3-10 จะเห็นว่าอัตราข้อร้องเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมีนาคมจนสูงสุดถึง 0.90% ในเดือนพฤษภาคม จากนั้นลดต่ำลงในเดือนมิถุนายนและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนจบเดือนกันยายน ในเบื้องต้นมีการเข้าไปสำรวจและแก้ไขที่หน้างาน เช่น การฝึกอบรมพนักงานหน้าเครื่องถึงจุดที่ต้องตรวจสอบของชิ้นงาน แต่เป้าหมายในการทำงานที่ได้รับ คือ เมื่อจบเดือนกันยายนอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าต้องน้อยกว่า 0.15% จากกราฟจะเห็นได้ว่าข้อร้องเรียนจากลูกค้าเมื่อเทียบกับเป้าหมายที่ได้รับผล คือ ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้รับจากผู้บริหารได้



Month	Apr'12	May'12	Jun'12	Jul'12	Aug'12	Sep'12
NG (Item)	3	9	7	11	10	7
Lot Delivery	492	1005	1294	2560	2237	1773
% NG	0.61	0.90	0.54	0.43	0.45	0.39
Target	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15

ภาพที่ 3-10 อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้า

หลังจากศึกษาข้อร้องเรียนจากลูกค้าพบว่าปัญหาทั้งหมดที่ลูกค้าร้องเรียนนั้นเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภายนอกของชิ้นงาน เช่น ปัญหาครีบที่ชิ้นงาน (Bari) ปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม (Short Shot) ตัวอย่างดังภาพที่ 3-11 และภาพที่ 3-12 โดยไม่พบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับขนาด (Dimension) ของชิ้นงาน ซึ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภายนอกของชิ้นงานจะมีการตรวจสอบที่การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 3-11 ปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม (Short Shot)

ภาพที่ 3-12 ปัญหาครีบ (Bari) ที่ชิ้นงาน

จึงมีการย้อนไปตรวจสอบถึงข้อมูลบันทึกการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมา จากบันทึกการตรวจสอบได้พบถึงข้อผิดปกติและปัญหาของการตรวจสอบ คือ การตรวจสอบไม่สามารถดักจับของเสียได้เนื่องจากในบันทึกการตรวจสอบนั้นข้อมูลของเสียที่ตรวจสอบเจอน้อยมากหรือเป็นศูนย์ ทำให้ต้องมีการทบทวนและแก้ไขถึงวิธีการทำงานและมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์

3.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

จากสาเหตุของปัญหา คือ การตรวจสอบไม่สามารถดักจับของเสียได้ ทางผู้ทำการวิจัยได้แบ่งสาเหตุของการตรวจสอบไม่พบของเสียหลัก ๆ ได้ 2 ข้อดังนี้

1) พนักงานตรวจสอบอาจมีความสามารถในการตัดสินใจงานไม่เพียงพอหรือตัดสินใจงานผิดพลาดเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานเสียหลุดรอดไปถึงลูกค้าได้

2) ระบบของการสุ่มตรวจสอบที่ใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ ไม่สามารถดักจับชิ้นงานเสียได้ เช่น จำนวนที่สุ่มตรวจสอบน้อยเกินไปจนไม่สามารถตรวจสอบพบของเสียที่เกิดขึ้นได้

ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยอันดับแรกผู้ทำการวิจัยจะทำการประเมินความสามารถของระบบการวัดเพื่อทดสอบว่าสาเหตุของการตรวจสอบไม่พบของเสียนั้นมีสาเหตุมาจากพนักงานตรวจสอบหรือไม่ และจะทำการประเมินถึงมาตรฐานในการสุ่มตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน ว่าจำนวนชิ้นงานที่สุ่มตรวจสอบเพียงพอที่จะสามารถดักจับของเสียได้หรือไม่ เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง

3.3.1 การประเมินความสามารถของระบบการวัด

รูปแบบของการประเมินนั้นจะเป็นการประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (ข้อมูลจากการตรวจนับ) เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์จะเป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงานแล้วตัดสินว่าชิ้นงานนั้นดี (OK) หรือเสีย (NG) เท่านั้น

ในการประเมินนั้นจะพิจารณาถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคน โดยมีหลักเกณฑ์ในการยอมรับ คือ

1) ประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคน (Operator Effectiveness Iindex: O_E) จะต้องเท่ากับ 100%

2) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (FaIse Alarm Index: I_{FA}) จะต้องเท่ากับ 0%

3) ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (Index of a miss: I_{MISS}) จะต้องเท่ากับ 0%

ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจได้ว่าสาเหตุของการตรวจสอบไม่พบของเสีย จนเป็นผลให้เกิดการหลุดรอดของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพนั้นไม่ได้มีสาเหตุมาจากการตัดสินผิดพลาดของพนักงานตรวจสอบคุณภาพในกรณีการพิจารณาชิ้นงานนั้นเป็นชิ้นงานดีหรือเสีย

ในการปฏิบัติงานนั้นจะมีพนักงานตรวจสอบที่ประจำในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจำนวน 2 คน ผู้ทำการวิจัยได้เก็บข้อมูลผลการตรวจสอบคุณภาพของพนักงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานวัด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเลือกชิ้นงานจำนวน 20 ชิ้น โดยจำนวน 7 ชิ้นเป็นชิ้นงานดี อีก 7 ชิ้นเป็นชิ้นงานเสีย และที่เหลือ 6 ชิ้นเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง โดยชิ้นงานทั้งหมดจะถูกกำหนดให้เป็น "ล๊อตมาตรฐาน" โดยชิ้นงานที่กำหนดเป็นล๊อตมาตรฐานนั้นจะเป็นชิ้นงานที่สามารถตรวจสอบและตัดสินได้ด้วยสายตา เช่น ปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม (Short Shot) ปัญหาครีบที่ชิ้นงาน (Bari) ปัญหาจุดดำ (Black dot) ปัญหาชิ้นงานเสียรูป (Deform) เป็นต้น

2. กำหนดจำนวนในการทดสอบซ้ำ โดยจะทำการทดลองซ้ำที่ 2 ครั้ง

3. นำชิ้นงานที่ถูกกำหนดให้เป็นล๊อดมาตรฐานให้พนักงานตรวจสอบตัวอย่างแบบสุ่มพร้อมทั้งบันทึกผลในตารางตรวจสอบ จนครบการประเมินผลที่ได้ออกแบบไว้

ผลของการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานล๊อตมาตรฐานของพนักงานแต่ละคนสรุปได้ดังตารางที่ 3-8 ดังนี้

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลผลการตรวจสอบคุณภาพของพนักงานแต่ละคน

คุณภาพจริง	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2	
	ตรวจสอบครั้งที่		ตรวจสอบครั้งที่	
	1	2	1	2
G	G	G	G	G
G	G	G	G	G
G	G	G	G	G
NG	NG	NG	NG	NG
NG	NG	NG	NG	NG
G	G	G	G	G
NG	NG	NG	NG	NG
NG	NG	NG	NG	NG
G	G	G	G	G
G	G	G	G	G
NG	NG	NG	NG	NG
NG	NG	NG	NG	NG
G	G	G	G	G
NG	NG	NG	NG	NG
G	G	G	G	G
G	G	G	G	G
NG	NG	NG	NG	NG
G	G	G	G	G
NG	NG	NG	NG	NG
G	G	G	G	G

เมื่อนำข้อมูลผลการตรวจสอบคุณภาพของพนักงานแต่ละคนมาวิเคราะห์ผลหาความสามารถของพนักงานแต่ละคน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-9 และตารางที่ 3-10 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-9 ผลการตรวจสอบคุณภาพของพนักงานแต่ละคน

พนักงานคนที่	ชี้บ่งว่า OK อย่างถูกต้อง	ชี้บ่งว่า NG อย่างถูกต้อง	รวมจำนวนชี้บ่งที่ถูกต้อง	จำนวนการปฏิเสธอย่างผิดพลาด	จำนวนการยอมรับที่ผิดพลาด
1	22	18	40	0	0
2	22	18	40	0	0

ตารางที่ 3-10 ประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคน

พนักงานคนที่	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
1	100%	0%	0%
2	100%	0%	0%

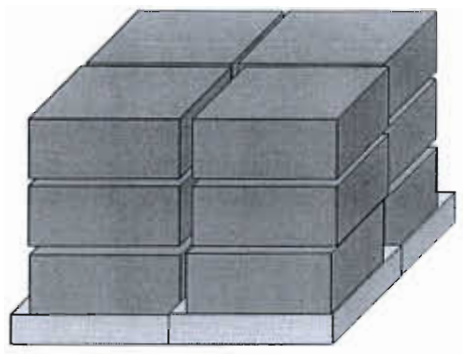
จากตารางที่ 3-9 จะแสดงถึงผลการตรวจสอบคุณภาพของแต่ละคน โดยจะแสดงถึงข้อมูลการชี้บ่งชิ้นงานล๊อตมาตรฐานออกมาเป็นจำนวนครั้งเพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของพนักงานในรูปของดัชนีต่าง ๆ ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์การประเมินตามตารางที่ 3-10

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 3-10 จะเห็นว่าค่า O_E, I_{FA} และ I_{MISS} นั้นผ่านเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ในข้างต้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบนั้นสามารถตัดสินใจชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นประเด็นของการตรวจสอบไม่พบของเสียนั้นไม่ได้เกิดจากพนักงานตรวจสอบคุณภาพ จึงต้องพิจารณาถึงระบบของการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.3.2 การประเมินระบบการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์นั้น จะใช้วิธีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานเพื่อการยอมรับล๊อต โดยมีมาตรฐานในการสุ่มเพื่อการยอมรับ คือ พนักงานตรวจสอบจะสุ่มชิ้นงานจำนวน 13 ตัวต่อล๊อตเพื่อมาทำการตรวจสอบ ซึ่งจำนวนชิ้นงานต่อล๊อต

ทั่วไปจะอยู่ที่ 192 – 432 ตัว มาตรฐานของการตีความของชิ้นงาน 1 ล๊อต คือ งาน 1 พาเลท (Pallet) ปกติโดยทั่วไปพาเลทหนึ่ง ๆ จะวางกล่องที่ใส่ชิ้นงานเรียบร้อยแล้วจำนวน 12 กล่อง ตัวอย่างดังรูปภาพที่ 3-13 โดยมีหลักเกณฑ์ในการยอมรับล๊อต คือ จะต้องตรวจสอบไม่พบของเสีย และปฏิเสธล๊อตที่พบของเสียตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป สำหรับการประเมินสมรรถนะหรือประสิทธิภาพของแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับ ทางผู้วิจัยจะใช้เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการหรือเส้นโค้ง OC เป็นเครื่องมือในการประเมิน



ภาพที่ 3-13 ชิ้นงานจำนวน 1 ล๊อต

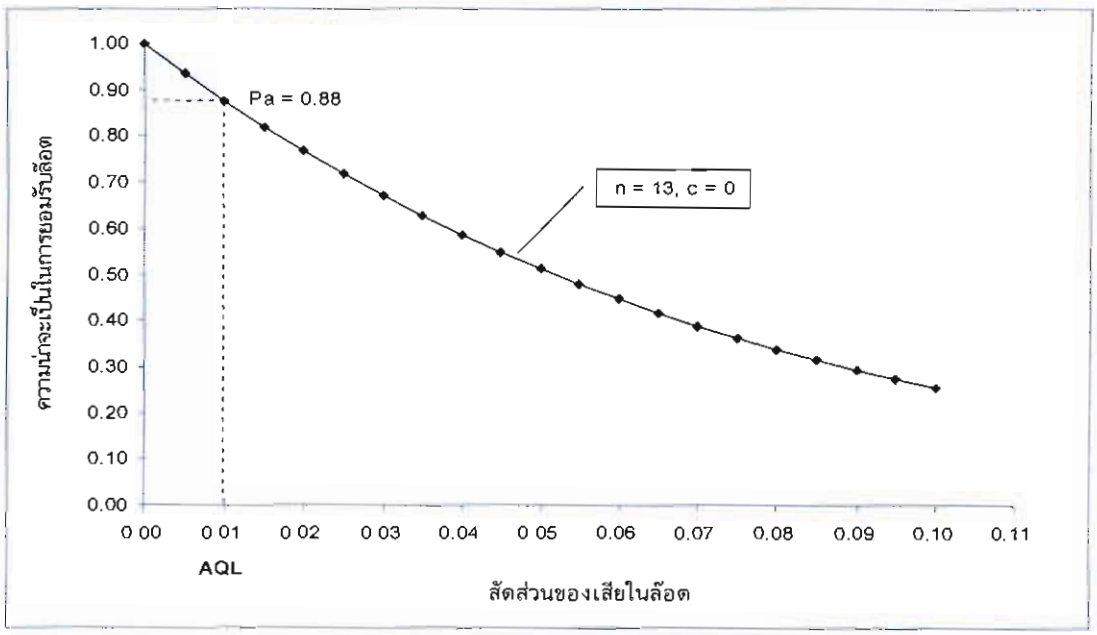
ในการใช้เส้นโค้ง OC ในการหาค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อตใน จะต้องทราบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- สัดส่วนของเสียในล๊อต (p)
- ขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n)
- ค่าวิกฤต (c)

สำหรับค่าวิกฤต (c) และขนาดตัวอย่างในการสุ่มนั้นผู้ทำการวิจัยได้กล่าวถึงไว้แล้วในข้างต้น คือ c = 0 และ n = 13 ตามลำดับยังคงเหลือค่าสัดส่วนของเสียในล๊อต โดยสัดส่วนของเสียสามารถประมาณได้จากข้อมูลชิ้นงานเสียที่ส่งคืนจากลูกค้า (MRB) ซึ่งในทุก ๆ เดือนลูกค้าจะส่งกลับชิ้นงาน MRB กลับมาเพื่อทำการหักลบกับยอดขายในแต่ละเดือน จากบันทึกการตรวจสอบที่กล่าวมาในข้างต้นได้พบถึงข้อผิดปกติและปัญหาของการตรวจสอบ คือ การตรวจสอบไม่สามารถตักจับของเสียได้เนื่องจากในบันทึกการตรวจสอบนั้นพบการปฏิเสธล๊อตน้อยมากหรือเป็นศูนย์แสดงว่า ข้อมูลของชิ้นงาน MRB นั้นจะแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตชิ้นงาน

ในปัจจุบันได้มีข้อตกลงร่วมกับลูกค้าในการกำหนดระดับคุณภาพเพื่อการยอมรับ (AQL) คือ ในการผลิตหนึ่งวันทางลูกค้าจะยอมรับงานเสียได้ไม่เกินจำนวน 4 ตัวต่อ 1 วันจาก

แผนการผลิตประมาณ 350 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 0.01 หรือ 1% จากข้อมูลที่กล่าวมาสามารถประเมินสมรรถนะของแผนการสุ่มปัจจุบันแสดงได้ดังภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 13, c = 0 และ AQL = 0.01

จากภาพที่ 3-14 จากแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับปัจจุบันที่ระดับคุณภาพเพื่อการยอมรับ (AQL) ที่ 0.01 พบว่ามีความน่าจะเป็นที่แต่ละล็อตจะได้รับการยอมรับเท่ากับ 0.88 หรือ 88% ซึ่งหมายความว่าถ้าพนักงานตรวจสอบคุณภาพสุ่มชิ้นงานเพื่อทำตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์จำนวน 100 ล็อต และแต่ละล็อตถูกสุ่มตัวอย่างมาตรวจตามแผนดังกล่าวจะสามารถคาดการณ์ได้ว่า จะมีล็อตที่ยอมรับได้ 88 ล็อตและถูกปฏิเสธเท่ากับ 12 ล็อต

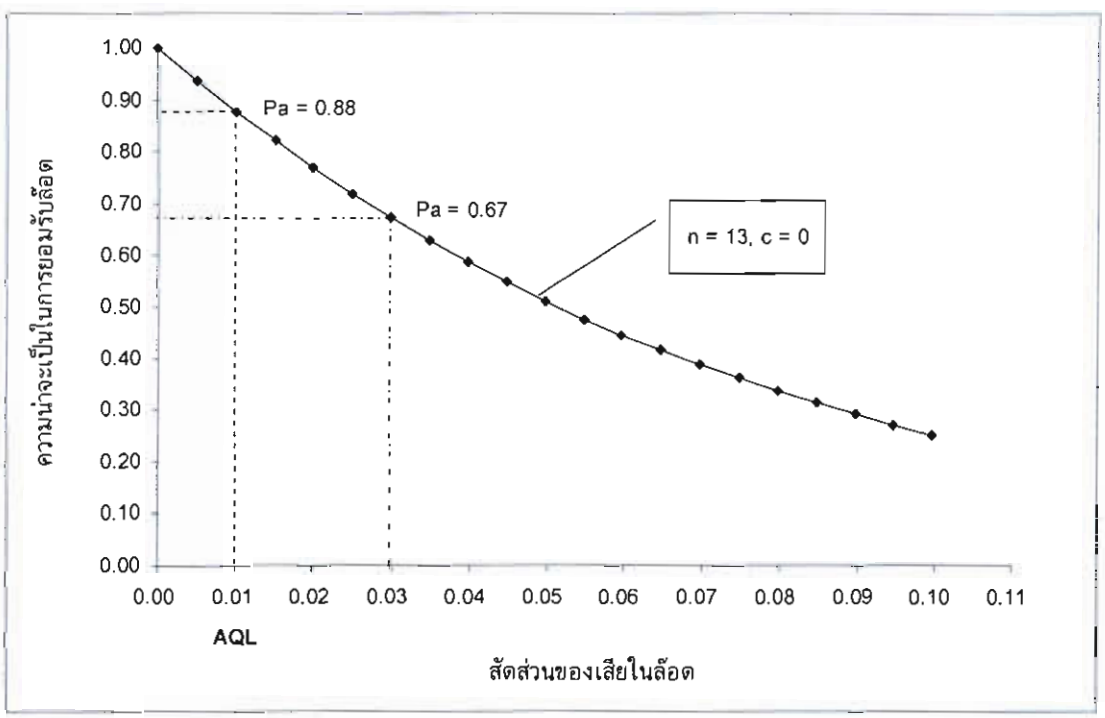
แต่จากข้อมูลในปัจจุบันนั้นพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยพนักงานนั้นมีค่าสัดส่วนของเสียมากกว่าระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ จากข้อมูลของชิ้นงานโมเดลหนึ่งซึ่งมีอัตราของชิ้นงาน MRB สูงที่สุดในรอบปีการทำงาน 1/ 2555 โดยสัดส่วนของเสียเฉลี่ยจากกระบวนการผลิตชิ้นงานอยู่ที่ 0.029 หรือประมาณ 0.03 ดังตัวอย่างตามตารางที่ 3-11 โดยสรุปข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับชิ้นงานโมเดลดังกล่าวและแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับได้ดังนี้

- ขนาดของล็อต (N) เท่ากับ 192 ชิ้น
- ขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n) เท่ากับ 13 ชิ้น
- ค่าวิกฤต (c) เท่ากับ 0 ชิ้น

ตารางที่ 3-11 ข้อมูลชิ้นงานเสียที่ส่งคืนจากลูกค้า (MRB) ในรอบปีการทำงาน 1/ 2555

เดือน	จำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อ (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงาน MRB (ชิ้น)	อัตราส่วน
เมษายน	3800	107	0.028
พฤษภาคม	4635	132	0.028
มิถุนายน	4530	158	0.035
กรกฎาคม	4674	144	0.031
สิงหาคม	5939	173	0.029
กันยายน	5428	119	0.022
เฉลี่ย			0.029

เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินสมรรถนะของแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับในปัจจุบัน เปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันโดยประมาณที่ 0.03 แสดงได้ดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-15 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 13, c = 0 และ p = 0.03

จากภาพที่ 3-15 พบว่าจากแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับนั้น มีโอกาสหรือความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อตเท่ากับ 0.67 หรือ 67% ซึ่งเมื่อดูจากโอกาสในการยอมรับล๊อตนั้นสูงมากซึ่งประมาณได้ว่าถ้าพนักงานตรวจสอบคุณภาพสุ่มตรวจสอบชิ้นงานจำนวน 3 ล๊อตจะปล่อยงานเสียออกไป 2 ล๊อตและดักชิ้นงานเสียได้ 1 ล๊อต ซึ่งทำให้ชิ้นงานเสียหลุดรอดไปถึงลูกค้าจนเป็นสาเหตุทำให้เกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าตามมา

จากการประเมินความสามารถของระบบการวัดเพื่อทดสอบว่าสาเหตุของการตรวจสอบไม่พบของเสียนั้นพบว่าไม่ได้มีสาเหตุมาจากพนักงานตรวจสอบหรือไม่ และการประเมินถึงมาตรฐานในการสุ่มตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน ว่าจำนวนชิ้นงานที่สุ่มตรวจสอบเพียงพอที่จะสามารถดักจับของเสียได้หรือไม่ สามารถสรุปผลการประเมินได้ดังนี้

1. การประเมินความสามารถของระบบการวัด จากเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถของระบบการวัด สามารถสรุปได้ว่าการตรวจสอบไม่พบของเสียนั้นพบว่าไม่ได้มีสาเหตุมาจากพนักงานตรวจสอบ

2. การประเมินถึงมาตรฐานในการสุ่มตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน พบว่ามาตรฐานในการสุ่มเพื่อการยอมรับล๊อตเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสีย มีโอกาสในการยอมรับล๊อตนั้นสูงมาก ซึ่งทำให้ชิ้นงานเสียหลุดรอดไปถึงลูกค้าจนเป็นสาเหตุทำให้เกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าตามมา

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงด้านคุณภาพย่อมต้องการที่จะดักของเสียให้ได้มากที่สุดหรือไม่ปล่อยของเสียไปหาลูกค้า กล่าวคือ ความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อตเท่ากับศูนย์ เพราะฉะนั้นแนวทางในการแก้ไข คือ ทบทวนและพิจารณาหาแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสัดส่วนของเสียในปัจจุบัน

สรุปแนวทางในการแก้ไขปัญหา

จากการศึกษาระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ จนถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าดังที่กล่าวมาในข้างต้นแล้ว สามารถสรุปถึงปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาของระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ทั้ง 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต กระบวนการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขของระบบการตรวจสอบคุณภาพ

กระบวนการตรวจสอบ	สรุปปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
1. ระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (First Piece Inspection)	- ตรวจสอบไม่พบปัญหาการผลิตชิ้นงานผิดโมเดลตั้งแต่เริ่มการผลิต	- พนักงาน (Man) แก้ไขโดยทำการอบรมถึงวิธีการตรวจสอบและข้อแตกต่างของชิ้นงานแต่ละชนิด - วิธีการ (Method) แก้ไขโดยสร้างมาตรฐานตัวอย่างชิ้นงาน (Master Sample) เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงในการตรวจสอบชิ้นงาน
2. ระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-Process Inspection)	- ภาระงานในการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตมากเกินไป เป็นผลให้ใช้กำลังคนมากขึ้นตามการตรวจสอบ - ต้องการลดจำนวนคนเพื่อรองรับแผนการผลิตและชิ้นงานใหม่ที่จะเข้ามาผลิต	- กำหนดมาตรฐานในการสุ่มชิ้นงานเพื่อนำไปตรวจสอบให้สอดคล้องกับความสามารถของกระบวนการผลิต (จำนวนที่ต้องตรวจสอบ, รอบเวลาในการตรวจสอบ)
3. ระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection)	- ข้อร้องเรียนจากลูกค้ามีแนวโน้มสูงขึ้น และมากกว่าเป้าหมายการทำงานที่ได้รับจากผู้บริหาร	-ทบทวนและพิจารณาหาแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสัดส่วนของเสียในปัจจุบัน

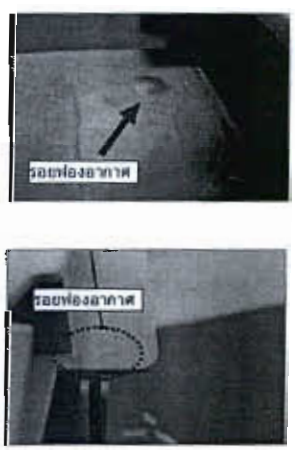
บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติก รวมไปถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ได้มีการนำแนวทางในการแก้ไขปัญหามาประยุกต์ใช้ สามารถสรุปรายละเอียดในการแก้ไขได้ดังนี้

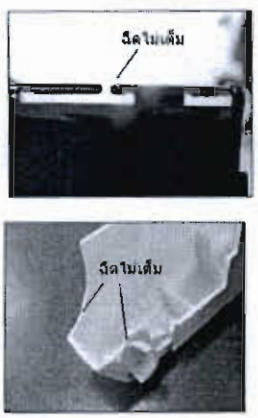
การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (First Piece Inspection)

สำหรับการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิตมีการดำเนินการดังนี้

1. **พนักงาน (Man)** ทำการอบรมถึงวิธีการตรวจสอบและข้อแตกต่างของชิ้นงานในโมเดลที่มีลักษณะเหมือนกัน รวมถึงวางแผนในการให้การอบรมและทบทวนหลักการในการพิจารณาชิ้นงานเกี่ยวกับการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงานด้วยสายตาทุก ๆ 3 เดือนต่อหนึ่งครั้ง เกี่ยวกับลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก รวมถึงวิธีการพิจารณาชิ้นงานดีและชิ้นงานเสีย ดังตัวอย่างในภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2 ซึ่งในการอบรมนั้นจะมีการประเมินผลจากการทดสอบและการปฏิบัติงานจริงเพื่อยืนยันว่าพนักงานนั้นมีความเข้าใจถูกต้องถึงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาชิ้นงานดีและชิ้นงานเสีย

ปัญหา/จุดบกพร่อง : ฟองอากาศบนชิ้นงาน (Bubble)	
รูปภาพปัญหา	เกณฑ์ในการตัดสินใจ
	หากตรวจสอบด้วยสายตาที่ระยะห่าง 50 เซนติเมตร และทำมุม 45 องศากับสายตาแล้วเห็นไม่ชัดเจน ถือว่าเป็นชิ้นงานดี

ภาพที่ 4-1 ปัญหาฟองอากาศบนชิ้นงาน (Bubble) และเกณฑ์ในการตัดสินใจ

ปัญหา/จุดบกพร่อง : ฉีดขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ (Short Shot)	
รูปภาพปัญหา	เกณฑ์ในการตัดสินใจ
 	ไม่อนุญาตให้เกิดขึ้น (หากเกิดขึ้นให้ถือว่าเป็นชิ้นงานเสีย) ** หากมีการกำหนดระดับในการยอมรับจากลูกค้า ให้เปรียบเทียบกับตัวอย่างชิ้นงาน (Limit Sample)

ภาพที่ 4-2 ปัญหาฉีดขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ (Short Shot) และเกณฑ์ในการตัดสินใจ

2. **วิธีการ (Method)** มีการสร้างมาตรฐานตัวอย่างชิ้นงาน (Master Sample & Limit Sample) เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงและช่วยตัดสินใจในการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งมาตรฐานที่จัดทำขึ้นจะควบคุมถึงการจัดทำตัวอย่างชิ้นงาน การอนุมัติใช้ ตลอดจนถึงวิธีการจัดเก็บรักษาและแผนการทบทวน รายละเอียดดังตารางที่ 4-1 และในการปฏิบัติงานได้มีการกำหนดให้ในขณะที่พนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนเริ่มทำการผลิตนั้นจะต้องนำตัวอย่างชิ้นงานมาอ้างอิงในทุก ๆ ครั้งที่ทำการตรวจสอบ

ตารางที่ 4-1 มาตรฐานการจัดทำและควบคุมชิ้นงานตัวอย่าง

Contents	Text
1. วัตถุประสงค์	- เพื่ออธิบายขั้นตอนการจัดทำและการควบคุมชิ้นงานตัวอย่าง
2. ขอบเขตในการประยุกต์ใช้	- มาตรฐานนี้ประยุกต์ใช้กับชิ้นงานตัวอย่างที่จัดทำขึ้นโดยแผนก Injection
3. ชนิดของชิ้นงานตัวอย่างและคำนิยาม	- Master Sample คือ ชิ้นงานตัวอย่างมาตรฐาน ใช้สำหรับอ้างอิงในการตัดสินปัญหาคุณภาพของชิ้นงาน ได้มาจากกระบวนการทดลองแม่พิมพ์โดยกลุ่มงานวิศวกรและผู้สนับสนุนชาวต่างประเทศก่อนเริ่มทำการผลิต หรือชิ้นงานที่มีการยอมรับร่วมกันระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า - Limit Sample คือ ชิ้นงานตัวอย่างควบคุม ใช้สำหรับอ้างอิงในการตัดสินปัญหาคุณภาพของชิ้นงาน โดยมีข้อจำกัดในการใช้เฉพาะปัญหา ได้จากการตกลงและยอมรับร่วมกันระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า
4. การอนุมัติใช้	- ชิ้นงานตัวอย่างก่อนมีการบังคับใช้ต้องได้รับการพิจารณาและอนุมัติจากส่วนงานที่เกี่ยวข้อง (สำหรับ Limit Sample จะต้องได้รับการยินยอมจากลูกค้า) โดยการอนุมัตินั้นอาจทำได้โดยลงลายมือชื่อที่ตัวชิ้นงานหรือที่ Limit Sample & Master Sample Card แล้วนำไปผูกติดไว้กับตัวชิ้นงาน - ผู้มีอำนาจในการอนุมัติชิ้นงานตัวอย่าง ผู้จัดทำ ระดับวิศวกรขึ้นไปของกลุ่มงานด้านการตรวจสอบคุณภาพ ผู้ยืนยัน ระดับวิศวกรขึ้นไปของกลุ่มงานด้านการผลิต และกลุ่มงานด้านวิศวกรรมการผลิต ผู้อนุมัติ ระดับผู้จัดการขึ้นไปของแผนก Injection
5. การควบคุม	- ผู้รับผิดชอบ ผู้รับผิดชอบหน้าที่เก็บรักษา ชิ้นงานตัวอย่างมาตรฐาน/ ชิ้นงานตัวอย่างควบคุม คือ หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรวมถึงผู้ที่ได้รับมอบหมาย - การลงทะเบียน ชิ้นงานตัวอย่างหลังได้รับการอนุมัติแล้ว ทำให้การขึ้นทะเบียนในเอกสารทะเบียนรายชื่อตัวอย่างชิ้นงาน - การทวนสอบความถูกต้อง ผู้รับผิดชอบต้องทวนสอบความถูกต้องของชิ้นงานตัวอย่างตามแผนการทวนสอบตัวอย่างชิ้นงาน

การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต (In-Process Inspection)

จากแนวทางการแก้ไขในบทที่ 3 คือ การลดจำนวนชิ้นงานที่จะต้องสุ่มตามแผนการตรวจสอบ และลดรอบเวลาในการสุ่มชิ้นงานลงจากเดิมที่ต้องตรวจสอบทุก ๆ 4 ชั่วโมง ผู้ทำการวิจัยได้พิจารณาความเหมาะสมของจำนวนชิ้นงานและรอบเวลาในการสุ่มตรวจสอบดังนี้

1. ข้อกำหนดของลูกค้าเกี่ยวกับแผนการตรวจสอบ
2. ความเหมาะสมของกระบวนการผลิต (C_p, C_{pk})

จากหลักเกณฑ์ในการพิจารณานั้น เนื่องจากลูกค้ามีข้อกำหนดเกี่ยวกับแผนการตรวจสอบในระหว่างกระบวนการผลิต คือ

1. จำนวนในการสุ่มตรวจสอบอย่างน้อยที่สุด 2 ตัว
2. รอบเวลาในการสุ่มตรวจสอบ คือ เริ่มต้นการผลิต และสิ้นสุดการผลิตเพื่อเป็นการยืนยันว่าชิ้นงานที่ผลิตออกมาทั้งล๊อตการผลิตนั้นเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับยอดการผลิตที่สูงมากขึ้นและรองรับชิ้นงานโมเดลใหม่ ๆ ที่จะเข้ามาในกลางปี พ.ศ. 2556 ได้มีการดำเนินการปรับปรุงระบบการตรวจสอบ

1. ลดจำนวนในการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานลง โดยพนักงานจะสุ่มชิ้นงานเพื่อไปตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตเป็นจำนวน 2 ตัวจากเดิม 3 ตัว
2. ลดรอบเวลาในการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานจะเหลือเพียง

2.1 ขนาด (Dimension) เริ่มต้นกระบวนการผลิต และสิ้นสุดกระบวนการผลิตเท่านั้น จากเดิมจะสุ่มตรวจสอบชิ้นงานทุก ๆ 4 ชั่วโมง

2.2 ลักษณะภายนอกของชิ้นงาน ยังคงใช้มาตรฐานเดิม คือ สุ่มตรวจสอบชิ้นงานทุก ๆ 4 ชั่วโมงเนื่องจากใช้เวลาไม่มากในการตรวจสอบ

การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection)

เนื่องด้วยขอบเขตของหน้าที่และการทำงานที่จำกัด ผู้ทำการวิจัยไม่สามารถเข้าไปปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากพนักงานในการตัดแต่งชิ้นงานหลังจากที่เครื่องฉีดผลิตชิ้นงานออกมา รวมจนถึงการตรวจสอบชิ้นงานก่อนการบรรจุลงกล่อง ดังนั้นแผนในการสุ่มเพื่อการยอมรับที่จะใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์นั้น จึงมีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาดังนี้

- โอกาสในการยอมรับล๊อตของแผนการสุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียในปัจจุบัน ต้องไม่เกิน 0.10 หรือ 10% เพื่อให้มั่นใจว่าแผนการสุ่มนั้นจะสามารถดักจับของเสียได้

ก่อนที่ของเสียนั้นจะหลุดรอดไปถึงลูกค้า และเป็นการช่วยในการบังคับฝ่ายผลิตให้ปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงานเนื่องจากอัตราปฏิเสธล๊อตที่สูงถึง 0.90 หรือ 90%

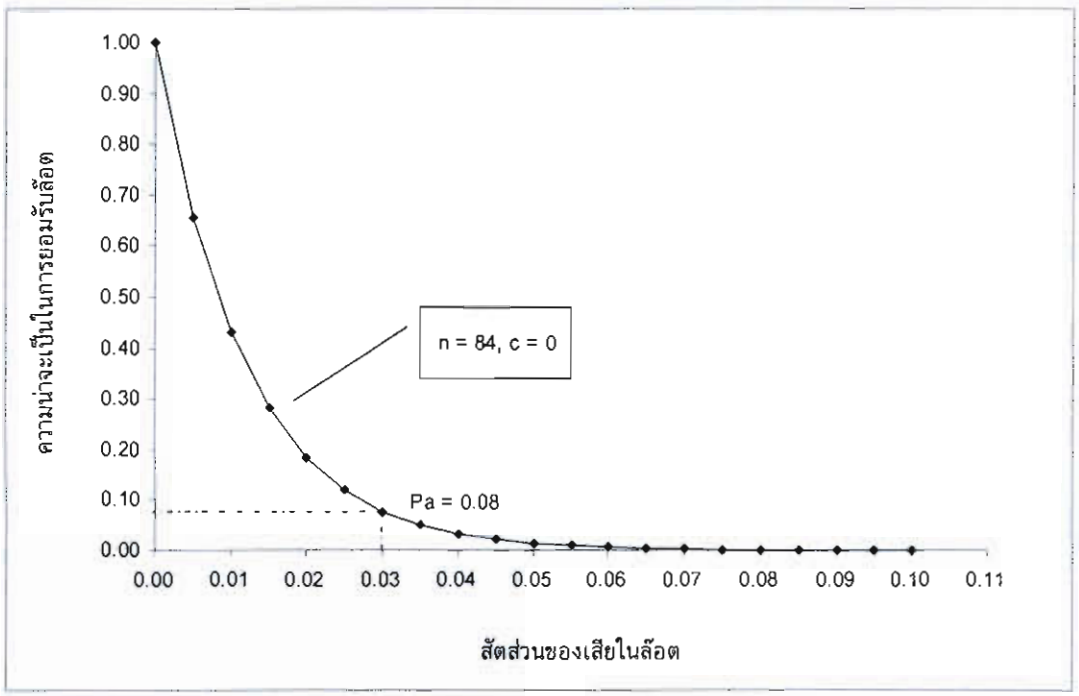
ผู้ทำการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับใหม่โดยอ้างอิงจำนวนตัวอย่างในการสุ่มเบื้องต้นจากมาตรฐาน MIL-STD-105E ที่จำนวนการสุ่ม 13, 20, 32, 50, 80 และ 125 ต่อล๊อต ผลการวิเคราะห์หาโอกาสในการยอมรับล๊อตแสดงได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ความน่าจะเป็นของการยอมรับล๊อตที่ n ค่าต่าง ๆ เมื่อ p = 0.03 , c = 0

สัดส่วนของเสียในล๊อต	ความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อต (Pa)					
(p)	n = 13	n = 20	n = 32	n = 50	n = 80	n = 125
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.005	0.9369	0.9046	0.8518	0.7783	0.6696	0.5344
0.010	0.8775	0.8179	0.7250	0.6050	0.4475	0.2847
0.015	0.8216	0.7391	0.6165	0.4697	0.2985	0.1512
0.020	0.7690	0.6676	0.5239	0.3642	0.1986	0.0800
0.025	0.7195	0.6027	0.4448	0.2820	0.1319	0.0422
0.030	0.6730	0.5438	0.3773	0.2181	0.0874	0.0222
0.035	0.6293	0.4904	0.3198	0.1684	0.0578	0.0116
0.040	0.5882	0.4420	0.2708	0.1299	0.0382	0.0061
0.045	0.5496	0.3982	0.2291	0.1000	0.0251	0.0032
0.050	0.5133	0.3585	0.1937	0.0769	0.0165	0.0016

จากหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ โอกาสในการยอมรับล๊อตของแผนการสุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียในปัจจุบัน ต้องไม่เกิน 0.10 เพราะฉะนั้นจะมีเพียงแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ n = 80 และ 125 เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพเพียงพอเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพแฝงอยู่ คือ เวลา รวมถึงแรงงานในการตรวจสอบ ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่จำนวน n = 80 เนื่องจากจำนวนในการสุ่มน้อยกว่าย่อมหมายถึงประหยัดเวลาและแรงงานในการตรวจสอบมากกว่าแผนการสุ่มที่ n = 125 และเพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงานในการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานนั้นแผนในการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับจะสุ่มตรวจสอบที่ n = 84 เพราะว่าการกำหนดล๊อตชิ้นงานมี

หลักเกณฑ์ คือ งาน 1 ล๊อตจะเท่ากับงาน 1 พาเลท (Pallet) หรือเท่ากับจำนวนงาน 12 กล่อง ดังนั้น ในการปฏิบัติงานพนักงานตรวจสอบคุณภาพจะกระจายสุ่มชิ้นงานจำนวน 7 ชิ้นต่อ 1 กล่องรวมเป็นงาน 84 ชิ้นต่อล๊อต จากแผนการสุ่มดังกล่าวสามารถนำไปสร้างเส้นโค้งคุณลักษณะดำเนินการดังแสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 84, c = 0

จากภาพที่ 4-3 สามารถอธิบายถึงแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับแบบ n = 84, c = 0 ที่ค่าสัดส่วนของเสีย p = 0.03 หรือ 3% พบว่าโอกาสที่แต่ละล๊อตจะได้รับการยอมรับจะเท่ากับ 0.08 หรือประมาณ 8% ซึ่งหมายความว่าถ้าพนักงานสุ่มตรวจสอบ 100 ล๊อต และแต่ละล๊อตถูกสุ่มตัวอย่างมาตรวจตามแผนดังกล่าว จะมีล๊อตที่ยอมรับได้ 8 ล๊อตและถูกปฏิเสธเท่ากับ 92 ล๊อต

ดังนั้นเพื่อลดปัญหาและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการร้องเรียนจากลูกค้าเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้ดำเนินการปรับปรุงมาตรฐานในการสุ่มเพื่อการยอมรับเพื่อให้สามารถตรวจสอบและตักจับชิ้นงานเสียได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมาตรฐานที่ใช้ในการสุ่มใหม่มีดังนี้

1. ขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n) = 84
2. ค่าวิกฤต (c) = 0

3. ในการตรวจสอบพนักงานจะสุ่มชิ้นงานจำนวน 7 ตัวต่อกล่อง รวม 12 กล่อง เพื่อเป็นการรับรองว่าจะได้ตัวอย่างมาจากทุกกล่องภายในล็อต

สรุปผลการดำเนินการหลังจากการประยุกต์ใช้แนวทางในการแก้ไขปัญหา

จากการประยุกต์ใช้แนวทางการแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น ในระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติก ในรอบปีการทำงาน 2/ 2555 โดยเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุง สรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาการตรวจสอบไม่พบปัญหาการผลิตผิดโมเดล

หลังจากดำเนินการแก้ไขปัญหาหลังกำหนดให้พนักงานนำตัวอย่างชิ้นงาน (Master Sample) ไปใช้ในการเปรียบเทียบและอ้างอิงในการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต ผลหลังจากดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ไม่พบปัญหาการตรวจสอบไม่พบปัญหาการผลิตผิดโมเดลเกิดขึ้นซ้ำอีก

2. ปัญหาภาระงานของการตรวจสอบในระหว่างกระบวนการผลิตมีมากเกินไป

จากการลดจำนวนชิ้นงานที่พนักงานต้องสุ่มตรวจสอบลงจาก 3 ตัวเหลือเพียง 2 ตัว และรอบเวลาในการสุ่มตรวจสอบลงให้เหลือเพียงช่วงเริ่มการผลิตและจบการผลิต หลังจากการปรับปรุงสามารถแสดงกำลังคนของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพในปัจจุบันตามลักษณะของงานใหม่ได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-3 กำลังคนของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพในปัจจุบันตามลักษณะของงาน
หลังทำการปรับปรุง

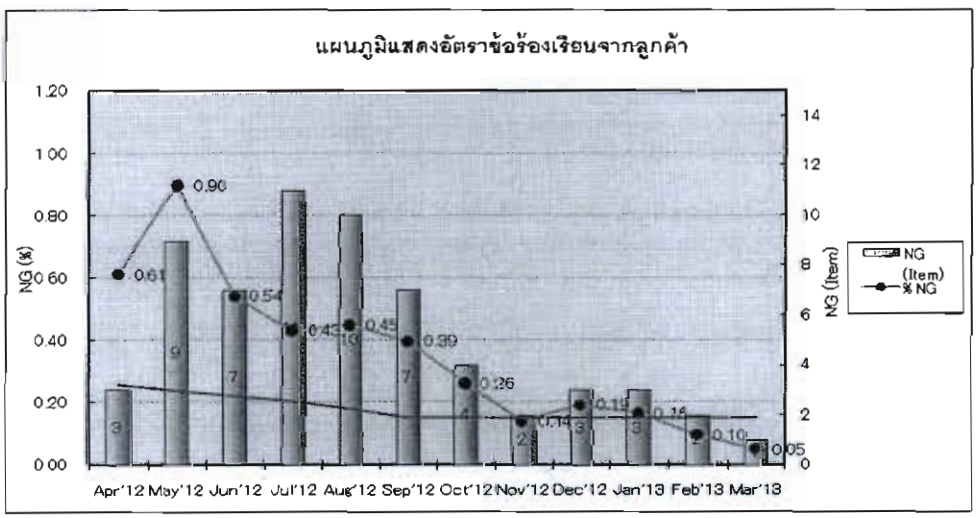
กระบวนการ	ก่อนทำการปรับปรุง		หลังทำการปรับปรุง	
	กะกลางวัน	กะกลางคืน	กะกลางวัน	กะกลางคืน
การตรวจสอบคุณภาพในระหว่างกระบวนการผลิต	พนักงาน 2 คน หัวหน้างาน 1 คน	พนักงาน 2 คน หัวหน้างาน 1 คน	พนักงาน 2 คน	พนักงาน 2 คน
การตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มทำการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์	พนักงาน 2 คน	พนักงาน 2 คน	พนักงาน 2 คน หัวหน้างาน 1 คน	พนักงาน 2 คน หัวหน้างาน 1 คน
ควบคุมการทำงานของพนักงานและรับข้อร้องเรียนจากลูกค้า	วิศวกร 1 คน	-	วิศวกร 1 คน	-

จากข้อมูลในตารางที่ 4-3 จะพบว่าจำนวนพนักงานที่ใช้ในการตรวจสอบของกระบวนการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างกระบวนการผลิตลดลงจาก 3 คน ซึ่งประกอบด้วยพนักงานจำนวน 2 คนและหัวหน้างาน 1 คน เหลือเพียงจำนวน 2 คนซึ่งประกอบด้วยพนักงาน 2 คน หรือลดลงเหลือเพียง 2/ 3 ของภาระงานเดิม

ในส่วนของหัวหน้างานนั้น ได้มีการนำไปช่วยในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพก่อนเริ่มทำการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยเหลือในการตัดสินใจปัญหาคุณภาพที่พนักงานไม่สามารถตัดสินใจได้ด้วยตัวเองได้ และช่วยในการตรวจสอบเนื่องด้วยแผนการสุ่มตรวจสอบเพื่อยอมรับล๊อตของการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นจากแผนการสุ่ม n = 13 เป็น n = 84 ตัว

3. ปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้า

จากการรวบรวมข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าในรอบปีการทำงานที่ 2/ 2555 โดยเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4-4



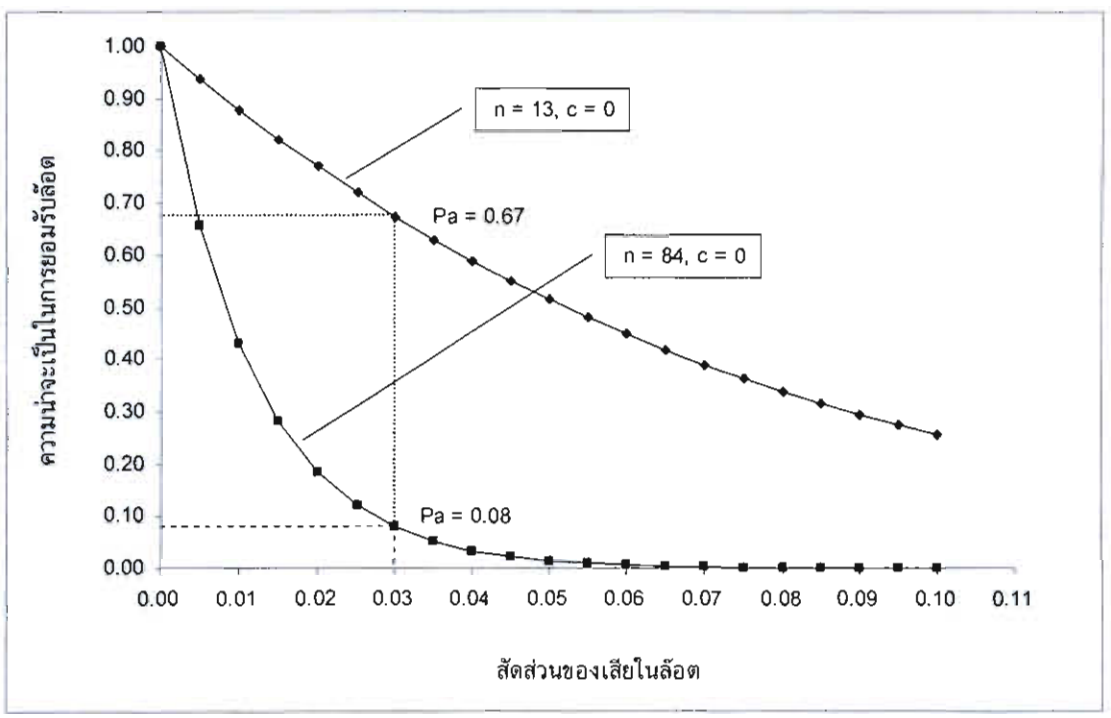
Month	Apr'12	May'12	Jun'12	Jul'12	Aug'12	Sep'12
NG (Item)	3	9	7	11	10	7
Lot Delivery	492	1005	1294	2560	2237	1773
% NG	0.61	0.90	0.54	0.43	0.45	0.39
Target	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15

Month	Oct'12	Nov'12	Dec'12	Jan'13	Feb'13	Mar'13
NG (Item)	4	2	3	3	2	1
Lot Delivery	1535	1431	1562	1819	2103	2027
% NG	0.26	0.14	0.19	0.16	0.10	0.05
Target	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

ภาพที่ 4-4 อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังจากทำการปรับปรุงแผนการสุ่มตรวจสอบ

จากภาพที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการประยุกต์ใช้แผนการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับใหม่ ที่จำนวนการสุ่ม n = 84 สามารถลดอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าได้ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับรอบปีการทำงานที่ 1/ 2555 จะสังเกตได้ว่าอัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้ามีแนวโน้มลดลงเรื่อยมาตั้งแต่เดือนตุลาคม จนกระทั่งในเดือนมีนาคมนั้นมีข้อร้องเรียนจากลูกค้าเพียง 1 ครั้งเท่านั้นหรือคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 0.05% ซึ่งผลจากการปรับปรุงดังกล่าวทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้รับจากผู้บริหารได้ คือ อัตราข้อร้องเรียนจากลูกค้าต้องน้อยกว่า 0.15%

เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันแล้ว สามารถสรุปประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตรวจสอบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงได้ตามเส้นโค้งคุณลักษณะดำเนินการ ดังแสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 13 และ 84, c = 0

จากภาพที่ 4-5 จะพบว่าหลังทำการปรับปรุงมาตรฐานที่ใช้ในการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับ ถ้าพิจารณาที่สัดส่วนของเสียในปัจจุบันที่ 0.03 ที่แผนการสุ่มแบบใหม่ คือ n = 84 พบว่าโอกาสที่แต่ละล็อตจะได้รับการยอมรับจะเท่ากับ 0.08 หรือประมาณ 8% ซึ่งหมายความว่าถ้าพนักงานสุ่มตรวจสอบ 100 ล็อต และแต่ละล็อตถูกสุ่มตัวอย่างมาตรวจตามแผนดังกล่าว จะมีล็อตที่ยอมรับได้ 8 ล็อตและถูกปฏิเสธเท่ากับ 92 ล็อต แต่ในขณะที่แผนการสุ่มแบบเก่า คือ n = 13 ซึ่งมี

โอกาสในการยอมรับล๊อตที่ 0.67 หรือประมาณ 67% ถ้าพนักงานสุ่มตรวจสอบ 100 ล๊อต จะมีล๊อตที่ยอมรับได้ 67 ล๊อตและถูกปฏิเสธเท่ากับ 33 ล๊อต จากผลลัพธ์ที่ได้ย่อมแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบตรวจสอบคุณภาพนั้นเพิ่มมากขึ้น

วิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ

จากการดำเนินการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นสามารถสรุปต้นทุนที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ เมื่อพิจารณาภาพรวมจากกำลังคนที่ใช้ในการตรวจสอบ จากตารางที่ 4-3 จะพบว่ากำลังคนที่ใช้ในการตรวจสอบมีจำนวนเท่าเดิมเนื่องจากมีการปรับสมดุลของภาระในงานกระบวนการตรวจสอบต่าง ๆ เช่น มีการลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในระบบการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิตลงจำนวน 1 คนเนื่องจากมาตรฐานในการสุ่มชิ้นงานและรอบเวลาในการสุ่มลดลง และนำพนักงานดังกล่าวไปช่วยในการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ ด้วยภาระงานที่มากขึ้นตามมาตรฐานการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับแบบใหม่ จาก n = 13 เป็น n = 84 ตัว แต่เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์เป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงานด้วยสายตาซึ่งใช้เวลาไม่มากในการตรวจสอบ ดังนั้นพนักงานที่เพิ่มมา 1 คนจึงเพียงพอต่อภาระงานที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าต้นทุนที่ใช้ในการปรับปรุงการตรวจสอบคุณภาพนั้นเท่ากับศูนย์ หรือใช้ค่าใช้จ่ายเท่ากับก่อนการปรับปรุงระบบการตรวจสอบนั่นเอง

วิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้า

จากการรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมานั้น พบว่าถ้าได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้านั้นจะมีการดำเนินการตั้งแต่การเข้าไปรับผิดชอบในการคัดแยกชิ้นงานดีและชิ้นงานเสีย ตลอดจนการแก้ไขชิ้นงานถ้าสามารถทำได้ ซึ่งในการดำเนินการดังกล่าวย่อมมีค่าใช้จ่ายที่ตามมาไม่ว่าจะเป็น กำลังคน เวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่สูญเสียไปจากกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งค่าใช้จ่ายดังกล่าวสามารถประมาณได้ดังนี้ เมื่อต้นทุนสำหรับการจ้างพนักงาน 1 คนเท่ากับ 9,200 ต่อเดือน

1. ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการคัดแยกชิ้นงานเท่ากับ 38.33 บาท/ ชั่วโมง
2. เวลาที่ใช้ในการคัดแยกชิ้นงานแต่ละครั้งเฉลี่ยเท่ากับ 2 วัน/ ครั้ง
3. กำลังคนที่ใช้ในการคัดแยกและแก้ไขเท่ากับ 4 คน/ ครั้ง
4. ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเท่ากับ 660 บาท/ วัน
5. ค่าน้ำมันรถในการเดินทางเท่ากับ ?? บาท

จากข้อมูลที่กล่าวมาสามารถสรุปเป็นค่าใช้จ่ายโดยประมาณเมื่อเกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าต่อครั้งได้เท่ากับ $[38.332\times(2\times8)\times4]+(660\times2)$ = 3,773.25 บาทต่อครั้ง เมื่อ 1 วันเท่ากับ 8 ชั่วโมงและไม่รวมค่าน้ำรถในการเดินทางที่แปรผันตามระยะทาง

จากภาพที่ 4-5 สามารถหาค่าเฉลี่ยของข้อร้องเรียนจากลูกค้าก่อนทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพได้เท่ากับประมาณ 8 ครั้งต่อเดือน และค่าเฉลี่ยของข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพได้เท่ากับประมาณ 3 ครั้ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้จะเท่ากับ 3,773 x 5 = 18,866.25 บาทต่อเดือนหรือเท่ากับ 226,295 บาทต่อปี

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

จากการดำเนินการศึกษาระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติก ทางผู้ทำการวิจัยได้พบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งสาเหตุของปัญหาแบ่งออกได้เป็นหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน คือ พนักงาน และวิธีการ (มาตรฐาน) โดยในการศึกษานี้จะเน้นในการปรับปรุงวิธีการรวมไปจนถึงมาตรฐานที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในระบบการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อเป็นการลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบตรวจสอบคุณภาพ โดยขั้นตอนในการศึกษานั้นจะศึกษาถึงสภาพปัจจุบันของระบบการตรวจสอบคุณภาพ รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้เครื่องมือทางสถิติ เช่น เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการ (เส้นโค้ง OC) ดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต เป็นต้น หลังจากนั้นจะนำเสนอถึงแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาแก่ผู้บริหาร เพื่อดำเนินการปรับปรุงต่อไป

จากการดำเนินการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติก โดยเริ่มทำการปรับปรุงและเก็บข้อมูลผลการดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 สามารถสรุปผลการดำเนินการเมื่อเทียบกับเป้าหมายในการทำการวิจัยได้ดังนี้

สรุปผลการลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าให้น้อยลงกว่า 0.15%

หลังจากทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพที่ระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Outgoing Inspection) โดยเปลี่ยนแปลงมาตรฐานในการสุ่มตรวจจากการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจสอบ n = 13 เป็น n = 84 หลังจากจบการดำเนินงานที่เดือนมีนาคม พ.ศ.2556 พบว่ามีการร้องเรียนจากลูกค้าเพียง 1 ครั้งหรือคิดเป็น 0.05% ซึ่งน้อยกว่าเป้าหมายที่ได้กำหนดเอาไว้

สรุปผลการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เมื่อระบบตรวจสอบคุณภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือ สามารถดักจับงานเสียก่อนที่จะหลุดรอดไปถึงลูกค้าได้ ถ้าพิจารณาจากข้อร้องเรียนของลูกค้าที่ลดลงนั้นหมายถึงระบบการตรวจสอบคุณภาพที่ทำการปรับปรุงมีประสิทธิภาพมากขึ้น และถ้าดูจากเส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่ม n = 84, c = 0 ที่สัดส่วนของเสียในปัจจุบัน คือ 0.03 แล้วจะพบว่า

ความน่าจะเป็นที่สามารถตรวจสอบพบของเสียเท่ากับ 0.92 หรือ 92% ซึ่งเพิ่มขึ้นจากแผนการสุ่มตรวจสอบแบบเดิม คือ n = 13, c = 0 ซึ่งมีโอกาสที่จะตรวจสอบพบของเสียเพียง 0.33 หรือ 33%

สรุปผลการลดค่าใช้จ่ายจากการคัดแยกชิ้นงาน การซ่อมแซมและการบริการลูกค้าหลังจากได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้า

จากปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ลดลง ส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายที่ตามมาจากปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้า คือ ค่าใช้จ่ายของกำลังคนที่เข้าไปคัดแยกชิ้นงานตลอดจนทำการแก้ไขถ้าสามารถทำได้ รวมไปถึงเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการเกิดปัญหาข้อร้องเรียนก่อนดำเนินการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ.2555 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ยของข้อร้องเรียนจากลูกค้าอยู่ที่ประมาณ 8 ครั้งต่อเดือน และหลังจากดำเนินการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ยของข้อร้องเรียนจากลูกค้าอยู่ที่ประมาณ 3 ครั้งต่อเดือน ซึ่งประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการหลักจากเกิดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าต่อ 1 ครั้งอยู่ที่ประมาณ 3,773.25 บาท หลังจากการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพสามารถลดปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าลงต่อเดือนได้ประมาณ 5 ครั้ง นั่นคือ สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการคัดแยกชิ้นงาน รวมถึงการซ่อมแซมและการบริการลูกค้าหลังจากได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้า ลดลงได้ประมาณ 18,866.25 ต่อเดือนหรือเท่ากับ 226,295 บาทต่อปี

ข้อเสนอแนะ

1. การดำเนินการปรับปรุงคุณภาพที่ระบบการตรวจสอบนั้นสามารถช่วยได้เพียงเพิ่มประสิทธิภาพการดักจับของเสียที่เกิดขึ้นไม่ให้หลุดรอดจนไปถึงลูกค้าเสมือนการแก้ไขที่ปลายเหตุ ซึ่งต้นเหตุของการเกิดของเสียยังคงเหมือนเดิม คือ พนักงานและกระบวนการทำงานของพนักงานหน้าเครื่องหลังจากเครื่องฉีดผลิตชิ้นงานออกมา นั่นหมายความว่าของเสียจากกระบวนการผลิตยังคงที่ไม่ได้ลดลงไปแต่อย่างใด เพราะฉะนั้นเพื่อเป็นการลดของเสียที่เกิดขึ้นอย่างถาวรและเพื่อยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ควรปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงานหน้าเครื่องที่ทำหน้าที่ตัดแต่งชิ้นงานและตรวจสอบชิ้นงานเบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. การอบรมและเน้นย้ำพนักงานถึงหลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ในการพิจารณาปัญหาคุณภาพของชิ้นงานเบื้องต้นเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะปัญหาคุณภาพที่ตรวจสอบเบื้องต้นได้ด้วยสายตา เพราะปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าทั้งหมดเป็นปัญหางานเกี่ยวกับลักษณะภายนอกของชิ้นงานซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา

3. การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อให้พนักงานตระหนักถึงปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้น และเป็นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของระบบการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์ โดยนำหลักทางสถิติเข้ามาใช้เพื่อดูแนวโน้มของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละเครื่อง

4. การปรับปรุงแผนในการสุ่มเพื่อการยอมรับที่ใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ เพื่อรองรับเมื่อฝ่ายผลิตสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีของเสียได้เท่ากับหรือเท่ากว่าระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีการร้องเรียนจากฝ่ายผลิตถึงจำนวนล๊อตที่ถูกปฏิเสธจากการสุ่มตรวจจำนวนมากดังตารางที่ 5-1 แสดงข้อมูลของจำนวนล๊อตที่สุ่มตรวจสอบในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ซึ่งหลังจากฝ่ายผลิตทำการคัดแยกชิ้นงานพบว่างานบางล๊อตที่ถูกปฏิเสธนั้นเป็นงานล๊อตที่ดี จึงมีการย้อนกลับไปพิจารณามาตรฐานในการสุ่มตรวจสอบพบว่าโอกาสในการยอมรับล๊อตที่ระดับคุณภาพที่ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงลดน้อยลงจาก 0.88% เหลือเพียง 0.43% ทำให้โอกาสเมื่อพนักงานสุ่มตรวจสอบตามมาตรฐานที่กำหนดแล้วจะยอมรับล๊อตนั้นลดลงดังแสดงได้ตามตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลจำนวนล๊อตที่สุ่มตรวจสอบและจำนวนล๊อตที่ถูกปฏิเสธ

เดือน	จำนวนล๊อตที่ตรวจสอบ	จำนวนล๊อตที่ปฏิเสธ
ตุลาคม	1535	60
พฤศจิกายน	1431	46
ธันวาคม	1562	78

ตารางที่ 5-2 โอกาสในการยอมรับล๊อตระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

	สัดส่วนของเสีย	
มาตรฐานในการสุ่ม	**p = 0.01 (AQL)**	**p = 0.03**
n = 13, c = 0	0.88	0.67
n = 84, c = 0	0.43	0.08

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาแผนรองรับเพื่อปรับปรุงปัญหาดังกล่าวเพื่อลดภาระงานของฝ่ายผลิตที่เกิดจากการปฏิเสธงานดี ซึ่งทำได้โดยใช้แผนการสุ่มที่มีค่าวิกฤต (c) เพิ่มขึ้นซึ่งการเพิ่มค่าวิกฤตนั้นจะช่วยลดค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตหรือ α

สำหรับแนวทางในการปรับปรุงอาจทำได้โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบของล๊อตให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากปัจจุบันชิ้นงาน 1 ล๊อตจะเท่ากับงานจำนวน 1 พาเลท อาจกำหนดให้ชิ้นงาน 1 ล๊อตเท่ากับงานจำนวน 2 พาเลท แล้วเปลี่ยนแปลงขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n) และค่าวิกฤต (c) ให้มากขึ้น โดยรูปแบบใหม่ของการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับเพื่อลดปัญหาการปฏิเสธงานดีจากการตรวจสอบอาจเสนอแนะได้ดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อตที่แผนการสุ่มต่าง ๆ

	สัดส่วนของเสีย	
มาตรฐานในการสุ่ม	**p = 0.01 (AQL)**	**p = 0.03**
n = 84, c = 0	0.43	0.08
n = 84, c = 1	0.79	0.28
n = 84, c = 2	0.95	0.54
n = 168, c = 0	0.18	0.01
n = 168, c = 1	0.49	0.04
n = 168, c = 2	0.76	0.12

เมื่อนำมาคำนวณหาระดับคุณภาพเฉลี่ยของงานที่ออกจากระบบการตรวจสอบ (Average Outgoing Quality: AOQ) โดยพิจารณาเงื่อนไขขนาดของล๊อตที่ใหญ่ที่สุด คือ N = 864 ตัว และ $p_0 = 0.03$ ระดับคุณภาพเฉลี่ยของงานที่ออกจากระบบการตรวจสอบแสดงได้ดังตารางที่ 5-4 ดังนี้

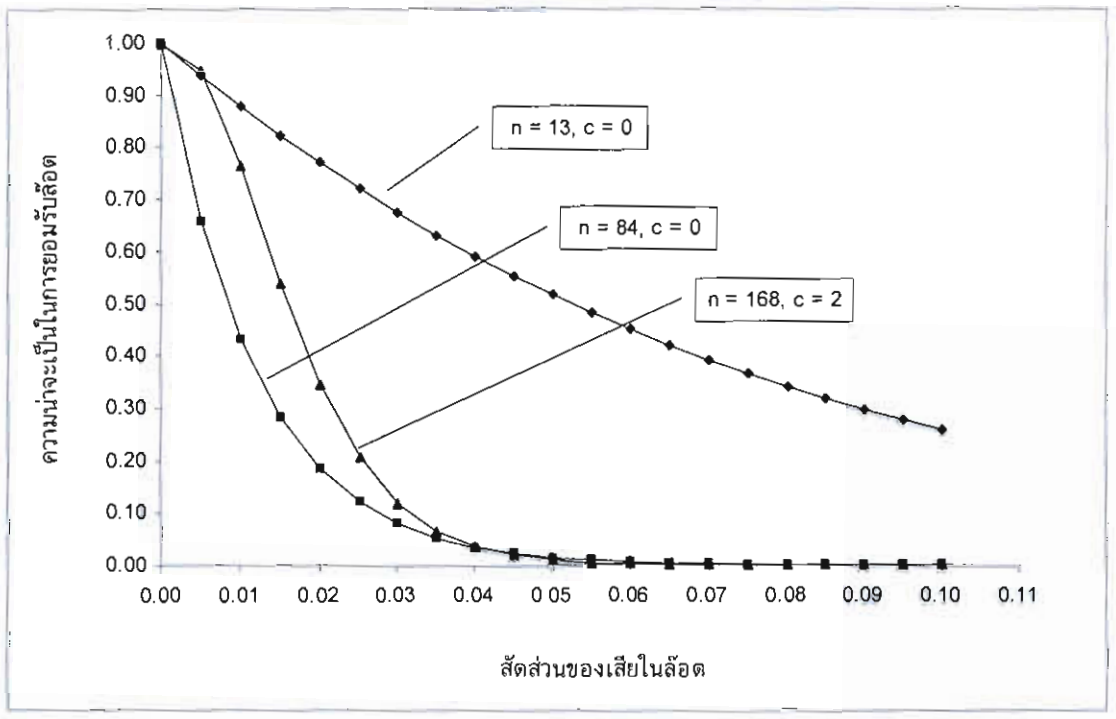
ตารางที่ 5-4 ระดับคุณภาพเฉลี่ยของงานที่ออกจากระบบการตรวจสอบของแผนการสุ่มแบบต่าง ๆ

มาตรฐานในการสุ่ม	ความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อต $p_0 = 0.01$ (AQL)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อต $p_0 = 0.03$	AOQ
n = 13, c = 0	88%	67%	1.98%
n = 84, c = 0	43%	8%	0.22%
n = 84, c = 1	79%	28%	0.76%
n = 84, c = 2	95%	54%	1.46%
n = 168, c = 0	18%	1%	0.02%
n = 168, c = 1	49%	4%	0.10%
n = 168, c = 2	76%	12%	0.29%

จากตารางที่ 5-3 และตารางที่ 5-4 เมื่อพิจารณาจากหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้เบื้องต้น คือ โอกาสในการยอมรับล๊อตของแผนการสุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียในปัจจุบัน ต้องไม่เกิน 0.10 หรือ 10% และระดับคุณภาพเฉลี่ยของงานที่ออกจากระบบการตรวจสอบต้องไม่มากกว่าระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ (AQL) คือ 0.01 หรือ 1% ดังนั้นพบว่าการปรับปรุงแผนการสุ่มควรจะใช้แผนการสุ่มแบบ n = 168, c = 2 เนื่องจากมีโอกาสในการยอมรับตามระดับ AQL สูงที่สุด คือ 0.76% และโอกาสในการยอมรับงานเสียที่ 0.12% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยรายละเอียดของแผนการสุ่มตรวจสอบจะมีดังนี้

1. ขนาดตัวอย่างในการสุ่ม (n) = 168
2. ค่าวิกฤต (c) = 2
3. ในการตรวจสอบพนักงานจะสุ่มชิ้นงานจำนวน 7 ตัวต่อกล่องเพื่อเป็นการรับรองว่าจะได้ตัวอย่างมาจากทุกกล่องภายในล๊อต
4. งาน 1 ล๊อตจะเท่ากับชิ้นงานจำนวน 2 พาเลทหรือ 24 กล่อง (จำนวนชิ้นงานประมาณ 384 – 864 จากเดิม 192 – 432 ตัว) โดยงานที่อยู่ในล๊อตต้องมาจากเงื่อนไขการผลิตที่เหมือนกัน เช่น เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน พนักงานคนเดียวกันเป็นต้น

จากแผนการสุ่มต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มก่อนปรับปรุง (n = 13, c = 0) หลังการปรับปรุง (n = 84, c = 0) และแนวทางการปรับปรุงใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาการปฏิเสธชิ้นงานดี (n = 168, c = 2) สามารถนำไปสร้างเส้นโค้งคุณลักษณะดำเนินการแสดงได้ดังภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 เส้นโค้งคุณลักษณะการดำเนินการของแผนการสุ่มแบบต่าง ๆ

ปัญหาที่พบในการทำการวิจัย

1. ข้อจำกัดของหน้าที่และขอบเขตที่รับผิดชอบ ทำให้ไม่สามารถเข้าไปปรับปรุงถึงสาเหตุของการเกิดของเสีย คือ กระบวนการผลิตและพนักงานฝ่ายผลิต

2. การเปลี่ยนแปลงมาตรฐานของระบบการตรวจสอบคุณภาพทำได้ยากด้วยสาเหตุดังนี้

- เพราะเป็นมาตรฐานที่ใช้มาตั้งแต่เริ่มเปิดโรงงาน ฉะนั้นในการทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงจะต้องมีทฤษฎีและเหตุผลในการรองรับทุกขั้นตอน

- ความคุ้นเคยในการทำงานของพนักงานและแนวคิดในการทำงานของพนักงานเก่าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเคยชินหรือแนวคิดของบุคคลนั้นจะต้องใช้ทั้งเหตุและผลในการเปลี่ยนแปลง จนกว่าบุคคลเหล่านั้นจะยอมรับและเชื่อถือในตัวเรา

- เนื่องจากระบบการตรวจสอบคุณภาพนั้นเป็นระบบที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องถึงข้อกำหนดอีกหลายอย่าง เช่น ข้อกำหนดของลูกค้า ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO9000 เป็นต้น ในการเปลี่ยนแปลงจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องด้วย

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2546). *มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ MIL-STD-105E และแผนการ Ac = 0* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2553). *การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MA).* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2541). *การควบคุมคุณภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: ประกอบเมไตร.

ทิพรัตน์ โคตรชมพู. (2552). *การปรับปรุงคุณภาพด้วยแผนกประกันคุณภาพ กรณีศึกษา : เพิ่มงานประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่แผนกฉีดพลาสติก.* งานนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์. (2546). *การควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บรรหาญ ลิลา. (2555). *เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมคุณภาพ.* ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นันทพร หงส์คำ. (2553). *การปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพของผู้ผลิตชิ้นส่วนสำหรับแอร์รถยนต์.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2535). *การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ไพฑูรย์ ฮ้อยิ่ง. (2547). *แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ สำหรับการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลายชนิด.* ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2546). *การควบคุมคุณภาพในงานอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาศาสน์.

สาธิตา เผื่อนเอี่ยม. (2550). *การประเมินและปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบในอุตสาหกรรมบรรจุชิ้นส่วนรถยนต์แยกประกอบเพื่อส่งออกต่างประเทศ (CKD).* งานนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Montgomery, D. C. (1997). *Introduction to statistical quality control* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Simon, S. (2003). *Quality Control.* Recerted October 20, 2006,
form http://s.c.shaw@maths.bath.ac.uk