การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร

AN APPLICATION OF FMEA TECHNIQUE FOR MOLD DESIGN AND DEVELOPMENT OF GLASS TABLEWARE FORMING

วิชาญ ทองไพรวรรณ

WICHAN THONGPAIWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร

วิชาญ ทองไพรวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

AN APPLICATION OF FMEA TECHNIQUE FOR MOLD DESIGN AND DEVELOPMENT OF GLASS TABLEWARE FORMING

WICHAN THONGPAIWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI
2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อข้าพเจ้า

วิชาญ ทองไพรวรรณ

COPYRIGHT © 2011 ลิขสิทธ์ พ.ศ. 2554
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร AN APPLICATION OF FMEA TECHNIQUES FOR MOLD DESIGN AND DEVELOPMENT OF GLASS TABLEWARE FORMING
ชื่อนักศึกษา	นายวิชาญ ทองไพรวรรณ
รหัสประจำตัว	115070404009-8
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร
วัน เดือน ปี ที่สอบ	21 ธันวาคม 2553
สถานที่สอบ	ห้อง E509 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง)

..... กรรมการ

(ดร.ระพี กาญจนะ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร
นักศึกษา	นายวิชาญ ทองไพรวรรณ
รหัสประจำตัว	115070404009-8
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของโรงงานกรณีศึกษา โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการออกแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา แล้วชี้บ่งแนวโน้มข้อบกพร่อง ผลกระทบและสาเหตุข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ จากนั้นทีมผู้ชำนาญการทำการประเมินความรุนแรงของข้อบกพร่อง โอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และการควบคุมปัจจุบันของข้อบกพร่อง เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 คะแนนขึ้นไป ซึ่งพบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์จำนวน 33 ข้อที่ต้องได้รับการแก้ไขจากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่องทั้งหมด 65 ข้อ ซึ่งทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองกำหนดแนวทางการแก้ไขและดำเนินการแก้ไข ก่อนที่จะนำแบบไปสั่งผลิตแม่พิมพ์และนำแม่พิมพ์มาทดสอบการขึ้นรูปแก้ว

ผลจากการปรับปรุงพบว่าข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้จึงส่งผลให้จำนวนครั้งการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจากเฉลี่ย 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ เหลือ 1 ครั้ง คิดเป็น 63.0 % และระยะเวลานำตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์จนถึงการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจากเฉลี่ย 75 วัน เหลือ 45 วัน คิดเป็น 40.0 %

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ, แม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว, การออกแบบแม่พิมพ์

Thesis Title	AN APPLICATION OF FMEA TECHNIQUE FOR MOLD DESIGN AND DEVELOPMENT OF GLASS TABLEWARE FORMING
Student Name	Mr. Wichan Thongpaiwan
Student ID	115070404009-8
Degree Award	Master of Engineering
Study Program	Industrial Engineering
Academic Year	2011
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Natha Kuptasthien

ABSTRACT

The objective of this research was to improve the efficiency of mold design and development process for a glass tableware forming by applying Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) technique.

The research was conducted by designing mold equipment of a new product used as a case study. The next step was identifying Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) scores to calculate Risk Priority Number (RPN) by a group of experts. There were 33 potential failures with RPN higher than 100 needed further corrective actions. FMEA team then brainstormed to search for the best alternatives to improve mold design before starting mold manufacturing and glass forming test.

The glass sample inspection passed all criteria. The result showed a reduction in testing time from 2.7 to 1 time which was 63% in time saving. Moreover, the mold design and development lead time decreased form 75 to 45 days or 40% in time saving.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Glass Mold Forming, Mold Design

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยการให้คำแนะนำจาก ผศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์, ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง ,ดร.ระพี กาญจนะ และดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิด ข้อคิดเห็นต่างๆ และตรวจสอบข้อบกพร่อง อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้จนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณบริษัทตัวอย่างและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านข้อมูลสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

วิชาญ ทองไพรวรรณ

21 ธันวาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	7
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	7
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	8
1.7 แผนการดำเนินการวิจัย	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 กระบวนทัศน์ของการแก้ปัญหา	9
2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ	17
2.3 การวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการและระบบ	29
2.4 การควบคุมกระบวนการ	30
2.5 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tools)	38
2.6 การวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	42
3.1 การศึกษากระบวนการผลิตและกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์	43
3.2 การจัดตั้งคณะทำงานของ FMEA	48
3.3 การอบรมเทคนิค FMEA ให้กับคณะทำงาน	49
3.4 การออกแบบแม่พิมพ์ฉบับร่าง	49
3.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์	49
3.6 การประเมินผลและยืนยันผลการปรับปรุง	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัย	55
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	56
4.1 ผลการจัดตั้งคณะทำงาน	56
4.2 ผลการอบรมเทคนิค FMEA กับทีมงานวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ	57
4.3 ผลการออกแบบแม่พิมพ์ฉบับร่าง	57
4.4 ผลการจัดทำเอกสาร DFMEA ของแบบแม่พิมพ์	57
4.5 การประเมินผลและการยืนยันผลการปรับปรุง	79
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	82
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	82
5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน	84
5.3 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	
ก แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์	87
ข ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (ก่อนการปรับปรุง)	95
ค ตารางการวิเคราะห์ Why – Why	110
ง ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (หลังการปรับปรุง)	121
จ ตาราง Krejcie and Morgan	136
ฉ คู่มือปฏิบัติงานเรื่องการวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบ	138
ช ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	146
ประวัติผู้เขียน	154

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อมูลการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่	3
1.2 ค่าใช้จ่ายการทดสอบแม่พิมพ์ของแต่ละผลิตภัณฑ์	5
1.3 ความสัมพันธ์ข้อบกพร่องและปัจจัยการเกิดข้อบกพร่อง	6
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	8
2.1 ตัวอย่างหน้าที่การทำงานของสมาชิกในการประชุมทบทวนแบบ	11
2.2 แบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องสำหรับการออกแบบ	22
2.3 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง	23
2.4 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง	25
2.5 เกณฑ์การให้คะแนนผลการตรวจจับ	26
2.6 หลักการของการป้องกันความผิดพลาด	32
2.7 ตัวอย่างของสื่อสายตาที่ใช้ในวิธีการจัดการด้วยประสาทสัมผัส	33
2.8 การเปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมและการควบคุมด้วยตนเอง	34
2.9 ความสัมพันธ์ของวิธีการควบคุมกับประสิทธิผลของการควบคุม	38
4.1 สรุปหน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว	58
4.2 สรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์	59
4.3 สรุปผลกระทบข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์	61
4.4 สรุปสาเหตุข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold	62
4.5 สรุปการควบคุมการออกแบบปัจจุบันของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold	64
4.6 ตัวอย่างการให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับของแบชิ้นส่วน Blow Mold	65
4.7 สาเหตุข้อบกพร่องที่ทำการแก้ไขปรับปรุง	68
4.8 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold	69
4.9 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold	71
4.10 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Plunger	72
4.11 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Loader Insert	74
4.12 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Chuck	74
4.13 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate	75
4.14 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนและหลังการปรับปรุง	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

4.15 การสรุปผลการตรวจสอบแก้วตัวอย่าง 80

4.16 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง 80

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ใหม่	2
1.2 จำนวนการทดสอบแก้ไขแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่	4
1.3 ระยะเวลานำของการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่	4
1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการทดสอบแก้ไขแม่พิมพ์กับระยะเวลานำ	5
2.1 เปรียบเทียบแนวความคิดในการแก้ปัญหาคุณภาพ	9
2.2 กฎ 1-10-100	13
2.3 การแก้ไขแบบตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นทำให้ใช้เวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยลง	14
2.4 แสดงรูปแบบของหน้าที่และประโยชน์การใช้งาน	30
2.5 พีระมิดของการควบคุม	31
2.6 แนวความคิดในการป้องกันความผิดพลาด	31
2.7 หลักการ 5 ส. กับกิจกรรมการจัดการ (PDCA)	34
2.8 แนวความคิดด้านการควบคุมด้วยตนเอง	35
2.9 แนวความคิดในการตรวจจับความผันแปร	36
2.10 แนวความคิดของแผนควบคุม	36
2.11 วิธีการคิดของ Why-Why Analysis	39
2.12 วิธีการคิดของ How-How Analysis	40
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	42
3.2 ขั้นตอนการผลิตขึ้นรูปแก้ว	43
3.3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แก้ว	45
3.4 ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว	46
3.5 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ใหม่	47
3.6 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร DFMEA	50
4.1 โครงสร้างของทีมงานวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ	56
4.2 แผนภูมิแสดงลำดับค่าความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่อง	67
4.3 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ	79
4.4 แก้วตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบแม่พิมพ์	79
5.1 ขั้นตอนการทำงานระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง	84

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

D	Detection
DFMEA	Design Failure Mode and Effect Analysis
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
O	Occurrence
PFMEA	Process Failure Mode and Effect Analysis
RPN	Risk Priority Number
S	Severity of the Effect
ระยะเวลานำ	ระยะเวลาตั้งแต่ออกแบบแม่พิมพ์จนถึงทดสอบได้แก้วตัวอย่าง

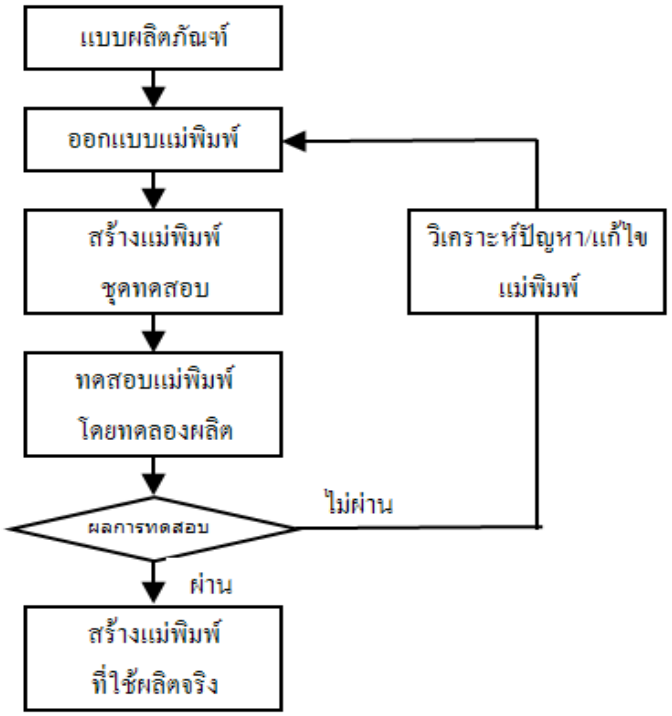
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

อุตสาหกรรมแม่พิมพ์เป็นอุตสาหกรรมสนับสนุนที่มีความสำคัญยิ่งต่อการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตรวมของประเทศ ประเทศที่มีความเจริญทางด้านอุตสาหกรรมระดับแนวหน้า เช่น เยอรมัน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา เกาหลี ไต้หวัน ล้วนใช้ฐานความแข็งแกร่งของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์เป็นพลังขับเคลื่อนอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศ สำหรับประเทศไทยยังต้องนำเข้าแม่พิมพ์จากต่างประเทศเป็นจำนวนมากโดยมีอัตราการนำเข้าแม่พิมพ์ที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปี แม่พิมพ์ที่นำเข้าส่วนใหญ่มาจากประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลี สาเหตุที่ทำให้มีการนำเข้าแม่พิมพ์เนื่องจากความต้องการใช้แม่พิมพ์ในประเทศอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณการผลิตแม่พิมพ์ในประเทศไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการ ในขณะเดียวกันแม่พิมพ์ที่ผลิตในประเทศขาดความน่าเชื่อถือ แม่พิมพ์นำเข้ามีราคาถูกกว่าแม่พิมพ์ที่ผลิตในประเทศเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการส่งมอบ การผลิตแม่พิมพ์ของผู้ประกอบการในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตเพื่อใช้เองและรับจ้างผลิตให้กับลูกค้าภายในประเทศ การผลิตแม่พิมพ์เพื่อส่งออกมีสัดส่วนที่น้อยมาก ทำให้การขาดดุลทางการค้า ปัญหาและอุปสรรคหลักที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ของไทยได้แก่ (1) ด้านบุคลากร ในภาคการศึกษาพบปัญหาว่านักศึกษาขาดความสนใจในสาขาแม่พิมพ์ การขาดแคลนบุคลากรที่ทำการสอน ขาดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องจักรที่ทันสมัยให้นักศึกษาใช้งาน ในส่วนของภาคอุตสาหกรรมพบปัญหาว่าบุคลากรที่จบการศึกษามีความรู้ไม่ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม มีการย้ายงานของบุคลกรมาก (2) ด้านเทคโนโลยีที่ยังต้องพึ่งพาเทคโนโลยีการผลิตจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เช่น การออกแบบ งานทำต้นแบบ งานผลิตชิ้นส่วน งานอบชุบ งานทำผิวชิ้นส่วนสำเร็จ งานควบคุมคุณภาพ งานประกอบ เป็นต้น (3) ด้านบริหารจัดการในกระบวนการผลิตอันจะส่งผลต่อคุณภาพและการส่งมอบแม่พิมพ์ให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า [1]

ในกระบวนการผลิตขึ้นรูปแก้วนั้นจะอาศัยแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปเพื่อให้ได้ขนาดและรูปทรงของแก้วตามที่ต้องการ ในช่วงเริ่มการดำเนินงานของบริษัท แม่พิมพ์ที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปแก้วจะใช้แม่พิมพ์ที่สำเร็จมาแล้วจากบริษัทร่วมทุนของทางต่างประเทศ ต่อมาเมื่อบริษัทดำเนินการมาได้ระยะหนึ่งทำให้มีความพร้อมด้านความชำนาญของบุคลากรและเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น จึงได้มุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ด้วยบุคลากรของบริษัทเอง ทั้งนี้เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ของบริษัทให้เป็นที่ยอมรับและยังสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าที่ได้รับสินค้าที่มีคุณภาพและตรงตามเวลาที่ต้องการ โดยขั้นตอนที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ของบริษัทเริ่มจาก

ทางแผนกออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ส่งแบบผลิตภัณฑ์แก้วมาให้แผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ให้ดำเนินงานตามขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 1.1 โดยเริ่มจากเมื่อแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์รับแบบผลิตภัณฑ์แก้วมาแล้ว จะทำการออกแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์โดยใช้โปรแกรม AutoCAD เสร็จแล้วทำการสร้างพิมพ์ชุดทดสอบจำนวน 1 ชุด จากนั้นนำแม่พิมพ์ไปทดสอบทำการผลิตบนเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว หากผลการทดสอบแม่พิมพ์นั้นไม่สามารถขึ้นรูปแก้วได้ตรงตามข้อกำหนด ก็จะปรับปรุงแบบของแม่พิมพ์แล้วทำการสร้างแม่พิมพ์ชุดใหม่สำหรับการทดสอบครั้งต่อไป จนกว่าจะได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์สามารถผลิตแก้วที่ตรงตามข้อกำหนดออกมาได้ จากนั้นจึงนำแบบแม่พิมพ์นั้นไปสั่งผลิตแม่พิมพ์สำหรับใช้ผลิตขึ้นรูปแก้วต่อไป



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ใหม่

วิธีการปัจจุบันที่ใช้ในขั้นตอนการออกแบบค่าต่างๆของแม่พิมพ์คือใช้วิธีการเปรียบเทียบโดยผู้ออกแบบจะหาผลิตภัณฑ์เดิมที่ผ่านการผลิตมาแล้วเทียบกับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่กำลังออกแบบให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด จากนั้นจะอ้างอิงค่าต่างๆของการออกแบบแม่พิมพ์ตามผลิตภัณฑ์เดิมนั้นในการเขียนแบบ ก่อนส่งแบบแม่พิมพ์ให้ผู้จัดการแผนกตรวจสอบ ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการออกแบบปัจจุบันที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จากการรวบรวมข้อมูลผลการดำเนินงานด้านการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ของทางบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 รวมทั้งสิ้น 14 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 1.1 โดยผลิตภัณฑ์ทั้งหมดนี้จะแตกต่างกันตามชนิดของ

เครื่องจักรที่ทำการขึ้นรูป แต่การออกแบบและการผลิตจะมีความยากและง่ายไม่แตกต่างกันมากนัก ของผลิตภัณฑ์แต่ละแบบ ผู้วิจัยจึงรวมข้อมูลเป็นกลุ่มเดียวกันในการวิเคราะห์

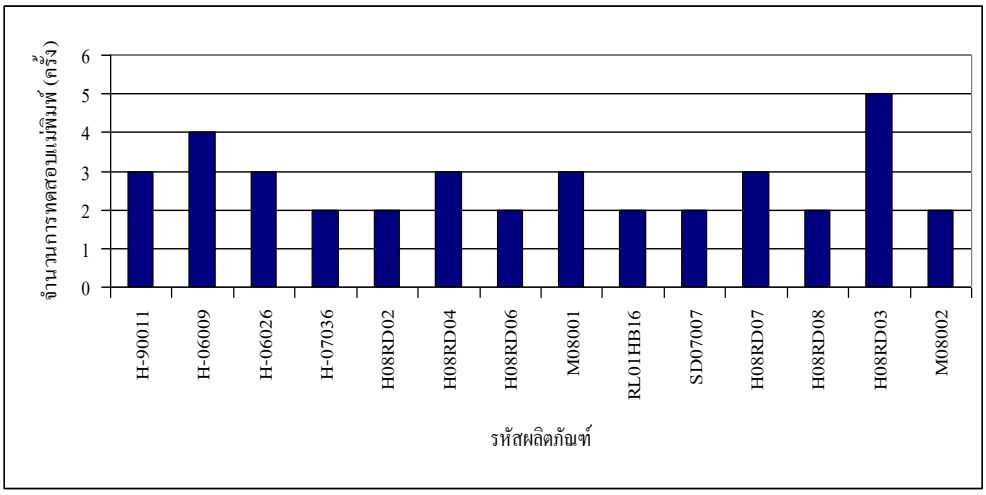
ตารางที่ 1.1 ข้อมูลการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

ที่	รหัสผลิตภัณฑ์	จำนวนของการทดสอบแม่พิมพ์ (ครั้ง)	ระยะเวลานำ (วัน)
1	H-90011	3	68
2	H-06009	4	110
3	H-06026	3	90
4	H-07036	2	50
5	H08RD02	2	65
6	H08RD04	3	115
7	H08RD06	2	58
8	M08001	3	95
9	RL01HB16	2	45
10	SD07007	2	60
11	H08RD07	3	69
12	H08RD08	2	50
13	H08RD03	5	125
14	M08002	2	49
เฉลี่ย		2.7	75

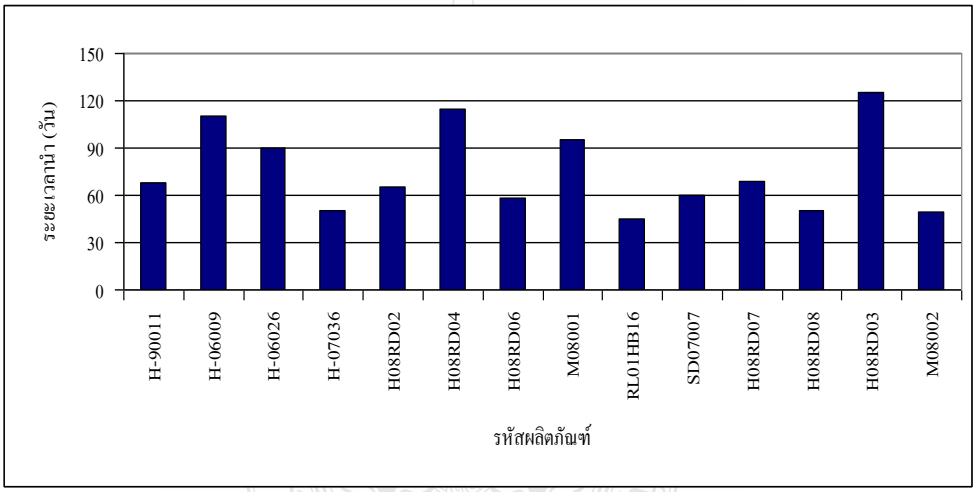
จากข้อมูลในตาราง 1.1 สามารถจำแนกปัญหาที่ส่งผลกับต้นทุนของบริษัทและความพึงพอใจของลูกค้าออกมาเป็น 2 ด้านคือ

1. ปัญหาการทดสอบแม่พิมพ์ พบว่ามีจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์มากแต่ละผลิตภัณฑ์กว่าจะได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์สามารถผลิตแก้วได้ตรงตามข้อกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 1.2 พบว่าจำนวนครั้งที่มีการทดสอบแม่พิมพ์มากที่สุดคือ 5 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ และน้อยที่สุดคือ 2 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นจำนวนครั้งเฉลี่ยคือ 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์

2. ปัญหาระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ใหม่มีความล่าช้า ดังแสดงในรูปที่ 1.3 พบว่าระยะเวลานำในการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่มากที่สุดคือ 125 วัน น้อยที่สุดคือ 45 วัน คิดเป็นจำนวนวันเฉลี่ยคือ 75 วัน ต่อผลิตภัณฑ์

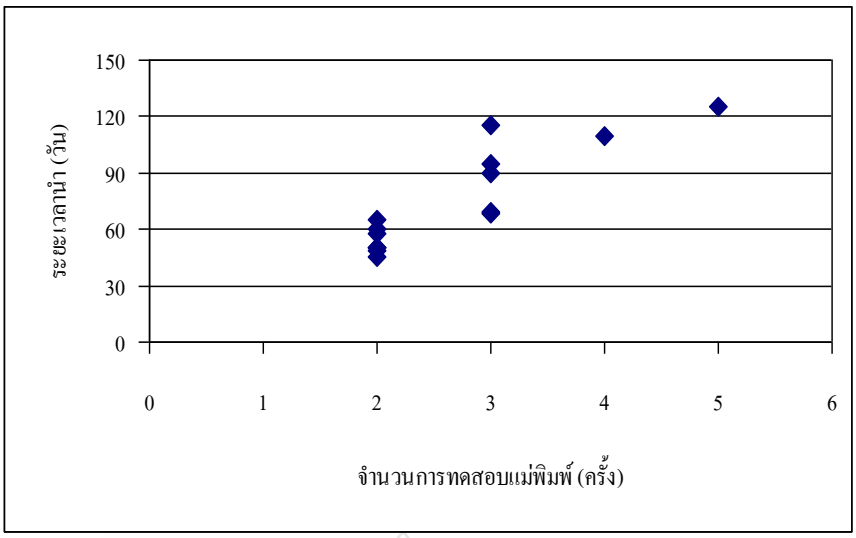


รูปที่ 1.2 จำนวนครั้งการทดสอบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1.3 ระยะเวลานำของการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่

จากการนำจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์กับระยะเวลานำมาวิเคราะห์ด้วยผังความสัมพันธ์ พบว่า ระยะเวลานำที่มากขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบแม่พิมพ์ กล่าวคือถ้าจำนวนครั้งที่ใช้ในการทดสอบแม่พิมพ์มากจะส่งผลทำให้ระยะเวลานำเพิ่มมากขึ้นด้วยซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการทดสอบแม่พิมพ์กับระยะเวลานำ

จากปัญหาทั้งสองด้านที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยจะมีค่าใช้จ่ายในการสร้างแม่พิมพ์ชุดทดสอบและค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องจักรในการทดสอบแม่พิมพ์ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ค่าใช้จ่ายการทดสอบแม่พิมพ์ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ที่	รหัสผลิตภัณฑ์	จำนวนของการทดสอบแม่พิมพ์ (ครั้ง)	ค่าใช้จ่ายรวมของการทดสอบ (บาท)
1	H-90011	3	217,500
2	H-06009	4	290,000
3	H-06026	3	217,500
4	H-07036	2	145,000
5	H08RD02	2	145,000
6	H08RD04	3	217,500
7	H08RD06	2	145,000
8	M08001	3	217,500
9	RL01HB16	2	145,000
10	SD07007	2	145,000
11	H08RD07	3	217,500
12	H08RD08	2	145,000
13	H08RD03	5	362,500
14	M08002	2	145,000
ค่าใช้จ่ายการทดสอบเฉลี่ยต่อผลิตภัณฑ์			196,786

จากที่ได้อธิบายข้างต้นว่าระยะเวลานำและค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นเป็นผลมาจากจำนวนครั้งในการทดสอบแม่พิมพ์ที่มากขึ้น ดังนั้นในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจะมุ่งประเด็นไปที่ปัญหาว่าทำไมจึงมีการทดสอบซ้ำหลายครั้งต่อผลิตภัณฑ์เพราะหากลดจำนวนครั้งในการทดสอบลงได้ก็จะสามารถลดระยะเวลานำและค่าใช้จ่ายลงได้ จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 1.3 พบว่าข้อบกพร่องส่วนมากที่พบจากการทดสอบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่คือข้อบกพร่องขนาดของแก้วไม่ตรงตามแบบและข้อบกพร่องก้นแก้วยุบ ซึ่งสาเหตุเบื้องต้นของทั้งสองข้อบกพร่องนี้เกิดจากการออกแบบแม่พิมพ์ที่ผิดพลาด ที่มีความเกี่ยวข้องมากกว่าสาเหตุอื่น

ตารางที่ 1.3 ความสัมพันธ์ข้อบกพร่องและสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง

H-9011	H-06009	H-06026	H-07036	H08RD02	H08RD04	H08RD06	M08001	RL01HB16	SD07007	H08RD07	H08RD08	H08RD03	M08002	รหัสผลิตภัณฑ์ / สาเหตุ / ลักษณะข้อบกพร่อง	การออกแบบแม่พิมพ์บกพร่อง	การซ่อมแม่พิมพ์บกพร่อง	เครื่องจักรอุปกรณ์บกพร่อง	การควบคุมการขึ้นรูปแก้วบกพร่อง
							√							เศษแก้วฝังในเนื้อแก้ว	○	○	◎	○
√		√	√		√			√	√			√		ขนาดของแก้วไม่ตรงตามแบบ	◎			
	√				√									รูปทรงแก้วเอียง				◎
						√						√		ผิวแก้วเป็นเส้น	○			◎
													√	ลำตัวแก้วเบี้ยว	○			◎
							√			√	√	√		ก้นแก้วยุบ	◎			○
	√			√						√				ด้านข้างแก้วเป็นคลื่น	○			◎

◎ มีความเกี่ยวข้องมาก ○ มีความเกี่ยวข้องน้อย

เมื่อพิจารณาจากกระบวนการผลิตโดยรวมของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ถือว่ามีส่วนสำคัญ หากแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตขึ้นรูปมีข้อบกพร่องหรือการแก้ไขข้อบกพร่องที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จะทำให้เกิดปัญหาอื่นๆในกระบวนการผลิตตามมา

แนวความคิดในการแก้ไขปัญหาโดยอาศัยการคาดการณ์ปัญหาคุณภาพล่วงหน้า จะทำให้ต้นทุนต่ำลงสามารถแข่งขันได้ในทางธุรกิจและการดำเนินการนี้จะต้องดำเนินการในช่วงการออกแบบผลิตภัณฑ์ การประชุมทบทวนแบบเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากช่วยสร้างระบบการสื่อสารระหว่างผู้เชี่ยวชาญต่างๆในการออกแบบ เป็นเทคนิคการบริหารที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจว่าได้มีการประเมินผลิตภัณฑ์อย่างเป็นอิสระก่อนส่งมอบลูกค้า เป็นการดำเนินการที่จะช่วยเปิดเผยข้อบกพร่องและความผิดพลาดต่างๆที่ซ่อนอยู่ได้ เป็นการศึกษาแบบทางวิศวกรรมอย่างเป็นทางการและเป็นระบบ โดยผู้ใช้และผู้เชี่ยวชาญซึ่งไม่เกี่ยวข้อง

โดยตรงกับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นๆซึ่งสมาชิกในทีมมักมาจากหลายฝ่าย โดยทั่วไปจะมาจากฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายตลาด ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายควบคุมคุณภาพและฝ่ายความปลอดภัย [2]

จากการศึกษาปัญหาของบริษัทและแนวความคิดการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยเห็นว่าถ้าในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่ หากมีทีมผู้เชี่ยวชาญจากฝ่ายผลิตขึ้นรูปแก้ว ฝ่ายประกันคุณภาพ และฝ่ายซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ มาร่วมกันทบทวนแบบแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) จะเป็นวิธีการที่จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการออกแบบและช่วยลดปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้ โดยที่เทคนิคนี้จะดำเนินการพิจารณาถึงแนวโน้มของข้อบกพร่องจากหน้าที่การใช้งานของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ จากนั้นจะทำการประเมินค่าความเสี่ยงโดยการพิจารณาจากแนวโน้มของสาเหตุหรือกลไกและระบบการควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน แล้วกำหนดแนวทางการแก้ไขและป้องกันก่อนล่วงหน้าที่จะทำการผลิตจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วโดยใช้เทคนิค FMEA

1.2.2 เพื่อลดจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ต่อผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว

1.2.3 เพื่อลดระยะเวลานำของกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร สามารถลดจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ต่อผลิตภัณฑ์และลดระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้

1.4 ขอบเขตของของการวิจัย

ทำการนำเทคนิค FMEA มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัทเพียงหนึ่งผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยที่ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาดังกล่าวนี้ได้ผ่านการทบทวนความเป็นไปได้จากฝ่ายการผลิตแล้วว่าสามารถผลิตได้จริง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.4 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาระบบการดำเนินงานของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา รวมถึงกระบวนการผลิต กระบวนการออกแบบ เพื่อทราบถึงการดำเนินงานในปัจจุบันและสภาพปัจจุบันของปัญหา

1.5.3 วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนด ก่อนประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) ใหม่

1.5.4 ดำเนินการทดสอบและรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบแม่พิมพ์ แล้วทำการวิเคราะห์และทดสอบสมมุติฐานการวิจัย

1.5.5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 สามารถปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหารของโรงงานตัวอย่างให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.6.2 สามารถลดจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ต่อผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วได้

1.6.3 สามารถลดระยะเวลานำของกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วได้

1.6.4 สามารถทำให้ผู้ที่สนใจเห็นแนวทางการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ลักษณะต่างๆได้

1.6.5 เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้กับบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและผู้ที่สนใจทั่วไป

1.7 แผนการดำเนินงานวิจัย

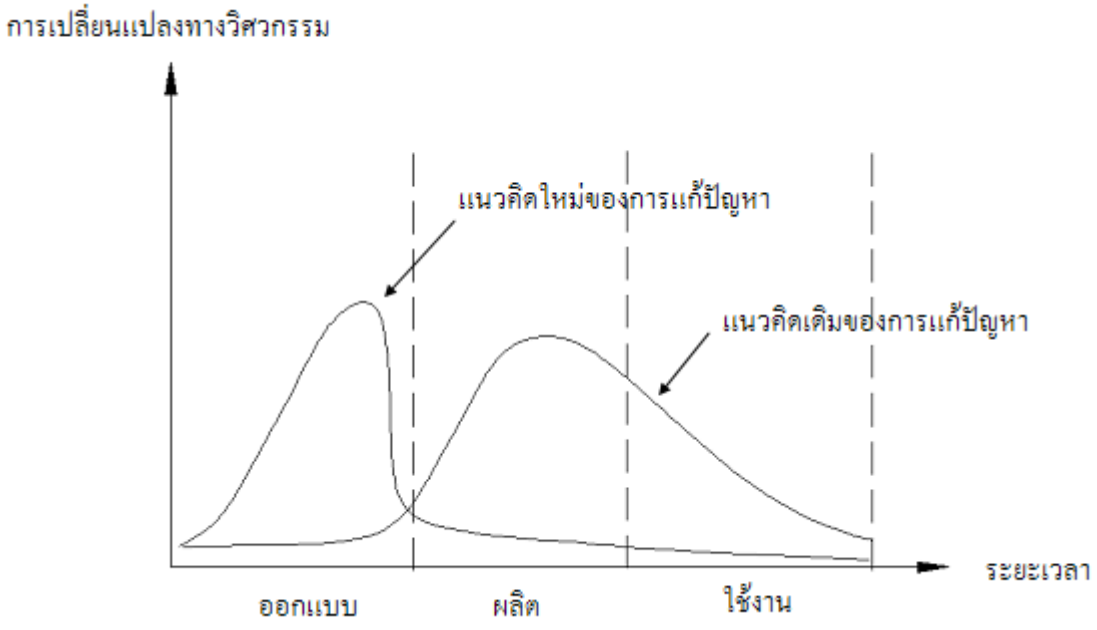
ตารางที่ 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ที่	รายละเอียดของกิจกรรม	ปี พ.ศ. 2552						ปี พ.ศ. 2553									
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1	ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	↔	↔														
2	ศึกษารวบรวมข้อมูลกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์		↔	↔													
3	วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆโดยใช้เทคนิค FMEA และปฏิบัติการแก้ไข				↔	↔	↔										
4	ดำเนินการทดสอบแม่พิมพ์และสรุปผล							↔									
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ								↔	↔	↔	↔	↔				
6	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์													↔	↔	↔	↔

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนทัศน์ของการแก้ปัญหา [3]

ภายใต้กระบวนทัศน์ (Paradigm) หรือแนวความคิดในอดีตนั้นผู้แก้ปัญหามักจะคอยตรวจจับ (Detection) ว่าเกิดปัญหาคุณภาพขึ้นแล้วหรือไม่และเมื่อเกิดปัญหาขึ้นจึงดำเนินการแก้อาการปัญหาและปฏิบัติการแก้ไขในที่สุดซึ่งการดำเนินการเช่นนี้มักจะดำเนินการในช่วงการผลิตและในช่วงการใช้งานผลิตภัณฑ์ภายหลังการส่งมอบผลิตภัณฑ์แล้ว โดยการดำเนินการดังกล่าวจะมีผลทำให้ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงและไม่สามารถแข่งขันได้ ดังนั้นควรมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ในการแก้ไขปัญหาใหม่โดยอาศัยการคาดการณ์ปัญหาคุณภาพล่วงหน้าเพื่อพิจารณาถึงการสร้างความไว้วางใจกับผลิตภัณฑ์ด้วยการป้องกันปัญหาล่วงหน้า โดยการดำเนินการเช่นนี้จะมีผลทำให้ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลงที่สามารถแข่งขันได้ทางธุรกิจและการดำเนินการนี้จะต้องดำเนินการในช่วงการออกแบบผลิตภัณฑ์ดังในรูปที่ 2.1 โดยรูปแบบหนึ่งในการทำงานลักษณะนี้เช่นทีมของคณะทำงานตามวิธี FMEA เป็นต้น



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบแนวความคิดในการแก้ปัญหาคุณภาพ

2.1.1 แนวคิดการทบทวนการออกแบบ [2]

แบบส่วนใหญ่ที่ได้พัฒนากลายเป็นผลิตภัณฑ์เกิดจากการปรับแก้คำตอบแรกสุดของโจทย์การออกแบบเป็นระยะๆการปรับแก้เหล่านี้ต้องมีการจัดการที่ดีเพื่อลดค่าใช้จ่ายและผลกระทบต่างๆให้น้อยที่สุด การประชุมทบทวนแบบเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากช่วยสร้างระบบการสื่อสารระหว่างผู้เชี่ยวชาญต่างๆในการออกแบบ

การประชุมทบทวนแบบไม่ใช่การตรวจสอบแบบของผลิตภัณฑ์แทนผู้ออกแบบ แต่เป็นเทคนิคการบริหารที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจว่าได้มีการประเมินผลิตภัณฑ์อย่างเป็นอิสระก่อนส่งมอบลูกค้า การประชุมทบทวนแบบเป็นการศึกษาแบบอย่างเป็นทางการและเป็นระบบ โดยผู้ใช้และผู้เชี่ยวชาญซึ่งไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นๆถ้าดำเนินการอย่างเหมาะสมจะช่วยเปิดเผยข้อบกพร่องและความผิดพลาดต่างๆที่ซ่อนอยู่ได้และช่วยให้บริษัทมีระบบการจัดเก็บข้อมูลต่างๆเช่นข้อสันนิษฐานและกฎเกณฑ์ที่ใช้ได้ตลอดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

การประชุมทบทวนแบบเป็นเทคนิคที่ควรใช้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ทุกชนิดและผลิตภัณฑ์เก่าที่มีอยู่แล้วซึ่งต้องการปรับปรุงในด้านต้นทุน สมรรถนะ การแลกเปลี่ยนระหว่างชิ้นส่วน ความปลอดภัยหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การประชุมทบทวนแบบเป็นงานที่ต้องทำเป็นทีม ไม่ใช่ส่งผ่านเป็นลำดับขั้น สมาชิกในทีมมักมาจากหลายฝ่ายขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาและชนิดของการทบทวนแบบ โดยทั่วไปจะมาจากฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายตลาด ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายควบคุมคุณภาพและฝ่ายความปลอดภัยโดยประธานต้องมีความเข้าใจในข้อกำหนดของการออกแบบและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง สำหรับวิศวกรออกแบบมีหน้าที่นำเสนอแบบที่อยู่ระหว่างการทบทวนและอธิบายถึงการตัดสินใจต่างๆที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ต้องมีวิศวกรที่ไม่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทำหน้าที่วิเคราะห์และจัดเตรียมข้อเสนอแนะต่างๆ ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่การทำงานของสมาชิกในการประชุมทบทวนแบบ

ข้อมูลที่ใช้ในการประชุมทบทวนแบบควรระบุงานที่จะถูกทบทวนเป้าหมายหรือข้อกำหนดของการทบทวน และความเกี่ยวข้องกับงานอื่นๆโดยอาจอยู่ในรูปของงานเขียนแบบ ข้อกำหนดทางวิศวกรรม ความต้องการของลูกค้า ข้อมูลต้นทุน รายงานการทดสอบ รายงาน การเสียผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพและข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างการประชุมทบทวนแบบของบริษัททั่วไปมักใช้ข้อมูลดังนี้

1. งานเขียนแบบละเอียด (Detailed Drawings) แสดงรูปภาพ คำอธิบาย วัสดุที่ใช้ ความเรียบผิว ขนาดวัด ค่าเผื่อ คำแนะนำในการประกอบ เป็นต้น

2. งานเขียนแบบติดตั้ง (Installation Drawings) รูปร่างลักษณะทั่วไป อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง ตำแหน่งการติดตั้ง เป็นต้น

3. ข้อกำหนดของชิ้นส่วน (Component Specification) คุณลักษณะด้านหน้าที่การทำงาน ข้อกำหนดในการทดสอบ เป็นต้น

4. รายการชิ้นส่วนและวัสดุ (Part and Material Lists) ข้อกำหนดและประเภทของชิ้นส่วนหรือวัสดุ เป็นต้น

5. การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ (Reliability Analysis) การวิเคราะห์ประเภทความเสียหายและผลกระทบ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างหน้าที่การทำงานของสมาชิกในการประชุมทบทวนแบบ

สมาชิก	หน้าที่และความรับผิดชอบ	ชนิดของการประชุมทบทวนแบบ		
		ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นสุดท้าย
ประธาน	ควบคุมการประชุมและออกรายงานต่างๆ	√	√	√
วิศวกรออกแบบ	จัดเตรียม นำเสนอแบบผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง	√	√	√
วิศวกรการผลิต	สร้างความมั่นว่าแบบของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างทบทวนสามารถผลิตได้โดยใช้ต้นทุนการผลิตและเวลาน้อยที่สุด		√	√
วิศวกรปฏิบัติการ	สร้างความมั่นใจว่าการติดตั้ง การส่งมอบและการบำรุงรักษาได้ถูกนำมาพิจารณาในแบบของผลิตภัณฑ์ด้วย	√	√	√
ความปลอดภัย	ประกันว่าแบบของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามกฎหมายต่างๆที่เกี่ยวข้อง	√	√	√
วิศวกรวัสดุ	ประกันว่าวัสดุที่เลือกใช้สามารถทำงานได้ดีและทบทวนทางเลือกอื่นๆ		√	
วิศวกรจัดซื้อ	ประกันว่าสามารถหาวัสดุและชิ้นส่วนต่างๆจากภายนอกได้ภายในต้นทุนและเวลาที่กำหนด		√	
วิศวกรออกแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ถูกทบทวน	ประเมินแบบของผลิตภัณฑ์โดยรวมเพื่อให้แน่ใจว่าน่าพอใจทั้งทางด้านสมรรถนะ ต้นทุน เวลา ความสวยงาม เป็นต้น	√	√	√
การตลาด	ประกันว่าความต้องการของลูกค้าได้ถูกกล่าวถึงและเข้าใจเป็นอย่างดี	√		

ประโยชน์ของการประชุมทบทวนแบบ

1. ความเข้าใจดีขึ้นเกี่ยวกับหน้าที่การทำงานของฝ่ายออกแบบ

2. การปรับปรุงด้านต้นทุน มีการทบทวนด้านการใช้เครื่องมือ วิธีการประกอบ วัสดุ ความเรียบผิว ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในภายหลังน้อยลง

3. กำหนดวันส่งมอบเร็วขึ้น ช่วยลดเวลาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

4. พัฒนาขีดความสามารถด้านการออกแบบ ผู้ออกแบบมีโอกาสตอบสนองต่อการวิจารณ์ที่สร้างสรรค์

5. ฐานข้อมูลการออกแบบดีขึ้น เช่นข้อมูลด้านวิธีการผลิต กระบวนการผลิต ต้นทุนการผลิต เป็นต้น

6. ความพร้อมของข้อมูลวิจัย ผลที่ได้จากการประชุมทบทวนแบบจะอยู่ในรูปแบบที่ผู้ออกแบบสามารถเข้าใจได้ง่าย

7. สนับสนุนด้านการจัดส่ง นโยบายการซ่อมบำรุงและการจัดเก็บอะไหล่ จะต้องกำหนดให้ชัดเจนตั้งแต่ต้นกระบวนการ

8. การประกันคุณภาพ มีการวิเคราะห์ของเสียที่เหมาะสมและมีข้อมูลย้อนกลับจากฝ่ายประกันคุณภาพ

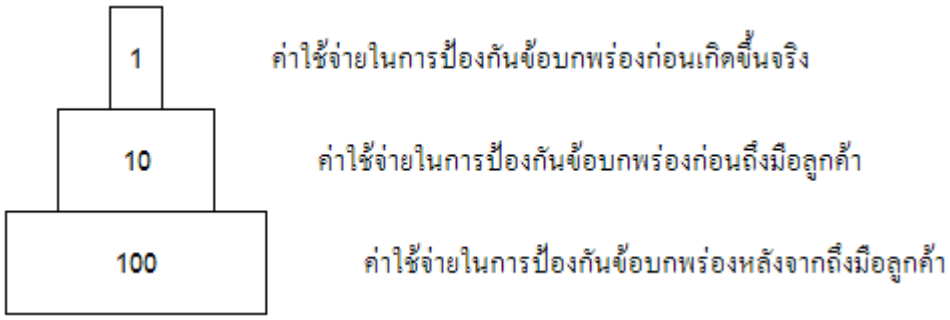
2.1.2 การแก้ไขแบบทางวิศวกรรม

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์การแก้ไขแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Change) เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการดำเนินธุรกิจปัจจุบันซึ่งมีการแข่งขันสูงทั้งในด้านสมรรถนะและต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและมีผลกระทบต่อหลายฝ่าย ตัวอย่างเช่นการแก้แบบของผลิตภัณฑ์ไม่ได้มีความหมายแค่การแก้ไขงานเขียนแบบและการเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตแต่มีผลกระทบต่อแทบทุกส่วนในโรงงานด้วยเหตุนี้การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมจึงต้องมีการบริหารจัดการที่เป็นระบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยผู้ที่ได้รับผลกระทบควรมีส่วนเกี่ยวข้องด้วยทุกฝ่าย

2.1.3 ความสำคัญของการแก้ไขแบบทางวิศวกรรม

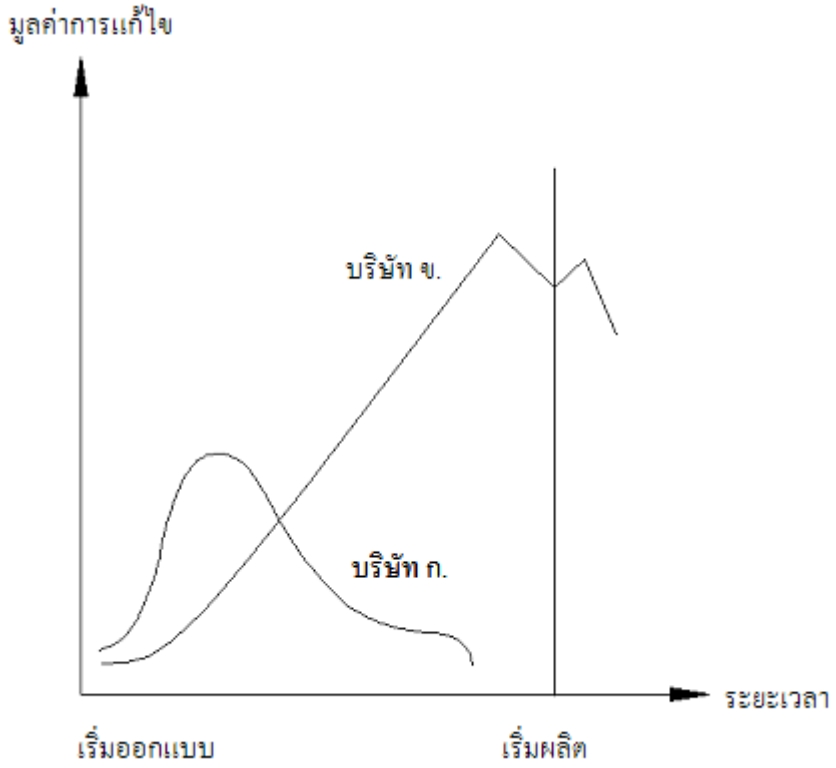
ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อเกิดข้อบกพร่องอย่างหนึ่งขึ้นในการออกแบบค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาจะเพิ่มสูงขึ้นเป็นทวีคูณถ้าข้อบกพร่องนั้นเกิดเมื่อผลิตภัณฑ์ใกล้ถึงมือลูกค้าเรียกสถานการณ์เช่นนี้ว่ากฎ 1-10-100 ดังแสดงในรูปที่ 2.2 กฎนี้กล่าวว่าการป้องกันปัญหาจะเสียค่าใช้จ่าย 1 หน่วย การแก้ไขปัญหาก่อนถึงมือลูกค้าจะเสียค่าใช้จ่าย 10 หน่วย และการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นหลังถึงมือลูกค้าแล้วจะเสียค่าใช้จ่ายถึง 100 หน่วย ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้นมากนี้เกิดจากค่าใช้จ่ายด้านการประกันความเสียหายและทรัพยากรที่บริษัทใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเช่น การตรวจสอบความเสียหาย การทดสอบ ค่าใช้จ่ายด้านการบริหาร ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น

การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมในระหว่างออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นการดำเนินการเชิงป้องกันอย่างหนึ่งซึ่งช่วยลดต้นทุนได้มาก การประหยัดค่าใช้จ่ายนี้เกิดจากการประหยัดเวลาในการออกแบบและทดสอบการแก้ไขปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ การแก้ไขแบบเพิ่มเติม การแก้ไขงานที่ผลิตเสียหรือแม้กระทั่งค่าใช้จ่ายในการประกันความเสียหาย



รูปที่ 2.2 กฎ 1-10-100

เมื่อพิจารณาด้านเวลาที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์การส่งมอบตรงเวลาเป็นเรื่องสำคัญมากในการแข่งขันทางธุรกิจ การแก้ไขแบบผลิตภัณฑ์มีโอกาสทำให้กำหนดส่งมอบล่าช้าลงได้ ดังนั้นจึงต้องบริหารจัดการให้มีความรวดเร็วตรงเวลาสิ่งหนึ่งที่มีผลต่อความรวดเร็วในการแก้ไขแบบคือการเลือกใช้เทคโนโลยี ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับต้นทุนและเวลาที่มีอยู่ อีกสิ่งหนึ่งที่มีผลต่อความรวดเร็วในการแก้ไขแบบ คือช่วงเวลาที่ทำการแก้ไข รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างบริษัท 2 แห่ง บริษัท ก. ทำการแก้ไขแบบส่วนใหญ่ก่อนเริ่มต้นผลิตเป็นเวลานาน แสดงว่าบริษัทนี้มีนโยบายเชิงป้องกัน ส่วนบริษัท ข. ทำการแก้ไขแบบก่อนเริ่มผลิตเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังเกิดขึ้นในช่วงปลายของกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้องสูญเสียทรัพยากรเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นเรื่องเวลาทำงานที่สูญเสียไปแล้ว เครื่องมืออุปกรณ์ เอกสารและแบบฟอร์มต่างๆนอกจากนี้การแก้ไขในตอนท้ายจะมีความเกี่ยวโยงและส่งผลกระทบกับงานที่ได้ทำไปแล้วในช่วงต้น จึงทำให้ยุ่งยากซับซ้อนมาก พื้นที่ใต้กราฟแสดงให้เห็นว่าบริษัท ข. สูญเสียทรัพยากรมากกว่าบริษัท ก. และใช้เวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นานกว่าบริษัท ก. ด้วย



รูปที่ 2.3 การแก้ไขแบบตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นทำให้ใช้เวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยลง

2.1.4 เหตุผลของการแก้ไขแบบทางวิศวกรรม

1. ความจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

ในช่วงชีวิตหนึ่งของผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีการผลิตต่างมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นผู้ผลิตจึงควรใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเพื่อลดต้นทุนหรือเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ไม่ว่าเราจะวิเคราะห์งานเขียนแบบได้ดีเพียงใดก่อนปล่อยออกก็ตาม จะมีวิธีการแก้ไขแบบอีกมากมายที่ช่วยให้การผลิตสินค้าได้ง่ายและประหยัดขึ้นสิ่งเหล่านี้จะสังเกตุเห็นได้ชัดในกระบวนการผลิตจริงหลังจากที่อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์มีพร้อมแล้ว อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบมักไม่สนใจสังเกตกระบวนการผลิตจนกว่าจะถูกสถานการณ์บังคับ เช่น เมื่อสินค้าไปถึงมือลูกค้าแล้วเกิดความจำเป็นต้องลดต้นทุน

2. ความจำเป็นที่ต้องให้ผลิตภัณฑ์ทำงานได้

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มีอยู่บ่อยครั้งที่พบว่าแบบที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถนำไปผลิตได้จริงนอกจากนี้เมื่อทำการแก้ไขแบบจนสามารถผลิตได้แล้วผลิตภัณฑ์นั้นก็มักจะไม่ทำงาน การที่ผู้ออกแบบทราบดีว่าไม่สามารถเขียนแบบได้ถูกต้องภายในครั้งเดียวทำให้เกิดการคาดหมายที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นในระดับห้องทดลองและนำไปสู่การแก้ไขจำนวนมากในภายหลัง ดังนั้นการแก้ไขแบบจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทำงานได้

3. ความจำเป็นในการปรับปรุงการให้บริการ

นอกจากการผลิตสินค้าแล้วในบางครั้งผู้ผลิตก็ต้องรับผิดชอบในการให้บริการหลังการขายด้วย โดยเฉพาะในกรณีที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงระหว่างการรับประกัน สิ่งหนึ่งที่มีผลต่อการให้บริการคืออายุการใช้งาน ความน่าเชื่อถือและการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตที่ตระหนักถึงต้นทุนในการให้บริการจะพยายามลดต้นทุนนั้น ซึ่งการปรับปรุงด้านอายุใช้งาน ความน่าเชื่อถือ และการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์จะช่วยในการดูแลรักษาลูกค้าเก่าและดึงลูกค้าใหม่ได้ดี

4. ความจำเป็นต้องลดต้นทุนการจัดจำหน่าย

ในปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการจัดส่งสินค้าที่ประหยัดต้นทุนและระบบการจัดเก็บที่ราคาถูกอย่างต่อเนื่อง ผู้ผลิตสามารถออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าว

5. ความจำเป็นต้องเพิ่มการสนับสนุนด้านการผลิต

แม้ว่างานเขียนแบบและวิธีการผลิตสินค้าจะเป็นที่ยอมรับได้แต่การสนับสนุนด้านการผลิตอาจไม่เพียงพอตัวอย่างเช่น พนักงานอาจต้องรอลับเครื่องมือให้คม ในกรณีนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตใหม่เช่น กำหนดขั้นตอนใหม่ในการลับดอกสว่านให้ได้จำนวนมากขึ้น เป็นต้น การจัดการที่ดีควรมีระบบที่ทำให้มั่นใจได้ว่าพนักงานระดับปฏิบัติการได้รับการสนับสนุนให้แสดงความคิดเห็นเมื่อสิ่งผิดปรกติเกิดขึ้น

6. ความจำเป็นต้องเปลี่ยนข้อกำหนดของการออกแบบ

ผู้ออกแบบอาจต้องการเปลี่ยนข้อกำหนดของการออกแบบเนื่องจากตระหนักว่าได้ออกแบบผิดหรือใช้วิธีการที่ผิดหรือในบางกรณีลูกค้าอาจต้องการให้มีการแก้ไขแบบหลังจากที่ได้ใช้ผลิตภัณฑ์แล้ว

2.1.5 สิ่งที่ควรพิจารณาก่อนการแก้ไขแบบ

เนื่องจากการแก้ไขแบบทางวิศวกรรมไม่ว่าจะน้อยหรือมากล้วนแต่ส่งผลกระทบกับทุกส่วนของการผลิต ดังนั้นก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการควรประเมินปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องเสียก่อนในที่นี้จะกล่าวถึงขอบเขตของการแก้ไขแบบ ต้นทุนและมูลค่าของการแก้ไขแบบ

1. ขอบเขตของการแก้ไขแบบ

ด้วยเหตุที่การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมมีผลกระทบต่องานหลายอย่างและครอบคลุมความรับผิดชอบหลายด้านเราต้องระบุการเปลี่ยนแปลงให้ชัดเจนเพื่อให้มีมาตรฐานสำหรับตรวจสอบในภายหลังตัวอย่างเช่น ในการเปลี่ยนงานเขียนแบบเราอาจต้องกำหนดขั้นตอนการทำงานใหม่และต้องกำหนดตารางการผลิตใหม่ด้วย

2. ต้นทุนของการแก้ไขแบบ

การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมไม่ว่าจะเล็กน้อยเพียงใดก็ตามก็ถือว่าเป็นโครงการใหม่เช่นเดียวกับโครงการอื่นๆโครงการเช่นนี้ควรแก่การดำเนินการต่อเมื่อมูลค่าหรือประโยชน์ที่ได้รับ

มากกว่าต้นทุนในการคำนวนต้นทุนที่ต้องใช้สำหรับการแก้ไขแบบทางวิศวกรรมนั้นจะมีความยากง่ายแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของต้นทุน

3. มูลค่าของการแก้ไขแบบ

เมื่อพิจารณาต้นทุนของการแก้ไขแบบทางวิศวกรรมแล้ว ควรนำไปเปรียบเทียบกับมูลค่าหรือประโยชน์ที่จะได้รับจากการแก้ไขแบบเพื่อตัดสินใจว่าสมควรดำเนินการหรือไม่โดยทั่วไปมูลค่าของประโยชน์ที่จะได้รับจากการแก้ไขแบบทางวิศวกรรมเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคำนวนได้ง่ายในบางครั้งมูลค่านี้อาจมากเสียจนไม่มีความจำเป็นต้องคำนวนโดยเฉพาะเมื่อแก้ไขแบบทางวิศวกรรมมีสาเหตุจากความปลอดภัยหรือถ้าการเปลี่ยนแปลงเป็นเรื่องที่ต้องทำตามกฎหมาย

2.1.6 การบริหารการแก้ไขแบบทางวิศวกรรม

การแก้ไขแบบทางวิศวกรรมจะต้องกระทำเป็นทีมเพื่อให้ทุกฝ่ายที่ได้รับผลกระทบมีส่วนเกี่ยวข้องด้วย โดยทั่วไปคณะกรรมการแก้ไขแบบจะประกอบด้วยวิศวกรออกแบบ วิศวกรฝ่ายผลิต ฝ่ายการตลาด ฝ่ายควบคุมคุณภาพและฝ่ายความปลอดภัย คณะกรรมการนี้มีหน้าที่พิจารณาความเป็นไปได้ในการแก้ไขแบบ วางแผนและควบคุมกระบวนการตลอดจนพิจารณาอนุมัติการแก้ไขแบบที่สำเร็จแล้วภายใต้การนำของผู้จัดการโครงการ (Project Manager)

1. ประเภทของการแก้ไขแบบ

ในการแก้ไขแบบทางวิศวกรรมนั้นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ช่วยให้การทำงานของคณะกรรมการเป็นไปได้ง่ายขึ้นคือการจัดประเภทของการแก้ไขแบบ บริษัทส่วนใหญ่จะจัดประเภทของการแก้ไขแบบทางวิศวกรรมดังต่อไปนี้

การแก้ไขแบบประเภทที่ 1 การแก้ไขแบบที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานหรือความปลอดภัย ผลกระทบต่อราคาผลิตภัณฑ์และส่งผลกระทบต่ออะไหล่การใช้งานแทนกันของชิ้นส่วน

การแก้ไขแบบประเภทที่ 2 การแก้ไขแบบที่ไม่จัดอยู่ข้างต้นแต่ครอบคลุมการเปลี่ยนงานเขียนแบบ (Drawing) หรือรายการรหัสชิ้นส่วนตัวอย่างเช่นการแก้ไขขนาดเผื่อ (Tolerance) ซึ่งไม่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพหรือการเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการทำงาน

การแก้ไขแบบประเภทที่ 3 การแก้ไขแบบที่ไม่อยู่ในประเภท 1 หรือ 2 แต่ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทางเอกสารเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดหรือความไม่ชัดเจน

2. ข้อเสนอแก้ไขแบบ

เมื่อศึกษาข้อมูลประเภทของการแก้ไขแบบ ขอบเขตของการแก้ไขแบบ การประเมินต้นทุนและประโยชน์ที่จะได้รับ เราสามารถจัดเตรียมข้อเสนอการแก้ไขแบบซึ่งต้องใช้ข้อมูลจากหลายฝ่ายเพื่อให้สามารถวางแผนและควบคุมการแก้ไขแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้เกี่ยวข้องประกอบด้วยฝ่ายบันทึกทางวิศวกรรม วิศวกรออกแบบและพัฒนา ฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฝ่ายขาย และฝ่ายผลิต

2.1.7 การวัดความสำเร็จของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

ในมุมมองของผู้ประกอบการการวัดความสำเร็จของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์คือการที่ผลิตภัณฑ์นั้นสามารถผลิตออกมาได้และทำกำไรให้กับบริษัท ความสามารถในการทำกำไรของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่วัดยากและใช้เวลานาน อย่างไรก็ตามเราอาจใช้ตัววัดที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำกำไรดังต่อไปนี้

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พิจารณาว่าผลิตภัณฑ์นั้นสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้หรือไม่ มีความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือเพียงใด ในที่สุดแล้วคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะสะท้อนออกมาในรูปของส่วนแบ่งการตลาดและราคาที่ลูกค้าพอใจจ่าย

ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ พิจารณาจากต้นทุนการผลิตในที่นี้รวมถึงการลงทุนเครื่องมืออุปกรณ์และต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการผลิตสินค้าแต่ละหน่วย ต้นทุนของผลิตภัณฑ์เป็นตัวตัดสินว่าบริษัทได้กำไรจากยอดขายและราคาที่ตั้งไว้เท่าใด

เวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เวลาที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นตัวตัดสินว่าบริษัทสามารถปรับตัวต่อสภาพการแข่งขันและความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังบ่งบอกว่าบริษัทได้ผลตอบแทนทางการเงินจากตัวผลิตภัณฑ์เร็วเพียงใด

ต้นทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พิจารณาว่าบริษัทใช้เงินในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากเพียงใด ต้นทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มักเป็นสัดส่วนสำคัญของการลงทุนที่ต้องใช้เพื่อให้ได้ผลกำไรตอบแทน

ขีดความสามารถในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พิจารณาว่าบริษัทมีขีดความสามารถในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นหรือไม่จากประสบการณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมา ขีดความสามารถที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดยิ่งขึ้น

2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ [3]

2.2.1 ความหมายของ FMEA

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เป็นเทคนิคหรือกระบวนการอย่างเป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์กิจกรรมในด้านการออกแบบหรือกระบวนการผลิต โดยการชี้บ่งปัญหา หรือข้อบกพร่องใดๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกิจกรรมนั้น ซึ่งจะพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษ ระดับความรุนแรง ผลกระทบที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งระบุวิธีการป้องกันปัญหาดังกล่าวและตรวจสอบประสิทธิผลของการป้องกัน โดยในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่

1. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ (Design FMEA : DFMEA) เป็นกิจกรรมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อพิจารณาคุณสมบัติของสินค้าได้ตามเป้าหมาย ค่าใช้จ่าย และผลิตภาพตามที่ต้องการ

ประโยชน์ของ DFMEA ได้แก่

- จัดลำดับความสำคัญสำหรับการปรับปรุงการออกแบบ
- ชี้บ่งคุณลักษณะที่วิกฤติและสำคัญ
- ช่วยประเมินผลข้อกำหนดการออกแบบและทางเลือก
- ขจัดข้อห่วงใยด้านความปลอดภัย
- ทำให้ทราบความล้มเหลวที่เป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์

2. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process FMEA: PFMEA) เป็นกิจกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อพิจารณากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนตลอดจนการควบคุมกระบวนการเพื่อสร้างความมั่นใจว่าสินค้าที่ผลิตอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของสินค้า ดังนั้น PFMEA จึงมีความสัมพันธ์กันระหว่างขั้นตอนในแต่ละกระบวนการ และปัจจัยนำออกที่ไม่ยอมรับกระบวนการนั้น โดยพิจารณาถึงสาเหตุของการไม่ยอมรับและดำเนินการควบคุมหรือป้องกันสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าว

ประโยชน์ของ PFMEA ได้แก่

- ช่วยชี้บ่งข้อบกพร่องของกระบวนการและเสนอแผนการปฏิบัติการแก้ไข
- ชี้บ่งคุณลักษณะที่วิกฤติและสำคัญ และช่วยในการพัฒนาแผนคุณภาพ
- ช่วยจัดลำดับความสำคัญของปฏิบัติการแก้ไข
- ช่วยวิเคราะห์กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการจัดทำ FMEA ได้แก่

- กำหนดขอบเขตของข้อบกพร่อง
- ศึกษาลำดับขั้นตอนของกระบวนการหรือการออกแบบ
- อธิบายลักษณะของงานหรือหน้าที่ของแต่ละขั้นตอน หรือกระบวนการ
- ทบทวนหน้าที่หลักและระบุข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น
- ระบุการควบคุมในปัจจุบัน
- ให้คะแนนระดับความรุนแรง ความถี่ในการเกิดขึ้นและความสามารถในการตรวจจับ
- คำนวนค่าความเสี่ยงชี้นำ
- กำหนดสาเหตุข้อบกพร่องที่ต้องแก้ไข จากค่าความเสี่ยงชี้นำ

ส่วนสำคัญในการจัดทำ FMEA คือการประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) ซึ่งได้แก่การระดมสมองเพื่อประเมินเกณฑ์ความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity: S) โอกาสที่เป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่องขึ้น (Occurrence: O) และการประเมินความสามารถในการควบคุมหรือการตรวจพบข้อบกพร่อง (Detection: D) ซึ่งคะแนนจากการประเมินปัจจัยทั้งสามจะนำมาคูณกันเพื่อหาค่าความเสี่ยงชี้นำ เพื่อบ่งชี้ลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องที่ควรได้รับการแก้ไขก่อน

ในการประยุกต์ใช้ FMEA นี้จะให้ประโยชน์หลายประการด้วยกันดังนี้คือ

- ช่วยในการประเมินผลของแบบที่ได้จากการออกแบบทั้งความต้องการด้านหน้าที่และทางเลือกในการออกแบบ
- การประเมินการออกแบบเพื่อการผลิตเบื้องต้น
- ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ความไว้วางใจ ตลอดจนความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ
- ช่วยในการลดต้นทุนที่ซ่อนเร้นของกระบวนการผลิต ทำให้องค์กรสามารถเพิ่มอำนาจในการแข่งขันทางธุรกิจในระยะยาวได้ดี
- ช่วยเพิ่มความมั่นใจและความพอใจให้แก่ลูกค้า
- ช่วยในการลดต้นทุนและเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งมีผลทำให้สามารถวางตลาดผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น
- ช่วยในกระบวนการป้องกันข้อบกพร่อง
- ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (Intrinsic Technology)
- ช่วยในการกำหนดถึงลำดับสำคัญก่อนหลังของกิจกรรม การปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านตัวเลขวิเคราะห์ความเสี่ยง
- ช่วยในการบ่งชี้ถึงความผิดพลาด (Error) ที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ของการออกแบบและกระบวนการและกำหนดแนวทางในการป้องกันต่อไป
- ช่วยในการบ่งชี้ปัจจัยที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาเพื่อดำเนินการพิสูจน์และแก้ไขต่อไป
- ช่วยในการบ่งชี้ถึงวิธีการวินิจฉัยการออกแบบและกระบวนการ (Diagnostic Procedures)

ข้อดีของ DFMEA

- ช่วยในการบ่งชี้ความผิดพลาดที่อาจจะเกิดในขั้นตอนต่างๆ ของการออกแบบและกำหนดแนวทางในการป้องกันต่อไป
- ช่วยในการประเมินผลของแบบที่ได้จากการออกแบบ
- ช่วยเพิ่มความมั่นใจและความพอใจให้แก่ลูกค้า

ข้อเสียของ DFMEA

- การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบจะไม่ขึ้นอยู่กับการควบคุมกระบวนการ
- การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบจะขึ้นกับข้อจำกัดด้านเทคนิคและข้อจำกัดทางกายภาพของกระบวนการผลิตและกระบวนการประกอบ

2.2.2 ลำดับขั้นตอนการสร้าง DFMEA

ในการสร้าง DFMEA เป็นเทคนิคเชิงวิเคราะห์ที่ทีมออกแบบใช้ในการประเมินถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น รวมถึงสาเหตุหรือกลไกที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าวด้วยการพิจารณาถึงสิ่งที่ทำการออกแบบในเชิงสัมพันธ์กับระบบที่เกี่ยวข้อง ระบบย่อย ตลอดจนองค์ประกอบต่างๆ ดังนั้น DFMEA นี้จึงเป็นบทสรุปของความคิดของคณะทำงานที่มีต่อองค์ประกอบต่างๆ ระบบย่อย ตลอดจนระบบที่ได้รับการออกแบบ

DFMEA นี้จะมีส่วนสำคัญต่อการลดความเสี่ยงจากข้อบกพร่องของระบบออกแบบโดย

1. ช่วยประเมินผลในเชิงภาวะวิสัยของแบบที่ได้ซึ่งรวมถึงความต้องการของหน้าที่ใช้งานและทางเลือกของแบบ

2. การประเมินผลถึงการออกแบบเพื่อการผลิต การประกอบและการบริการเบื้องต้น

3. การเพิ่มโอกาสที่จะตรวจพบลักษณะข้อบกพร่องตลอดจนผลกระทบที่มีต่อระบบของการปฏิบัติการในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา

4. การให้สารสนเทศเพิ่มเติมที่ช่วยในการวางแผนอย่างทั่วถึง ตลอดจนโปรแกรมในการออกแบบ การพัฒนาและการตรวจสอบความถูกต้องที่มีประสิทธิผล

5. ช่วยในการพัฒนา

6. การทำให้ได้รับประเด็นสำคัญ

7. การทำให้เกิดการเรียนรู้

ลำดับขั้นตอนการสร้าง DFMEA จะดำเนินการตามลำดับแสดงดังตารางที่ 2.2 โดยมีรายละเอียดการกรอกข้อมูลแต่ละส่วนดังนี้

1. หมายเลข FMEA ให้ใส่หมายเลขเอกสารสำหรับ FMEA ลงไปเพื่อประโยชน์ในการสอบกลับได้

2. ชื่อชิ้นส่วนประกอบและระบบหรือระบบย่อย ในช่องสี่เหลี่ยมให้ใส่เครื่องหมายกากบาทลงในระดับที่ต้องการจะวิเคราะห์ซึ่งอาจจะเป็นระบบ ระบบย่อย หรือชิ้นส่วนประกอบพร้อมทั้งให้ใส่ชื่อลงไป เช่น ระดับของระบบอาจหมายถึง รถจักรยาน และระดับของชิ้นส่วนประกอบอาจหมายถึงโครงสร้างด้านบนของจักรยาน เป็นต้น

3. ผู้รับผิดชอบการออกแบบ ให้ใส่ชื่อผู้ผลิต ฝ่ายงานหรือกลุ่มงาน ทั้งนี้อาจจะรวมถึงชื่อของผู้ส่งมอบด้วย (ถ้าทราบ)

4. ผู้จัดทำ ให้ใส่ชื่อ หมายเลขโทรศัพท์สำหรับติดต่อ และชื่อของบริษัทที่สังกัดของวิศวกรที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม FMEA

5. ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์/ปี ให้ใส่ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ (ปี พ.ศ. หรือโปรแกรม) ที่จะใช้และ/หรือได้รับผลกระทบจากแบบที่ทำการวิเคราะห์ (ถ้าทราบ)

6. วันสำคัญ (Key Date) ให้ใส่ วัน เดือน ปี ที่ควรกำหนดเสร็จสิ้น ซึ่งไม่ควรจะเกินกำหนดที่ต้องส่งมอบแบบสำหรับการผลิต (Production Design) ที่มีการกำหนดไว้แล้ว

7. วัน เดือน ปี สำหรับ FMEA ให้ใส่ วัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นจัดทำ FMEA และ วัน เดือน ปี ที่ทบทวน FMEA ครั้งล่าสุด

8. คณะทำงาน ให้ใส่ชื่อบุคคลที่รับผิดชอบ รวมถึงฝ่ายงานที่มีอำนาจในการบ่งชี้และ/หรือดำเนินงาน (แนะนำให้ใส่ชื่อสมาชิกแต่ละคน ฝ่ายงานต้นสังกัด เบอร์โทรศัพท์ ตลอดจนที่อยู่ของสมาชิกทั้งหมด ในคณะทำงาน FMEA ลงในเอกสารแนบ)

9. หัวข้อ/หน้าที่การใช้งาน ให้ใส่ชื่อและสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องอื่นๆของหัวข้อที่ต้องการจะวิเคราะห์ โดยให้ใส่ชื่อรวมถึงระดับของการออกแบบที่มีการระบุไว้ตามดรออิ้งทางวิศวกรรม จากนั้นให้ระบุถึงหน้าที่การใช้งานของหัวข้อดังกล่าว โดยหน้าที่การงานอาจจะแสดงในรูปของผลที่ได้ (Output) หรือหน้าที่ทางกลหรือหน้าที่ทางไฟฟ้าก็ได้ ทั้งนี้อาจรวมถึงสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่ระบบมีการทำงาน (ตัวอย่าง การนิยามอุณหภูมิ ความดัน ช่วงของความชื้น อายุของแบบ) และในกรณีที่ชิ้นงานดังกล่าวประกอบด้วยหน้าที่การทำงานหลายหน้าที่ ที่อาจจะทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องที่แตกต่างกันแล้ว ก็ให้เขียนหน้าที่การใช้งานดังกล่าวแยกออกจากกัน

10. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง หมายถึง ลักษณะทางกายภาพที่ระบบ ระบบย่อย ตลอดจนชิ้นส่วนประกอบไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยลักษณะของข้อบกพร่องของระบบหนึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องของอีกระบบหนึ่งที่สูงกว่าได้ และอาจจะเป็นผลกระทบจากอีกระบบหนึ่งที่ต่ำกว่าก็ได้

ในการประเมินลักษณะข้อบกพร่องของหัวข้อที่ทำการวิเคราะห์จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับหน้าที่ใช้งานที่ระบุ ภายใต้ข้อสมมุติที่ว่าลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้ แต่ก็ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเสมอไปและการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องควรเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ FMEA เดิมผลลัพท์จากการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง การระงับการส่งสินค้า การปฏิบัติการแก้ไข การทดสอบความไว้วางใจ ตลอดจนบันทึกการแก้ไขของแบบที่มีความใกล้เคียงกัน โดยผ่านการระดมสมองจากคณะทำงาน นอกจากนี้แล้วก็อาจจะพิจารณาจากลักษณะที่จะเกิดขึ้น ถ้าหน้าที่การใช้งานมิได้เป็นไปตามที่กำหนด

ในการจัดทำ DFMEA นี้จะกำหนดภายใต้ข้อสมมุติที่ว่ากระบวนการผลิตจะดำเนินการผลิตได้ตามความต้องการของการออกแบบและวิศวกรออกแบบจะต้องตอบคำถามง่ายๆคือ ระบบหรือชิ้นส่วนจะมีโอกาสไม่ตรงกับจุดประสงค์ของแบบได้อย่างไรบ้าง และโดยที่ไม่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตจะมีอาการอะไรบ้างที่ลูกค้าจะมีการปฏิเสธผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้แล้วควรอธิบายถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องในลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะทางเทคนิค ที่ไม่จำเป็นต้องเป็นลักษณะอาการที่สามารถรับรู้หรือสังเกตุได้ด้วยลูกค้า เช่น รอยรั่ว การโค้ง การเสียคับไป/หลวมไป วงจรเปิด/ปิด ปนเปื้อน มีรอยร้าว เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 แบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับการออกแบบ

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

(DESIGN FMEA)

ชื่อระบบ (2) _____ หมายเลข FMEA (1) _____

ชื่อระบบย่อย (2) _____ หน้าที่ ____ ในจำนวนหน้าทั้งหมด _____ หน้า

ชื่อชิ้นส่วนประกอบ (2) _____ ผู้รับผิดชอบการออกแบบ (3) _____ ผู้จัดทำ (4) _____

ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์/ปี (5) _____ วัน-เดือน-ปี ที่ครบกำหนดเสร็จสิ้น (6) _____ วันเริ่มต้น (7) _____ วันทบทวนล่าสุด (7) _____

คณะทำงาน (8) _____

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)		(17)	(18)	(19)	(20)	(21)			(22)	

11. แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง ในช่องนี้ของแบบฟอร์ม DFMEA ให้แสดงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่หมายถึง ผลจากข้อบกพร่องของหน้าที่ที่กระทบต่อลูกค้า โดยผลกระทบนี้เป็นสิ่งที่ลูกค้าสามารถสังเกตุได้ง่าย และลูกค้าที่กล่าวถึงนี้จะหมายถึงกระบวนการถัดไปเรื่อยไปจนถึงลูกค้าที่เป็นผู้ใช้คนสุดท้าย

โดยทั่วไปแล้วอาจจะจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องตามระดับที่เกิดออกเป็น 3 ระดับ ด้วยกันดังนี้

- ผลกระทบที่จุดเกิดเหตุ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ชิ้นงานหรือระบบที่กำลังพิจารณา
- ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป หมายถึง ผลกระทบที่มีต่อระดับถัดไปที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างตามการกำหนดรายการวัสดุ
- ผลกระทบต่อผู้ใช้ หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตได้ง่าย

12. ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity : S) ในช่องนี้ของแบบฟอร์มการวิเคราะห์จะกำหนดถึงลำดับของความรุนแรงของผลกระทบที่กล่าวถึงในคอลัมน์ที่ผ่านมา โดยลำดับของความรุนแรงจะพิจารณาอยู่ภายใต้ขอบเขตของ FMEA แต่ละกรณีที่วิเคราะห์ และการลดความรุนแรงนี้จะกระทำได้ด้วยการเปลี่ยนแบบหรือเปลี่ยนเงื่อนไขในการใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างนี้เท่านั้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และ/หรือ ขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และ/หรือ ขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ แต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ แต่จะขาดความสะดวกสบายจนทำให้ลูกค้ามีความไม่พอใจ	6
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบาย แต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงจนอาจจะทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	5

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง (ต่อ)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	1

13. การจำแนกประเภท ช่องนี้อาจจะได้รับการใช้ในการจำแนกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษ (เช่น คุณลักษณะวิกฤต สำคัญมาก สำคัญ มีนัยสำคัญ) สำหรับชิ้นส่วนประกอบระบบย่อย หรือระบบที่อาจจะต้องการการออกแบบหรือการควบคุมกระบวนการที่เพิ่มเติม

14. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่อง ในช่องนี้ของการวิเคราะห์จะระบุถึงแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องที่บ่งชี้ถึงจุดอ่อนของแบบที่ออกแบบไว้

ในการกำหนดแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องจะต้องมีความสอดคล้องกับแนวความคิดในการออกแบบและจะต้องกำหนดถึงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องให้กับแต่ละลักษณะของข้อบกพร่อง โดยสาเหตุอาจจะมาจากหลายประการด้วยกันแต่ควรให้ความสนใจต่อสาเหตุที่มีความสำคัญที่สุด

การอธิบายถึงสาเหตุของข้อบกพร่องจะต้องแสดงถึงกลไกของการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เช่นความไม่คงที่ของวัสดุ สึกหรอ กร่อน ล้า เป็นต้น หรืออธิบายด้วยลักษณะของสาเหตุ เช่นความร้อนมากเกินไป กำหนดขนาดความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ไม่เหมาะสม คู่มือการบำรุงรักษาที่ไม่เหมาะสม การกำหนดวัสดุที่ไม่ถูกต้อง ความสามารถของการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ เป็นต้น

15. โอกาสเกิดขึ้น (Occurrence : O) โอกาสการเกิดขึ้น หมายถึง ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกหนึ่งๆจะเกิดขึ้นในระหว่างอายุของแบบ โดยความเป็นไปได้ในการเกิดขึ้นของข้อบกพร่องนี้จะมีคะแนนแสดงอันดับในเชิงสัมพัทธ์มากกว่าเชิงสมบูรณ์ ซึ่งการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุ/กลไกของลักษณะข้อบกพร่องผ่านการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบ เช่นใบตรวจสอบแบบ การทบทวนแบบ คำแนะนำในการออกแบบ จะเป็นแนวทางเดียวเท่านั้นในการลดคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นนี้

ในการพิจารณาถึงคะแนนสำหรับโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกนี้ สามารถใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 2.4 อาจจะพิจารณาได้จากรายการคำถามต่อไปนี้

- กิจกรรมการทวนสอบการออกแบบมีความเพียงพออย่างไร
- ชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่พิจารณามีการดำเนินการต่อจากแบบเดิมหรือไม่
- มีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงไรที่ขั้นตอนก่อนหน้าของระบบ
- ชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่พิจารณาเป็นเทคโนโลยีใหม่หรือไม่
- อะไรคือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือการประยุกต์ใช้งาน
- อะไรคือประวัติความบกพร่องในอดีตของชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่มีความคล้ายคลึงกัน

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง

โอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (PPM/รายการ)	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	มากกว่าเท่ากับ 100,000 หรือ 10%	10
	50,000 หรือประมาณ 5%	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องน้อย	20,000 หรือประมาณ 2%	8
	10,000 หรือประมาณ 1%	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 หรือประมาณ 0.5%	6
	2,000 หรือประมาณ 0.2%	5
	1,000 หรือประมาณ 0.1%	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500 หรือประมาณ 0.05%	3
	100 หรือประมาณ 0.01%	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง	น้อยกว่าเท่ากับ 10 หรือ 0.001%	1

16. การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน ในช่องนี้ให้ใส่รายการของการป้องกัน การทวนสอบ/ตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบหรือกิจกรรมอื่นๆที่ทำให้เกิดความมั่นใจว่ามีการออกแบบอย่างเพียงพอ

การควบคุมการออกแบบในปัจจุบันเป็นต้นว่า การทวนสอบแบบ การทวนสอบความเป็นไปได้ การทดสอบต้นแบบ ฯลฯ จะเป็นกิจกรรมสำหรับการควบคุมการออกแบบที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีการควบคุมการออกแบบอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ

- การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือการลดลงของอัตราการเกิดขึ้น

- การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องโดยวิธีการวิเคราะห์และวิธีการศึกษาทางกายภาพก่อนที่แบบจะถูกส่งต่อไปให้ฝ่ายผลิต

ภายใต้แนวคิดทั้งสองนี้ ถ้าเป็นไปได้ควรจะกำหนดจากการควบคุมโดยการป้องกัน โดยในระยะแรกของการให้คะแนนอาจจะให้การควบคุมโดยการป้องกันเป็นส่วนหนึ่งของแบบ ในแบบฟอร์ม DFMEA จะแสดงถึงคอลัมน์ที่แยกออกจากกันระหว่างการควบคุมการออกแบบโดยการป้องกัน และการควบคุมการออกแบบโดยการตรวจจับ

หลังจากการบ่งชี้ประเภทของการควบคุมการออกแบบแล้วให้ทำการทบทวนการควบคุมการออกแบบโดยการป้องกันทั้งหมดเพื่อพิจารณาว่าควรมีการปรับแก้ไขคะแนนของแนวโน้มของสาเหตุหรือกลไกการเกิดขึ้นหรือไม่ ในบางคู่มือเรียกกิจกรรมในช่องนี้ว่าการทวนสอบ

17. การตรวจจับ (Detection : D) ในช่องนี้จะใส่คะแนนตามลำดับของการควบคุมโดยการตรวจจับที่ดีที่สุดที่สรุปไว้ในช่วงการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน โดยคะแนนของการตรวจจับจะเป็นปริมาณเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของ FMEA ของแต่ละโครงการ และการจะทำให้คะแนนของการตรวจจับที่ได้นี้มีค่าต่ำลงนั้นจะต้องมีการปรับปรุงการควบคุมการออกแบบที่ได้วางแผนไว้ เช่น กิจกรรมการทวนสอบหรือกิจกรรมการตรวจสอบความถูกต้อง ฯลฯ นอกจากนี้แล้วจะถือว่าเป็นสิ่งที่ดีที่สุดที่จะมีการควบคุมโดยการตรวจจับในช่วงแรกๆของกระบวนการพัฒนาการออกแบบและภายหลังจากการให้คะแนนการตรวจจับแล้วคณะทำงาน FMEA ควรจะมีการทบทวนคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นอีกครั้งเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคะแนนสำหรับโอกาสการเกิดขึ้นนี้ยังมีความเหมาะสมอยู่ โดยสามารถใช้เกณฑ์การให้คะแนนการตรวจจับดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การให้คะแนนผลการตรวจจับ

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
มีความไม่แน่นอนเกือบจะทั้งหมด	ระบบการควบคุมการออกแบบจะไม่ และ/หรือ ไม่สามารถตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้เลย (หรืออาจกล่าวได้ว่า ไม่มีระบบการควบคุมการออกแบบเลย)	10
ห่างไกลมาก	มีโอกาสน้อยมากๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	9
ห่างไกล	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	8
ต่ำมากๆ	มีโอกาสต่ำมากๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	7

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การให้คะแนนผลการตรวจจับ (ต่อ)

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
ต่ำ	มีโอกาสต่ำที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	6
ปานกลาง	มีโอกาสปานกลางที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	4
สูง	มีโอกาสสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	3
สูงมาก	มีโอกาสสูงมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	2
เกือบจะมีความแน่นอน	ระบบการควบคุมสามารถตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอนถึงสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	1

18. ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ในช่องนี้ให้ใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของความเสี่ยงที่พิจารณาได้ จากองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้นและการตรวจจับ โดยค่าทั้งสามนี้คูณกัน โดยทั่วไปแล้วตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใดๆ นอกจากใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากการออกแบบเท่านั้น และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า ผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงแนะนำให้ผู้วิเคราะห์ FMEA ทำการวิเคราะห์คะแนน RPN ที่ได้ด้วยแผนภาพพาเรโต ถ้าหากการให้คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจริง จะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อย และข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมากตามหลักการพาเรโต มิฉะนั้นก็ควรจะทบทวนเกณฑ์ให้คะแนนใหม่

19. วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในการประเมินผลทางวิศวกรรมเพื่อการปฏิบัติการป้องกันหรือแก้ไขควรจะดำเนินกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงที่สูงที่สุดก่อนแล้วจึงพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN สูงๆ รวมถึงลักษณะข้อบกพร่องอื่นๆ ที่กำหนดโดยคณะทำงานและโดยทั่วไปแล้วแนะนำให้ดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขเพื่อลดคะแนนอันดับตามลำดับดังนี้คือ ความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้น และการตรวจจับ

โดยทั่วไปแล้วถ้าคะแนนความรุนแรงมีค่า 10 หรือ 9 จะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าได้มีการพิจารณาค่าความเสี่ยงผ่านการออกแบบการควบคุมหรือการ

ปฏิบัติการแก้ไข / ป้องกัน โดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับ RPN และในกรณีที่ลักษณะของข้อบกพร่องอาจมีอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายแล้วก็ควรมีการปฏิบัติการแก้ไขหรือปฏิบัติการป้องกันโดยการกำจัดทิ้งซึ่งสาเหตุหรือการทำให้สาเหตุมีความรุนแรงน้อยลงตลอดจนการควบคุมสาเหตุดังกล่าว

ภายหลังจากการดำเนินการกับลักษณะของข้อบกพร่องที่มีคะแนน 10 หรือ 9 เสร็จเรียบร้อยแล้วคณะทำงาน FMEA ก็ควรจะมีการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องอื่นๆ เพื่อการลดลำดับของคะแนนที่เกี่ยวกับความรุนแรง แล้วจึงพิจารณาโอกาสที่จะเกิดขึ้นและพิจารณาถึงการตรวจจับข้อบกพร่องเป็นประเด็นสุดท้าย

การปฏิบัติการแก้ไขอาจประกอบด้วย

- การทบทวนเรขาคณิตของแบบ (Design geometry) และ/ หรือความคลาดเคลื่อนอนุโลม
- การทบทวนข้อกำหนดเฉพาะของวัสดุที่ใช้
- ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) โดยเฉพาะกรณีมีสาเหตุที่มีอิทธิพลร่วมกัน ตลอดจนใช้เทคนิคการแก้ปัญหาอื่นๆ
- การทบทวนแผนการทดสอบ

โดยจุดประสงค์หลักของวิธีการปฏิบัติการแก้ไขที่แนะนำนี้ คือการลดความเสี่ยงและการเพิ่มความพึงพอใจแก่ลูกค้าโดยการปรับปรุงการออกแบบ

ในการลดลำดับคะแนนของความรุนแรง จะดำเนินการด้วยการทบทวนการออกแบบเท่านั้น ในขณะที่การลดลำดับคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นจะสามารถดำเนินการได้ด้วยการกำจัดหรือควบคุมสาเหตุ หรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องโดยผ่านการทบทวนการออกแบบ สำหรับการลดลำดับในการตรวจจับนั้นจะดำเนินการได้ด้วยการเพิ่มกิจกรรมของการทวนสอบหรือการตรวจสอบความถูกต้องเท่านั้น และการเพิ่มกิจกรรมของการทวนสอบหรือการตรวจสอบความถูกต้องนี้จะเป็นสิ่งที่ไม่น่าจะให้ความสนใจมากนัก เนื่องจากไม่มีผลต่อการลดความรุนแรงหรือลดโอกาสการเกิดขึ้นของลักษณะข้อบกพร่อง

ในกรณีที่การประเมินผลทางวิศวกรรมนำไปสู่การไม่ต้องปฏิบัติการแก้ไขกับลักษณะของข้อบกพร่องที่กำหนดแล้ว ให้ใส่ข้อความว่า ไม่มี ในช่องที่ 19 นี้

20. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น ในช่องนี้ให้ใส่ชื่อองค์กรและบุคคลที่มีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติการแก้ไขนี้ รวมทั้งให้ระบุถึงวันที่กำหนดเสร็จสิ้นด้วย

21. การแก้ไข ภายหลังจากการปฏิบัติการแก้ไขได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วให้ทำการสรุปสั้นๆ ถึงการปฏิบัติการแก้ไขรวมถึงวันกำหนดเสร็จสิ้นด้วย

22. ผลการแก้ไข ภายหลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไข/ป้องกันแล้วให้ทำการประมาณค่าและบันทึกถึงผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้นและการตรวจจับ พร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้ง แต่ถ้ามิได้มีการกำหนดมาตรการใดๆ เลย ให้ปล่อยคอลัมน์ 22 นี้ว่างไว้

และนอกจากนี้แล้ว ควรจะมีการทบทวนคะแนนประเมินผลอีกครั้ง และถ้าหากมีการปฏิบัติการแก้ไขใดๆ เกิดขึ้นแล้ว ให้ทำการวิเคราะห์อีกครั้งตั้งแต่ขั้นตอนที่ 19 ถึงขั้นตอนที่ 22 โดยการดำเนินการควรอยู่บนแนวความคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้ FMEA คือเอกสารที่มีชีวิตตลอดไป

2.3 การวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการและระบบ [3]

ในการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการ จะต้องเริ่มต้นจากการกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานโดยการตั้งคำถามพื้นฐาน 2 ประการด้วยกันคือ สิ่งนั้นคืออะไรและสิ่งนั้นใช้ทำอะไร ในการตอบคำถามเกี่ยวกับ สิ่งนั้นคืออะไร คำว่าสิ่งนั้นหมายถึงเป้าประสงค์หรือความสามารถในการตอบสนองต่อความจำเป็นของลูกค้าของกระบวนการที่พิจารณา ซึ่งการพิจารณาถึงเป้าประสงค์นี้จะต้องผ่านการรวบรวมสารสนเทศต่างๆโดยยึดหลัก 5W1H ดังนี้

1. ต้องการรู้เกี่ยวกับอะไร เริ่มจากการกำหนดจุดประสงค์ก่อนเพื่อจะสามารถหาสารสนเทศได้ตามเป้าหมาย

2. ต้องรวบรวมสารสนเทศจากที่ไหน ให้พิจารณาแหล่งข้อมูลว่าควรค้นหาสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลใด

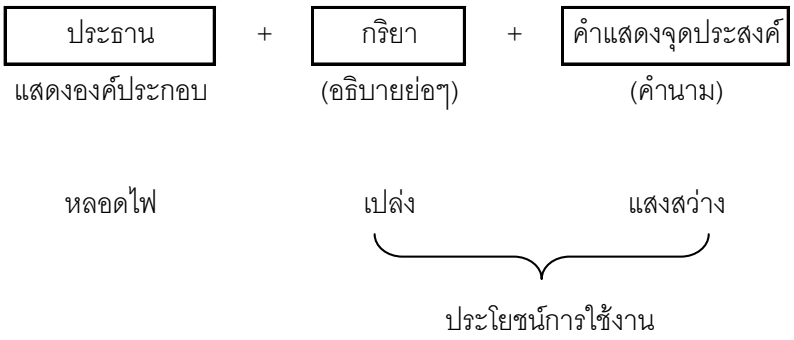
3. จะต้องรวบรวมเมื่อไร สารสนเทศที่ดีต้องมีความทันสมัย จึงควรกำหนดเวลาของกิจกรรมการรวบรวมสารสนเทศที่สนใจด้วย

4. ใครจะเป็นคนรวบรวม ควรกำหนดผู้รับผิดชอบในการรวบรวมสารสนเทศที่กำหนด

5. จะทำการรวบรวมอย่างไรและจำนวนเท่าไร ควรกำหนดวิธีการในการรวบรวมสารสนเทศรวมถึงคุณภาพและปริมาณของสารสนเทศที่กำหนดด้วยโดยในทุกหัวข้อควรมีการทวนสอบด้วยการถาม “ทำไม” กับคำตอบของทุกหัวข้อ

สำหรับในคำถามที่สองคือ “สิ่งนั้นใช้ทำอะไร” จะเป็นการกำหนดความกระจ่างชัดของประโยชน์การใช้งาน โดยให้การทำงานเหล่านั้นเป็นการผสมของคำกริยาและคำนาม ซึ่งการกำหนดความชัดเจนของประโยชน์การใช้งานนี้จะมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือการทำให้สมาชิกของคณะทำงาน FMEA มีความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับประโยชน์การใช้งาน รวมทั้งการทำความเข้าใจและรับรู้ถึงประโยชน์การใช้งานนั้นเพื่อให้การดำเนินความคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์หน้าที่การใช้งานของกระบวนการมีความเป็นไปอย่างอิสระ

ในการทำให้หน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานของกระบวนการมีความชัดเจนขึ้นควรจะกำหนดหัวข้อเป้าหมายออกเป็นองค์ประกอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์การใช้งานที่จะให้บรรลุให้ดูง่ายขึ้นและควรจะประกอบด้วยรูปแบบ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแบบของหน้าที่และประโยชน์การใช้งาน

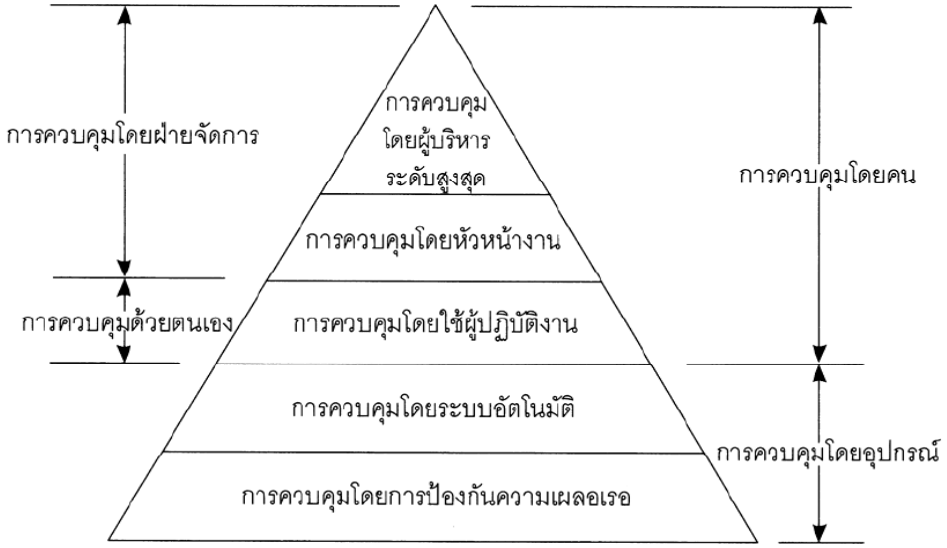
2.4 การควบคุมกระบวนการ [3]

การควบคุมกระบวนการคือลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปของการป้องกันถึงสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้น ในกระบวนการควบคุมกระบวนการนี้จะมีเทคนิคการควบคุมจำนวนมากโดยเทคนิคเหล่านี้จะอยู่บนแนวความคิด 2 ประการ คือ การป้องกัน (Prevention) และการตรวจจับ (Detection) โดยในกระบวนการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงใน FMEA นี้ผู้วิเคราะห์ต้องพยายามแยกความหมายของแนวความคิดของระบบควบคุมทั้งสองประการนี้ออกจากกันให้ได้ กล่าวคือ

การป้องกัน หมายถึง การป้องกันสาเหตุ / กลไกของข้อบกพร่อง หรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือการลดอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องดังกล่าว

การตรวจจับ หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ / กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไป หรืออาจจะกล่าวสั้น ๆ ว่าการตรวจจับเป็นการตรวจพบสิ่งที่เกิดขึ้นแล้ว (เพื่อแก้ไขมิให้เกิดขึ้นซ้ำอีก) ในขณะที่การป้องกันจะเป็นการตรวจพบในขณะที่ข้อบกพร่องยังไม่เกิดขึ้น

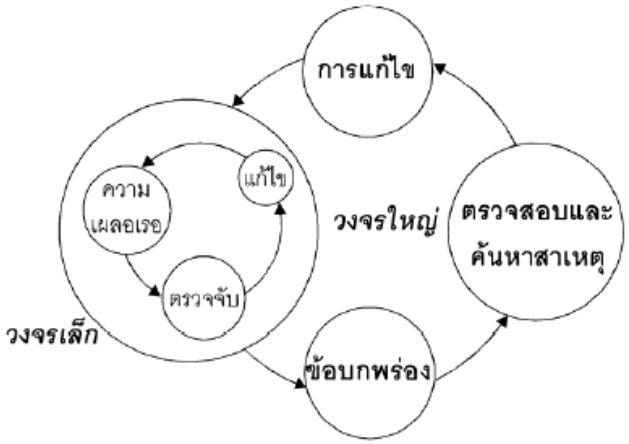
ในระบบการควบคุมที่ดีนั้นหัวข้อควบคุมโดยส่วนใหญ่ควรจะได้รับการควบคุมโดยไม่ต้องมีคนเข้าไปเกี่ยวข้อง (Non Human Means) แต่พยายามใช้ระบบป้องกันความเผอเรอ หรือใช้อุปกรณ์วัดคุม (Instrument) ช่วยในการควบคุม และหัวข้อควบคุมที่เหลือค่อยให้ควบคุมโดยมีคนเข้าไปเกี่ยวข้องซึ่งภายใต้การควบคุมดังกล่าวจะจำแนกออกเป็นการควบคุมตนเอง (Self – Control) ของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน และการควบคุมโดยฝ่ายจัดการซึ่งการควบคุมแต่ละประเด็นมีแนวความคิดแตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 พีระมิดของการควบคุม

2.4.1 วิธีการป้องกันความเผอเรอ (Poka-Yoke)

แนวความคิดสำคัญของการป้องกันความเผอเรอนั้นจะกำหนดโดยการพิจารณาว่าเมื่อใดมีความเผอเรอเกิดขึ้นจะต้องไม่ทำให้ความเผอเรอดังกล่าวส่งผลต่อผลิตภัณฑ์จนทำให้เกิดข้อบกพร่อง และถ้าเกิดข้อบกพร่องขึ้นแล้วก็จะทำการตรวจจับข้อบกพร่องเพื่อมิให้ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อลูกค้า โดยการป้องกันความบกพร่องจะต้องอาศัยการตัดสินใจด้วยวงจรเล็ก คือการตรวจจับความเผอเรอและแก้ไขในทันทีทันใดเพื่อมิให้ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์แต่ถ้าหากมีการตัดสินใจด้วยวงจรใหญ่แล้วก็จะทำให้เกิดความบกพร่องขึ้นได้เสมอ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แนวความคิดในการป้องกันความผิดพลาด

จากแนวความคิดดังกล่าวจะกำหนดเป็นหลักการของการป้องกันความเผอเรอได้ 5 ประการ คือ การกำจัด (Eliminate) การแทนที่ (Replacement) การอำนวยความสะดวก (Facilitation) การตรวจจับ (Detection) และการลดความรุนแรง (Mitigation) ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 หลักการของการป้องกันความผิดพลาด

หลักการ	จุดประสงค์	ตัวอย่าง
การกำจัดทิ้ง	การจำกัดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	การออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการให้ใช้งานเท่าที่จำเป็น
การแทนที่	การใช้กระบวนการที่มีความไว้วางใจได้ดีกว่ามาแทนแรงงาน	การใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม
การอำนวยความสะดวก	การทำให้งานมีความง่ายต่อการกระทำมากขึ้น	การใช้แถบสีที่ชิ้นงาน
การตรวจจับ	การตรวจจับข้อบกพร่องก่อนส่งถึงกระบวนการถัดไป	การใช้เซนเซอร์ตรวจจับผลิตภัณฑ์บกพร่อง
การลดความรุนแรง	การลดความรุนแรงของผลกระทบความบกพร่อง	การใช้ตัวตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อมีการใช้งานเกินกำลัง

2.4.2 วิธีการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control)

วิธีการจัดการด้วยสายตา (Visual Management) หมายถึงการจัดแสดงของจริง (Genbutsu) แผนผังรายการระเบียบการปฏิบัติงาน และบันทึกผลการปฏิบัติเพื่อเป็นเครื่องมือเตือนใจให้ฝ่ายบริหารจัดการ และระดับปฏิบัติการได้รับรู้ถึงปัญหา และสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการโดยการตรวจจับด้วยสายตา และสามารถตัดสินใจได้ในเวลาสั้น ๆการจัดการด้วยสายตาที่ดีจะอาศัยหลักการสำคัญ คือ การแยกแยะ (Seiri หรือ Sort) ถึงความผิดปกติ และความปกติของการปฏิบัติการโดยทำให้ทุกคนสามารถมองเห็น และเข้าใจถึงความผิดปกติหรือความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงาน โดยการจัดการด้วยสายตาจะอาศัยสื่อสายตาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างของสื่อสายตาที่ใช้ในวิธีการจัดการด้วยประสาทสัมผัส

ชื่อ	คำอธิบาย
1. ฉลากแดง	ใช้แยกถึงปัจจัยที่ไม่มีความจำเป็นออกจากปัจจัยที่จำเป็น ในการจัดทำสะสาง (Seiri)
2. เส้นแดง	ใช้แสดงถึงระดับสูงสุดเพื่อการควบคุมปริมาณการเก็บหรือการบรรจุในโกดังหรือสายการผลิต
3. เส้นสีขาว , เหลือง	ใช้แสดงขอบเขตของพื้นที่ที่ผลิตในการจัดทำสะสาง และสะดวก
4. แบบฟอร์มการปฏิบัติงาน	แผ่นป้ายแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการปฏิบัติงาน
5. กระดานควบคุม	กระดานหรือไวท์บอร์ดสำหรับแสดงสถานะของการผลิตของคนเครื่องจักร
6. กราฟประเภทต่าง ๆ	ใช้แสดงถึงสถานะด้านคุณภาพของผลผลิตตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
7. แผนไฟสัญญาณ	ไฟที่ใช้แสดงให้ผู้เกี่ยวข้องรับทราบถึงสาเหตุหรือความผิดปกติในสถานที่ปฏิบัติงาน
8. คัมบัง (Kanban)	แผ่นป้ายระบุถึงจังหวะในการรับมอบชิ้นส่วนและสั่งการผลิต

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าหลักการสำคัญของการจัดการด้วยสายตา คือการแยกแยะสิ่งผิดปกติออกจากสิ่งปกติ หรือความพยายามในการใช้สื่อสายตาต่าง ๆ เพื่อทำให้ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบถึงปัญหา และสาเหตุของปัญหาในสถานที่ปฏิบัติงานโดยทันทีดังนั้น วิธีการที่กำหนดกลไกดังกล่าวที่มีประสิทธิผลอย่างมากคือ “การจัดการโดยการ 5 ส” คือการบริหารจัดการที่หน้างาน(Genba หรือ Shopfloor) โดยอาศัยหลักการต่อไปนี้

1. สะสาง (Seiri หรือ Sort หรือ Clear Out) คือการแยกปัจจัยที่ไม่จำเป็นออกจากปัจจัยที่มีความจำเป็นโดยที่นิยามปัจจัยที่ไม่จำเป็นไว้ว่าปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่แม้ว่าจะไม่มีปัจจัยดังกล่าวก็สามารถทำให้ผลงานบรรลุจุดประสงค์ได้โดยง่าย

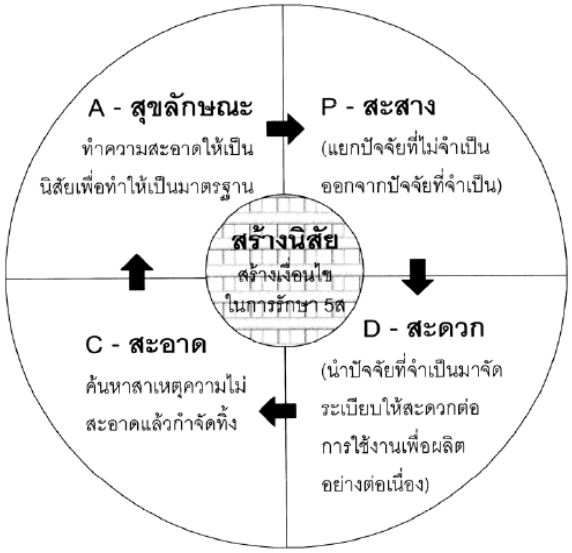
2. สะดวก (Seiton หรือ Straighten หรือ Configure) คือการนำปัจจัยที่จำเป็นมาจัดระเบียบเพื่อให้ง่ายต่อการใช้โดยมีจุดมุ่งหมาย คือทำให้กระบวนการการผลิตมีการไหลอย่างต่อเนื่อง

3. สะอาด (Seiso หรือ Scrub หรือ Clean and Check) คือการรักษาความสะอาดปัจจัยที่จำเป็นอยู่เป็นนิจโดยการค้นหาสาเหตุที่ไม่สะอาดแล้วทำการกำจัดทิ้ง

4. สุขลักษณะ (Seiketsu หรือ Systermize หรือ Conform) คือการขยายแนวความคิดสะอาดสู่ตนเองโดยผ่านการฝึกอบรม และรักษาสถานที่ หมายถึง การสะสาง สะดวก และสะอาดอย่างต่อเนื่อง

5. สร้างนิสัย (Shitsuke หรือ Standardize หรือ Customer and Practice) หมายถึงการสร้างวินัยในการดำเนินงานตามขั้นตอนและปรับปรุงไม่รู้จบ

ได้กำหนดให้กำหนด 5 ส เป็นวิธีการจัดการ (Management Methodlogy) ที่มีประสิทธิผลระบบหนึ่งโดยมุ่งเน้นให้เกิดการสร้างคุณภาพให้เกิดแก่พนักงานทุกคน และสามารถเปรียบเทียบกับกิจกรรมการจัดการ (PDCA) ได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หลักการ 5 ส. กับกิจกรรมการจัดการ (PDCA)

2.4.3 การควบคุมด้วยตนเอง (Self Control)

การควบคุมด้วยตนเองถือเป็นระบบการควบคุมกระบวนการที่มีประสิทธิผลอีกวิธีหนึ่ง โดยมีความหมาย คือระบบการควบคุมที่ทำให้มั่นใจว่าพนักงานทุกคนได้ทำงานได้ตามจุดประสงค์ด้านคุณภาพ และได้ทำการเปรียบเทียบการควบคุมดังกล่าวกับระบบการควบคุมแบบดั้งเดิม (Classic Control) ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การเปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมและการควบคุมด้วยตนเอง

การควบคุมแบบดั้งเดิม	การควบคุมด้วยตนเอง
1. ให้ความสนใจต่อมาตรฐานหรือเป้าหมาย	1. ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าตนเองทำอะไร
2. ใช้การวัดในการประเมินผลงาน	2. ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะ
3. การกระทำกับความแตกต่างของผลงานจากเป้าหมาย	3. วิธีการในการทำงานกับกระบวนการ
4. กิจกรรมเน้นในระหว่างการผลิต	4. กิจกรรมเน้นในระยะเวลาก่อนผลิต

สำหรับเกณฑ์ในการกำหนดสถานการณ์ควบคุมด้วยตนเองมี 3 ประการดังนี้

1. ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าทำอะไร (What They Are Supposed To Do) ซึ่งประกอบด้วย การทำความเข้าใจอย่างแจ่มชัดกับกระบวนวิธีการทำงาน การทำความเข้าใจกับมาตรฐานของสมรรถนะการสรรหาและฝึกอบรมพนักงานอย่างเพียงพอ

2. ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าพนักงานกำลังทำอะไร (What They Are Actually Doing) ซึ่งประกอบด้วย การทบทวนงานที่ทำอย่างเพียงพอ การป้อนกลับผลลัพธ์ที่ได้มาจากการทบทวนงาน

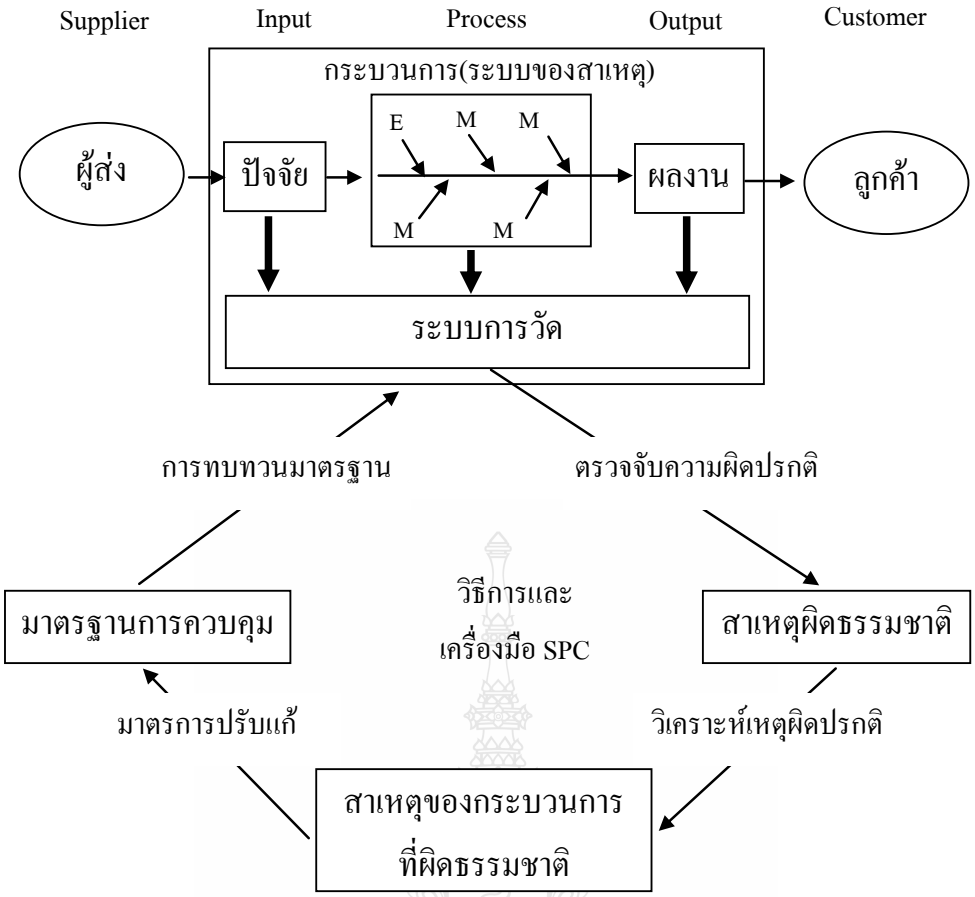
3. ความสามารถและความปรารถนาในการปฏิบัติการกับกระบวนการให้มีความผันแปรต่ำที่สุด (How To Regulate The Process) ซึ่งประกอบด้วย แบบของงานและกระบวนการที่ทำให้บรรลุจุดประสงค์ด้านคุณภาพ การปรับกระบวนการที่ทำให้ความผันแปรมีค่าต่ำที่สุด การฝึกอบรมอย่างเพียงพอสำหรับการปรับแต่งกระบวนการ และการบำรุงรักษากระบวนการเพื่อการรักษาความสามารถของกระบวนการสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมด้านคุณภาพที่เพียงพอ

แนวความคิดของการควบคุมด้วยตนเองดังกล่าวที่กล่าวมานี้แสดงได้ด้วยรูปที่ 2.8 รายละเอียดของการควบคุมด้วยตนเอง

รูปที่ 2.8 แนวความคิดด้านการควบคุมด้วยตนเอง

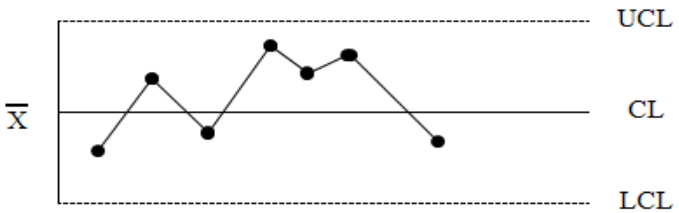
2.4.4 การควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ (Statistical Process Control : SPC)

ในการควบคุมกระบวนการนี้จะให้มีประสิทธิผลมากขึ้นต้องสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้ล่วงหน้าทั้งนี้ถ้าคาดการณ์ว่าจะเกิดความผิดปรกติเกิดขึ้นก็สามารถดำเนินการปฏิบัติการป้องกันได้ซึ่งถ้าพิจารณาจากแนวความคิดด้านความผันแปรจะพบว่าถ้ากระบวนการมีความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติก็จะสามารถคาดการณ์ได้ แต่ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดจะทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ จากรูป 2.9 แสดงถึงแนวความคิดในการตรวจจับความผันแปรด้วยระบบ SPC



รูปที่ 2.9 แนวความคิดในการตรวจจับความผันแปร

ดังนั้นแนวความคิดสำคัญของการควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติคือการตรวจจับสาเหตุความผันแปรที่ผิดปรกติของข้อมูลจากกระบวนการแล้วทำการกำจัดสาเหตุดังกล่าวทิ้งโดยเครื่องมือที่มีความสำคัญมากต่อการตรวจจับสาเหตุความผันแปรดังกล่าวคือแผนภูมิควบคุม จากรูป 2.10 แสดงแนวความคิดของแผนภูมิควบคุม



รูปที่ 2.10 แนวความคิดของแผนควบคุม

2.4.5 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ (Product Inspection)

ในการควบคุมคุณภาพประเภทการตรวจจับนี้ จะเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยคำว่าผลิตภัณฑ์ในที่นี้หมายความว่าผลิตภัณฑ์ที่กล่าวถึงได้รับการสร้างคุณภาพให้เกิดขึ้นในตัวแล้ว การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับนี้จำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. การตรวจสอบแบบ 100% หมายถึง การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทีละหน่วยทุกหน่วยจนครบโดยทั่วไปแล้ววิธีการตรวจสอบแบบนี้จะไม่สามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ทั้งหมดเนื่องจากความล้าของพนักงาน และเครื่องมือตรวจสอบ

2. การตรวจสอบแบบครั้งคราว (Spot – Check) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตามใจชอบโดยไม่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบงานชิ้นแรก การตรวจสอบตามลำดับ หรือการตรวจสอบแบบลาดตระเวน (Patrol Inspection) เป็นต้นโดยการตรวจสอบแบบนี้จะมีโอกาสที่จะปล่อยผลิตภัณฑ์บกพร่องออกไปได้มาก ดังนั้นจึงควรใช้วิธีการตรวจสอบแบบนี้เฉพาะกรณีที่คุณภาพขึ้นอยู่กับความตั้งใจของพนักงานปฏิบัติงานตลอดจนจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ความรุนแรงของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีไม่มากนัก

3. การให้คำรับรอง (Certification) หมายถึง การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับโดยการให้วิศวกรหรือสถาบันที่ลูกค้าให้การยอมรับเป็นผู้ออกแบบระบบและรับรองคุณภาพโดยการคำรับรองซึ่งวิธีการควบคุมคุณภาพดังกล่าวจะมีความเหมาะสมกับกรณีคุณภาพของงานขึ้นอยู่กับความชำนาญเฉพาะด้าน เช่น งานเชื่อมโลหะ

4. การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling) โดยวิธีการนี้อาศัยแนวความคิดด้านสถิติเชิงอนุมานในการชักสิ่งตัวอย่างจากประชากร (ในรูปของลอตและแบช) แล้วใช้สารสนเทศจากสิ่งตัวอย่างในการอนุมัติคุณภาพของลอตหรือแบชนั้น

วิธีการควบคุมโดยวิธีการนี้จะมีข้อเสียที่สำคัญ คือมีความเสี่ยงจากการตัดสินใจทั้งความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk, β) และความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk ; α) แต่ก็มีข้อดีคือการใช้สารสนเทศจากสิ่งตัวอย่างในการอนุมานเพื่อหาสารสนเทศในลอตหรือแบชได้

วิธีการควบคุมโดยวิธีการนี้ยังแบ่งออกเป็นการประกันคุณภาพเพื่อไม่รับคุณภาพเลวหรือ LTPD (Lot Tolerance Percent Defective) หรือ LQ (Limiting Quality) และการประกันคุณภาพเพื่อรับคุณภาพดี หรือ AQL (Acceptable Quality Level) โดยการเลือกแผนการ AQL หรือ LTPD นี้จะขึ้นอยู่กับประวัติคุณภาพของลอตที่ทำการตรวจสอบ

วิธีการควบคุมที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นจะต้องได้รับการประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมกับระบบสถานการณ์และวิธีการควบคุมแต่ละวิธีการจะให้ประสิทธิผลด้านการควบคุมที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ความสัมพันธ์ของวิธีการควบคุมกับประสิทธิผลของการควบคุม

วิธีการควบคุม \ กลไกการตรวจสอบ			วิธีการตรวจสอบ		เวลา (Timing)			ขั้นตอน (Stage)	
			ชักสิ่งตัวอย่าง	100 %	ระยะยาว	ระยะสั้น	ทันทีทันใด	ผลลัพธ์	กระบวนการ (สาเหตุ)
การตรวจจับ	การตรวจสอบผลิตภัณฑ์		—	○	○	—	—	○	—
	การป้อนกลับข้อมูล	SPC	◎	—	—	○	—	○	—
การป้องกัน		ตรวจสอบตามลำดับ	—	○	—	—	○	◎	—
		ควบคุมด้วยตนเอง	—	◎	—	—	○	◎	—
	การตรวจสอบที่แหล่งกำเนิด	การควบคุมด้วยสายตา	—	◎	—	—	◎	—	○
		การป้องกันความเผอเรอ	—	◎	—	—	◎	—	◎

○ มีประสิทธิผลที่ดี ◎ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก

2.5 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tools) [4]

ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพงานหรือแก้ไขปัญหาในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ก่อให้เกิดประสิทธิผลอย่างแท้จริงได้นั้นจะต้องมีเครื่องมือช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม สำหรับเครื่องมือที่ใช้สำหรับรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

2.5.1 ใบตรวจสอบ (Check sheet)

ใบตรวจสอบเป็นกระดาษที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้าอยู่ในรูปตารางสำหรับใช้กรอกรายละเอียดของข้อมูล เพื่อทำให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่ายและทราบถึงสภาพของข้อมูลทุกแง่ทุกมุม ลักษณะของใบตรวจสอบจะต้องเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูล ง่ายต่อการจำแนกข้อมูลและวิเคราะห์ผล ไม่สับสนยุ่งยาก สะดวกสำหรับพนักงานทั่วไปสามารถปฏิบัติได้

2.5.2 กราฟ (Graph)

กราฟเป็นเครื่องมือ และวิธีการที่มีข้อได้เปรียบอย่างดีเยี่ยมในการถ่ายทอดข้อมูลและในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สำหรับนำเสนอข้อมูลที่สามารถทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่างๆ ได้ดี สะดวกต่อการแปลความหมาย และสามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่นๆทั้งนี้เพราะกราฟสามารถมองเห็นถึงลักษณะของข้อมูลต่างๆ ได้ทันที

2.5.3 แผนภูมิแสดงการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนภูมิแสดงการกระจาย เป็นกราฟที่แสดงให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติหรือข้อมูล 2 ชนิดว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่เพียงใด ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพ หาก

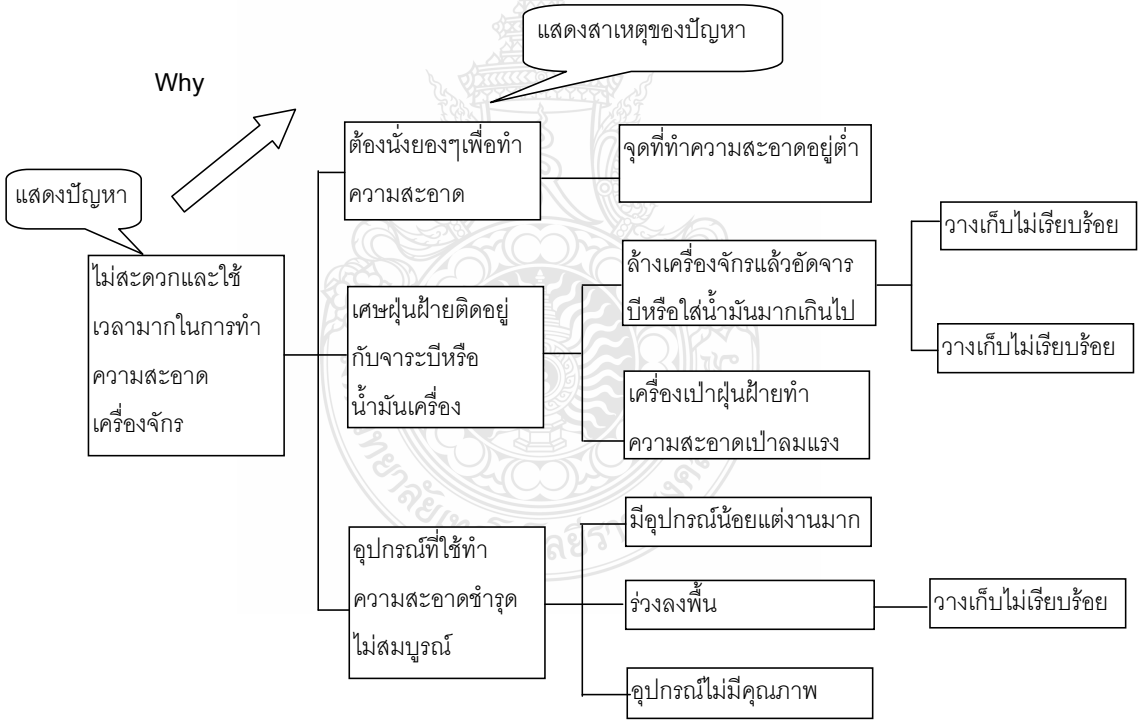
คุณสมบัติหรือข้อมูล 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันแล้ว การควบคุมค่าใดค่าหนึ่งก็เป็นการเพียงพอ จะได้ประหยัดเวลาแรงงาน ฯลฯ ทั้งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ง่ายและสะดวกในทางปฏิบัติ

2.5.4 แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram)

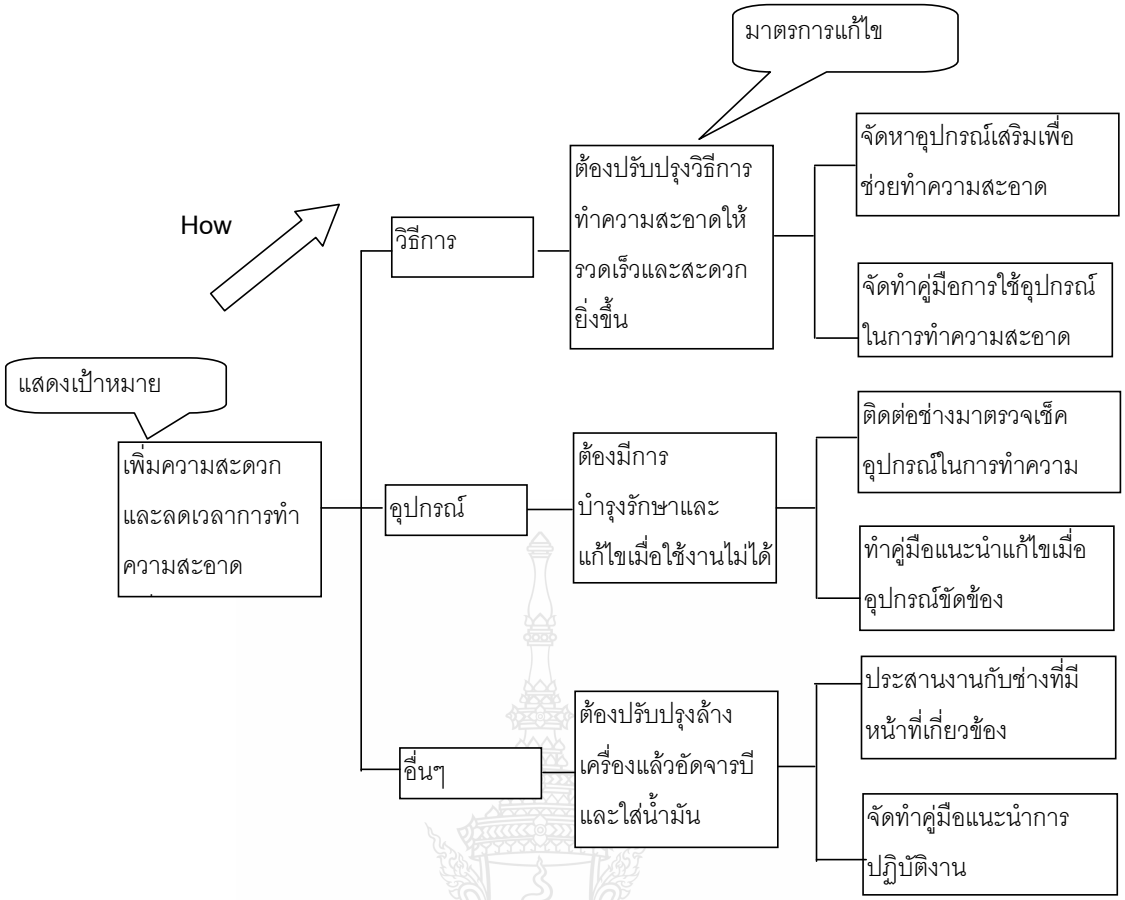
แผนผังต้นไม้เป็นแผนผังที่ใช้หามาตรการที่ดีที่สุดจากหลายๆมาตรการเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยทั่งๆไปเราอาจเห็นหน้าตาของแผนผังต้นไม้ในหลายรูปแบบด้วยกัน แต่สำหรับแผนผังต้นไม้ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหานั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ด้วยกันคือ

1. ประเภทการวิเคราะห์แบบ Why-Why Analysis จะใช้เมื่อเราต้องการจะวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้า (Root Cause) ของปัญหาเพื่อสร้างแผนปฏิบัติการที่จุดนั้นๆ โดยที่ยอดของแผนผังต้นไม้จะแสดงปัญหาที่จะเกิดขึ้น ตัวอย่างการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 2.11

2. ประเภทการวิเคราะห์แบบ How-How Analysis จะใช้เมื่อต้องการหามาตรการแก้ไขเพื่อจะไปให้ถึงเป้าหมายที่ต้องการ โดยที่ยอดของแผนผังต้นไม้จะเป็นเป้าหมายที่ต้องการจะไปให้ถึง ตัวอย่างการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 วิธีการคิดของ Why-Why Analysis



รูปที่ 2.12 วิธีการคิดของ How-How Analysis

2.6 การวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่พบว่ามีการนำเทคนิคหรือเครื่องมือต่างๆมาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เทคนิค FMEA เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีผู้นำมาใช้ในการประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาหลากหลายอุตสาหกรรมมากขึ้นนอกเหนือจากในกลุ่มอุตสาหกรรมอากาศยาน รถยนต์ อาวุธ และอิเล็กทรอนิกส์ เช่นการนำไปใช้ร่วมกับระบบ HACCP ในอุตสาหกรรมอาหาร [12] การนำไปใช้ในการบริการ [13] เป็นต้น โดยทั่วไป FMEA จะแบ่งออกเป็นตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ คือการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ (DFMEA) และการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการ (PFMEA) สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบในขั้นตอนของการออกแบบแม่พิมพ์ จึงเลือกที่จะใช้เทคนิค DFMEA มาใช้ในการแก้ไขปัญหา

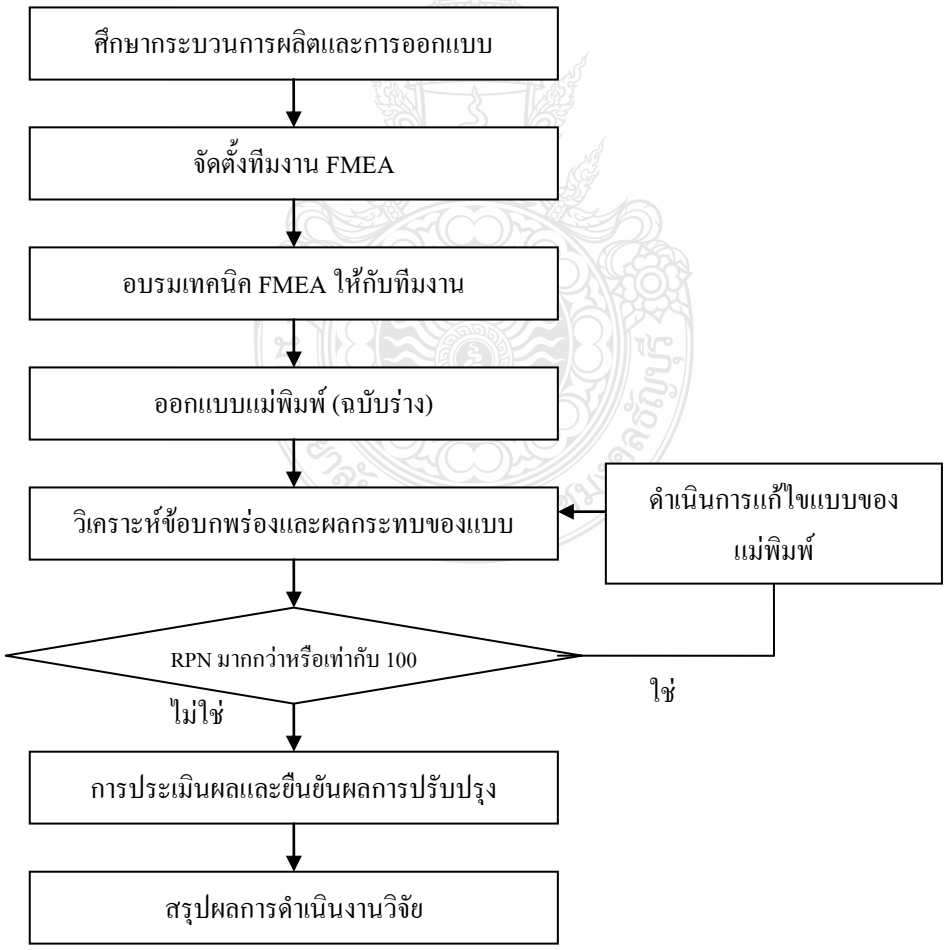
นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ทำการศึกษาวิจัยถึงการนำเทคนิค DFMEA มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รถยนต์นั่งขับเคลื่อน 4 ล้อ [8] การนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะ [6] การออกแบบ

และพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า [7] การวิจัยดังกล่าวเหมือนกันตรงที่ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบมาใช้ในการระบุข้อบกพร่องที่มีความสำคัญไปดำเนินการแก้ไขปัญหาและมีขั้นตอนวิธีการวิจัยที่คล้ายกัน แต่จะแตกต่างกันที่การแก้ไขปัญหานั้นจะมุ่งเน้นคนละด้านกัน กล่าวคือในการแก้ไขปัญหาของการพัฒนาผลิตภัณฑ์รถยนต์นั่งขับเคลื่อน 4 ล้อจะมุ่งเน้นไปที่วิศวกรรมคุณค่าเพื่อลดต้นทุนของชิ้นส่วนที่ทำการออกแบบ สำหรับงานวิจัยที่นำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะและการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า จะมุ่งเน้นไปที่การลดความบกพร่องก่อนที่จะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยฉบับนี้ จากงานวิจัยทั้งสามนี้ทำให้เห็นแนวความคิดของขั้นตอนในการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ขั้นตอนในการจำแนกและวิเคราะห์ปัญหา การระดมสมองเพื่อการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง สาเหตุข้อบกพร่องและการแก้ไขข้อบกพร่องในวิธีการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้จึงอ้างอิงวิธีการดำเนินงานวิจัยนำมาใช้ แต่เน้นไปที่การทบทวนการออกแบบสำหรับเกณฑ์ในการเลือกค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำมีงานวิจัยที่นำค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 เป็นเกณฑ์ในการปฏิบัติการแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้การปรับปรุงแก้ไขปัญหาได้เป็นผลดี [9], [10] จากการวิจัยทั้งสองนี้ ผู้วิจัยจึงนำเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในการวิจัยฉบับนี้ด้วย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวความคิดในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ของบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ทำให้ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีของเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่สามารถวิเคราะห์และระบุความบกพร่องที่สำคัญที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆเพื่อที่จะลดข้อบกพร่องนั้นๆในช่วงของการออกแบบแม่พิมพ์ เพราะจุดประสงค์หลักของเทคนิคนี้คือการป้องกันความบกพร่องดังนั้นจึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในช่วงของการออกแบบ นอกจากนี้แนวคิดสำคัญของเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบคือการทำงานเป็นทีมไม่ใช่เป็นการส่งต่อเป็นลำดับขั้น ดังนั้นจึงสอดคล้องกับลักษณะการทำงานของบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษาคือบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการขึ้นรูปแก้วจะอยู่ในส่วนงานต่างๆของบริษัท จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีแนวคิดในการต้องเข้ามาร่วมกันทำงานเป็นทีมงานในช่วงของการทบทวนการออกแบบ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย รวมถึงแนวทางในการดำเนินงานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์เป็นสำคัญโดยการดำเนินงานวิจัยจะเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตและการดำเนินงานการออกแบบแม่พิมพ์ จากนั้นจึงจัดตั้งคณะทำงาน FMEA แล้วดำเนินการฝึกอบรมเรื่องการใช้เทคนิค FMEA แก่คณะทำงานให้มีความรู้และเข้าใจ ต่อมาจึงทำการออกแบบแม่พิมพ์ฉบับร่างขึ้นมาเพื่อให้ทีมงานได้ทำการทบทวนแบบแม่พิมพ์ (Design Review) โดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์และการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง เมื่อข้อบกพร่องได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วจะประเมินผลโดยการสร้างแม่พิมพ์แล้วนำไปทดสอบขึ้นรูปแก้วเพื่อสรุปผลจากการทดสอบแม่พิมพ์และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 3.1



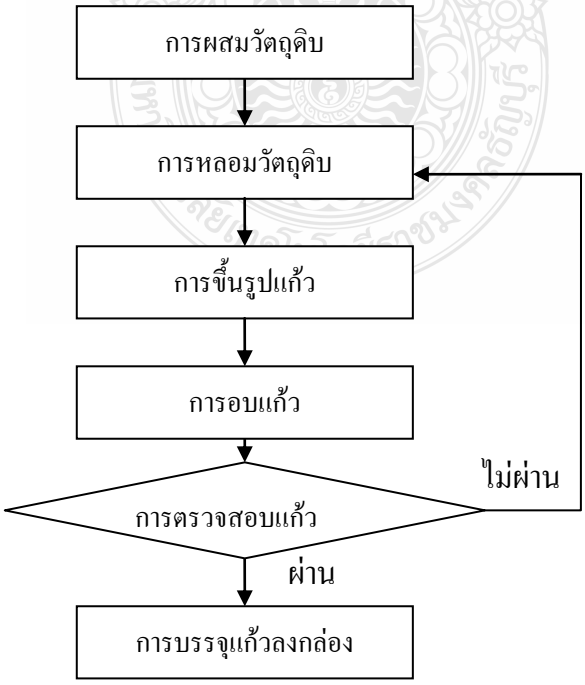
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตและกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์

ดำเนินการศึกษาถึงกระบวนการผลิตแก้วของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ชนิดและการใช้งานของแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว กระบวนการดำเนินงานการออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน และศึกษาลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานของทีมงานให้มีความเข้าใจก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารในระบบคุณภาพของแต่ละแผนกที่เกี่ยวข้องซึ่งข้อมูลที่ได้รวบรวมจะใช้ตารางและกราฟในการแสดงข้อมูลและถ้าเป็นขั้นตอนต่างๆจะใช้แผนภูมิการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพราะสามารถทำให้ทีมงานสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่ายยิ่งขึ้น

3.1.1 กระบวนการผลิตขึ้นรูปแก้ว

กระบวนการผลิตแก้วนั้นในขั้นแรกจะนำวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมละลายแก้วได้แก่ ทรายแก้ว,โซดาแอซ, โดโลไมล์, เศษแก้วและอื่นๆ มาผสมกัน โดยลำเลียงเข้าสู่ตาชั่งอัตโนมัติเพื่อให้ได้น้ำหนักที่ถูกต้องในแต่ะครั้งของการผสม ต่อจากนั้นจึงนำเข้าผสมด้วยเครื่องผสม เมื่อได้วัตถุดิบที่ผสมเข้าด้วยกันอย่างดีก็จะนำไปหลอมละลายในเตาหลอม เมื่อได้น้ำแก้วที่หลอมละลายอย่างดีแล้วก็จะป้อนเข้าสู่เครื่องขึ้นรูป โดยใช้แม่พิมพ์เป็นแบบในการขึ้นรูป หลังจากการขึ้นรูปแก้วเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องมีการผ่านสู่เตาอบ เพื่อลดความเครียดภายในเนื้อแก้ว เสร็จแล้วจึงตรวจสอบและบรรจุลงกล่องต่อไป ซึ่งขั้นตอนการผลิตขึ้นรูปแก้วแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตขึ้นรูปแก้ว

ขั้นตอนที่ 1 การผสมวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการหลอมแก้ว ประกอบด้วย ทรายแก้ว โซดาแอซ โดโลไมล์ เศษแก้วและนอกจากนี้ยังมีวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งช่วยในการหลอม การปรับแต่งสีของน้ำแก้ว รวมทั้งปรับแต่งคุณสมบัติของน้ำแก้ว โดยวัตถุดิบจะถูกใส่ลงไปในไซโลเพื่อผสมกันในสัดส่วนที่กำหนด แล้วลำเลียงไปยังฮอปเปอร์ แล้วส่งไปตามสายพานลำเลียง ป้อนเข้าสู่เตาหลอม

ขั้นตอนที่ 2 การหลอมวัตถุดิบ

เมื่อวัตถุดิบป้อนเข้าสู่เตาหลอมใส่ส่วนที่เรียกว่า ห้องหลอมน้ำแก้ว (Melter) จากนั้นน้ำแก้วจะไปยังส่วนห้องเตรียมน้ำแก้ว (Refiner) เพื่อกันสิ่งสกปรกออกไป และต่อไปยังรางน้ำแก้ว (Forehearth) เพื่อควบคุมอุณหภูมิการขึ้นรูปแก้วที่ต้องการ ก่อนจะส่งต่อกับเครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปแก้ว

ขั้นตอนที่ 3 การขึ้นรูปแก้ว

ก่อนน้ำแก้วจะนำมาขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ น้ำแก้วจะถูกตัดออกเป็นก้อนตามน้ำหนักที่ต้องการผลิตแก้วแต่ละใบ เมื่อน้ำแก้วป้อนลงสู่แม่พิมพ์จะถูกกดอัดขึ้นรูปหรือการเป่าให้ได้รูปทรงตามแม่พิมพ์นั้นๆ จากนั้นจะทำให้แก้วคงรูปโดยใช้ลมเป่าระบายความร้อน เสร็จแล้วจึงนำออกจากแม่พิมพ์

ขั้นตอนที่ 4 การอบแก้ว

เมื่อแก้วออกจากแม่พิมพ์แล้วจะถูกนำมาตัดส่วนที่ไม่ต้องการทิ้งหรือการใช้ไฟลบครีบต่างๆ ก่อนส่งแก้วเข้าไปยังเตาอบแก้วเพื่ออบคลายความเครียดให้แก้วมีความเหนียวไม่เปราะง่าย

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบแก้ว

แก้วที่ออกมาตามสายพานลำเลียงของเตาอบ จะนำมาตรวจสอบตำหนิแล้วคัดแยกของดีและของเสีย โดยที่ของดีจะบรรจุลงกล่องและของเสียจะนำกลับไปหลอมใหม่

3.1.2 ลักษณะและชนิดของผลิตภัณฑ์แก้ว

ผลิตภัณฑ์แก้วของบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้จะเป็นแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหารเท่านั้น เช่น แก้วน้ำดื่ม จาน ชาม ที่เขี่ยบุหรี่ เชิงเทียน เป็นต้น ในการผลิตขึ้นรูปแก้วด้วยเครื่องจักรแต่ละแบบหรือแต่ละรูปทรงนั้นจะใช้เครื่องจักรที่ผลิตแตกต่างกัน สำหรับผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่ใช้ทำกรณีศึกษาสามารถจำแนกผลิตภัณฑ์ออกตามประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ทำการผลิตได้ 3 ประเภท ดังรูปที่ 3.3

1. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีการปั๊มและเป่าขึ้นรูป แก้วที่ผลิตจากวิธีการนี้เป็นแก้วที่ใช้กินน้ำรูปทรงต่าง เช่น ทรงกระบอก ทรงกรวย และทรงปากแตร เป็นต้น

2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีการปั๊มขึ้นรูป แก้วที่ได้จาการผลิตด้วยวิธีการนี้จะเป็นแก้วประเภท จาน ชาม ที่เขี่ยบุหรี่ จานรองแก้ว เชิงเทียน แก้วกาแฟ เป็นต้น

3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีการเชื่อมต่อแก้วสองชิ้นเข้าด้วยกันมีลักษณะคือมีตัวแก้ว (Blow) ต่ออยู่บนก้าน (Stem) อีกทีหนึ่ง โดยทั่วไปเรียกแก้วที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีนี้ว่าแก้วก้าน (Stemware)

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แก้ว

3.1.3 ประเภทและหน้าที่ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว

ในกระบวนการผลิตขึ้นรูปแก้วจะใช้แม่พิมพ์หลายชนิดประกอบกันขณะทำการขึ้นรูป แต่สามารถแบ่งประเภทของแม่พิมพ์ตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภทคือ ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่เป็นมาตรฐานสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับขนาดและชนิดของแก้วแต่ละแบบ และชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ต้องออกแบบมาใช้เฉพาะแก้วแต่ละแบบเท่านั้นไม่สามารถนำไปใช้ร่วมกับแก้วแบบอื่นๆ ได้ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะประเภทของแม่พิมพ์ที่จะใช้เฉพาะแก้วแต่ละแบบเท่านั้นและเป็นแม่พิมพ์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิจัยนี้ ตัวอย่างแม่พิมพ์ดังรูปที่ 3.4 ประกอบด้วย 6 ชนิดคือ

1. Blow Mold คือชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุเหล็กหล่อ มีลักษณะเป็นสองซีกประกบกันขณะใช้งานด้านในจะมีขนาดและรูปทรงเหมือนกับแบบแก้วที่ต้องการเป่าขึ้นรูป ทำหน้าที่ขึ้นรูปแก้วให้ได้รูปทรง ขนาด และลวดลายตามแบบที่กำหนด

2. Blank Mold คือชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุเหล็กหล่อ มีลักษณะรูปทรงกระบอกด้านในเป็นรูเคลือบผิวด้วยฮาร์ดโครม (Hardchrome) ประกอบติดกับ Blank Case ขณะที่ใช้งานทำหน้าที่รองรับน้ำแก้วแล้วกดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วร่วมกับ Plunger ให้ได้รูปทรงของพาริสัน (Parison) ก่อนที่ลมจะเป่าให้ขยายตัวออกจนเต็ม Blow Mold

3. Plunger คือชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุเหล็กหล่อรูปทรงกระบอก ด้านนอกขัดผิวเรียบทำหน้าที่การกดขึ้นรูปน้ำแก้วร่วมกับ Blank Mold ให้ได้รูปทรงของพาริสัน (Parison) ก่อนที่จะใช้ลมเป่าให้ขยายตัวออกจนเต็ม Blow Mold

4. Loader Insert คือชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุคาร์บอน มีลักษณะสองซีกประกบกันขณะใช้งาน ทำหน้าที่จับแก้วที่ขึ้นรูปทรงแล้วส่งมาตามสายพานลำเลียงป้อนเข้าสู่ Burn off Chuck ของเครื่องตัดปากแก้ว

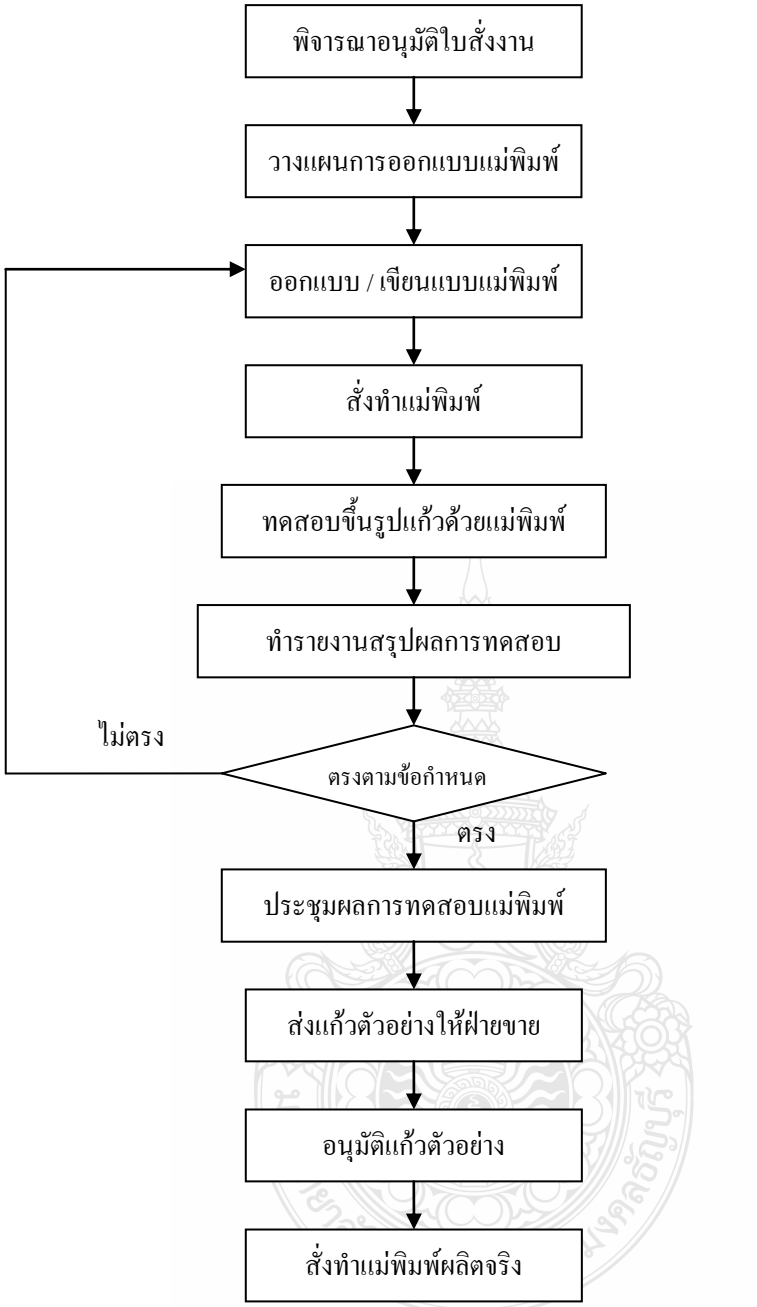
5. Burn off Chuck คือชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุเหล็กหล่อมีลักษณะรูปทรงกระบอกกลวง ความโตรูด้านในขนาดพอดีกับขนาดความโตของก้นแก้ว ทำหน้าที่จับและประคองแก้วให้ได้ศูนย์กลางกับ Burnner ขณะตัดปากแก้วให้ได้ความสูงตามที่ต้องการ

6. Chuck Plate คือชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุเหล็กหล่อมีลักษณะเป็นแผ่นเจาะรูขนาดเล็ก ทำหน้าที่เป็นทางผ่านให้ Vacuum ไหลผ่านไปยังก้นแก้วเพื่อดูดจับแก้วขณะตัดแก้วตามความสูงที่ต้องการ

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว

3.1.4 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์

ในการออกแบบแม่พิมพ์ทางแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์จะเริ่มต้นจากได้รับความต้องการมาจากฝ่ายขาย ข้อมูลความต้องการที่ส่งมาจะประกอบด้วยแบบของแก้วที่ผ่านการพิจารณาจากฝ่ายผลิตแล้วว่าสามารถทำการผลิตด้วยเครื่องจักรของบริษัทได้ จากนั้นทางแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์จะนำแบบแก้วนั้นมาใช้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ สั่งทำแม่พิมพ์ชุดทดสอบ ทดสอบแม่พิมพ์กับเครื่องจักรที่ใช้ผลิตจริง และสรุปผลการทดสอบแม่พิมพ์ รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ใหม่

1. ผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้รับใบสั่งงานจากฝ่ายขายมาทำการพิจารณาอนุมัติให้พนักงานที่รับผิดชอบดำเนินการออกแบบและจัดเตรียมแม่พิมพ์เพื่อทำการผลิตแก้วตัวอย่างตามแบบที่ส่งมา

2. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์ทำการวางแผนการออกแบบตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้จัดการแผนก โดยกำหนดระยะเวลาเสร็จสิ้นตามที่กำหนดในใบสั่งงาน

3. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์ดำเนินการออกแบบ / เขียนแบบชิ้นส่วนต่างๆของแม่พิมพ์เสร็จแล้วส่งแบบให้ผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ตรวจสอบ

4. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์นำแบบที่ตรวจสอบแล้วดำเนินการสั่งทำแม่พิมพ์ชุดสำหรับทดสอบกับหน่วยงานพัฒนาแม่พิมพ์ (Mold Shop)

5. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์จัดเตรียมความพร้อมประกอบแม่พิมพ์แล้วนำแม่พิมพ์ทดสอบขึ้นรูปแก้วด้วยเครื่องจักรร่วมกับแผนกผลิต

6. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์นำแก้วตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบแม่พิมพ์ร่วมกับแผนกผลิตส่งให้ส่วนงานประกันคุณภาพ เพื่อตรวจสอบข้อกำหนดเฉพาะของแก้วตัวอย่าง จากนั้นนำผลตรวจสอบแก้วที่ได้มาทำรายงานสรุป

7. กรณีผลการตรวจสอบแก้วตัวอย่างไม่ตรงตามข้อกำหนดจะทำการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์เพื่อทำการทดสอบใหม่ กรณีผลการตรวจสอบแก้วตัวอย่างตรงตามข้อกำหนดจะทำการนัดหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมาประชุมสรุปผลการทดสอบ

8. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์จัดส่งแก้วตัวอย่างให้ฝ่ายขายหลังจากที่ประชุมได้สรุปผลเสร็จสิ้นแล้ว

9. ฝ่ายขายนำเสนอแก้วกับลูกค้าแล้วแจ้งผลการยอมรับแก้วตัวอย่างกลับมายังผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์

10. พนักงานออกแบบแม่พิมพ์ ดำเนินการอนุมัติแบบแม่พิมพ์ที่ใช้ทดสอบแก้วตัวอย่างแล้วออกใบสั่งงานให้แผนกคลังวัตถุดิบ (Store) จัดเตรียมแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับการผลิตจริง

3.2 การจัดตั้งคณะทำงานของ FMEA

ในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ จะต้องถูกดำเนินการโดยทีมงานที่เรียกว่า การดำเนินงานโดยหลายหน่วยงาน (Multidisciplinary Approach) ซึ่งจะเป็นทีมงานที่มีตัวแทนมาจากหลายหน่วยงานที่เข้ามาร่วมกันเพื่อดำเนินการตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ คณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์นี้จะกำหนดคุณสมบัติไว้ว่าต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้านแม่พิมพ์และการผลิตแก้ว ดังนั้นคณะทำงานดังกล่าวจึงต้องเป็นบุคคลที่มาจากหน่วยงานต่างๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการออกแบบแม่พิมพ์ การซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ การใช้แม่พิมพ์ในการขึ้นรูปแก้วและหน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบประกันคุณภาพแก้ว โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทำเอกสารเสนอขอตัวแทนจากผู้จัดการแผนกที่กล่าวมาข้างต้นจำนวนแผนกละหนึ่งคนโดยกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติที่ต้องการของตัวแทนที่จะส่งเข้ามาด้วย เมื่อได้ตัวแทนครบแล้วจึงจัดแผนผังโครงสร้างของทีมงานเพื่อให้การกำหนดหน้าที่เป็นไปอย่างชัดเจน

3.3 การอบรมเทคนิค FMEA ให้กับคณะทำงาน

การจัดฝึกอบรมหลักสูตรเรื่องการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบให้กับทีมงานเพื่อต้องการให้ทีมงานใช้เทคนิค FMEA ได้อย่างถูกต้องและบรรลุวัตถุประสงค์ ก่อนที่จะมาร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอหลักสูตรไปยังแผนกทรัพยากรบุคคลให้ติดต่อวิทยากรภายนอกเข้ามาให้ความรู้ตามงบประมาณของหน่วยงานที่ได้จัดเตรียมไว้ วิธีการฝึกอบรมได้หารือกับวิทยากรก่อนถึงแนวทางที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้ทันทีโดยการกำหนดให้มีการทำกิจกรรมกลุ่มเพิ่มเติมนอกเหนือจากการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว

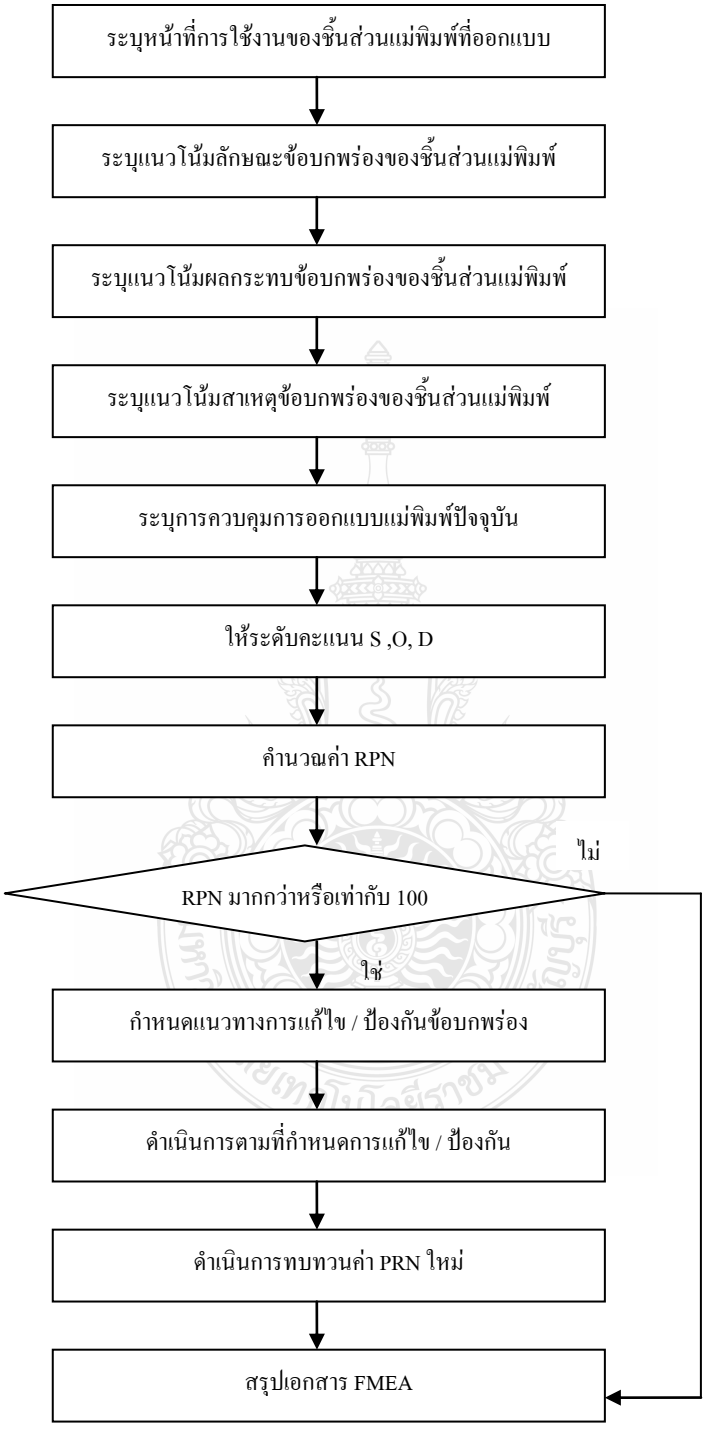
3.4 การออกแบบแม่พิมพ์ฉบับร่าง

ดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ฉบับร่างของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่จะนำมาดำเนินการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยก่อนออกแบบแม่พิมพ์ทางผู้วิจัยได้หารือกับแผนกออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของฝ่ายขายด้วย เมื่อเลือกแบบผลิตภัณฑ์ได้แล้วเพื่อความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ใหม่ดังกล่าวสามารถผลิตได้จริงจึงนำแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปเข้ากระบวนการทบทวนร่วมกับฝ่ายผลิตก่อน เมื่อแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ของแก้วที่ผ่านการทบทวนจากฝ่ายผลิตแล้วว่าสามารถทำการผลิตได้ด้วยเครื่องจักรที่มีอยู่ของบริษัท วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์จะนำแบบแก้วดังกล่าวมาออกแบบแม่พิมพ์ที่ใช้ขึ้นรูปแก้ว โดยชิ้นส่วนแม่พิมพ์ต่างๆ ที่ได้รับการออกแบบมานี้ประกอบด้วย (1) Blow Mold, (2) Blank Mold, (3) Plunger, (4) Loader Insert, (5) Chuck, (6) Chuck Plate เพราะแม่พิมพ์เหล่านี้เป็นแม่พิมพ์หลักที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วเฉพาะรุ่นของแต่ละผลิตภัณฑ์เท่านั้นอีกทั้งเป็นแม่พิมพ์ที่ส่งผลต่อขนาดมิติ (Diamension) หรือข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ของแก้วรวมทั้งเป็นแม่พิมพ์ที่ส่งผลทำให้การเกิดตำหนิบนตัวแก้วโดยตรง สำหรับชิ้นส่วนแม่พิมพ์อื่นที่เลือกใช้เป็นส่วนประกอบจะไม่ได้นำมาออกแบบใหม่เพราะเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่เพียงแต่เลือกใช้เท่านั้น ในการออกแบบแม่พิมพ์ของวิศวกรจะออกแบบตามวิธีการปัจจุบันคือใช้การเปรียบเทียบโดยผู้ออกแบบจะหาผลิตภัณฑ์เดิมที่ผ่านการผลิตมาแล้วเทียบกับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่กำลังออกแบบที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด จากนั้นจะอ้างอิงค่าต่างๆของการออกแบบแม่พิมพ์ตามผลิตภัณฑ์เดิมนั้นในการเขียนแบบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่ แล้วจึงนำไปทบทวนแบบแม่พิมพ์ด้วยเทคนิค FMEA ต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ทางทีมงานจะเริ่มดำเนินการจัดทำตามขั้นตอนต่างๆตามเอกสารแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ที่

กำหนดไว้ โดยเริ่มจากคณะทำงานนำแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉบับร่างมาร่วมกันประชุมหารือตามลำดับขั้นตอนต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร DFMEA

3.5.1 การวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ดำเนินการโดยกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่การทำงานหรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการของชิ้นส่วนแม่พิมพ์แต่ละชิ้นส่วนที่ได้ทำการออกแบบมา โดยทีมงานจะนำแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์มาร่วมกันระดมสมองเพื่อกำหนดหน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการของชิ้นส่วนแม่พิมพ์นั้นๆ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดการวิเคราะห์หน้าที่แล้วรวบรวมลงในตารางข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ครบทุกชิ้นส่วนแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.2 การวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์นั้นจะเริ่มจากนำแบบแม่พิมพ์และหน้าที่การทำงานหรือประโยชน์การใช้งานของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ได้กำหนดเสร็จเรียบร้อยแล้วมาตั้งเป็นหัวข้อทีละหัวข้อ เพื่อหาลักษณะข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในแบบของแต่ละแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ โดยใช้วิธีการระดมสมองของทีมงานผู้ที่มีประสบการณ์ เนื่องจากกรณีนี้เป็นการออกแบบแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งอาจมีทั้งข้อบกพร่องที่ไม่เคยมีมาก่อนหรือข้อบกพร่องที่มีความคล้ายคลึงกับแบบผลิตภัณฑ์เดิมโดยทีมงานจะตั้งคำถามที่ว่ามีชิ้นส่วนแม่พิมพ์นั้นจะมีโอกาสไม่ตรงกับจุดประสงค์หรือไม่ตรงกับหน้าที่การทำงานที่ต้องการของแบบชิ้นส่วนนั้นได้อย่างไรบ้าง ซึ่งสิ่งที่ไม่ตรงกับจุดประสงค์หรือหน้าที่ของแบบชิ้นส่วนนั้นก็คือแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ เมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องครบทุกชิ้นส่วนแม่พิมพ์แล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.3 การวิเคราะห์หาแนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ในการวิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง จะเริ่มจากการนำลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์แต่ละข้อบกพร่องมาตั้งเป็นหัวข้อทีละข้อแล้วทำการระดมสมองเพื่อหาว่าข้อบกพร่องของหน้าที่นั้นๆส่งผลกระทบอย่างไรบ้าง โดยใช้หลักการของ How-How Analysis เพราะเป็นเครื่องมือที่จะทำให้ทีมงานเสนอข้อคิดเห็นที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอกได้อย่างเป็นอิสระ โดยตั้งคำถามที่ว่าข้อบกพร่องนั้นก่อให้เกิดอะไร (How) ในการพิจารณาแนวโน้มผลกระทบจากข้อบกพร่องของทีมงานจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ด้วยกันดังนี้ [3]

ผลกระทบที่จุดเกิดเหตุ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ชิ้นงาน เช่นแก้วมีตำหนิ แก้วแตก

ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป หมายถึง ผลกระทบที่มีต่อระดับถัดไป เช่นถูกปฏิเสธจากการประกันคุณภาพผลกระทบต่อผู้ใช้ หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตได้ง่าย เช่นมีข้อร้องเรียนจากผู้ใช้แก้ว

เมื่อได้ผลข้อมูลการวิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องครบทุกชิ้นส่วนแม่พิมพ์แล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.4 การวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง จะเริ่มจากการนำแบบของแม่พิมพ์และลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์แต่ละข้อบกพร่องมาตั้งเป็นหัวข้อปัญหาแล้วระดมสมองเพื่อหาว่าข้อบกพร่องนั้นๆมีสาเหตุมาจากอะไรบ้างหรือมีกลไกอะไรที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องนั้นบ้าง โดยที่ผลการวิเคราะห์จะระบุถึงแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องที่บ่งชี้ถึงจุดอ่อนของแบบที่ออกแบบไว้โดยใช้หลักของ Why-Why Analysis เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการมองปัญหาที่เกิดจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีเพื่อต้องการป้องกันการเกิดขึ้นของปัญหา โดยเฉพาะการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆไม่มีข้อกำหนดเฉพาะที่ทำซ้ำเดิม ดังนั้นกรณีนี้จึงต้องคาดการณ์มองถึงแนวโน้มของสาเหตุที่เป็นไปได้ว่าอาจจะเกิดขึ้นเท่านั้น และเนื่องจากขั้นตอนนี้อยู่ในขั้นตอนการออกแบบทางทีมงานจะเน้นการวิเคราะห์เหตุที่มาจากการออกแบบเท่านั้นโดยไม่นำสาเหตุของการที่เกิดจากการผลิตหรือการสร้างแม่พิมพ์ที่บกพร่องมาวิเคราะห์ในที่นี้เพราะจะยึดภายใต้สมมุติฐานที่ว่ากระบวนการผลิตหรือการสร้างแม่พิมพ์ทำได้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด เมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องครบทุกชิ้นส่วนแม่พิมพ์แล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.5 การรวบรวมวิธีการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน

ในการรวบรวมวิธีควบคุมการออกแบบปัจจุบันผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมโดยการสัมภาษณ์จากผู้ช่วยผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์และรวบรวมจากเอกสารในระบบคุณภาพของแผนกโดยข้อมูลที่ได้จะจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะว่าเป็นการป้องกันหรือเป็นการตรวจจับข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ โดยจะใช้ตารางในการรวบรวมเพราะตารางสามารถที่จะทำการออกแบบไว้ล่วงหน้าได้เพื่อที่จะทำให้สามารถเก็บข้อข้อมูลได้ครบถ้วนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ง่าย เมื่อได้ข้อมูลผลการรวบรวมวิธีการควบคุมการออกแบบปัจจุบันแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.6 การประเมินคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับ

การประเมินคะแนนทางทีมงานจะใช้ตารางที่ได้กำหนดเกณฑ์ขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการประเมินแบบแม่พิมพ์ของบริษัท ดังแสดงในตาราง 2.3 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และตารางที่ 2.5 เกณฑ์การให้คะแนนการตรวจจับ ในการประเมินให้ตัวเลขคะแนนของแต่ละคนในทีมงานจะให้คะแนนเป็นอิสระต่อกัน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่เคยดำเนินการผลิตมาก่อน ทำให้ไม่มีการเก็บข้อมูลหรือมีตัวเลขที่ชัดเจน จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่คณะทำงานต้องใช้วิธีการดังกล่าวในการประเมินค่าระดับคะแนน ซึ่งหลังจากทีมงานให้คะแนนครบแล้วจะนำคะแนนของแต่ละคนมาหาข้อสรุปโดยนำคะแนนของละคนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อสรุปเป็นคะแนนที่จะใช้ในการคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำต่อไป เมื่อได้ข้อมูลผลการ

ประเมินคะแนนครบแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.7 การคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN)

หลังจากได้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับครบแล้ว จึงทำการคำนวณค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่องซึ่งได้มาจากผลคูณของคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับ ค่า RPN ที่คำนวณได้จะนำไปใส่ลงในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

3.5.8 การจัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยงชี้นำ

การจัดลำดับความสำคัญในการแก้ข้อบกพร่องจะดำเนินการโดยนำค่า RPN ที่คำนวนได้มาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยโดยใช้แผนภูมิกราฟแท่งเพราะกราฟแท่งจะทำให้สามารถเปรียบเทียบพื้นที่หรือความยาวของเส้นกราฟได้ง่าย จากนั้นดำเนินการตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่ต้องการแก้ไข ในการวิจัยนี้ทางทีมงานจะเลือกข้อบกพร่องเฉพาะที่มีความสำคัญมาดำเนินการแก้ไขเท่านั้น โดยลำดับของการปฏิบัติการแก้ไขจะลดข้อบกพร่องที่มีค่าคะแนนความรุนแรง 10 หรือ 9 ก่อนเป็นอันดับแรกโดยไม่เกี่ยวข้องกับค่า RPN เพราะข้อบกพร่องนั้นอาจมีอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ [3] ลำดับต่อมาจึงพิจารณานำข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข [11] ซึ่งเกณฑ์ในการเลือกข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาปฏิบัติการแก้ไขนี้มีหลายงานวิจัยที่นำมาใช้ได้เป็นผลดี เช่น การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ [9] การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ [10] เป็นต้น

3.5.9 การเสนอแนะและการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องแบบของแม่พิมพ์

เมื่อพิจารณาค่า RPN และตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่จะนำมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ทางทีมงานจะนำสาเหตุของข้อบกพร่องที่ทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองด้วยเทคนิค Why-Why Analysis ไว้แล้วในข้อที่ 3.5.4 มาร่วมกันกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงต่อไป สำหรับการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จะใช้ประสบการณ์ของทีมงานหรืออ้างอิงข้อมูลการออกแบบของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีความคล้ายคลึงกันมาเป็นเหตุผลสนับสนุนการกำหนดวิธีการแก้ไขโดยตั้งข้อสมมุติฐานที่ว่ากระบวนการผลิตจะดำเนินการผลิตได้ตามความต้องการของการออกแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องนี้ทางทีมงานจะใช้แนวทางการลดค่า RPN ดังนี้ [3]

แนวทางการลดความรุนแรงผลกระทบของข้อบกพร่อง จะดำเนินการเปลี่ยนแปลงแบบหรือการเปลี่ยนเงื่อนไขในการใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างนี้

แนวทางการลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง จะดำเนินการเปลี่ยนแปลงแบบหรือการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบ(เช่น ใบตรวจสอบแบบ การทบทวนแบบ คำแนะนำในการออกแบบ เป็นต้น)

แนวทางการลดคะแนนการตรวจจับ จะดำเนินการโดยปรับปรุงการควบคุมการออกแบบที่ได้วางแผนไว้ เช่นการเพิ่มกิจกรรมการทวนสอบหรือกิจกรรมการตรวจสอบแบบ เป็นต้น

3.5.10 การทบทวนการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่

หลังจากได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง พร้อมทั้งดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอแนะดังกล่าวเสร็จสิ้นแล้ว จากนั้นผู้ออกแบบแม่พิมพ์จะดำเนินการแก้ไขแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์ขึ้นมาใหม่ตามที่เสนอแนะไว้ เสร็จแล้วจะนำแบบแม่พิมพ์ดังกล่าวมาให้ทีมงานดำเนินการประเมินคะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิดข้อบกพร่องและการควบคุมปัจจุบันใหม่และคำนวณค่า RPN ใหม่ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อบกพร่องได้ลดลงตามที่ต้องการแล้วก่อนจะนำแบบแม่พิมพ์ที่แก้ไขใหม่นี้จะนำไปใช้ในการสั่งผลิตแม่พิมพ์ชุดทดสอบเพื่อยืนยันผลการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

3.6 การประเมินผลและยืนยันผลการปรับปรุง

หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์และทำการเขียนแบบแม่พิมพ์ใหม่แล้ว ผู้วิจัยต้องการที่จะประเมินผลความสำเร็จของการปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ทั้งนี้เพื่อทำให้ทราบถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพในการแก้ไขและปรับปรุง รวมถึงสมรรถนะของการดำเนินงาน ซึ่งจะนำไปเป็นข้อมูลในการสรุปผลการดำเนินงานวิจัยต่อไปโดยดำเนินการดังนี้

3.6.1 การทดสอบแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วตัวอย่าง

ในการทดสอบแม่พิมพ์จะเริ่มจากนำแบบของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ได้รับการแก้ไขแบบแล้วไปดำเนินการสั่งผลิตแม่พิมพ์จำนวนหนึ่งชุดเพื่อใช้สำหรับการทดสอบยืนยันผลการแก้ไข สำหรับแม่พิมพ์ที่สั่งขึ้นมาทดสอบจะประกอบด้วย Blow Mold, Blank Mold, Plunger, Loader Insert, Chuck, Chuck Plate โดยแม่พิมพ์ทั้งหมดนี้เมื่อจัดทำขึ้นและตรวจสอบขั้นสุดท้ายแล้วว่าตรงตามแบบแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้จะถูกนำมาประกอบและติดตั้งบนเครื่องจักร จากนั้นจะใช้แม่พิมพ์ดังกล่าวทำการผลิตขึ้นรูปแก้วตัวอย่าง เนื่องจากการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการทดสอบแม่พิมพ์เป็นต้นทุนอย่างหนึ่งที่ค่อนข้างสูงดังนั้นการกำหนดเวลาการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการทดสอบจึงกำหนดไว้ที่ไม่เกิน 2 ชั่วโมงต่อครั้ง และจำนวนแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบเพียงหนึ่งชุดจากปรกติจะใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปพร้อมกัน 12 ชุด ด้วยข้อจำกัดทั้งสองนี้จึงทำให้ได้แก้วตัวอย่างประมาณ 40-60 ใบในการทดสอบการขึ้นรูปแต่ละครั้ง สำหรับจำนวนแก้วตัวอย่างที่จะนำไปตรวจสอบเพื่อสรุปผล จะใช้ตารางของ Krejcie and Morgan ในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำแก้วตัวอย่างที่ได้มาทำการตรวจสอบค่าขนาดมิติที่กำหนดในแบบ การตรวจสอบตำหนิที่เกิดขึ้นกับแก้วตัวอย่างก่อนทีมงานจะสรุปผลการทดสอบต่อไป

3.6.2 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

การรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้โดยจะใช้ตารางในการรวบรวมระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์

จำนวนครั้งที่ใช้ในการทดสอบแม่พิมพ์ และใช้ผังการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง จากข้อมูลที่ได้รวบรวมนี้จะนำไปสู่การสรุปผลการดำเนินงานวิจัยต่อไป

3.7 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การสรุปผลการวิจัยจากการนำข้อมูลที่รวบรวมจากการดำเนินการมาสรุปเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง โดยหัวข้อที่สรุปผลจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่กำหนดไว้ อีกทั้งสรุปข้อเสนอแนะและปัญหาต่างๆ ที่พบในงานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาปรับปรุงต่อไป จากนั้นจะนำเสนอเพื่อให้โรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษานำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบไปกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานเพื่อเป็นการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการออกแบบให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

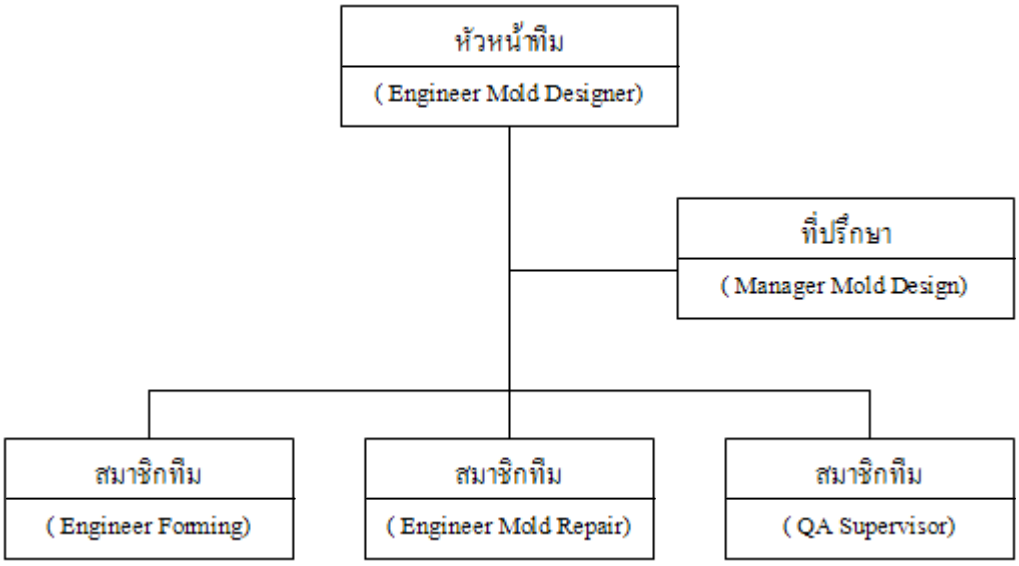
4.1 ผลการจัดตั้งคณะทำงาน

จากการประสานงานกับผู้จัดการแผนกต่างๆ ทำให้ได้ตัวแทนของแผนกที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยวิศวกรแผนกขึ้นรูปแก้ว วิศวกรแผนกซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ ซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกประกันคุณภาพ จำนวนแผนกละหนึ่งท่านเข้ามาร่วมทีมกับแผนกออกแบบแม่พิมพ์ รวมจำนวนพนักงานที่เข้าร่วมในทีมงานทั้งหมด 5 คนและเพื่อให้การจัดทำวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบดำเนินการได้ตามเป้าหมายดังนั้นจึงจัดแผนภูมิของคณะทำงานดังรูปที่ 4.1 และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

หัวหน้าทีมคือวิศวกรออกแบบแม่พิมพ์ มีหน้าที่ออกแบบแม่พิมพ์ กำหนดนัดหมายการประชุมและเป็นผู้นำการประชุมระดมสมองของทีมงานในการจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

ที่ปรึกษาคือผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ มีหน้าที่ให้คำปรึกษาและเสนอแนะในที่ประชุม เช่นกรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันและหาข้อสรุปในการประชุม

สมาชิกทีมคือวิศวกรแผนกขึ้นรูปแก้ว วิศวกรซ่อมบำรุงแม่พิมพ์และซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกประกันคุณภาพ มีหน้าที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์



รูปที่ 4.1 โครงสร้างของทีมงานวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

4.2 ผลการอบรมเทคนิค FMEA กับทีมงานวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ทางบริษัทได้จัดฝึกอบรมภายในหลักสูตรเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบเป็นระยะเวลา 2 วัน ให้กับทีมงานและวิศวกรของบริษัท รวมผู้เข้าอบรมทั้งหมด 25 คน โดยวิทยากรจากบริษัทเทคนิคอล แอพโพรช เคาน์เซลลิ่งแอนด์เทรนนิ่ง จำกัด รายละเอียดการฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือฟังการบรรยายและการทำกิจกรรมกลุ่ม จากการฟังบรรยายและการนำเสนอผลงานหลังจากการทำกิจกรรมกลุ่มรวมทั้งข้อเสนอแนะของวิทยากรทำให้ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้และความเข้าใจในการนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

4.3 ผลการออกแบบแม่พิมพ์ฉบับร่าง

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉบับร่างที่ทำการออกแบบไว้ทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบด้วย Blow Mold, Blank Mold, Plunger, Loader Insert, Chuck, และ Chuck Plate สำหรับแบบแม่พิมพ์ทั้งหมดนี้รวมทั้งแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

4.4 ผลการจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

ในการดำเนินการจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์โดยทีมงานได้ผลการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนดังนี้

4.4.1. ผลการวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ผลการนำแบบของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้ง 6 ชนิดประกอบด้วย Blow Mold, Blank Mold, Plunger, Loader Insert, Chuck และ Chuck Plate มาทำการระบุหน้าที่การใช้งานที่ต้องการโดยใช้หลักการระดมสมองของทีมงานพบว่า หน้าที่ที่ต้องการของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ประกอบด้วย 3 กลุ่มด้วยกันคือหน้าที่ในการไม่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดตามค่ามิติของข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ หน้าที่ในการไม่ทำให้เกิดตำหนิกับผลิตภัณฑ์และหน้าที่ในการขึ้นรูปน้ำแก้วที่สมบูรณ์ ตารางที่ 4.1 แสดงสรุปผลของการวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้ง 6 ชนิด ซึ่งผลการวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมดนี้จะนำไปใส่ในช่องหน้าที่ของตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

4.4.2. ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องโดยใช้วิธีการระดมสมองของทีมงานพบว่าแบบแม่พิมพ์มีแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องทั้งสิ้น 33 ข้อบกพร่อง ซึ่งลักษณะข้อบกพร่องที่วิเคราะห์ได้จะเป็นลักษณะข้อบกพร่องของความคลาดเคลื่อนของขนาดตามค่ามิติตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ข้อบกพร่องของตำหนิที่จะเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์และข้อบกพร่องของการทำหน้าที่การขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ตารางที่ 4.2 แสดงสรุปผลการวิเคราะห์หาแนวโน้ม

ลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้ง 6 ชนิด ซึ่งผลการวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมดนี้จะนำไปใส่ในช่องแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.1 สรุปหน้าที่ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	หน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการ
1. Blow Mold	1A. มีหน้าที่ขึ้นรูปทรงและลวดลายแก้วให้ตรงตามขนาดที่กำหนดในแบบ
	1B. มีหน้าที่เป่าขึ้นรูปแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว
2. Blank Mold	2A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปทรงของพาริสัน(Parison) ตรงตามรูปทรงของ Blank Mold
	2B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาปากแก้วตรงตามแบบ
	2C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน
	2D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่มีตำหนิบนตัวแก้ว
3. Plunger	3A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปร่างของพาริสัน(Parison) ตรงตามรูปร่างของ Plunger
	3B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วตรงตามแบบ
	3C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน
	3D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว
4. Loader Insert	4A. มีหน้าที่จับแก้วป้อนเข้าเครื่องตัดปากโดยแก้วตรงศูนย์กับ Chuck
	4B. มีหน้าที่จับสัมผัสแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว
5. Chuck	5A. มีหน้าที่เป็น Guide นำโดยให้แก้วสวมเข้า Chuck พอดีและให้ตรงศูนย์กับ Burnner เพื่อตัดปากแก้ว
	5B. มีหน้าที่ประคองศูนย์แก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว
6. Chuck Plate	6A. มีหน้าที่เป็นทางผ่านที่ให้ Vacuum ไหลผ่านไปยังแก้วเพื่อดูดจับแก้วโดยไม่ทำให้แก้วตกลงพื้น
	6B. มีหน้าที่ดูดจับแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว

ตารางที่ 4.2 สรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	หน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการ	แนวโน้มของข้อบกพร่อง
1. Blow Mold	1A. มีหน้าที่ขึ้นรูปทรงและลวดลายแก้วให้ตรงตามขนาดที่กำหนดในแบบ	1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด
		1A-S2. รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ
		1A-S3. ลวดลายของแก้วไม่คมชัด
		1A-S4. รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ
	1B. มีหน้าที่เป่าขึ้นรูปแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	1B-S1. มีตำหนิรอยประกบ Mold บนลำตัวแก้ว
		1B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก
		1B-S3. มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส
		1B-S4. มีตำหนิก้นแก้วคอด
		1B-S5. มีตำหนิผิวแก้วยุบ(Suck side)
		1B-S6. มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ
		1B-S7. มีรอยตำหนิผิวแก้วเป็นคลื่น ไม่เรียบและไม่ใส
2. Blank Mold	2A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปทรงของพาริสัน(Parison) ตรงตามรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1. รูปทรงของพาริสัน(Parison) ไม่ตรงกับรูปทรงของ Blank Mold
	2B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาปากแก้วตรงตามแบบ	2B-S1. ความหนาของปากแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ
	2C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน	2C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ
	2D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่มีตำหนิบนตัวแก้ว	2D-S1. พาริสัน(Parision) มีรอยตำหนิ(Gon in)
		2D-S2. Parision มีรอยตำหนิรอยเย็น
		2D-S3. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)
3. Plunger	3A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปร่างของพาริสัน(Parison) ตรงตามรูปร่างของ Plunger	3A-S1. รูปร่างของ Parison ไม่ตรงกับรูปร่างของ Plunger
	3B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วตรงตามแบบ	3B-S1. ความหนาของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ
	3C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน	3C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ

ตารางที่ 4.2 สรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ (ต่อ)

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	หน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการ	แนวโน้มของข้อบกพร่อง
	3D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	3D-S1. Parision มีรอยตำหนิ(Side wave)
		3D-S2. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)
		3D-S3. เกิดเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ฝังในเนื้อแก้ว
4. Loader Insert	4A. มีหน้าที่จับแก้วป้อนเข้าเครื่องตัดปากโดยแก้วตรงศูนย์กับ Chuck	4A-S1. จับแก้วแล้วแก้วแตกก่อนป้อนเข้าเครื่อง
		4A-S2. จับแก้วแล้วแก้วเอียง
	4B. มีหน้าที่จับสัมผัสแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	4B-S1. จับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก
		4B-S2. จับแก้วแล้วเป็นรอยตำหนิบริเวณที่ Loader สัมผัสแก้ว
5. Chuck	5A. มีหน้าที่เป็น Guide นำโดยให้แก้วสวมเข้า Chuck พอดีและให้ตรงศูนย์กับ Burnner เพื่อตัดปากแก้ว	5A-S1. แก้วสวมเข้า Chuck ไม่ได้
		5A-S2. แก้วไม่ตรงศูนย์กับ Burnner
	5B. มีหน้าที่ประคองศูนย์แก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	5B-S1. สัมผัสกับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว
6. Chuck Plate	6A. มีหน้าที่เป็นทางผ่านที่ให้ Vacuum ไหลผ่านไปยังแก้วเพื่อดูดจับแก้วโดยไม่ทำให้แก้วตกลงพื้น	6A-S1. ไม่ดูดจับแก้ว
	6B. มีหน้าที่ดูดจับแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	6B-S1. เกิดตำหนิรอยของ Chuck Plate ที่ก้นแก้ว
		6B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว

4.4.3. ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มผลกระทบข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องโดยใช้ How-How Analysis พบว่ามีผลกระทบจำนวน 33 ข้อ สามารถจำแนกผลกระทบของข้อบกพร่องได้ 2 ประเภทคือ ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการถัดไปจำนวน 25 ข้อบกพร่องคือผลกระทบที่ทำให้แก้วถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของแผนกประกันคุณภาพ และผลกระทบที่เกิดขึ้นที่จุดเกิดเหตุจำนวน 8 ข้อบกพร่องคือผลกระทบที่ทำให้แก้วตกแตกลงพื้น และผลกระทบทำให้ไม่สามารถเป่าขึ้นรูปทรงแก้วได้ ตารางที่ 4.3 แสดงสรุปผลการวิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้ง 6 ชนิด ซึ่งผลการวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ได้ทั้งหมดนี้จะ

นำไปใส่ในช่องแนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องของตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.3 สรุปผลกระทบข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง
1. Blow Mold	1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	1A-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1A-S2. รูปทรงของปากแก้วจุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	1A-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1A-S3. ลวดลายของแก้วไม่คมชัด	1A-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1A-S4. รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ	1A-S4-O1. Loader จับแก้วไม่แน่นแก้วลื่นหลุดตกลงพื้น
	1B-S1. มีตำหนิรอยประกบ Mold บนลำตัวแก้ว	1B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	1B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1B-S3. มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส	1B-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1B-S4. มีตำหนิก้นแก้วคอด	1B-S4-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1B-S5. มีตำหนิผิวแก้วยุบ(Suck side)	1B-S5-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1B-S6. มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ	1B-S6-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	1B-S7. มีรอยตำหนิผิวแก้วเป็นคลื่นไม่เรียบและไม่ใส	1B-S7-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
2. Blank Mold	2A-S1. รูปทรงของพาริสัน(Parison) ไม่ตรงกับรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1-O1. ไม่สามารถเป่าแก้วให้ขึ้นรูปทรงได้
	2B-S1. ความหนาของปากแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	2C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2C-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	2D-S1. พาริสัน(Parision) มีรอยตำหนิ(Gon in)	2C-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	2D-S2. Parision มีรอยตำหนิรอยเย็น	2C-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	2D-S3. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	2C-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
3. Plunger	3A-S1. รูปร่างของ Parison ไม่ตรงกับรูปร่างของ Plunger	3A-S1-O1. ไม่สามารถเป่าแก้วให้ขึ้นรูปทรงได้
	3B-S1. ความหนาของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	3C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3C-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	3D-S1. Parision มีรอยตำหนิ(Side wave)	3D-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	3D-S2. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	3D-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	3D-S3. เกิดเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ฝังในเนื้อแก้ว	3D-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
4. Loader Insert	4A-S1. จับแก้วแล้วแก้วแตกก่อนป้อนเข้าเครื่อง	4A-S1-O1. แก้วแตกตกลงพื้น
	4A-S2. จับแก้วแล้วแก้วเอียง	4A-S2-O1. แก้วแตกตกลงพื้น
	4B-S1. จับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	4B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	4B-S2. จับแก้วแล้วเป็นรอยตำหนิบริเวณที่ Loader สัมผัสแก้ว	4B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
5. Chuck	5A-S1. แก้วสวมเข้า Chuck ไม่ได้	5A-S1-O1. แก้วตกลงพื้นไม่สามารถตัดปากแก้วได้
	5A-S2. แก้วไม่ตรงศูนย์กับ Burnner	5A-S2-O1. แก้วเบียดกับ Burner ทำให้แก้วร้าวและแตก
	5B-S1. สัมผัสกับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	5B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
6. Chuck Plate	6A-S1. ไม่ดูดจับแก้ว	6A-S1-O1. แก้วตกลงพื้นไม่สามารถตัดปากแก้วได้
	6B-S1. เกิดตำหนิรอยของ Chuck Plate ที่ก้นแก้ว	6B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC
	6B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	6B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC

4.4.4. ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องโดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis ดังแสดงในภาคผนวก ค พบว่าแบบแม่พิมพ์มีแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องจำนวน 65 สาเหตุ ซึ่งสาเหตุของข้อบกพร่องที่วิเคราะห์มาได้นั้นเป็นสาเหตุของข้อบกพร่องที่มาจากจุดอ่อนของแบบที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมด ตารางที่ 4.4 แสดงตัวอย่างสรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold ที่ได้จากการใช้เทคนิค Why-Why Analysis ซึ่งผลการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้ง 6 ชนิด ที่ได้จะนำไปใส่ในช่องแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องของตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.4 สรุปสาเหตุข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก
1. Blow Mold	1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
		1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง
		1A-S1-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป
	1A-S2. รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	1A-S2-C1. การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป
		1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
	1A-S3. ลวดลายของแก้วไม่คมชัด	1A-S3-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
		1A-S3-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง
		1A-S3-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป
		1A-S3-C4. เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป
	1A-S4. รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ	1A-S4-C1. ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป
		1A-S4-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
	1B-S1. มีตำหนิรอยประกบ Mold บนลำตัวแก้ว	1B-S1-C1. การกำหนดค่าพิกัดของ Key ไม่เหมาะสม
		1B-S1-C2. การกำหนดค่าเผื่อการขยายตัวของ Blow Mold ไม่เหมาะสม
	1B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	1B-S2-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat
		1B-S2-C2. มุมแหลมของลวดลายเล็กเกินไปทำให้ Over heat

ตารางที่ 4.4 สรุปสาเหตุข้อบกพร่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก
	1B-S3. มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส	1B-S3-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ
		1B-S3-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
	1B-S4. มีตำหนิก้นแก้วคอด	1B-S4-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ระบายความร้อนไม่ทัน
	1B-S5. มีตำหนิผิวแก้วยุบ(Suck side)	1B-S5-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat
	1B-S6. มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ	1B-S6-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
	1B-S7. มีรอยตำหนิผิวแก้วเป็นคลื่นไม่เรียบและไม่ใส	1B-S7-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ

4.4.5. ผลการรวบรวมข้อมูลการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน

ผลการรวบรวมข้อมูลจากผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์พบว่าในการทำงานปัจจุบันของขั้นตอนการออกแบบจะมีทั้งกิจกรรมการตรวจจับสาเหตุของข้อบกพร่องและการป้องกันสาเหตุของข้อบกพร่องไว้ดังนี้คือ

1. การตรวจจับสาเหตุข้อบกพร่องวิธีการดำเนินการปัจจุบันคือหลังจากที่ออกแบบแม่พิมพ์เสร็จแล้วจะส่งแบบให้วิศวกรที่อยู่ในทีมออกแบบเดียวกันตรวจสอบแบบแม่พิมพ์กันเองก่อนต่อจากนั้นจึงส่งแบบแม่พิมพ์ให้ผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์เป็นผู้ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง

2. การป้องกันสาเหตุข้อบกพร่องวิธีการดำเนินการปัจจุบันคือในระหว่างการออกแบบผู้ออกแบบจะดูข้อมูลการออกแบบของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีความใกล้เคียงกันมาอ้างอิงในการออกแบบซึ่งสามารถใช้ข้อมูลได้บางอย่างเท่านั้น และนอกจากนั้นก็ยังใช้ตารางมาตรฐานในคู่มือการออกแบบแม่พิมพ์ประกอบการออกแบบ

ตารางที่ 4.5 แสดงตัวอย่างการระบุวิธีการตรวจจับและการป้องกันสาเหตุข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold สำหรับผลการระบุวิธีการตรวจจับและการป้องกันสาเหตุข้อบกพร่องของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blank Mold, Plunger, Loader Insert, Chuck และ Chuck Plate ที่ได้ทั้งหมดนี้จะนำไปใส่ในช่องการควบคุมปัจจุบันตามในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.5 สรุปการควบคุมการออกแบบปัจจุบันของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การควบคุมลักษณะข้อบกพร่องหรือกลไกการเกิด	
		การป้องกัน	การตรวจจับ
1. Blow Mold	1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S1-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S2-C1. การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S3-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S3-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S3-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S3-C4. เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S4-C1. ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก
	1A-S4-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก

4.4.6. ผลการประเมินคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับ

ผลการประเมินคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับ ของแต่ละคนในทีมงานดังแสดงในตารางที่ 4.6 ตัวอย่างการให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow mold สำหรับผลการให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blank Mold, Plunger, Loader Insert, Chuck และ Chuck Plate ที่ได้ทั้งหมดนี้จะ

นำไปใส่ในช่อง S, O และD ตามในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างการให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับของแบบชิ้นส่วน Blow Mold

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN
							การป้องกัน	การตรวจจับ		
1. Blow Mold										
1A. มีหน้าที่ขึ้นรูปทรงและลวดลายแก้วให้ตรงตามขนาดที่กำหนดในแบบ	1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	1A-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168
			7		1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168
			7		1A-S1-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84
	1A-S2. รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	1A-S2-O2. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S2-C1. การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84
			7		1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112

4.4.7. ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN)

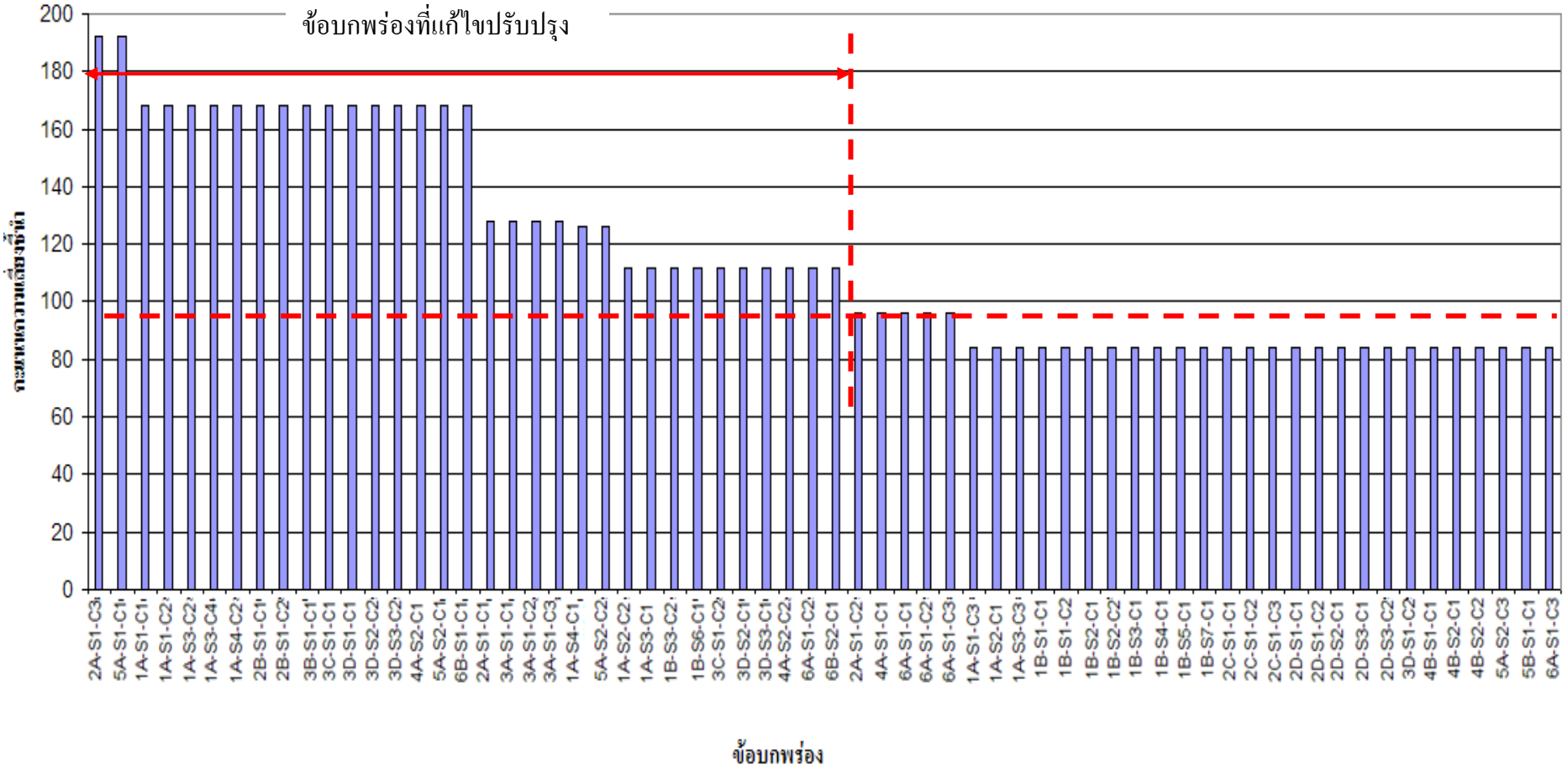
ผลการนำคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับมาคูณเข้าด้วยกันเพื่อคำนวณค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่อง พบว่าค่า RPN ที่คำนวณได้มีค่าสูงสุดที่ 192 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 86 คะแนน ตารางที่ 4.6 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณค่า RPN ของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow mold สำหรับผลการคำนวณค่า RPN ของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blank Mold, Plunger, Loader Insert, Chuck และ Chuck Plate ที่ได้ทั้งหมดนี้จะนำไปใส่ในช่อง RPN ของตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข

4.4.8. ผลการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง

ผลการนำค่าคะแนน RPN มาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยด้วยแผนภูมิกราฟแท่งดังรูปที่ 4.2 ในกรณีศึกษานี้ได้พิจารณาเลือกข้อบกพร่องจากค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนน มาทำการแก้ไข พบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุงจำนวน 33 ข้อ จากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่องทั้งหมด 65 ข้อ สำหรับจำนวนข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Plunger จำนวน 11 ข้อ แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold จำนวน 10 ข้อ แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blank Mold จำนวน 4 ข้อ แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Chuck และ Chuck Plate จำนวนละ 3 ข้อ และแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Loader Insert จำนวน 2 ข้อ ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการแก้ไขดังแสดงในตารางที่ 4.7

4.4.9. ผลการเสนอแนะและการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องแบบของแม่พิมพ์

จากสาเหตุข้อบกพร่องในตารางที่ 4.7 ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ด้วย Why-Why Analysis ตามที่แสดงไว้ในภาคผนวก ค ทางทีมงานได้นำสาเหตุของข้อบกพร่องดังกล่าวมาประชุมร่วมกันระดมสมองในการกำหนดแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่อง โดยแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้มานั้นทีมงานได้อ้างอิงข้อมูลการออกแบบและการแก้ไขระหว่างการผลิตของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีข้อบกพร่องคล้ายคลึงกันมาเป็นแนวทางการแก้ไข และบางข้อบกพร่องได้ใช้ประสบการณ์ของทีมงานที่ผ่านการแก้ไขปัญหาจากส่วนงานที่ตนเองทำงานอยู่มาเป็นแนวทางการแก้ไข สำหรับผลการแก้ไขข้อบกพร่องดังแสดงในตารางที่ 4.8 ถึงตารางที่ 4.13

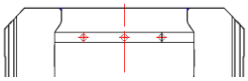
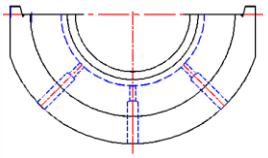
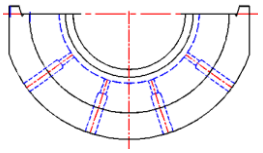
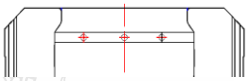
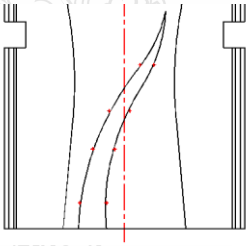
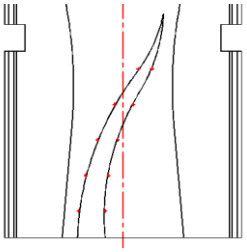
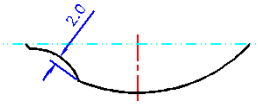
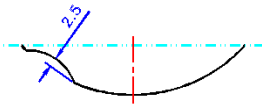


รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงลำดับค่าความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่อง

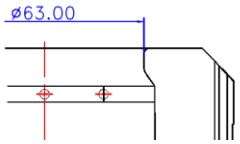
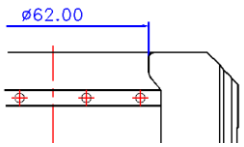
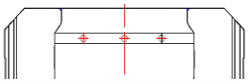
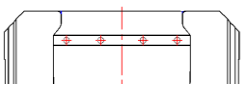
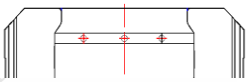
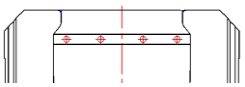
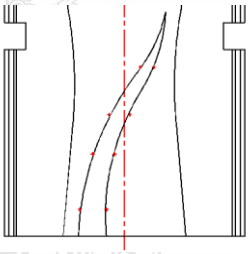
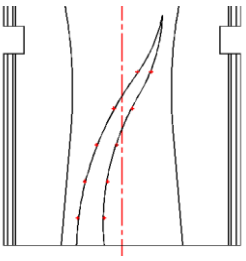
ตารางที่ 4.7 สาเหตุข้อบกพร่องที่ทำการแก้ไขปรับปรุง

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	RPN
1. Blow Mold	1A-S1-C1 กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	168
	1A-S1-C2 กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	168
	1A-S3-C2 กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	168
	1A-S3-C4 เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป	168
	1A-S4-C2 กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	168
	1A-S4-C1 ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป	126
	1A-S2-C2 กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	112
	1A-S3-C1 กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	112
	1B-S3-C2 กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	112
	1B-S6-C1 กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	112
2. Blank Mold	2A-S1-C3 รัศมีก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศขังด้านใน Blank Mold	192
	2B-S1-C1 ขนาดความโตของปาก Blank มากเกินไปทำให้การยืดตัวออกทางแนวนอนได้น้อยลง	168
	2B-S1-C2 ขนาดความลึกของ Blank มากเกินไปทำให้ระยะการยืดตัวออกทางแนวดิ่งได้น้อยเกินไป	168
	2A-S1-C1 มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	128
3. Plunger	3B-S1-C1 ขนาดความยาวของ Plunger มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำแก้วไม่พอ	168
	3C-S1-C1 รัศมีปลาย Plauger น้อยเกินไปทำให้การแผ่ตัวของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ	168
	3D-S1-C1 ขนาดความโตของรู Cooling เล็กเกินไปทำให้ Plunger เย็น	168
	3D-S2-C2 รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	168
	3D-S3-C2 รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	168
	3A-S1-C1 รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยืดตัวเอียง	128
	3A-S1-C2 รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วติดปลาย Plunger	128
	3A-S1-C3 มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วไหลไม่สะดวกแล้วขึ้นรูปไม่ได้	128
	3C-S1-C2 รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยืดตัวเอียง	112
	3D-S2-C1 มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้การวิ่งขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สะดวก	112
	3D-S3-C1 มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้เกิดแรงกดอัดมากแล้วน้ำแก้วแทรกออกด้านข้าง	112
4. Loader insert	4A-S2-C1 เผื่อขนาดมากเกินไปทำให้การจับหลวม	168
	4A-S2-C2 ความยาวของ insert น้อยเกินไปทำให้การจับไม่กระชับ	112
5. Chuck	5A-S1-C1 เผื่อขนาดระยะนำรูในของ Chuck น้อยเกินไป	192
	5A-S2-C1 เผื่อขนาดความโตรูในของ Chuck มากเกินไป	168
	5A-S2-C2 กำหนดความยาวของ Chuck น้อยเกินไป	126
6. Chuck Plate	6B-S1-C1 ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้จุดศูนย์กลางแก้วมากเกินไป	168
	6A-S1-C2 Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	112
	6B-S2-C1 Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	112

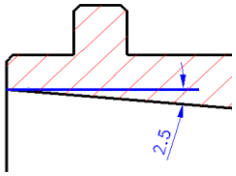
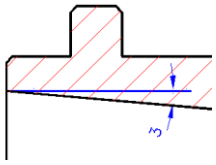
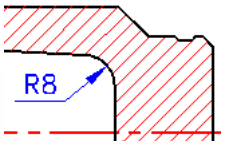
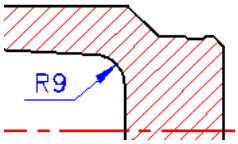
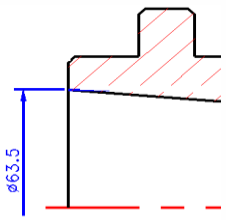
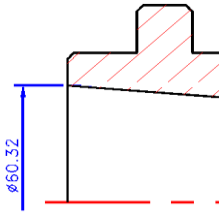
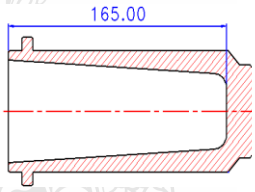
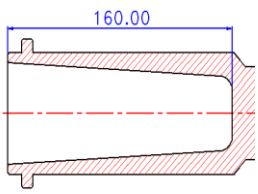
ตารางที่ 4.8 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู		
	1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่ (ตอนเพิ่มรูระบาย)		
1A-S2. รูปทรงของปากแก้วจุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู		
1A-S3. ลวดลายของแก้วไม่คมชัด	1A-S3-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 8 รู เป็น 10 รู		
	1A-S3-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่ (ตอนเพิ่มรูระบาย)		
	1A-S3-C4. เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มระยะการเผื่อความลึกจาก 2 มม.เป็น 2.5 มม.		

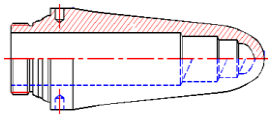
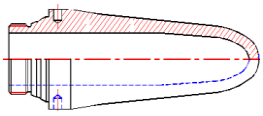
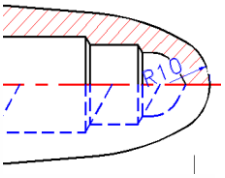
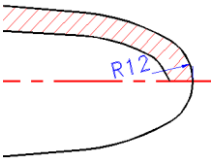
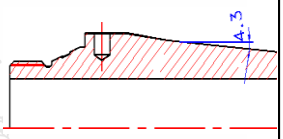
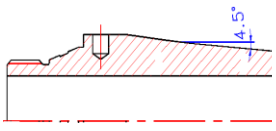
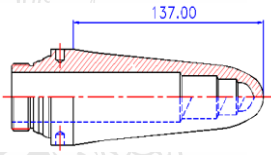
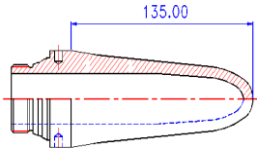
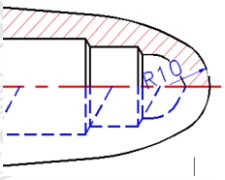
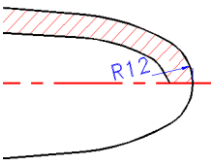
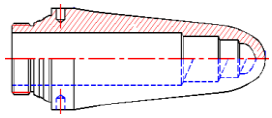
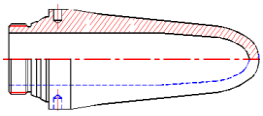
ตารางที่ 4.8 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
1A-S4. รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ	1A-S4-C1. ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตคอ Blow Mold จาก 63 มม. เป็น 62 มม.		
	1A-S4-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู		
1B-S3. มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส	1B-S3-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู		
1B-S6. มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ	1B-S6-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 8 รู เป็น 10 รู		

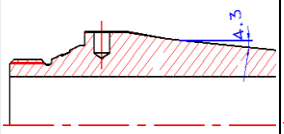
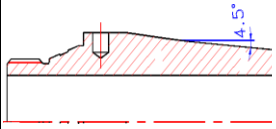
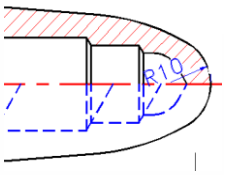
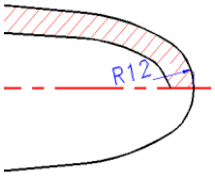
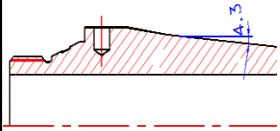
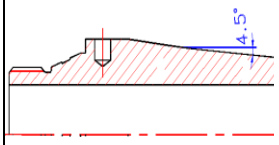
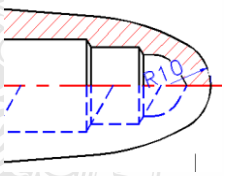
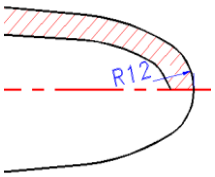
ตารางที่ 4.9 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
2A-S1. รูปทรงของพาริสัน(Parison) ไม่ตรงกับรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1-C1. มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Blank Mold จาก 2.5 องศา เป็น 3 องศา		
	2A-S1-C3. รัศมีก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศขังด้านใน Blank Mold	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีก้น Blank Mold จาก R8 เป็น R9		
2B-S1. ความหนาของปากแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2B-S1-C1. ขนาดความโตของปาก Blank มากเกินไปทำให้การยืดตัวออกทางแนวนอนได้น้อยลง	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตปากจาก 63.5 มม.เป็น 60.32 มม.		
	2B-S1-C2. ขนาดความลึกของ Blank มากเกินไปทำให้ระยะการยืดตัวออกทางแนวดิ่งได้น้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความลึกของ Blank Mold จาก 165 มม.เป็น 160 มม.		

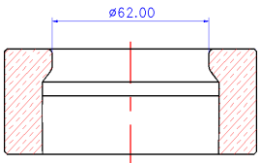
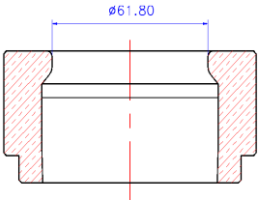
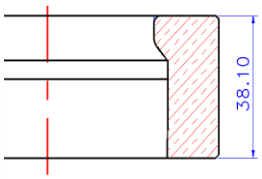
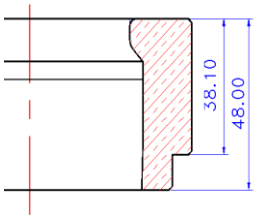
ตารางที่ 4.10 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Plunger

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
3A-S1. รูปร่างของ Parison ไม่ตรงกับรูปร่างของ Plunger	3A-S1-C1. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยืดตัวเอียง	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน		
	3A-S1-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วติดปลาย Plunger	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12		
	3A-S1-C3. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วไหลไม่สะดวกแล้วขึ้นรูปไม่ได้	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา		
3B-S1. ความหนาของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3B-S1-C1. ขนาดความยาวของ Plunger มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำแก้วไม่พอ	แก้ไขแบบโดยลดความยาวของ Plunger จาก 137 มม. เป็น 135 มม.		
3C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3C-S1-C1. รัศมีปลาย Plauger น้อยเกินไปทำให้การแผ่ตัวของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12		
	3C-S1-C2. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยืดตัวเอียง	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน		
3D-S1. Parision มีรอยตำหนิ(Side wave)	3D-S1-C1. ขนาดความโตของรู Cooling เล็กเกินไปทำให้ Plunger เย็น	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน		

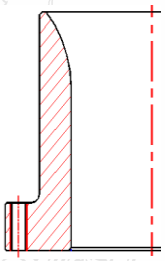
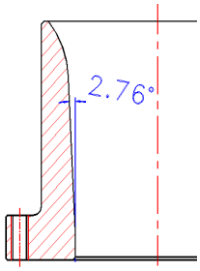
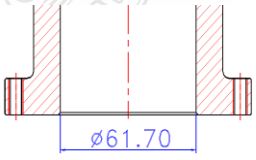
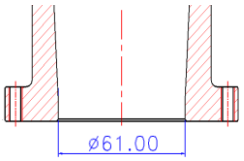
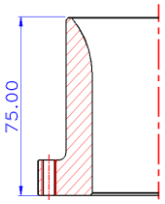
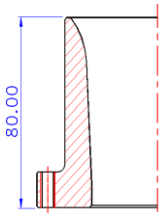
ตารางที่ 4.10 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Plunger (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
3D-S2. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	3D-S2-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้การวิ่งขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สะดวก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา		
	3D-S2-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12		
3D-S3. เกิดเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ฝังในเนื้อแก้ว	3D-S3-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้เกิดแรงกดอัดมากแล้วน้ำแก้วแทรกออกด้านข้าง	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา		
	3D-S3-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12		

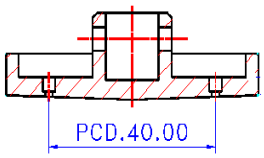
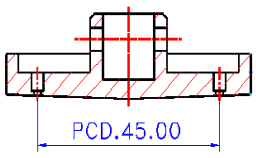
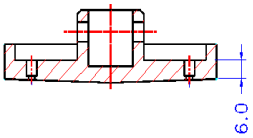
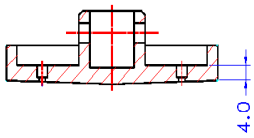
ตารางที่ 4.11 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Loader Insert

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
4A-S2. จับแก้วแล้วแก้วเอียง	4A-S2-C1. เผื่อขนาดมากเกินไปทำให้การจับหลวม	แก้ไขแบบจากความโต 62.00 มม.เป็น 61.80 มม.		
	4A-S2-C2. ความยาวของ insert น้อยเกินไปทำให้การจับไม่กระชับ	แก้ไขแบบจากความยาว 38.10 มม. เป็น 48.00 มม.		

ตารางที่ 4.12 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Chuck

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
5A-S1. แก้วสวมเข้า Chuck ไม่ได้	5A-S1-C1. เผื่อขนาดระยะนำรูในของ Chuck น้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดมุมเอียงรูในของ Chuck จาก 0 องศา เป็น 2.76 องศา		
5A-S2. แก้วไม่ตรงศูนย์กับ Burnner	5A-S2-C1. เผื่อขนาดความโตรูในของ Chuck มากเกินไป	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตรูในของ Chuck จาก 61.7 มม. เป็น 61.0 มม.		
	5A-S2-C2. กำหนดความยาวของ Chuck น้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดความยาวของ Chuck จาก 75 มม. เป็น 80 มม.		

ตารางที่ 4.13 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	แบบก่อนการแก้ไข	แบบหลังการแก้ไข
6B-S1. เกิดตำหนิรอยของ Chuck Plate ที่กันแก้ว	6B-S1-C1. ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้จุดศูนย์กลางแก้วมากเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดจาก 40 มม.เป็น 45 มม.		
	6A-S1-C2. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความหนาจาก 6 มม.เป็นความหนา 4 มม.		
6B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่กันแก้ว	6B-S2-C1. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความหนาจาก 6 มม.เป็นความหนา 4 มม.		

4.4.10. การทบทวนการประเมินคะแนนและคำนวนค่า RPN ใหม่

หลังจากได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง การดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอแนะดังกล่าวเสร็จสิ้นแล้ว จากนั้นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ได้ดำเนินการแก้ไขแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์ขึ้นมาใหม่ตามที่เสนอแนะไว้ แล้วให้ทีมงานดำเนินการให้คะแนนความรุนแรงใหม่ ส่วนคะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและการควบคุมปัจจุบันยังคงเป็นค่าคะแนนเดิมเพราะการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องนี้ได้เน้นไปที่การลดความรุนแรงผลกระทบของข้อบกพร่องเท่านั้น โดยการแก้ไขปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในส่วนของการออกแบบเท่านั้น สำหรับการคำนวนค่า RPN ใหม่ ดังแสดงในตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ ในภาคผนวก ง

จากผลการคำนวนค่า RPN ใหม่พบว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 100 คะแนนทุกข้อบกพร่อง ดังนั้นแบบแม่พิมพ์ที่แก้ไขใหม่นี้จะนำไปใช้ในการสั่งผลิตแม่พิมพ์ชุดทดสอบเพื่อยืนยันผลการแก้ไขปรับปรุงต่อไป ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า RPN ที่ลดลงก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	RPN		
			ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปอร์เซ็นที่ลดลง
1. Blow Mold	1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	168	72	57.14
	1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่(ตอนเพิ่มรูระบาย)	168	72	57.14
	1A-S3-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่(ตอนเพิ่มรูระบาย)	168	72	57.14
	1A-S3-C4. เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มระยะการเผื่อความลึกจาก 2 มม.เป็น 2.5 มม.	168	72	57.14
	1A-S4-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	168	72	57.14
	1A-S4-C1. ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตคอ Blow Mold จาก 63 มม. เป็น 62 มม.	126	54	57.14
	1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	112	48	57.14
	1A-S3-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 8 รู เป็น 10 รู	112	48	57.14
	1B-S3-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	112	48	57.14
	1B-S6-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 8 รู เป็น 10 รู	112	48	57.14

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง (ต่อ)

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	RPN		
			ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปอร์เซ็นที่ลดลง
2. Blank Mold	2A-S1-C3. รัศมีก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศขังด้านใน Blank Mold	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีก้น Blank Mold จาก R8 เป็น R9	192	72	62.50
	2B-S1-C1. ขนาดความโตของปาก Blank มากเกินไปทำให้การยืดตัวออกทางแนวนอนได้น้อยลง	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตปากจาก 63.5 มม.เป็น 60.32 มม.	168	72	57.14
	2B-S1-C2. ขนาดความลึกของ Blank มากเกินไปทำให้ระยะการยืดตัวออกทางแนวดิ่งได้น้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความลึกของ Blank Mold จาก 165 มม.เป็น 160 มม.	168	72	57.14
	2A-S1-C1. มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Blank Mold จาก 2.5 องศาเป็น 3 องศา	128	48	62.50
3. Plunger	3B-S1-C1. ขนาดความยาวของ Plunger มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำแก้วไม่พอ	แก้ไขแบบโดยลดความยาวของ Plunger จาก 137 มม. เป็น 135 มม.	168	72	57.14
	3C-S1-C1. รัศมีปลาย Plauger น้อยเกินไปทำให้การแผ่ตัวของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	168	72	57.14
	3D-S1-C1. ขนาดความโตของรู Cooling เล็กเกินไปทำให้ Plunger เย็น	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน	168	72	57.14
	3D-S2-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	168	72	57.14
	3D-S3-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	168	72	57.14
	3A-S1-C1. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยึดตัวเอียง	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน	128	48	62.50
	3A-S1-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วติดปลาย Plunger	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	128	48	62.50
	3A-S1-C3. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วไหลไม่สะดวกแล้วขึ้นรูปไม่ได้	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา	128	48	62.50
	3C-S1-C2. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยึดตัวเอียง	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน	112	48	57.14
	3D-S2-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้การวิ่งขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สะดวก	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา	112	48	57.14
	3D-S3-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้เกิดแรงกดอัดมากแล้วน้ำแก้วแทรกออกด้านข้าง	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา	112	48	57.14

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง (ต่อ)

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	RPN		
			ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปอร์เซ็นที่ลดลง
4. Loader insert	4A-S2-C1. เผื่อขนาดมากเกินไปทำให้การจับหลวม	แก้ไขแบบจากความโต 62.00 มม.เป็น 61.80 มม.	168	72	57.14
	4A-S2-C2. ความยาวของ insert น้อยเกินไปทำให้การจับไม่กระชับ	แก้ไขแบบจากความยาว 38.10 มม. เป็น 48.00 มม.	112	48	57.14
5. Chuck	5A-S1-C1. เผื่อขนาดระยะนำรูในของ Chuck น้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดมุมเอียงรูในของ Chuck จาก 0 องศา เป็น 2.76 องศา	192	72	62.50
	5A-S2-C1. เผื่อขนาดความโตรูในของ Chuck มากเกินไป	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตรูในของ Chuck จาก 61.7 มม. เป็น 61.0 มม.	168	72	57.14
	5A-S2-C2. กำหนดความยาวของ Chuck น้อยเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดความยาวของ Chuck จาก 75 มม.เป็น 80 มม.	126	54	57.14
6. Chuck Plate	6B-S1-C1. ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้จุดศูนย์กลางแก้วมากเกินไป	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดจาก 40 มม.เป็น 45 มม.	168	72	57.14
	6A-S1-C2. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความหนาจาก 6 มม.เป็นความหนา 4 มม.	112	48	57.14
	6B-S2-C1. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความหนาจาก 6 มม.เป็นความหนา 4 มม.	112	48	57.14

4.5 การประเมินผลและการยืนยันผลการปรับปรุง

4.5.1 ผลการทดสอบแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วตัวอย่าง

จากการนำแม่พิมพ์ ดังรูป 4.3 มาประกอบและติดตั้งบนเครื่องจักรแล้วทำการผลิตขึ้นรูปแก้วตัวอย่างจำนวน 40 ใบ ตามตารางของ Krejcie and Morgan ที่แสดงไว้ในภาคผนวก จ พบว่าต้องทำการสุ่มแก้วตัวอย่างจำนวน 36 ใบ เพื่อนำมาตรวจสอบค่าขนาดมิติที่กำหนดในแบบโดยแผนกประกันคุณภาพ จากผลการตรวจสอบแก้วตัวอย่างของแผนกประกันคุณภาพ ทีมงานได้ทำการสรุปผลการทดสอบแม่พิมพ์ดังแสดงในตารางที่ 4.15 สำหรับรูปที่ 4.4 แสดงแก้วตัวอย่างที่ได้จากการนำแม่พิมพ์ไปทดสอบการขึ้นรูป

รูปที่ 4.3 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ 4.4 แก้วตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบแม่พิมพ์

ตารางที่ 4.15 การสรุปผลการตรวจสอบแก้วตัวอย่าง

เกณฑ์การพิจารณา	ค่ามาตรฐาน	ค่าพิกัด	หน่วยวัด	ค่าเฉลี่ยที่ตรวจสอบได้	สรุปผลการพิจารณา	
					ผ่าน	ไม่ผ่าน
1. ขนาดของแก้วตามแบบ						
1.1 ความโตปากแก้ว	70	+/- 1	มิลลิเมตร	69.97	√	
1.2 ความโตก้นแก้ว	61	+/- 1	มิลลิเมตร	61.12	√	
1.3 ความหนาผนังปากแก้ว	1.6	+/- 0.2	มิลลิเมตร	1.55	√	
1.4 ความหนาก้นแก้ว	19	+/- 1	มิลลิเมตร	18.4	√	
1.5 ความสูงรวมของแก้ว	220	+/- 1	มิลลิเมตร	219.68	√	
1.6 น้ำหนักรวมของแก้ว	380	+/- 24	กรัม	378.57	√	
1.7 ความจุรวมของแก้ว	450	+/- 24	มิลลิลิตร	448.6	√	
2. ตำหนิ (Defect)						
2.1 ก้นแก้วยุบ	ตัวอย่างตำหนิมาตรฐาน	-	-	น้อยกว่ามาตรฐาน	√	
2.2 เศษแก้วฝังในเนื้อแก้ว	ตัวอย่างตำหนิมาตรฐาน	-	-	น้อยกว่ามาตรฐาน	√	
2.3 รอยแก้วเย็น	ตัวอย่างตำหนิมาตรฐาน	-	-	น้อยกว่ามาตรฐาน	√	

จากข้อมูลผลการตรวจสอบแก้วตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบแม่พิมพ์ตามตารางที่ 4.15 สรุปได้ว่า ค่าขนาดมิติของแก้วและตำหนิของแก้วที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้งหมด ซึ่งหมายความว่าแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้สามารถนำไปใช้ในการผลิตแก้วได้จริง

4.5.2 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

หลังที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแบบแม่พิมพ์และการทดสอบแม่พิมพ์เสร็จสิ้นแล้วจึงได้รวบรวมข้อมูลของระยะเวลานำของการดำเนินการตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์(ฉบับร่าง) จนถึงวันที่ทำการทดสอบแม่พิมพ์เสร็จสิ้นและค่าใช้จ่ายในการทดสอบเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังการนำเทคนิค FMEA มาใช้ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

เกณฑ์การเปรียบเทียบ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	% ที่ลดลง
จำนวนครั้งการทดสอบม่พิมพ์ (ครั้ง)	2.7	1	63.0%
ระยะเวลานำ (วัน)	75	45	40.0%
ค่าใช้จ่ายการทดสอบ (บาท)	197,000	72,500	63.2%

จากข้อมูลในตารางพบว่าจำนวนครั้งในการทดสอบแม่พิมพ์ก่อนการนำเทคนิค FMEA มาใช้ จำนวนครั้งในการทดสอบแม่พิมพ์เฉลี่ย 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ แต่หลังจากที่ปรับปรุงสามารถลด

จำนวนครั้งในการทดสอบเหลือเพียง 1 ครั้ง คิดเป็น 63.0 % ระยะเวลานำจากเดิมก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยประมาณ 75 วันต่อผลิตภัณฑ์ ลดลงเหลือ 45 วัน คิดเป็น 40.0 % และค่าใช้จ่ายในการทดสอบจากเดิมก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยประมาณ 197,000 บาทต่อผลิตภัณฑ์ ลดลงเหลือประมาณ 72,500 บาท คิดเป็น 63.2 % จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร สามารถลดจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบแม่พิมพ์และลดระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้

ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการที่นำเทคนิค FMEA มาใช้ในขั้นตอนการทบทวนการออกแบบแม่พิมพ์ โดยได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน (Work Instruction) นำเสนอผู้บริหารและผู้บริหารได้พิจารณาอนุมัติให้ใช้เป็นมาตรฐานการทำงานในการออกแบบแม่พิมพ์ สำหรับรายละเอียดของคู่มือดังแสดงในภาคผนวก ฉ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในกระบวนการผลิตแก้วนั้นจะอาศัยแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปเพื่อให้ได้ขนาดและรูปทรงของแก้วตามที่ต้องการ สำหรับโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ด้วยบุคคลากรของบริษัทเอง จากการรวบรวมข้อมูลผลการดำเนินงานด้านการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ของทางบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 รวมทั้งสิ้น 14 ผลิตภัณฑ์ พบปัญหาที่ส่งผลกับต้นทุนของบริษัทและความพึงพอใจของลูกค้าแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

1. ปัญหาการทดสอบแม่พิมพ์ พบว่ามีจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์เฉลี่ย 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์

2. ปัญหาระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ใหม่ พบว่ามีระยะเวลานำเฉลี่ย 75 วัน ต่อผลิตภัณฑ์

จากปัญหาข้างต้นเมื่อพิจารณาจากกระบวนการผลิตโดยรวมของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ถือว่ามีส่วนสำคัญ หากเกิดข้อบกพร่องหรือสิ่งผิดปรกติจะทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตอื่นๆตามมา ทางผู้วิจัยเห็นว่าในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่ หากมีทีมผู้เชี่ยวชาญหลายๆด้านมาร่วมกันทบทวนแบบแม่พิมพ์ (Design Review) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) มาประเมินความเสี่ยงสำหรับการเกิดข้อบกพร่อง แล้วกำหนดแนวทางการแก้ไขและป้องกันก่อนล่วงหน้าก่อนที่จะทำการผลิตแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปแก้ว จะเป็นวิธีการที่จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการออกแบบและช่วยลดปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้ ดังนั้นจึงดำเนินงานวิจัยซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วโดยใช้เทคนิค FMEA ในการลดจำนวนครั้งในการทดสอบแม่พิมพ์และระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ โดยทำกรณีศึกษากับการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัทจำนวนหนึ่งผลิตภัณฑ์

เมื่อนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์โดยทำการวิเคราะห์และประเมินแบบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ออกแบบขึ้น ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบของแม่พิมพ์มีสาเหตุของข้อบกพร่องทั้งหมด 65 ข้อบกพร่องและผลการประเมินคะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิดข้อบกพร่องและการควบคุมปัจจุบัน จากนั้นคำนวณค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) พบว่าข้อบกพร่องที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำ

มากกว่า 100 คะแนน มีจำนวน 33 ข้อที่ทีมงานได้คัดเลือกเพื่อมาประชุมระดมสมองในการหาสาเหตุและกำหนดแนวทางการแก้ไขของข้อบกพร่อง ประกอบด้วย

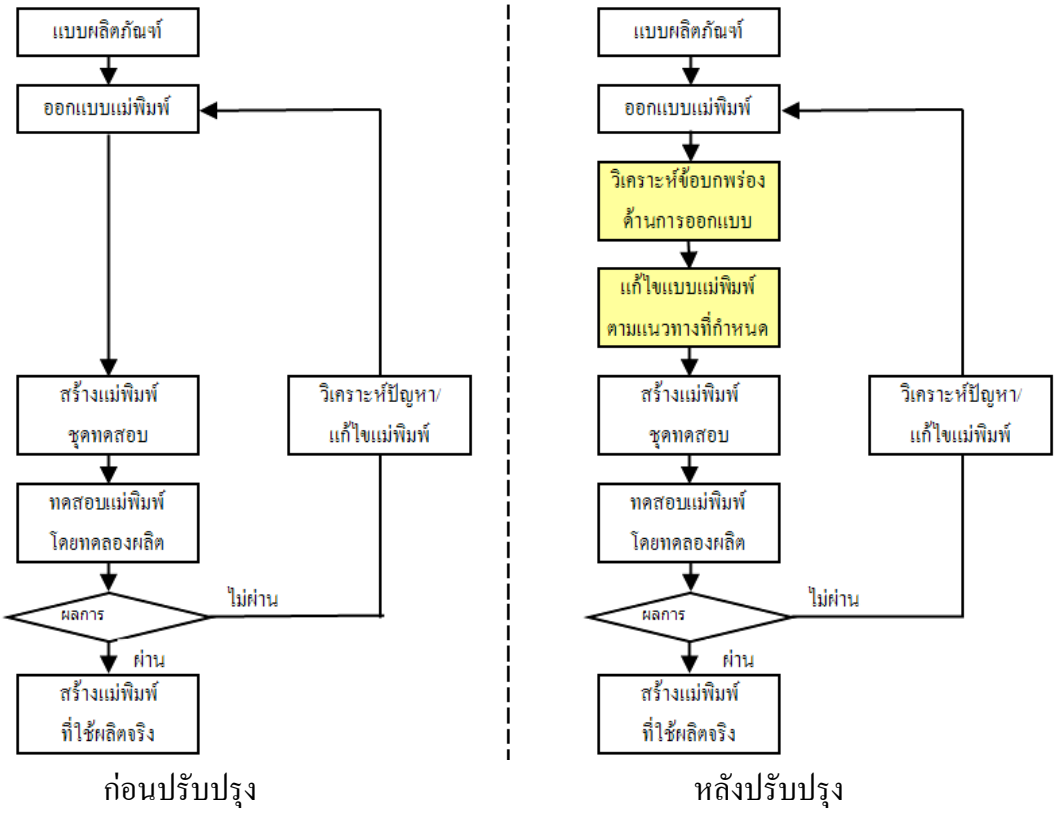
- ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold จำนวน 10 ข้อ
- ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold จำนวน 4 ข้อ
- ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Plunger จำนวน 11 ข้อ
- ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Loader Insert จำนวน 2 ข้อ
- ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Chuck จำนวน 3 ข้อ
- ข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate จำนวน 3 ข้อ

จากการแก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่องตามแนวทางที่ทีมงาน FMEA ได้ร่วมกันเสนอแนะเสร็จสิ้นแล้ว ผู้ออกแบบแม่พิมพ์ได้ดำเนินการแก้ไขและเขียนแบบแม่พิมพ์ขึ้นมาใหม่ แล้วให้ทีมงานดำเนินการประเมินคะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิดข้อบกพร่องและการควบคุมปัจจุบันและคำนวนค่า RPN ใหม่ จากผลการคำนวนค่า RPN ใหม่พบว่าค่าที่ได้น้อยกว่า 100 คะแนนทุกข้อบกพร่องและเมื่อนำค่า RPN มาเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังการแก้ไขปรับปรุงพบว่าค่า RPN สามารถลดลง 58.1 % จากการนำแม่พิมพ์ไปทำการทดสอบขึ้นรูปแก้วแล้วนำแก้วตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบไปตรวจสอบผลปรากฏว่าขนาดมิติตามค่าข้อกำหนดเฉพาะและตำหนิของแก้วตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากการวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้โดยทำกรณีศึกษากับการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เพียงหนึ่งผลิตภัณฑ์เท่านั้น ดังนั้นการเปรียบเทียบผลจึงใช้วิธีการนำผลการวิจัยที่ได้จากการทำกรณีศึกษากับผลิตภัณฑ์เพียงหนึ่งผลิตภัณฑ์ไปเปรียบเทียบกับผลการดำเนินงานในอดีตซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย จากการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่าจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ก่อนการนำเทคนิค FMEA มาใช้ จำนวนครั้งในการทดสอบแม่พิมพ์เฉลี่ย 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ แต่หลังจากที่ปรับปรุงสามารถลดจำนวนครั้งในการทดสอบเหลือเพียง 1 ครั้ง คิดเป็น 63.0 % ระยะเวลานำจากเดิมก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยประมาณ 75 วันต่อผลิตภัณฑ์ ลดลงเหลือ 45 วัน คิดเป็น 40.0 % และค่าใช้จ่ายในการทดสอบจากเดิมก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยประมาณ 197,000 บาทต่อผลิตภัณฑ์ ลดลงเหลือประมาณ 72,500 บาท คิดเป็น 63.2 %

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหารสามารถลดจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ต่อผลิตภัณฑ์และลดระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากสมมุติฐานการวิจัยที่ว่าการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร สามารถลดจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ต่อผลิตภัณฑ์และลดระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้นั้น ผลการวิจัยพบว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษาหนึ่งผลิตภัณฑ์นั้น สามารถลดจำนวนครั้งของการทดสอบแม่พิมพ์ต่อผลิตภัณฑ์และลดระยะเวลานำของกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้ ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบจะจัดทำโดยทีมงานมีความรู้ด้านเทคโนโลยีเฉพาะจากแผนกที่เกี่ยวข้องที่ประกอบด้วย แผนกขึ้นรูปแก้ว แผนกซ่อมบำรุงแม่พิมพ์และแผนกประกันคุณภาพมาร่วมกันทบทวนแบบของแม่พิมพ์ทำให้เข้าถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่จะส่งผลต่อข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นและกำหนดแนวทางแก้ไขป้องกันสาเหตุของข้อบกพร่องล่วงหน้าก่อนที่จะนำแบบแม่พิมพ์ไปสั่งผลิตเพื่อทดสอบการขึ้นรูปแก้ว ดังรูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานก่อนและหลังการนำเทคนิค FMEA มาใช้ในการทบทวนการออกแบบ



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทำงานระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการนำเทคนิค FMEA มาใช้ในการทบทวนการออกแบบของการวิจัยนี้จะเห็นว่าสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าการปรับแก้แบบในระยะแรกๆของการออกแบบจะสามารถลดค่าใช้จ่ายและผลกระทบให้น้อยลงได้เมื่อทำการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) เพราะการทบทวนแบบระหว่างขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นการดำเนินงานเชิงป้องกันอย่างหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนและลดเวลาในการออกแบบและการทดสอบแก้ไขปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ การแก้ไขงานที่ผลิตเสียหรือแม้กระทั่งค่าใช้จ่ายในการประกันความเสียหาย [2] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยที่ผ่านมาที่ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะจากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าสัดส่วนจำนวนการผลิตแม่พิมพ์ล่าช้ากว่ากำหนดมีค่าลดลง จำนวนชิ้นส่วนประกอบแม่พิมพ์เสียในกระบวนการผลิตลดลง และจำนวนการซ่อมแซมแม่พิมพ์ระหว่างการใช้งานมีค่าลดลง [7] และการวิจัยเพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการออกแบบและผลิตสายไฟฟ้าประเภททนไฟ จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าต้นทุนขณะก่อนการปรับปรุง [8]

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้เลือกเฉพาะชิ้นส่วนแม่พิมพ์หลักที่ใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์เท่านั้น ซึ่งบางข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เกิดจากชิ้นส่วนแม่พิมพ์อื่นที่นำมาประกอบร่วมกับชิ้นส่วนหลัก ดังนั้นควรจะมีการประเมินข้อบกพร่องและผลกระทบทุกชิ้นส่วนที่นำมาประกอบกันเพื่อ ใช้ขึ้นรูปแก้ว

2. ในการกำหนดแนวทางการแก้ไขบางข้อบกพร่องที่มีความซับซ้อนเกินกว่าที่ประสบการณ์ของทีมงานจะเสนอแนะแนวทางการแก้ไขได้ควร ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) มาช่วยในการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงด้วย

3. ในการดำเนินงานวิจัยกรณีนี้ได้มุ่งเน้นไปที่กระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ซึ่งเป็นกระบวนการต้นน้ำที่พัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นให้การใช้งานมีความสมบูรณ์เพื่อใช้สำหรับการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการ (PFMEA) ของการผลิตจึงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากัน เพื่อจะได้มีความมั่นใจยิ่งขึ้นว่าการผลิตจะมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งควรที่จะจัดทำแผนควบคุมการผลิตเพิ่มเติมด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] รายงานโครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์, สถาบันไทย – เยอรมัน, 2547 .

[2] มณฑลี ศาสนนันทน์, การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย , กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2550 .

[3] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ ,**การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ** , กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) 2551.

[4] พิชิต สุขเจริญพงษ์, การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม, เอช-เอน การพิมพ์: บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด. 2535.

[5] วันรัตน์ จันทกิจ , **17 เครื่องมือนักคิด** , กรุงเทพฯ , สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2547 .

[6] วิทย์ วรรณวิจิตร. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547 .

[7] นิพนธ์ ชวนะปราณี. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543 .

[8] พงศธร คุ้มชนะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์รถยนต์นั่งขับเคลื่อน 4 ล้อ : กรณีศึกษายานยนต์เสรีเอนกประสงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543 .

[9] ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546 .

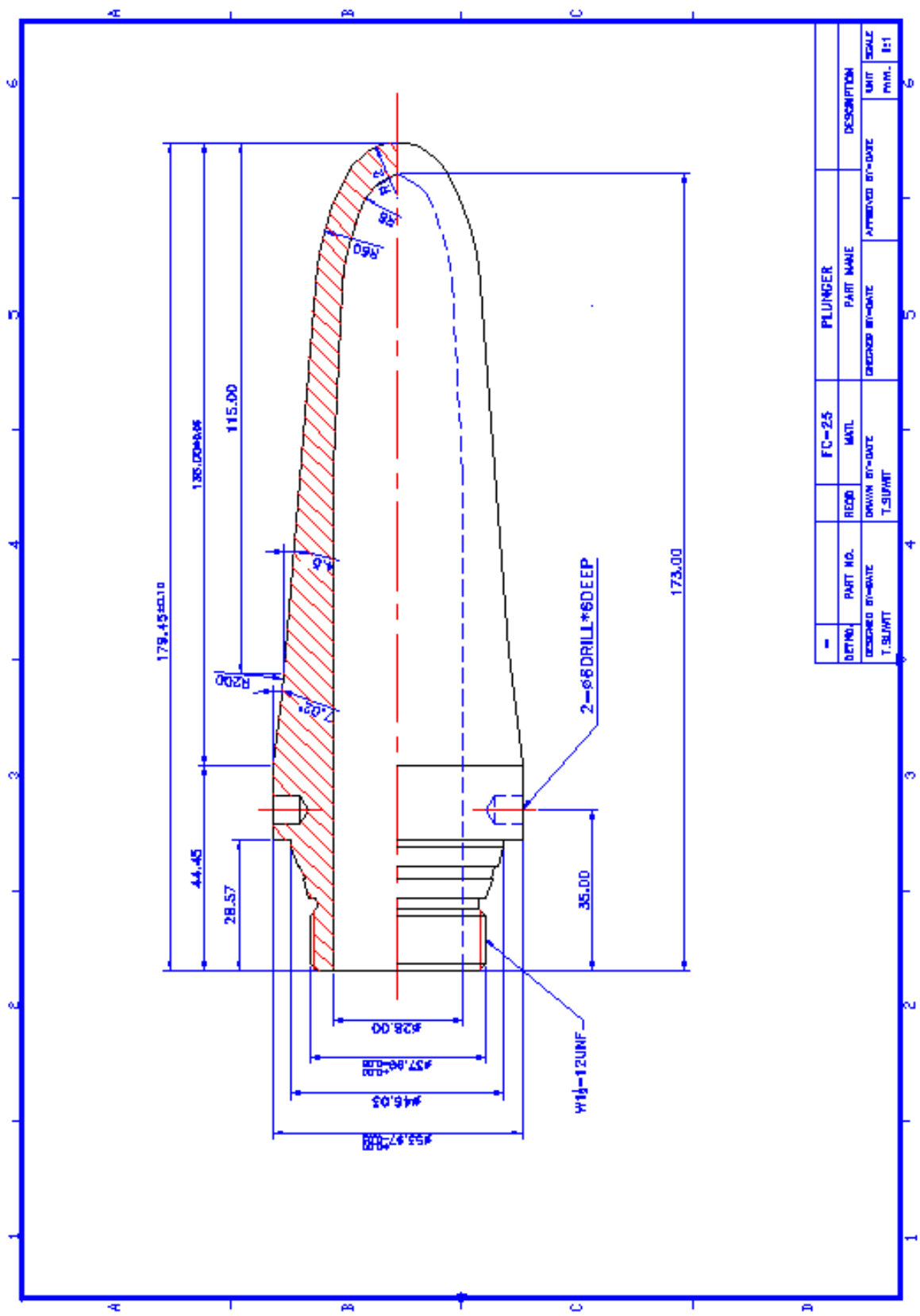
[10] เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพ สำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540 .

[11] Stamatis D.H., Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution. ASQC Quality Press, Wisconsin, 1995.

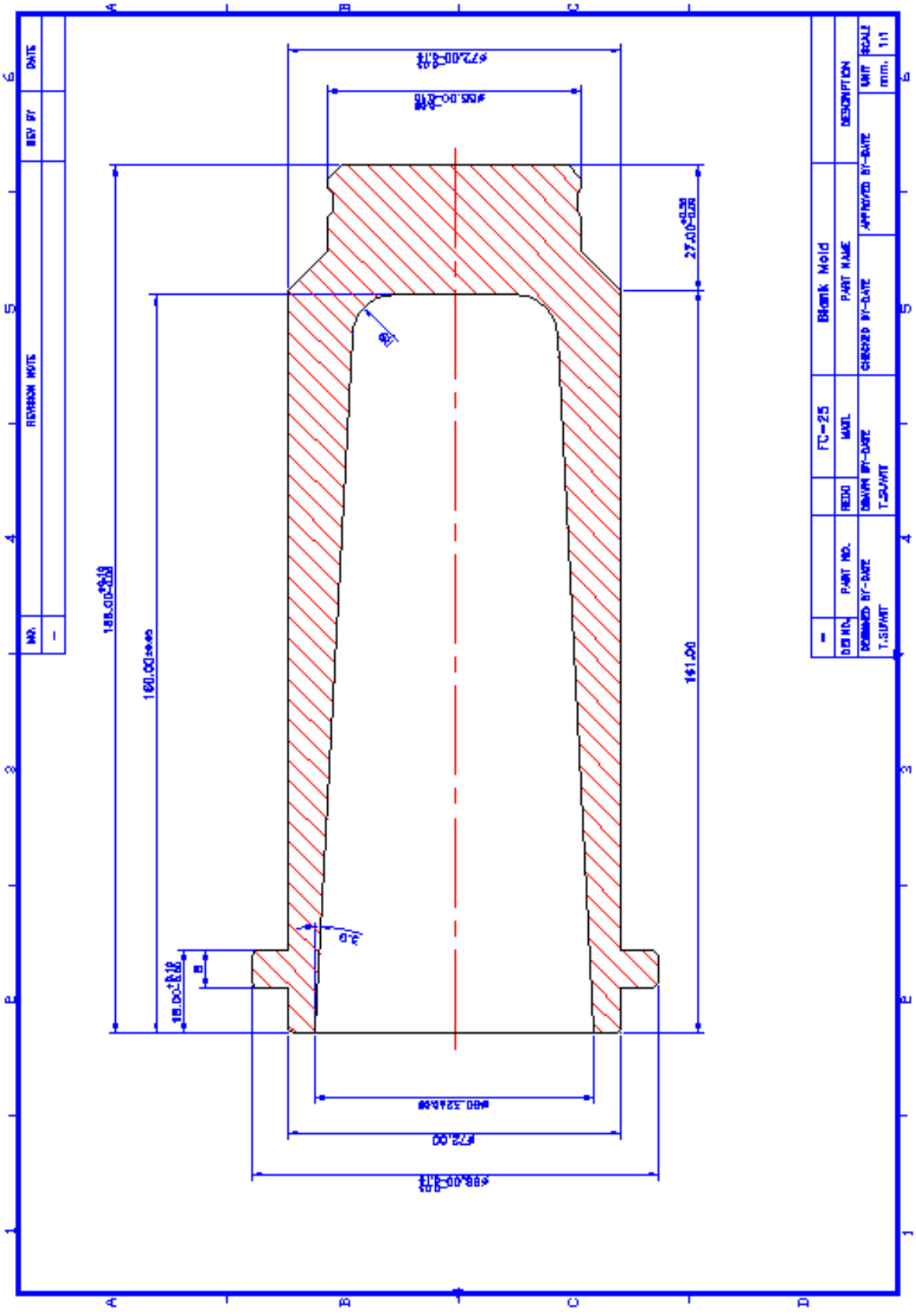
[12] Scipioni A., FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company. Food Control Volume 13 Number 8, December 2002.

[13] Jegadheesan, C., Design and development of modified service failure mode and effects analysis model. International Journal of Services and Operations Management, Volume 3, Number 1, 30 November 2006 .

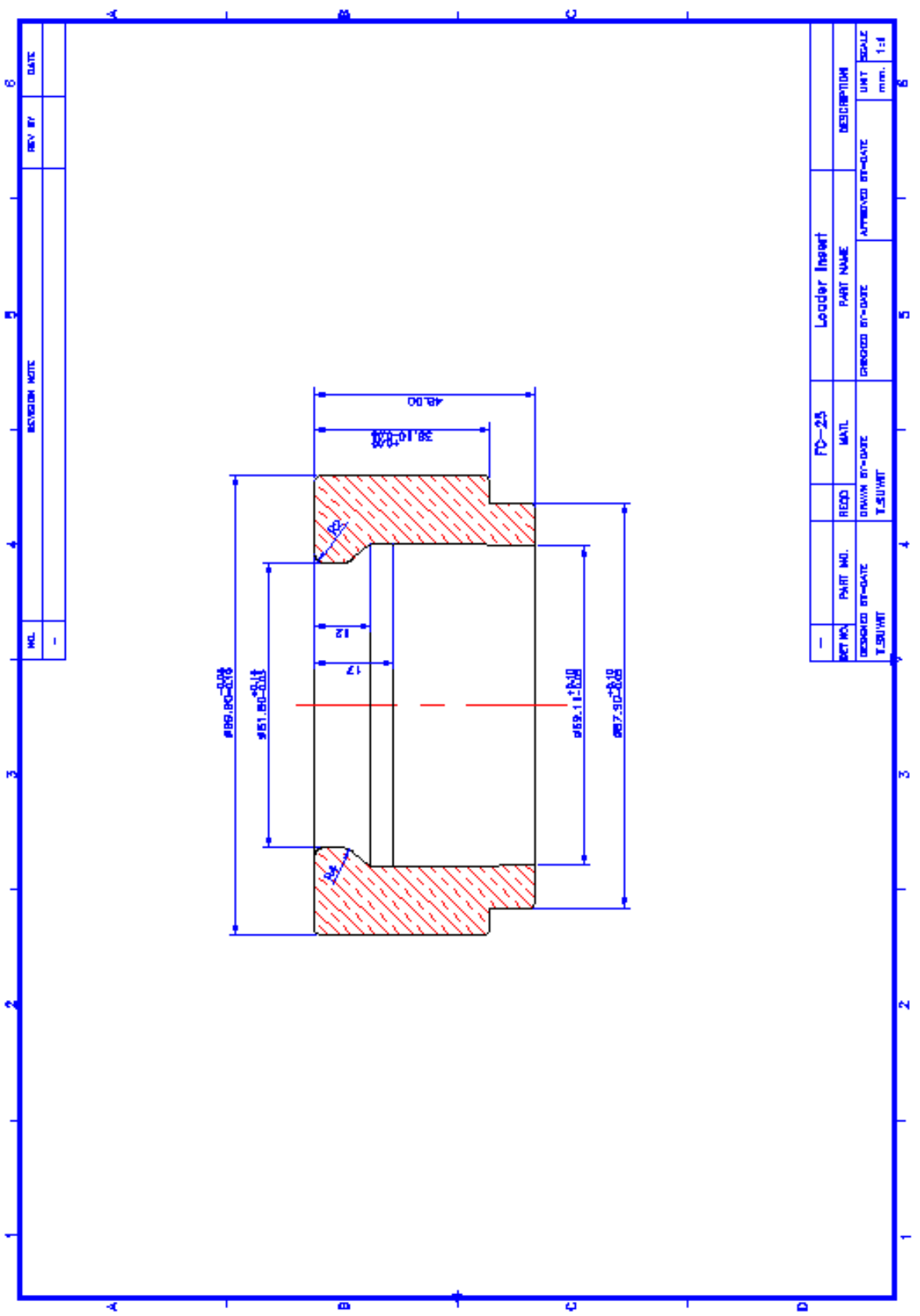
ภาคผนวก ก
แบบร่างชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว



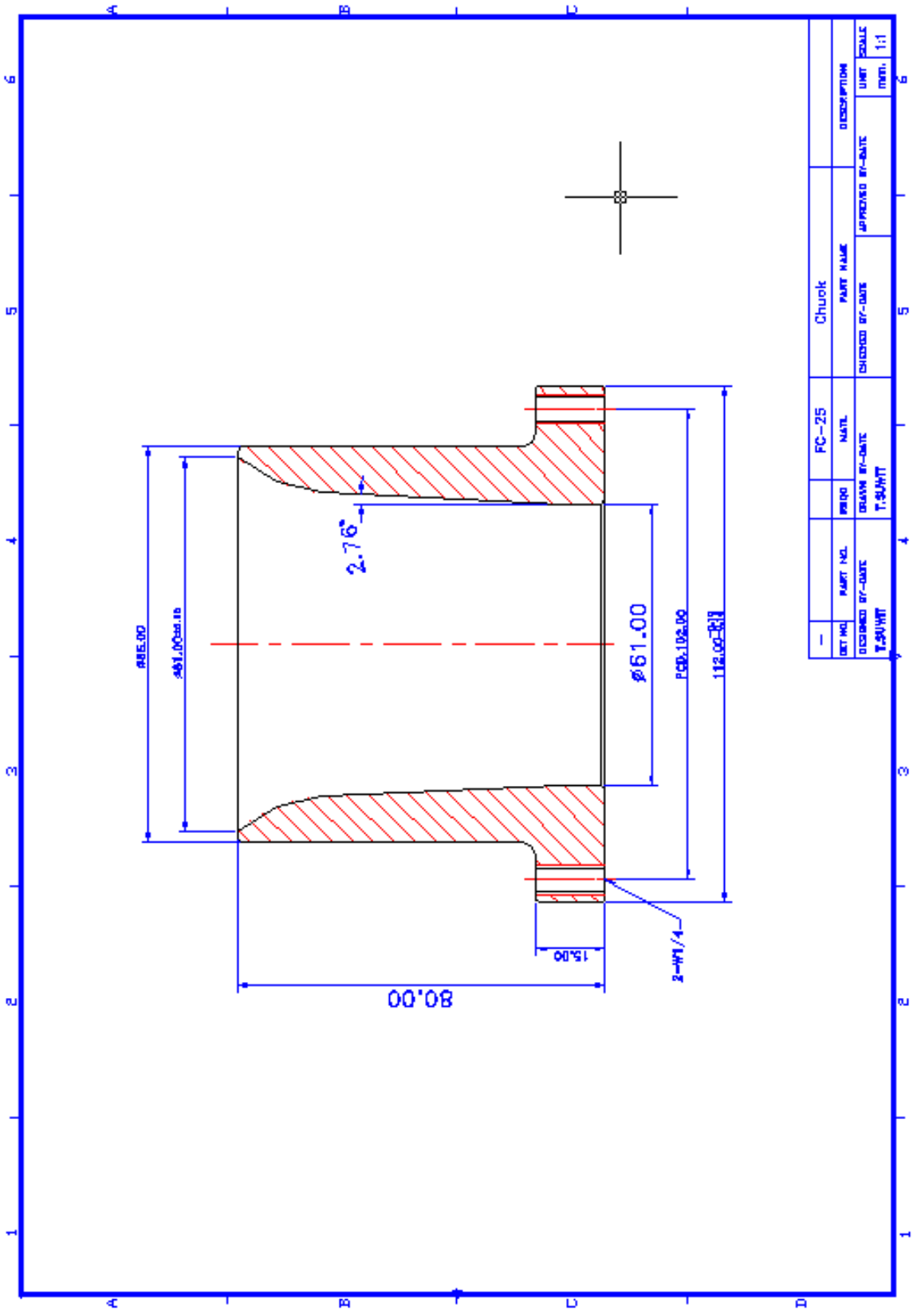
รูปที่ ก-1 แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Plunger



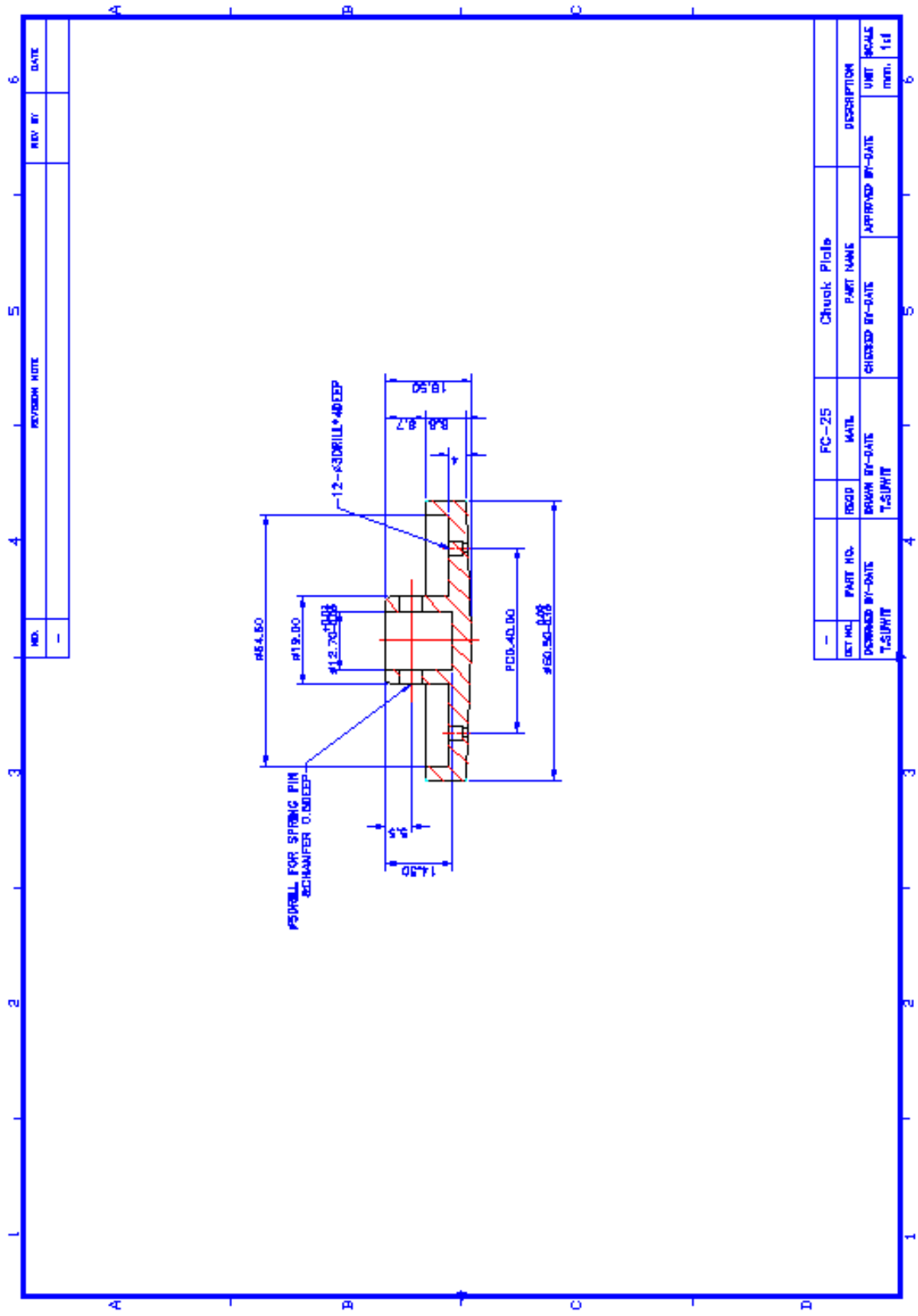
รูปที่ ก-2 แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blank Mold



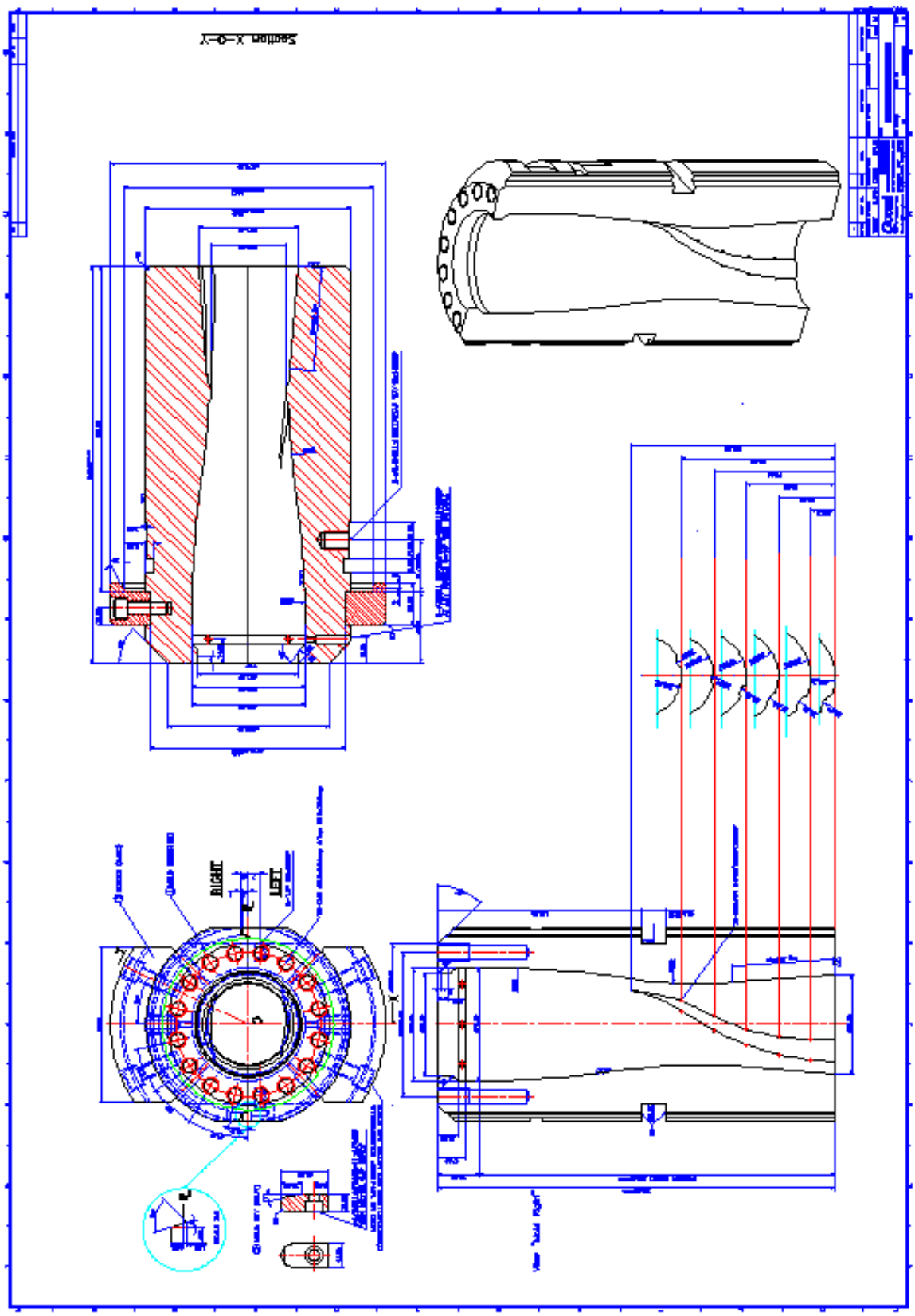
รูปที่ ก-3 แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Loader Insert



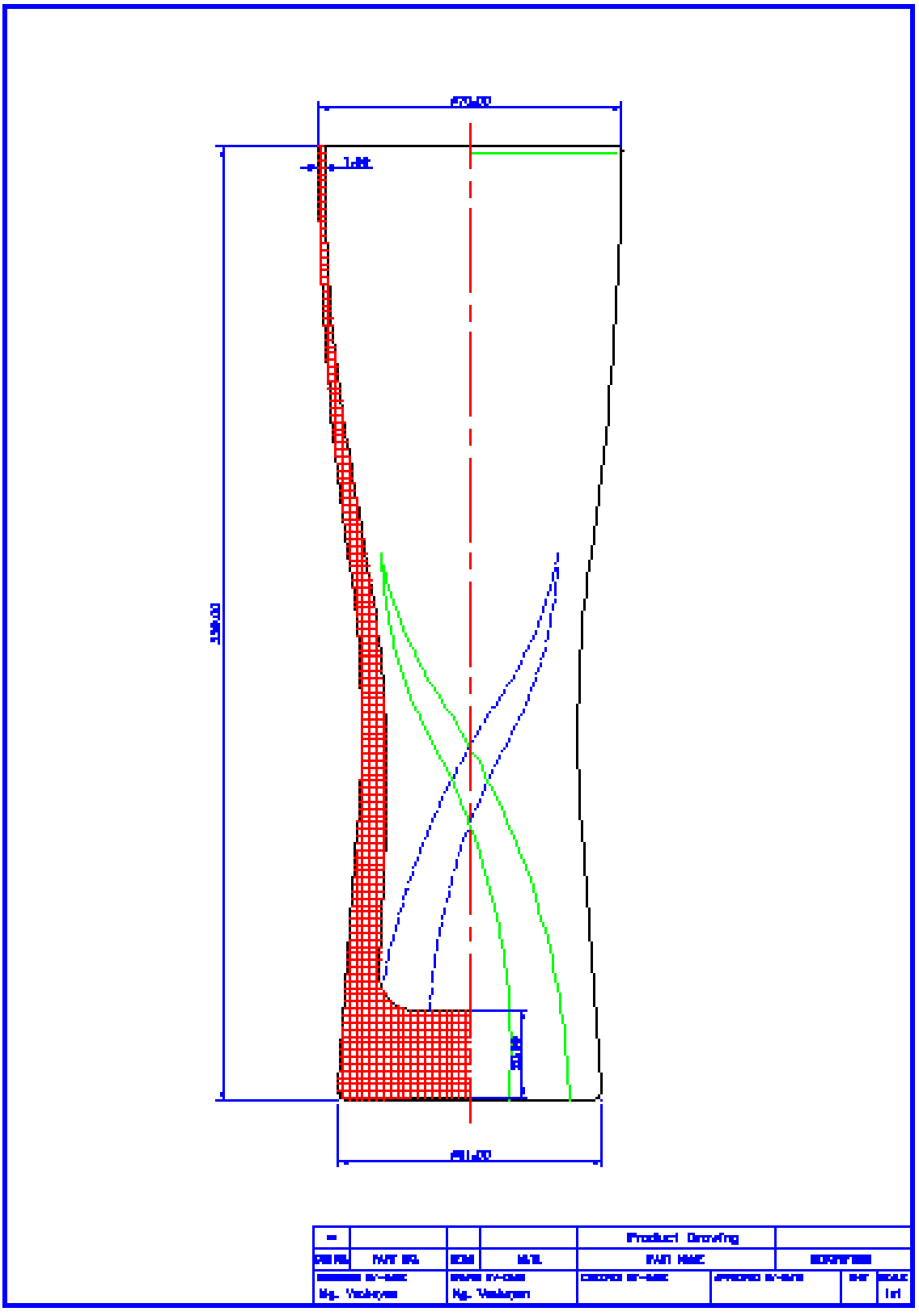
รูปที่ ก-4 แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Chuck



รูปที่ ก-5 แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Chuck Plate



รูปที่ ก-6 แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Blow Mold



รูปที่ ก-7 แบบผลิตภัณฑ์ใหม่

ภาคผนวก ข

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (ก่อนการปรับปรุง)

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
1A. มีหน้าที่ขึ้นรูปทรงและลวดลายแก้วให้ตรงตามขนาดที่กำหนดในแบบ	1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	1A-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		1A-S1-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	1A-S2. รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	1A-S2-O2. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S2-C1. การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
	1A-S3. ลวดลายของแก้วไม่คมชัด	1A-S3-O3. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S3-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
			7		1A-S3-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		1A-S3-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		1A-S3-C4. เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
	1A-S4. รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ	1A-S4-O4. Loader จับแก้วไม่แน่นแก้วลื่นหลุดตกลงพื้น	7		1A-S4-C1. ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป	6	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	126							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
			7		1A-S4-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
1B. มีหน้าที่เป่าขึ้นรูปแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	1B-S1. มีตำหนิรอยประกบ Mold บนลำตัวแก้ว	1B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S1-C1. การกำหนดค่าพิกัดของ Key ไม่เหมาะสม	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		1B-S1-C2. การกำหนดค่าเผื่อการขยายตัวของ Blow Mold ไม่เหมาะสม	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	1B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	1B-S2-O2. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S2-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		1B-S2-C2. มุมแหลมของลวดลายเล็กเกินไปทำให้ Over heat	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	1B-S3. มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส	1B-S3-O3. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S3-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
			7		1B-S3-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
	1B-S4. มีตำหนิก้นแก้วคอด	1B-S4-O4. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S4-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ระบายความร้อนไม่ทัน	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	1B-S5. มีตำหนิผิวแก้วยุบ(Suck side)	1B-S5-O5. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S5-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	1B-S6. มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ	1B-S6-O6. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S6-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
	1B-S7. มีรอยตำหนิผิวแก้วเป็นคลื่นไม่เรียบและไม่ใส	1B-S7-O7. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S7-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
2. Blank Mold																	
2A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปทรงของพาริสัน (Parison) ตรงตามรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1. รูปทรงของพาริสัน(Parison) ไม่ตรงกับรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1-O1. ไม่สามารถเป่าแก้วให้ขึ้นรูปทรงได้	8		2A-S1-C1. มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128							
			8		2A-S1-C2. ผนังด้านข้างของ Blank Mold บางเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วจะติดกับผนัง Blank Mold	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96							
			8		2A-S1-C3. รัศมีก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศขังด้านใน Blank Mold	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	192							
2B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาปากแก้วตรงตามแบบ	2B-S1. ความหนาของปากแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2B-S1-C1. ขนาดความโตของปาก Blank มากเกินไปทำให้การยืดตัวออกทางแนวนอนได้น้อยลง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
2. Blank Mold																	
			7		2B-S1-C2. ขนาดความลึกของ Blank มากเกินไปทำให้ระยะการยืดตัวออกทางแนวดิ่งได้น้อยเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
2C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน	2C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2C-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2C-S1-C1. ขนาดความโตของก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้มีระยะการแผ่ตัวไปยังผนังแม่พิมพ์ไกล	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		2C-S1-C2. ขนาดความลึกของ Blank น้อยเกินไปทำให้พาริสันมีโอกาสยืดตัวในแนวดิ่งแล้วไม่ตรงกึ่งกลาง	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		2C-S1-C3. รัศมีก้น Blank Mold มากเกินไปทำให้น้ำแก้วต้องแผ่ตัวไปยังผนังแม่พิมพ์ไกล	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
2. Blank Mold																	
2D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่มีตำหนิบนตัวแก้ว	2D-S1. พาริสัน (Parision) มีรอยตำหนิ(Gon in)	2D-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2D-S1-C1. ขนาดความโตของ Blank Mold เล็กเกินไปทำให้เบียดกับน้ำแก้วได้	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		2D-S1-C2. มุมเอียงของ Blank Mold มากเกินไปทำให้เบียดกับน้ำแก้วได้	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	2D-S2. Parision มีรอยตำหนิรอยเย็น	2D-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2D-S2-C1. ผนังด้านข้างของ Blank Mold หนาเกินไปทำให้ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	2D-S3. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	2D-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2D-S3-C1. ผนังด้านข้างของ Blank Mold บางเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วจะติดกับผนัง Blank Mold	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		2D-S3-C2. มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Plunger

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
3. Plunger																	
3A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปร่างของพาริสัน (Parison) ตรงตามรูปร่างของ Plunger	3A-S1. รูปร่างของ Parison ไม่ตรงกับรูปร่างของ Plunger	3A-S1-O1. ไม่สามารถเป่าแก้วให้ขึ้นรูปทรงได้	8		3A-S1-C1. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยึดตัวเอียง	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128							
			8		3A-S1-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วติดปลาย Plunger	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128							
			8		3A-S1-C3. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วไหลไม่สะดวกแล้วขึ้นรูปไม่ได้	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128							
3B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วตรงตามแบบ	3B-S1. ความหนาของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3B-S1-C1. ขนาดความยาวของ Plunger มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำแก้วไม่พอ	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Plunger (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
3. Plunger																	
3C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน	3C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3C-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3C-S1-C1. รัศมีปลาย Plauger น้อยเกินไปทำให้การแผ่ตัวของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		3C-S1-C2. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันขืดตัวเอียง	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
3D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	3D-S1. Parision มีรอยตำหนิ(Side wave)	3D-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3D-S1-C1. ขนาดความโตของรู Cooling เล็กเกินไปทำให้ Plunger เย็น	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		3D-S1-C2. ขนาดความลึกของรู Cooling มากเกินไปทำให้เย็นตัวเร็ว	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	3D-S2. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	3D-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3D-S2-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้การวิ่งขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สะดวก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Plunger (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
3. Plunger																	
			7		3D-S2-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
	3D-S3. เกิดเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ฝังในเนื้อแก้ว	3D-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3D-S3-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้เกิดแรงกดอัดมากแล้วน้ำแก้วแทรกออกด้านข้าง	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
			7		3D-S3-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Loader Insert

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
4. Loader insert																	
4A. มีหน้าที่จับแก้วป้อนเข้าเครื่องตัดปากโดยแก้วตรงศูนย์กับ Chuck	4A-S1. จับแก้วแล้วแก้วแตกก่อนป้อนเข้าเครื่อง	4A-S1-O1. แก้วแตกตกลงพื้น	8		4A-S1-C1. เผื่อขนาดน้อยเกินไปทำให้เกิดแรงบีบมาก	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96							
	4A-S2. จับแก้วแล้วแก้วเอียง	4A-S2-O1. แก้วแตกตกลงพื้น	7		4A-S2-C1. เผื่อขนาดมากเกินไปทำให้การจับหลวม	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		4A-S2-C2. ความยาวของ insert น้อยเกินไปทำให้การจับไม่กระชับ	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
4B. มีหน้าที่จับสัมผัสแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	4B-S1. จับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	4B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		4B-S1-C1. ผนัง insert หนาเกินไปทำให้ insert ไม่ร้อน	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	4B-S2. จับแก้วแล้วเป็นรอยตำหนิบริเวณที่ Loader สัมผัสแก้ว	4B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		4B-S2-C1. กำหนดวัสดุทำ insert ผิดพลาด	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
			7		4B-S2-C2. เผื่อขนาดน้อยเกินไปทำให้เกิดแรงบีบมาก	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Chuck

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
5. Chuck																	
5A. มีหน้าที่เป็น Guide นำโดยให้แก้วสวมเข้า Chuck พอดีและให้ตรงศูนย์กับ Burnner เพื่อตัดปากแก้ว	5A-S1. แก้วสวมเข้า Chuck ไม่ได้	5A-S1-O1. แก้วตกลงพื้นไม่สามารถตัดปากแก้วได้	8		5A-S1-C1. เผื่อขนาดระยะนำรูในของ Chuck น้อยเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	192							
	5A-S2. แก้วไม่ตรงศูนย์กับ Burnner	5A-S2-O1. แก้วเบียดกับ Burner ทำให้แก้วร้าวและแตก	7		5A-S2-C1. เผื่อขนาดความโตรูในของ Chuck มากเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		5A-S2-C2. กำหนดความยาวของ Chuck น้อยเกินไป	6	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	126							
			7		5A-S2-C3. รัศมีด้านในของ Chuck ไม่กลมกลืน	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
5B. มีหน้าที่ประคองศูนย์แก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	5B-S1. สัมผัสกับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	5B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		5B-S1-C1. ผนังด้านข้างหนาเกินไปทำให้ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
6. Chuck Plate																	
6A. มีหน้าที่เป็นทางผ่านที่ให้ Vacuum ไหลผ่านไปยังแก้วเพื่อดูดจับแก้วโดยไม่ทำให้แก้วตกลงพื้น	6A-S1. ไม่ดูดจับแก้ว	6A-S1-O1. แก้วตกลงพื้นไม่สามารถตัดปากแก้วได้	8		6A-S1-C1. ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้ขอบนอกของแก้วมากเกินไปทำให้ Vaccum รั่วออกได้	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96							
			8		6A-S1-C2. จำนวนรูเจาะ Vaccum น้อยเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96							
			8		6A-S1-C3. เผื่อขนาดพิกัดความโต Chuck Plate มากเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96							

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
6. Chuck Plate																	
6B. มีหน้าที่ดูดจับแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	6B-S1. เกิดตำหนิรอยของ Chuck Plate ที่ก้นแก้ว	6B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		6B-S1-C1. ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้จุดศูนย์กลางแก้วมากเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168							
			7		6A-S1-C2. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							
			7		6A-S1-C3. ความกว้างของร่อง Vaccum มากเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84							
	6B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	6B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		6B-S2-C1. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112							

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์ Why – Why Analysis

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	เป่าแก้วไม่ถึงผนังแม่พิมพ์	มีแรงต้านน้ำแก้วมากกว่าแรงดันลมที่เป่าแก้ว	การระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์ไม่ทัน	กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	
				กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	
				แก้วที่เป่าปิดทางระบายอากาศ	กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง
รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	ปากแก้วที่เป่าแล้วมีส่วนโค้งมากกว่าระยะตัดปากแก้ว	การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป			
		มีอากาศขังอยู่ในแม่พิมพ์	อัตราการระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์น้อย	กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	
ลวดลายของแก้วไม่คมชัด	น้ำแก้วที่เป่าไม่แนบกับลวดลายของแม่พิมพ์	มีอากาศขังอยู่ในลวดลายของแม่พิมพ์	อัตราการระบายอากาศออกจากลวดลายแม่พิมพ์น้อย	กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	
				กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	
				กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	
		น้ำแก้วไม่สามารถไหลตัวเข้าไปในลวดลายได้	เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป		

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ	เป่าแก้วไม่ถึงผนังแม่พิมพ์	ระยะยึดตัวของน้ำแก้วกับผนังแม่พิมพ์มากเกินไป	ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป		
		มีแรงต้านน้ำแก้วมากกว่าแรงดันลมที่เป่าแก้ว	การระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์ไม่ทัน	กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	
มีตำหนิรอยประกบ Mold บนลำตัวแก้ว	ระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์สองซีกมาก	ระยะห่างจากการขยายตัวของ Key เมื่อได้รับความร้อน	การกำหนดค่าพิกัดของ Key ไม่เหมาะสม		
		ระยะห่างจากการขยายตัวแม่พิมพ์เมื่อได้รับความร้อน	การกำหนดค่าเผื่อการขยายตัวของ Blow Mold ไม่เหมาะสม		
มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแก้วกับแม่พิมพ์	การสะสมความร้อนของ Blow Mold สูง	ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat		
		การสะสมความร้อนที่ลวดลายของ Blow Mold สูง	มุมแหลมของลวดลายเล็กเกินไปทำให้ Over heat		
มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส	มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแก้วกับแม่พิมพ์	การสะสมความร้อนของ Blow Mold ต่ำ	ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ		
	เป่าแก้วไม่ถึงผนังแม่พิมพ์	มีแรงต้านการเป่าน้ำแก้วไม่ให้ถึงผนังแม่พิมพ์	แรงต้านของอากาศขังที่มุมอับของม่พิมพ์	อัตราการระบายอากาศน้อย	กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน
มีตำหนิก้นแก้วคอด	กันแก้วไม่คงรูปร่างหลังจากเปิดแม่พิมพ์ Blow Mold แล้ว	อุณหภูมิสะสมที่ก้นแก้วสูง	แม่พิมพ์ Blow Mold ไม่ช่วยดึงความร้อนออกจากแก้ว	ความร้อนสะสมของแม่พิมพ์มาก	ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ระบายความร้อนไม่ทัน

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
มีตำหนิผิวแก้วยุบ (Suck side)	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำแก้วแก้บแม่พิมพ์	การสะสมความร้อนของแม่พิมพ์มากเกินไป	ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat		
มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ	เป่าแก้วไม่ถึงผนังแม่พิมพ์	มีแรงต้านน้ำแก้วมากกว่าแรงดันลมที่เป่าแก้ว	การระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์ไม่ทัน	กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	
มีรอยตำหนิผิวแก้วเป็นคลื่นไม่เรียบและใส	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำแก้วแก้บแม่พิมพ์	การสะสมความร้อนของแม่พิมพ์น้อยเกินไป	ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ		

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
รูปทรงของพาริสัน (Parison) ไม่ตรงกับรูปทรงของ Blank Mold	น้ำแก้วไม่เต็ม Blank Mold	การไหลขึ้นรูปไม่สะดวก	ผลต่างของมุมเอียงระหว่าง Blank Mold กับ Plunger ไม่เหมาะสม	มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	
		Blank Mold มีความร้อนสะสมสูง	ผนังด้านข้างของ Blank Mold บางเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วจะติดกับผนัง Blank Mold		
		อากาศขังอยู่ใน Blank Mold	รัศมีก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศขังด้านใน Blank Mold		
ความหนาของปากแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	ปริมาณของน้ำแก้วช่วงปากแก้วมีมากเกินไป	ขนาดการยืดตัวของน้ำแก้วไม่เหมาะสม	ขนาดความโตของปาก Blank มากเกินไปทำให้การยืดตัวออกทางแนวนอนได้น้อยลง		
			ขนาดความลึกของ Blank มากเกินไปทำให้ระยะการยืดตัวออกทางแนวดิ่งได้น้อยเกินไป		
ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	น้ำแก้วแผ่กระจายตัวไม่เท่ากันทุกด้าน	ระยะห่างของการแผ่กระจายตัวมาก	ขนาดความโตของก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้มีระยะการแผ่ตัวไปยังผนังแม่พิมพ์ไกล		
			ขนาดความลึกของ Blank น้อยเกินไปทำให้พาริสันมีโอกาสยืดตัวในแนวดิ่งแล้วไม่ตรงกึ่งกลาง		

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
			รัศมีก้น Blank Mold มากเกินไปทำให้น้ำแก้วต้องแผ่ตัวไปยังผนังแม่พิมพ์ไกล		
พาริสัน(Parision) มีรอยตำหนิ(Gon in)	เกิดรอยกระทบระหว่าง Blank Mold กับน้ำแก้ว	ขนาดระหว่าง Blank Mold กับน้ำแก้วมีน้อยเกินไป	ขนาดความโตของ Blank Mold เล็กเกินไปทำให้เบียดกับน้ำแก้วได้		
			มุมเอียงของ Blank Mold มากเกินไปทำให้เบียดกับน้ำแก้วได้		
Parision มีรอยตำหนิรอยเย็น	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง Blank Mold กับน้ำแก้ว	การสะสมความร้อนของ Blank Mold น้อยเกินไป	ผนังด้านข้างของ Blank Mold หนาเกินไปทำให้ความร้อนไม่พอ		
Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	การไหลขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ	ความร้อนสะสมของ Blank Mold ไม่เหมาะสม	ผนังด้านข้างของ Blank Mold บางเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วจะดิดกับผนัง Blank Mold		
		มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก			

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Plunger

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
รูปร่างของ Parison ไม่ตรงกับรูปร่างของ Plunger	น้ำแก้วปั๊มขึ้นรูปไม่เต็ม Plunger	การสะสมความร้อนจากตัว Plunger ไม่สม่ำเสมอเท่ากัน	รูระบายความร้อนไม่เหมาะสม		
		น้ำแก้วเกาะติดอยู่ปลาย Plunger	รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วติดปลาย Plunger		
		น้ำแก้วไหลขึ้นรูปไม่สะดวก	มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วไหลไม่สะดวกแล้วขึ้นรูปไม่ได้		
ความหนาของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	ปริมาตรของน้ำแก้วน้อยกว่าปริมาตรที่ต้องการ	ขนาดความยาวของ Plunger มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำแก้วไม่พอ			
ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	น้ำแก้วกระจายตัวไม่สม่ำเสมอเท่ากันทุกด้าน	รัศมีปลาย Plauger น้อยเกินไปทำให้การแผ่ตัวของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ			
		พาริสันยืดตัวมากด้านที่อุณหภูมิสูง	รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยืดตัวเอียง		
Parision มีรอยตำหนิด้านข้างเป็นคลื่น (Side wave)	น้ำแก้วกระจายตัวไม่สม่ำเสมอเท่ากันทุกด้าน	การสะสมความร้อนจากตัว Plunger น้อยเกินไป	ขนาดความโตของรู Cooling เล็กเกินไปทำให้ Plunger เย็น		
			ขนาดความลึกของรู Cooling มากเกินไปทำให้เย็นตัวเร็ว		

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Plunger (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Parision มีรอยตำหนิเป็นเส้น (Press Mark)	ความเร็วในการไหลขึ้นรูปของน้ำแก้วมาก	แรงอัดของ Plunger ที่กดขึ้นรูป	มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้การวิ่งขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สะดวก		
			รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก		
เกิดเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ฝังในเนื้อแก้ว	แก้วเกิดการแตกกระเทาะ	มีส่วนที่เป็นครีบยื่นออกมานอกแม่พิมพ์	มีแรงกดอัดน้ำแก้วมาก	มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้เกิดแรงกดอัดมากแล้วน้ำแก้วแทรกออกด้านข้าง	
				รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Loader Insert

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
จับแก้วแล้วแก้วแตกก่อนป้อนเข้าเครื่องตัดปากแก้ว	แก้วถูกแรงกระทำมากกว่าความแข็งแรงของแก้ว	ระยะห่างระหว่าง Loader Insert กับแก้วน้อย	เผื่อขนาดน้อยเกินไปทำให้เกิดแรงบีบมาก		
จับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	อุณหภูมิของ Loader Insert แตกต่างจากแก้วมาก	การสะสมความร้อนของ Loader Insert ต่ำ	ผนัง insert หนาเกินไปทำให้ insert ไม่ร้อน		
จับแก้วแล้วแก้วเอียง	ระยะห่างระหว่าง Loader Insert กับแก้วมาก	ขนาดของ Loader Insert โตกว่าขนาดของแก้ว	เผื่อขนาดมากเกินไปทำให้การจับหลวม		
			ความยาวของ insert น้อยเกินไปทำให้การจับไม่กระชับ		
จับแก้วแล้วเป็นรอยตำหนิบริเวณที่ Loader สัมผัสแก้ว	แก้วถูกแรงกระทำจาก Loader Insert มากกว่าความแข็งผิวของแก้ว	วัสดุที่จับแก้ว	กำหนดวัสดุทำ insert ผิดพลาด		
		ระยะห่างระหว่าง Loader Insert กับแก้วน้อย	เผื่อขนาดน้อยเกินไปทำให้เกิดแรงบีบมาก		

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Chuck

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	**Why 1**	**Why 2**	**Why 3**	**Why 4**	**Why 5**
แก้วสวมเข้า Chuck ไม่ได้	ขนาดของแก้วโตกว่าขนาดของ Chuck	Chuck มีพื้นที่ให้แก้วน้อย	เผื่อขนาดระยะนำรูในของ Chuck น้อยเกินไป		
แก้วไม่ตรงศูนย์กับ Burnner	ตำแหน่งของแก้วต่างจากจุดศูนย์กลางของ Burnner	Chuck มีพื้นที่ให้แก้วมาก	เผื่อขนาดความโตรูในของ Chuck มากเกินไป		
		Chuck ไม่ประคองด้านข้างแก้ว	กำหนดความยาวของ Chuck น้อยเกินไป		
			รัศมีด้านในของ Chuck ไม่กลมกลืน		
สัมผัสกับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	อุณหภูมิของ Chuck แตกต่างจากอุณหภูมิของแก้ว	การสะสมความร้อนของ Chuck ต่ำ	ผนังด้านข้างหนาเกินไปทำให้ความร้อนไม่พอ		

ตารางการวิเคราะห์ Why-Why ของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
เกิดตำหนิรอยของ Chuck Plate ที่ก้นแก้ว	ลม Vacuum ไปดูดจับกับส่วนที่ยังไม่คงรูปของก้นแก้ว	รูเจาะของ Vacuum ใกล้กับส่วนที่ยังไม่คงรูปของแก้ว	ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้จุดศูนย์กลางแก้วมากเกินไป		
		ความกว้างของร่อง Vaccum มากเกินไป			
	อุณหภูมิของ Chuck Plate แตกต่างจากอุณหภูมิของแก้ว	การสะสมความร้อนที่ Chuck Plate ต่ำ	Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก		
มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	อุณหภูมิของ Chuck Plate แตกต่างจากอุณหภูมิของแก้ว	การสะสมความร้อนที่ Chuck Plate ต่ำ	Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก		
ไม่ดูดจับแก้ว	แรงดูดของ Vacuum น้อยกว่าน้ำหนักของแก้ว	Vacuum รั่วออกที่ Chuck Plate	ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้ขอบนอกของแก้วมากเกินไปทำให้ Vaccum รั่วออกได้		
			เผื่อขนาดพิกัดความโต Chuck Plate มากเกินไป		
		อัตราการไหลของ Vacuum ไม่เพียงพอ	จำนวนรูเจาะ Vaccum น้อยเกินไป		

ภาคผนวก ง
ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (หลังการปรับปรุง)

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
1A. มีหน้าที่ขึ้นรูปทรงและลวดลายแก้วให้ตรงตามขนาดที่กำหนดในแบบ	1A-S1. ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	1A-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S1-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	3	6	4	72
			7		1A-S1-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่ (ตอนเพิ่มรูระบาย)	3	6	4	72
			7		1A-S1-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	1A-S2. รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	1A-S2-O2. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S2-C1. การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		1A-S2-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	3	4	4	48

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
	1A-S3. ลวดลายของแก้วไม่คมชัด	1A-S3-O3. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1A-S3-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 8 รู เป็น 10 รู	3	4	4	48
			7		1A-S3-C2. กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่ (ตอนเพิ่มรูระบาย)	3	6	4	72
			7		1A-S3-C3. กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		1A-S3-C4. เผื่อขนาดความลึกของลวดลายน้อยเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มระยะการเผื่อของลวดลายแก้ว	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มระยะการเผื่อความลึกจาก 2 มม.เป็น 2.5 มม.	3	6	4	72
	1A-S4. รูปทรงของส่วนที่ใช้จับแก้ว (Moile) ไม่ได้ตามแบบ	1A-S4-O4. Loader จับแก้วไม่แน่นแก้วลื่นหลุดตกลงพื้น	7		1A-S4-C1. ระยะความโตคอ Blow Mold โตเกินไป	6	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	126	ลดขนาดความโตของคอ Blow Mold ใหม่	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตคอ Blow Mold จาก 63 มม. เป็น 62 มม.	3	6	3	54

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
			7		1A-S4-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	3	6	4	72
1B. มีหน้าที่เป่าขึ้นรูปแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	1B-S1. มีตำหนิรอยประกบ Mold บนลำตัวแก้ว	1B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S1-C1. การกำหนดค่าพิกัดของ Key ไม่เหมาะสม	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		1B-S1-C2. การกำหนดค่าเผื่อการขยายตัวของ Blow Mold ไม่เหมาะสม	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	1B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	1B-S2-O2. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S2-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		1B-S2-C2. มุมแหลมของลวดลายเล็กเกินไปทำให้ Over heat	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	1B-S3. มีตำหนิรอยเย็นช่วงปากแก้วไม่ใส	1B-S3-O3. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S3-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blow Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
1. Blow Mold																	
			7		1B-S3-C2. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	3	4	4	48
	1B-S4. มีตำหนิก้นแก้วคอด	1B-S4-O4. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S4-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ระบายความร้อนไม่ทัน	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	1B-S5. มีตำหนิผิวแก้วยุบ(Suck side)	1B-S5-O5. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S5-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์น้อยเกินไปทำให้เกิด Over heat	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	1B-S6. มีตำหนิแก้วไม่กลมตามแบบ	1B-S6-O6. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S6-C1. กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 8 รู เป็น 10 รู	3	4	4	48
	1B-S7. มีรอยตำหนิผิวแก้วเป็นคลื่นไม่เรียบและไม่ใส	1B-S7-O7. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		1B-S7-C1. ความหนาผนังแม่พิมพ์มากเกินไปทำให้แม่พิมพ์ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
2. Blank Mold																	
2A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปทรงของพาริสัน (Parison) ตรงตามรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1. รูปทรงของพาริสัน(Parison) ไม่ตรงกับรูปทรงของ Blank Mold	2A-S1-O1. ไม่สามารถเป่าแก้วให้ขึ้นรูปทรงได้	8		2A-S1-C1. มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128	เพิ่มมุมเอียงของ Blank Mold	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Blank Mold จาก 2.5 องศาเป็น 3 องศา	3	4	4	48
			8		2A-S1-C2. ผนังด้านข้างของ Blank Mold บางเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วจะติดกับผนัง Blank Mold	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96	ไม่มี						
			8		2A-S1-C3. รัศมีก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศขังด้านใน Blank Mold	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	192	เพิ่มรัศมีก้น Blank Mold	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีก้น Blank Mold จาก R8 เป็น R9	3	6	4	72
2B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาปากแก้วตรงตามแบบ	2B-S1. ความหนาของปากแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2B-S1-C1. ขนาดความโตของปาก Blank มากเกินไปทำให้การยืดตัวออกทางแนวนอนได้น้อยลง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	ลดขนาดความโตปาก Blank Mold	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตปากจาก 63.5 มม.เป็น 60.32 มม.	3	6	4	72

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
2. Blank Mold																	
			7		2B-S1-C2. ขนาดความลึกของ Blank มากเกินไปทำให้ระยะการยืดตัวออกทางแนวดิ่งได้น้อยเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	ลดขนาดความลึกของ Blank Mold	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความลึกของ Blank Mold จาก 165 มม.เป็น 160 มม.	3	6	4	72
2C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน	2C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	2C-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2C-S1-C1. ขนาดความโตของก้น Blank Mold น้อยเกินไปทำให้มีระยะการแผ่ตัวไปยังผนังแม่พิมพ์ไกล	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		2C-S1-C2. ขนาดความลึกของ Blank น้อยเกินไปทำให้พาริสันมีโอกาสยืดตัวในแนวดิ่งแล้วไม่ตรงกึ่งกลาง	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		2C-S1-C3. รัศมีก้น Blank Mold มากเกินไปทำให้น้ำแก้วต้องแผ่ตัวไปยังผนังแม่พิมพ์ไกล	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Blank Mold (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
2. Blank Mold																	
2D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่มีตำหนิบนตัวแก้ว	2D-S1. พาริสัน (Parision) มีรอยตำหนิ(Gon in)	2D-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2D-S1-C1. ขนาดความโตของ Blank Mold เล็กเกินไปทำให้เบียดกับน้ำแก้วได้	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		2D-S1-C2. มุมเอียงของ Blank Mold มากเกินไปทำให้เบียดกับน้ำแก้วได้	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	2D-S2. Parision มีรอยตำหนิรอยเย็น	2D-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2D-S2-C1. ผนังด้านข้างของ Blank Mold หนาเกินไปทำให้ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	2D-S3. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	2D-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		2D-S3-C1. ผนังด้านข้างของ Blank Mold บางเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วจะติดกับผนัง Blank Mold	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		2D-S3-C2. มุมเอียงของ Blank น้อยเกินไปทำให้การวิ่งของน้ำแก้วให้ขึ้นรูปทรงยาก	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Plunger

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
3. Plunger																	
3A. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วให้ได้รูปร่างของพาริสัน (Parison) ตรงตามรูปร่างของ Plunger	3A-S1. รูปร่างของ Parison ไม่ตรงกับรูปร่างของ Plunger	3A-S1-O1. ไม่สามารถเป่าแก้วให้ขึ้นรูปทรงได้	8		3A-S1-C1. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยึดตัวเอียง	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128	ให้ผนังของ Plunger มีความหนาสม่ำเสมอกัน	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน	3	4	4	48
			8		3A-S1-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้ Over heat แล้วน้ำแก้วติดปลาย Plunger	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128	เพิ่มรัศมีปลาย Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	3	4	4	48
			8		3A-S1-C3. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วไหลไม่สะดวกแล้วขึ้นรูปไม่ได้	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	128	เพิ่มมุมเอียงของ Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา	3	4	4	48
3B. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วตรงตามแบบ	3B-S1. ความหนาของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3B-S1-C1. ขนาดความยาวของ Plunger มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำแก้วไม่พอ	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	ลดความยาวของ Plunger ลง	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดความยาวของ Plunger จาก 137 มม. เป็น 135 มม.	3	6	4	72

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Plunger (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
3. Plunger																	
3C. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วได้ความหนาก้นแก้วเท่ากันทุกด้าน	3C-S1. ความเอียงของก้นแก้วเกินจากค่าพิกัดตามแบบ	3C-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3C-S1-C1. รัศมีปลาย Plauger น้อยเกินไปทำให้การแผ่ตัวของน้ำแก้วไม่สม่ำเสมอ	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มรัศมีปลาย Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	3	6	4	72
			7		3C-S1-C2. รูระบายความร้อนไม่เหมาะสมทำให้พาริสันยึดตัวเอียง	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	ให้ผนังของ Plunger มีความหนาสม่ำเสมอกัน	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน	3	4	4	48
3D. มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูปน้ำแก้วโดยเมื่อเป่าให้เต็มแม่พิมพ์แล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	3D-S1. Parision มีรอยตำหนิ(Side wave)	3D-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3D-S1-C1. ขนาดความโตของรู Cooling เล็กเกินไปทำให้ Plunger เย็น	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	ให้ผนังของ Plunger มีความหนาสม่ำเสมอกัน	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเปลี่ยนจากการเจาะรูเป็นการคว้านแทน	3	6	4	72
			7		3D-S1-C2. ขนาดความลึกของรู Cooling มากเกินไปทำให้เย็นตัวเร็ว	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	3D-S2. Parision มีรอยตำหนิ (Press Mark)	3D-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3D-S2-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้การวิ่งขึ้นรูปของน้ำแก้วไม่สะดวก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มมุมเอียงของ Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา	3	4	4	48

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Plunger (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
3. Plunger																	
			7		3D-S2-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มรัศมีปลาย Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	3	6	4	72
	3D-S3. เกิดเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ฝังในเนื้อแก้ว	3D-S3-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		3D-S3-C1. มุมเอียงของ Plunger น้อยเกินไปทำให้เกิดแรงกดอัดมากแล้วน้ำแก้วแทรกออกด้านข้าง	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มมุมเอียงของ Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มมุมเอียงของ Plunger จาก 4.3 องศา เป็น 4.5 องศา	3	4	4	48
			7		3D-S3-C2. รัศมีปลาย Plunger น้อยเกินไปทำให้น้ำแก้วมีแรงกดอัดมาก	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มรัศมีปลาย Plunger	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มรัศมีปลาย Plunger จาก R10 เป็น R12	3	6	4	72

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Loader Insert

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
4. Loader insert																	
4A. มีหน้าที่จับแก้วป้อนเข้าเครื่องตัดปากโดยแก้วตรงศูนย์กับ Chuck	4A-S1. จับแก้วแล้วแก้วแตกก่อนป้อนเข้าเครื่อง	4A-S1-O1. แก้วแตกตกลงพื้น	8		4A-S1-C1. เผื่อขนาดน้อยเกินไปทำให้เกิดแรงบีบมาก	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96	ไม่มี						
	4A-S2. จับแก้วแล้วแก้วเอียง	4A-S2-O1. แก้วแตกตกลงพื้น	7		4A-S2-C1. เผื่อขนาดมากเกินไปทำให้การจับหลวม	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	ลดการเผื่อขนาดลง	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบจากความโต 62.00 มม.เป็น 61.80 มม.	3	6	4	72
			7		4A-S2-C2. ความยาวของ insert น้อยเกินไปทำให้การจับไม่กระชับ	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มความยาวของ Loader insert	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบจากความยาว 38.10 มม. เป็น 48.00 มม.	3	4	4	48
4B. มีหน้าที่จับสัมผัสแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	4B-S1. จับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็ก	4B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		4B-S1-C1. ผนัง insert หนาเกินไปทำให้ insert ไม่ร้อน	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	4B-S2. จับแก้วแล้วเป็นรอยตำหนิบริเวณที่ Loader สัมผัสแก้ว	4B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		4B-S2-C1. กำหนดวัสดุทำ insert ผิดพลาด	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		4B-S2-C2. เผื่อขนาดน้อยเกินไปทำให้เกิดแรงบีบมาก	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Chuck

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
5. Chuck																	
5A. มีหน้าที่เป็น Guide นำโดยให้แก้วสวมเข้า Chuck พอดีและให้ตรงศูนย์กับ Burnner เพื่อตัดปากแก้ว	5A-S1. แก้วสวมเข้า Chuck ไม่ได้	5A-S1-O1. แก้วตกลงพื้นไม่สามารถตัดปากแก้วได้	8		5A-S1-C1. เผื่อขนาดระยะนำรูในของ Chuck น้อยเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	192	ปรับขนาดความความเอียงรูในของ Chuck ให้มากขึ้น	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดมุมเอียงรูในของ Chuck จาก 0 องศา เป็น 2.76 องศา	3	6	4	72
	5A-S2. แก้วไม่ตรงศูนย์กับ Burnner	5A-S2-O1. แก้วเบียดกับ Burner ทำให้แก้วร้าวและแตก	7		5A-S2-C1. เผื่อขนาดความโตรูในของ Chuck มากเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	ปรับขนาดความโตรูในของ Chuck ให้เท่ากับความโตของก้นแก้ว	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความโตรูในของ Chuck จาก 61.7 มม. เป็น 61.0 มม.	3	6	4	72
			7		5A-S2-C2. กำหนดความยาวของ Chuck น้อยเกินไป	6	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	126	เพิ่มขนาดความยาวของ Chuck	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดความยาวของ Chuck จาก 75 มม. เป็น 80 มม.	3	6	3	54
			7		5A-S2-C3. รัศมีด้านในของ Chuck ไม่กลมกลืน	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
5B. มีหน้าที่ประคองศูนย์แก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	5B-S1. สัมผัสกับแก้วแล้วมีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	5B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		5B-S1-C1. ผนังด้านข้างหนาเกินไปทำให้ความร้อนไม่พอ	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
6. Chuck Plate																	
6A. มีหน้าที่เป็นทางผ่านที่ให้ Vacuum ไหลผ่านไปยังแก้วเพื่อดูดจับแก้วโดยไม่ทำให้แก้วตกลงพื้น	6A-S1. ไม่ดูดจับแก้ว	6A-S1-O1. แก้วตกลงพื้นไม่สามารถตัดปากแก้วได้	8		6A-S1-C1. ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้ขอบนอกของแก้วมากเกินไปทำให้ Vaccum รั่วออกได้	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96	ไม่มี						
			8		6A-S1-C2. จำนวนรูเจาะ Vaccum น้อยเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96	ไม่มี						
			8		6A-S1-C3. เผื่อขนาดพิกัดความโต Chuck Plate มากเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	96	ไม่มี						

ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์ Chuck Plate (ต่อ)

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
6. Chuck Plate																	
6B. มีหน้าที่ดูดจับแก้วแล้วไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	6B-S1. เกิดตำหนิรอยของ Chuck Plate ที่ก้นแก้ว	6B-S1-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		6B-S1-C1. ออกแบบรูเจาะ Vaccum ใกล้จุดศูนย์กลางแก้วมากเกินไป	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มขนาดของรู Vaccum ให้ห่างจากจุดศูนย์กลางแก้ว	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มขนาดจาก 40 มม.เป็น 45 มม.	3	6	4	72
			7		6A-S1-C2. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	ลดขนาดความหนาของ Chuck Plate	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความหนาจาก 6 มม.เป็นความหนา 4 มม.	3	4	4	48
			7		6A-S1-C3. ความกว้างของร่อง Vaccum มากเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	6B-S2. มีตำหนิแก้วร้าวขนาดเล็กที่ก้นแก้ว	6B-S2-O1. ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		6B-S2-C1. Chuck Plate หนาเกินไปทำให้อุณหภูมิต่ำมาก	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	ลดขนาดความหนาของ Chuck Plate	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยลดขนาดความหนาจาก 6 มม.เป็นความหนา 4 มม.	3	4	4	48

ภาคผนวก จ

ตาราง ของ Krejcie and Morgan

ตารางแสดงจำนวนประชากรและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ของ Krejcie and Morgan (1970)

จำนวน ประชากร	จำนวนกลุ่ม ตัวอย่าง	จำนวน ประชากร	จำนวนกลุ่ม ตัวอย่าง	จำนวน ประชากร	จำนวนกลุ่ม ตัวอย่าง
10	10	220	140	1200	291
15	14	230	144	1300	297
20	19	240	148	1400	302
25	24	250	152	1500	306
30	28	260	155	1600	310
35	32	270	159	1700	313
40	36	280	162	1800	317
45	40	290	165	1900	320
50	44	300	169	2000	322
55	48	320	175	2200	327
60	52	340	181	2400	331
65	56	360	186	2600	335
70	59	380	191	2800	338
75	63	400	196	3000	341
80	66	420	201	3500	346
85	70	440	205	4000	351
90	73	460	210	4500	354
95	76	480	214	5000	357
100	80	500	217	6000	361
110	86	550	226	7000	364
120	92	600	234	8000	367
130	97	650	242	9000	368
140	103	700	248	10000	370
150	108	750	254	15000	375
160	113	800	260	20000	377
170	118	850	265	30000	379
180	123	900	269	40000	380
190	127	950	274	50000	381
200	132	1000	278	75000	382
210	136	1100	285	100000	384

ภาคผนวก ฉ
คู่มือปฏิบัติงานเรื่องการวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ Mold Equipment

Work Instruction (วิธีการปฏิบัติงาน)	รหัสเอกสาร : WI-DMS-018	
เรื่อง : การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ Mold Equipment	ออกครั้งที่ : 1	แก้ไขครั้งที่ : -
วันที่บังคับใช้ : 16 มีนาคม 2553	หน้าที่	

1. วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำมาตรฐานในการดำเนินงานด้านการออกแบบชิ้นส่วนแบบพิมพ์ โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ โดยนำผลของการวิเคราะห์นั้นมากำหนดแนวทางในการป้องกันปัญหา

2. ขอบเขต

การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบนี้ ใช้ในการวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบชิ้นส่วนแบบพิมพ์ เพื่อป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มเกิดขึ้นสูง และเป็นปัญหาที่เกิดแล้วมีผลกระทบโดยตรงต่อลูกค้า หรือหน่วยงานถัดไป โดยจะเน้นไปใช้เป็น Tools สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ ที่ยังไม่มีความมั่นใจในการผลิต เนื่องจากยังไม่มีทักษะด้านการออกแบบและด้านการควบคุมการผลิต หรือ กลุ่มผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่ต้องมีการปรับปรุงเครื่องจักรเพิ่มเติม

3. คำจำกัดความ

DFMEAหมายถึง การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ (Design Failure Mode & Effect Analysis)

Mold Equipment หมายถึง ชิ้นส่วนแบบพิมพ์ หรือชิ้นส่วนประกอบ ที่เป็นชิ้นส่วนหลักที่ทำการออกแบบ

Severity หมายถึง ความรุนแรงของผลกระทบ จากลักษณะข้อขัดข้องที่เกิด ในตารางจะใช้ตัว S เป็นตัวย่อแทน

Occurrence หมายถึง ความถี่หรือโอกาสที่เกิดขึ้นจากลักษณะข้อขัดข้องหรือข้อบกพร่อง ในตารางจะใช้ตัว O เป็นตัวย่อแทน

Detection หมายถึง ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องหรือข้อขัดข้องที่เกิดขึ้น ในตารางจะใช้ตัว D เป็นตัวย่อแทน

Risk Priority Number หมายถึง ตัวเลขที่แสดงลำดับความเสี่ยงของการเกิดข้อขัดข้องหรือข้อบกพร่อง ในตารางจะใช้ตัวอักษร RPN เป็นตัวย่อแทน

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

Cross Functional Team (CFT) คณะทำงานที่จัดทำและพัฒนาปรับปรุงรูปแบบ FMEA และรวบรวมข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Work Instruction (วิธีการปฏิบัติงาน)	รหัสเอกสาร : WI-DMS-018	
เรื่อง : การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ Mold Equipment	ออกครั้งที่ : 1	แก้ไขครั้งที่ : -
วันที่บังคับใช้ : 16 มีนาคม 2553	หน้าที่	

Production Engineer วิศวกรฝ่ายผลิต ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการการผลิต

QA Engineer วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ที่ทำหน้าที่ ตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Production Division ทำหน้าที่ผลิตตามข้อกำหนดของ FMEA และปรับปรุงวิธีการทำงาน

Product Designer ทำหน้าที่ให้ข้อมูลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ รวมทั้งเป็นตัวแทนทางฝ่ายงานขายและตลาดให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ บ่งชี้ฟังก์ชั่นใช้งานผลิตภัณฑ์หลัก รวมไปถึงการปรับเปลี่ยนรูปแบบ เพื่อให้สอดคล้องกับการควบคุมการผลิต และวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับผู้บริโภค

Mold Design Engineer ทำหน้าที่ควบคุมการออกแบบชิ้นส่วนประกอบ และหาแนวทางป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มเกิดขึ้นสูง แล้วมีผลกระทบโดยตรงกับหน่วยงานถัดไป โดยเป็นผู้นำในการทำงานเป็นทีมของ FMEA หรือ Cross Functional Team

Production Service ทำหน้าที่ประกอบชิ้นส่วนเพื่อใช้สำหรับการผลิต และให้ข้อมูลด้านการปรับปรุงแก้ไข หรือเสนอแนะแนวทางการทำงานที่รวดเร็ว และถูกต้อง รวมทั้งร่วมวิเคราะห์ตามแนวทางการทำ FMEA

Packing Service ทำหน้าที่ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และให้ข้อมูลด้านการความสามารถในการตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องหรือเกิดข้อขัดข้องขึ้นได้ ทั้งที่ยังไม่มีการผลิตหรือมีการผลิตแล้ว เพื่อเป็นข้อมูลในการทำ FMEA

Engineering Department ทำหน้าที่ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร รวมทั้งให้ข้อมูลการวิเคราะห์ด้านการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ และร่วมอยู่ในทีม CFT

5. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องดำเนินการทำ DFMEA ให้เลือกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่มีความมั่นใจในการผลิต หรือ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ต้องมีการปรับปรุงเครื่องจักรร่วมด้วย ในที่นี้คือ Product Group B,C หรือกลุ่มที่ 2,3

ให้ใส่หมายเลขเอกสารสำหรับ DFMEA ลงไปเพื่อประโยชน์ในการสอบกลับได้

ให้ใส่ชื่อของชิ้นส่วนประกอบ และระบบ หรือระบบย่อย ลงไปในระดับที่ต้องการจะวิเคราะห์

ผู้รับผิดชอบการออกแบบ ให้ใส่ชื่อผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นๆ

ผู้จัดทำ ให้ใส่ชื่อ และสังกัดหน่วยงานที่รับผิดชอบ ในการจัดทำตาราง DFMEA

ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์/ปี ให้ใส่ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับผลกระทบจากแบบที่ทำการวิเคราะห์

วันสำคัญ (Key Date) ให้ใส่วัน เดือน ปี ที่ควรเสร็จสิ้น ก่อนที่จะมีการส่งมอบแบบที่ใช้สำหรับการผลิต

Work Instruction (วิธีการปฏิบัติงาน)	รหัสเอกสาร : WI-DMS-018	
เรื่อง : การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ Mold Equipment	ออกครั้งที่ : 1	แก้ไขครั้งที่ : -
วันที่บังคับใช้ : 16 มีนาคม 2553	หน้าที่	

วันเริ่มต้น ให้ใส่วันที่เริ่มจัดทำ DFMEA และ วันที่มีการทบทวนล่าสุด

คณะทำงาน (CFT) ให้ใส่ชื่อบุคคลที่รับผิดชอบทั้งหมด

หัวข้อ/หน้าที่ใช้งาน ให้ใส่ชื่อชิ้นส่วนหลักที่ทำการออกแบบ และหน้าที่ของการใช้งาน รวมถึงผลที่ต้องการตามความคาดหวังที่ได้ (Output) จากชิ้นส่วนที่ออกแบบ และถ้าชิ้นส่วนดังกล่าวที่ออกแบบ มีหลายหน้าที่ ให้เขียนหน้าที่การใช้งานดังกล่าวแยกออกจากกัน

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องและข้อขัดข้อง ให้ทำการใส่ ลักษณะทางกายภาพที่ชิ้นส่วนประกอบไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามที่กำหนดไว้ เช่น แตก หัก เสียรูป คด งอ ร้าว คับไป หลวมไป

แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง ให้ใส่ผลจากข้อบกพร่องของหน้าที่ที่กระทบต่อลูกค้า หรือหน่วยงานถัดไป หรือเรื่อยไปจนถึงผู้ใช้คนสุดท้าย โดยทั่วไป อาจจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องได้ 3 ระดับ

ผลกระทบที่จุดเกิดเหตุ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ชิ้นงานหรือระบบที่พิจารณา

ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป หมายถึง ผลกระทบที่มีต่อระดับถัดไปตามความสัมพันธ์ในรายการวัสดุชิ้นส่วน

ผลกระทบต่อผู้ใช้ หมายถึง ผลที่ผู้ใช้สามารถสังเกตได้ง่าย

ความรุนแรงของผลกระทบ ให้ใส่ระดับความรุนแรงตามตารางของความรุนแรงที่แนบท้ายในเอกสารนี้

การจำแนกประเภท ในช่องนี้ อาจจะใส่ หรือไม่ใส่ก็ได้ แต่ในที่นี้ หมายถึงคุณลักษณะวิกฤต ที่มีความสำคัญมาก หรือนัยสำคัญ สำหรับชิ้นส่วนประกอบ

แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่อง ในช่องนี้ให้ระบุถึงแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องที่บ่งชี้ถึงจุดอ่อนของแบบที่ได้ออกแบบไว้

โอกาสเกิดขึ้น ให้ใส่ระดับตัวเลขที่มีโอกาสเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกนี้ ตามตารางโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่องตามเอกสารแนบท้ายนี้

การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน ในช่องนี้ให้ใส่รายการของการป้องกัน การทวนสอบ/ตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ หรือกิจกรรมอื่นๆ ที่ทำให้เกิดความมั่นใจว่ามีการออกแบบอย่างเพียงพอ

การป้องกัน หมายถึง การป้องกันสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่อง หรือการลดลงของอัตราการเกิด

การตรวจจับ หมายถึง การตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่อง ทั้งโดยวิธีการวิเคราะห์ และวิธีการศึกษาทางกายภาพ ก่อนที่แบบจะถูกส่งต่อไปให้ฝ่ายผลิต

การตรวจจับ ในช่องนี้ให้ใส่ระดับคะแนนตามลำดับของการควบคุมโดยการตรวจจับ ที่ดีที่สุด ทั้งนี้คะแนนจะมีค่าต่ำลงได้ ต้องมีการปรับปรุงการควบคุมการออกแบบ เช่น มีกิจกรรมทวนสอบ หรือตรวจสอบความถูกต้อง โดยในที่นี้จะมีตารางความสามารถในการตรวจจับ ตามเอกสารแนบท้ายนี้

ตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (RPN) ในช่องนี้จะได้ตัวเลขมาจากผลคูณของ ความรุนแรง(S) โอกาสเกิด (O) และการตรวจจับ (D) ดังนั้น

RPN = S x O x D

วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในการปฏิบัติการแก้ไขควรดำเนินการป้องกันหรือแก้ไขกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงที่สูงที่สุดก่อน แล้วจึงพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนนค่า RPN สูงๆ ตามลำดับ โดยจะแสดงเป็นลำดับในการเลือกให้ชัดเจนได้ดังนี้

เลือกปัญหาที่มีค่า Severity สูงสุด (S)

เลือกปัญหาที่มีค่า Criticality สูงสุด (S x O)

เลือกปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุด (S x O x D)

ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น ให้ใส่ชื่อบุคคลที่มีความรับผิดชอบต่อการแก้ไขนี้และระบุวันที่กำหนดเสร็จสิ้นด้วย

การแก้ไข ภายหลังการแก้ไขได้เสร็จสมบูรณ์ ให้ทำการสรุปสั้นๆ ถึงการแก้ไขและวันที่เสร็จสิ้นด้วย

ผลการแก้ไข ภายหลังจากการบ่งชี้มาตรการแก้ไข / ป้องกันแล้ว ให้ทำการประมาณค่าและบันทึกผลการประเมินความรุนแรง โอกาสเกิดและการตรวจจับ พร้อมทั้งคำนวนคะแนน RPN ใหม่อีกครั้ง

6. เอกสารอ้างอิง

SD-DMS-001 คู่มือการออกแบบ Mold Equipment H28

SD-DMS-002 คู่มือการออกแบบ Mold Equipment MDP

SD-DMS-003 คู่มือการออกแบบ Mold Equipment Stemware

SD-DMS-006 คู่มือการจัดทำ Setup Sheet H28

SD-DMS-007 คู่มือการจัดทำ Setup Sheet MDP

SD-DMS-008 คู่มือการจัดทำ Setup Sheet Stemware

SD-DMS-035 คู่มือเรื่องการจัดแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์

7. ภาคผนวก

เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง (Severity Number)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และ/หรือ ขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และ/หรือ ขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ แต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ แต่จะขาดความสะดวกสบายจนทำให้ลูกค้ามีความไม่พอใจ	6
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบาย แต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงจนอาจจะทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	1

Work Instruction (วิธีการปฏิบัติงาน)	รหัสเอกสาร : WI-DMS-018	
เรื่อง : การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ Mold Equipment	ออกครั้งที่ : 1	แก้ไขครั้งที่ : -
วันที่บังคับใช้ : 16 มีนาคม 2553	หน้าที่	

เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (Occurrence Number)

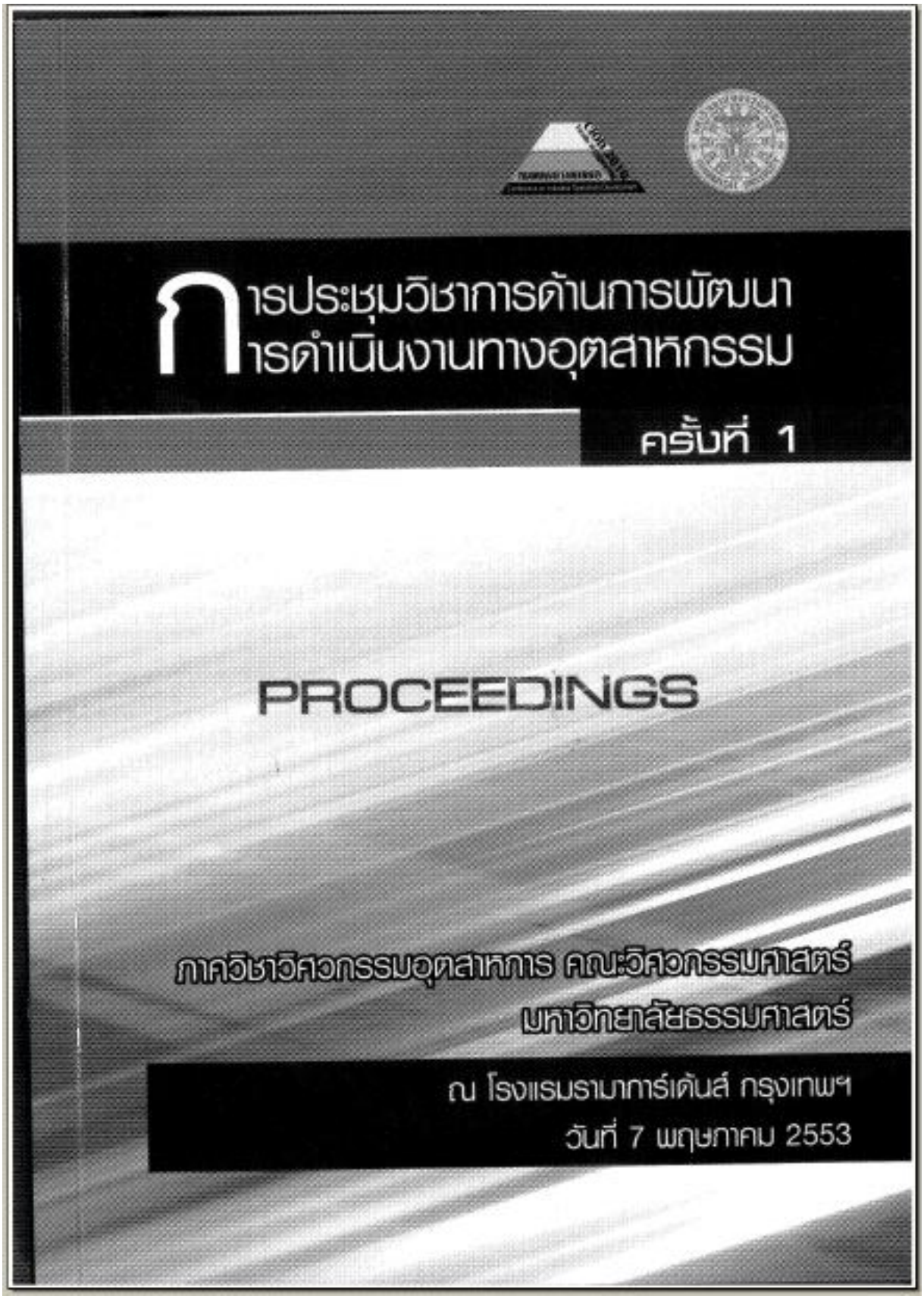
โอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (PPM/รายการ)	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	100,000 หรือมากกว่าเท่ากับ 10%	10
	50,000 หรือประมาณ 5%	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องน้อย	20,000 หรือประมาณ 2%	8
	10,000 หรือประมาณ 1%	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 หรือประมาณ 0.5%	6
	2,000 หรือประมาณ 0.2%	5
	1,000 หรือประมาณ 0.1%	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500 หรือประมาณ 0.05%	3
	100 หรือประมาณ 0.01%	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง	10 หรือน้อยกว่าเท่ากับ 0.001%	1

Work Instruction (วิธีการปฏิบัติงาน)	รหัสเอกสาร : WI-DMS-018	
เรื่อง : การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบด้านการออกแบบ Mold Equipment	ออกครั้งที่ : 1	แก้ไขครั้งที่ : -
วันที่บังคับใช้ : 16 มีนาคม 2553	หน้าที่	

เกณฑ์การให้คะแนนผลการตรวจจับ (Detection Number)

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
มีความไม่แน่นอนเกือบจะทั้งหมด	ระบบการควบคุมการออกแบบจะไม่ และ/หรือ ไม่สามารถตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้เลย (หรืออาจกล่าวได้ว่า ไม่มีระบบการควบคุมการออกแบบเลย)	10
ห่างไกลมาก	มีโอกาสน้อยมากๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	9
ห่างไกล	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	8
ต่ำมากๆ	มีโอกาสต่ำมากๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	7
ต่ำ	มีโอกาสต่ำที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	6
ปานกลาง	มีโอกาสปานกลางที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	4
สูง	มีโอกาสสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	3
สูงมาก	มีโอกาสสูงมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	2
เกือบจะมีความแน่นอน	ระบบการควบคุมสามารถตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอนถึงสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	1

ภาคผนวก ช
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่


การประชุมวิชาการด้านการพัฒนา
การดำเนินงานทางอุตสาหกรรม
ครั้งที่ 1
PROCEEDINGS
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพฯ
วันที่ 7 พฤษภาคม 2553

Certificate of Presentation

This certificate is awarded to

Wichan Thongpaiwan

in technical presentation, recognition and appreciation of research contributions to the CIOD 2010 : Conference on Industrial Operations Development

May 7, 2010
Bangkok, Thailand

Asst. Prof. Dr. Sawat Pararach
Head of Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering

Assoc. Prof. Dr. Uruya Weesakul
Dean of Engineering Faculty
Thammasat University

การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 1
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
7 พฤษภาคม 2553

การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร

วิชาญ ทองไพรวรรณ[1*] ดร. ณฐา คุปตัษเฐียร[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail: wichan@oceanglass.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของโรงงานกรณีศึกษา โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างหนึ่งตัวอย่าง การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการออกแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา แล้วชี้บ่งแนวโน้มข้อบกพร่อง ผลกระทบและสาเหตุข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์ จากนั้นทีมผู้ชำนาญการทำการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และค่าโอกาสการควบคุมปัจจุบันของข้อบกพร่อง เพื่อคำนวนค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 คะแนนขึ้นไป ซึ่งพบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องของแบบแม่พิมพ์จำนวน 33 ข้อที่ต้องได้รับการแก้ไข ซึ่งทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองกำหนดแนวทางการแก้ไขและดำเนินการแก้ไขก่อนที่จะนำแบบไปสั่งผลิตแม่พิมพ์เพื่อประเมินผลโดยการนำแม่พิมพ์มาทดสอบการขึ้นรูปแก้ว ผลการตรวจสอบแก้วที่ได้จากการขึ้นรูปพบว่าข้อบกพร่องของแก้วอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้จึงสรุปได้ว่าแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้สามารถนำไปใช้ในการผลิตได้จริงโดยใช้จำนวนครั้งการทดสอบแม่พิมพ์ 1 ครั้งจากเดิมใช้จำนวนครั้งการทดสอบแม่พิมพ์เฉลี่ย 2.7 ครั้ง และระยะเวลานำตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์จนถึงการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจาก 75 วัน เหลือ 45 วัน

คำสำคัญ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ, แม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว, การออกแบบแม่พิมพ์

1. บทนำ

ในกระบวนการผลิตแก้วนั้นจะใช้แม่พิมพ์ในการขึ้นรูปเพื่อให้ได้ขนาดและรูปทรงของแก้วตามแบบที่ต้องการ สำหรับการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ ได้ทำการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ด้วยบุคลากรของบริษัทเอง ซึ่งในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ในปัจจุบันจะพบปัญหา 2 ด้านคือ ระยะเวลานำและจำนวนรอบในการทดสอบแก้ไขแม่พิมพ์มาก ทำให้เกิดต้นทุนการทดสอบแม่พิมพ์สูงและเสียโอกาสในการขาย จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและผลิตสายไฟ การออกแบบและ

พัฒนาผลิตภัณฑ์รถยนต์เอนกประสงค์ และการปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ผลจากการนำไปใช้ทำให้ปัญหาของเสียลดลง ต้นทุนต่ำลงและลูกค้ามีความพึงพอใจเพิ่มมากขึ้น [1], [2], [3]. การวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินแนวโน้มการเกิดข้อบกพร่องและบ่งชี้ถึงแนวทางการแก้ไขและป้องกันล่วงหน้ามาประยุกต์ใช้วิเคราะห์แบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาหนึ่งผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำแบบแม่พิมพ์ไปสั่งผลิตแม่พิมพ์จริง ผลที่คาดว่าจะได้รับคือสามารถลดจำนวนรอบการทดสอบแก้ไขแม่พิมพ์ใหม่และลดระยะเวลานำลงได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

FMEA คือกลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบประการหนึ่ง ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อรับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์/กระบวนการหนึ่งและผลกระทบจากข้อบกพร่องดังกล่าว และเป็นการบ่งชี้ถึงการปฏิบัติการที่สามารถกำจัดทิ้งหรือลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่องรวมทั้งเป็นการดำเนินการจัดทำกระบวนการทั้งหมดอยู่ในรูปเอกสารโดยทั่วไป FMEA จะจำแนกตามจุดประสงค์ในการใช้งานออกเป็น 2 ประเภทคือ

(1) DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis) FMEA สำหรับการออกแบบ

(2) PFMEA (Process Failure Mode and Effect Analysis) FMEA สำหรับกระบวนการ

2.2 ขั้นตอนของการจัดทำ FMEA

โดยมีขั้นตอนทั่วไปในการจัดทำ FMEA ดังนี้

(1) การกำหนดกลยุทธ์ในการจัดทำ FMEA

(2) การทบทวนกระบวนการ

(3) การระดมสมองค้นหาแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง

(4) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ

(5) การประเมินตัวเลขแสดงความเสี่ยง

(6) การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง

(7) การประเมินผลความเสี่ยงภายหลังการปฏิบัติการตอบโต้

(8) การติดตามผลและจัดทำมาตรฐาน

แนวความคิดพื้นฐานของการดำเนินการ FMEA เพื่อให้มีประสิทธิผลมากที่สุดมี 3 ประการคือ การดำเนินการโดยคณะทำ งาน การดำ เนินการผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการ และการดำเนินการโดยเน้นการปรับปรุงไม่สิ้นสุด [4]

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

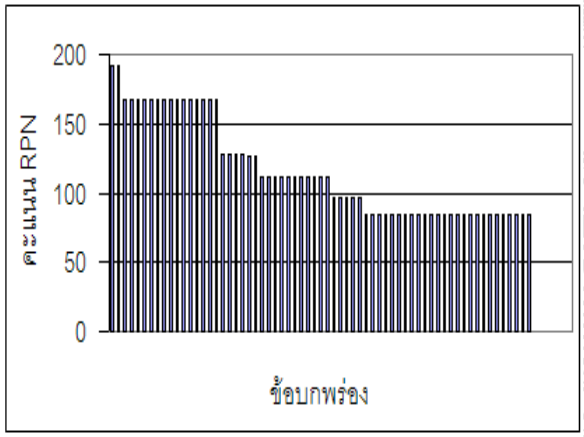
การดำเนินงานจะเริ่มจากเลือกผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์โดยแบบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างดังกล่าวได้ทบทวนร่วมกับฝ่ายผลิตแล้วว่าสามารถทำการผลิตได้จริงด้วยเครื่องจักรของบริษัท ต่อมาทำการออกแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมด 6 ชิ้นส่วน ประกอบด้วย(1) Blow Mold (2) Blank Mold (3) Plunger (4) Loader (5) Chuck (6) Chuck plate จากนั้นได้จัดตั้งทีมงานที่มาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้เฉพาะด้านของการผลิตแก้วเป็นอย่างดีมารับการอบรมความรู้ด้านการใช้เทคนิค FMEA ก่อนที่ทีมงานจะร่วมกันนำแบบแม่พิมพ์ที่ทำการออกแบบฉบับร่างมาทำการกำหนดหน้าที่ที่ต้องการของแม่พิมพ์แต่ละชิ้นส่วน จากนั้นทีมงานจะร่วมกันวิเคราะห์แนวโน้มที่จะเกิดข้อบกพร่อง แนวโน้มผลกระทบของข้อขัดข้อง และแนวโน้มของสาเหตุหรือกลไกที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง แล้วจึงประเมินค่าคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสที่จะเกิดขึ้น และคะแนนการตรวจจับเพื่อนำค่าคะแนนทั้งสามคูณกันเป็นค่าความเสี่ยงชี้นำและนำค่าความเสี่ยงชี้นำมาจัดลำดับความสำคัญของการแก้ไขข้อบกพร่อง โดยในการวิจัยนี้จะเลือกข้อบกพร่องที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 คะแนนขึ้นไปมาดำเนินการแก้ไข เมื่อทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองกำหนดแนวทางการแก้ไขและดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว จึงนำแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่แก้ไขแล้วไปสั่งผลิตแม่พิมพ์ชุดสำหรับทดสอบมาทำการทดสอบการขึ้น

รูปแก้วเพื่อประเมินผลและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไขปรับปรุง

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์

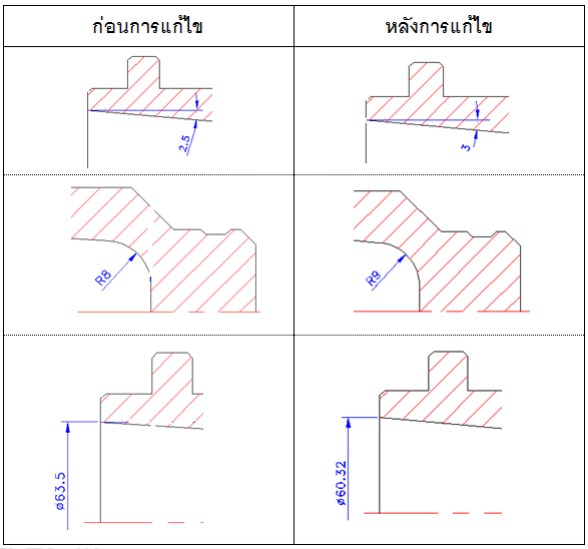
จากการนำแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉบับร่างมาทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่ามีข้อบกพร่องทั้งสิ้น 65 ข้อ จากแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมด 6 แบบ ข้อบกพร่องที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำสูงสุดคือ192 คะแนนและคะแนนต่ำสุดคือ 84 คะแนน รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่อง และตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์



รูปที่ 1. กราฟแสดงค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่อง

4.2 ผลการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบแม่พิมพ์

ในการวิจัยนี้เลือกค่าความเสี่ยงชี้นำ(RPN) ที่มีค่ามากกว่า 100 คะแนนขึ้นไปมาดำเนินการกำหนดแนวทางการแก้ไข ซึ่งพบว่ามีทั้งสิ้นจำนวน 33 ข้อ ที่ทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองกำหนดแนวทางการป้องกันไม่ให้ข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นโดยเน้นการกำจัดสาเหตุของข้อบกพร่องโดยการเสนอแนะและดำเนินการทดลองแก้ไขกับแม่พิมพ์รุ่นอื่นๆ ก่อนนำมาเป็นข้อสรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ จากการทบทวนประเมินค่าคะแนนหลังการแก้ไขส่งผลให้คะแนนความรุนแรงของข้อบกพร่องลดลง เมื่อคำนวนค่าความเสี่ยงชี้นำใหม่พบว่ามีค่าน้อยกว่า 100 คะแนน ทั้งหมดทุกข้อบกพร่อง สำหรับตัวอย่างข้อเสนอแนะแนวทางก่อนและหลังการแก้ไขแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. ตัวอย่างการเปรียบเทียบแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ก่อนและหลังการแก้ไขปรับปรุง

4.3 ผลการประเมินและเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

หลังจากปรับปรุงแก้ไขแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตามแนวทางที่ทีมงานได้เสนอแนะแล้วได้นำแบบแม่พิมพ์ไปสั่งผลิตแม่พิมพ์ชุดทดสอบและนำไปทดสอบขึ้นรูปแก้ว ผลการตรวจสอบขนาดมิติและตำหนิของแก้วตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และจากการรวบรวมข้อมูลจำนวนครั้งการทดสอบแก้ไข ระยะเวลานำตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบแม่พิมพ์จนถึงขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์และค่าใช้จ่ายในการทดสอบ สรุปผลเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

เกณฑ์การเปรียบเทียบ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปอร์เซนต์ที่ลดลง
จำนวนการทดสอบ (ครั้ง)	2.7	1	37.0%
ระยะเวลานำ(วัน)	75	45	60.0%
ค่าใช้จ่าย (บาท)	197,000	72,500	36.8%

5. สรุป

การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร สามารถลดจำนวนรอบที่ทำการทดสอบแก้ไขแม่พิมพ์ใหม่และลดระยะเวลานำในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะเทคนิค FMEA จัดทำขึ้นโดยคณะทำงานดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยและทีมงานเข้าถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่จะส่งผลต่อข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นได้แล้วดำเนินการแก้ป้องกันไว้ล่วงหน้า นอกจากนี้การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA กับโรงงานกรณีศึกษานั้นทำให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการออกแบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและยังใช้เป็นแม่แบบ(Template) ของกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่อื่นๆ ได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ ชวนะปราณี, การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2543.

[2] พงศธร คุ้มชนะ, การพัฒนาผลิตภัณฑ์รถยนต์นั่งขับเคลื่อน 4 ล้อ : กรณีศึกษายานยนต์เสรีเอนกประสงค์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2543.

[3] วิทย์ วรรณวิจิตร, การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2547.

[4] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ตารางที่ 1. แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์

หัวข้อ / หน้าที่	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	Class	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	O	การควบคุมการออกแบบปัจจุบัน		D	RPN	แนวทางการปฏิบัติการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ/วันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข	S	O	D	RPN
Blow Mold																	
มีหน้าที่ขึ้นรูปทรงและลวดลายแก้วให้ตรงตามขนาดที่กำหนดในแบบและไม่เกิดรอยตำหนิบนตัวแก้ว	ขนาดความโตของปากแก้วเล็กกว่าค่าพิกัด	ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	3	6	4	72
			7		กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายอากาศไม่ถูกต้อง	6		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	168	กำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยกำหนดตำแหน่งการเจาะรูระบายใหม่ (ตอนเพิ่มรูระบาย)	3	6	4	72
			7		กำหนดขนาดความโตของรูระบายอากาศเล็กเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
	รูปทรงของปากแก้วงุ้มเข้าไม่ตรงตามแบบ	ถูกปฏิเสธจากการตรวจสอบของ QC	7		การเผื่อระยะตัดปากแก้วน้อยเกินไป	4	อ้างอิงจากคู่มือการออกแบบ	ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	3	84	ไม่มี						
			7		กำหนดจำนวนรูระบายอากาศบน Blow Mold น้อยเกินไปทำให้อากาศระบายออกมาไม่ทัน	4		ตรวจสอบใน Drawing โดยหัวหน้าแผนก	4	112	เพิ่มจำนวนรูระบายอากาศ	วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ (15/10/2552)	แก้ไขแบบโดยเพิ่มจำนวนรูระบายอากาศจากจำนวน 3 รู เป็น 4 รู	3	4	4	48

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายวิชาญ ทองไพรวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	9 กุมภาพันธ์ 2511
ที่อยู่	46/177 หมู่ 7 ถนนเลียบคลองสอง แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2541
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2532 – 2534	ตำแหน่งครูประจำแผนกวิชาช่างกลโรงงาน โรงเรียนดอนบอสโก บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2535 – 2543	ตำแหน่งช่างเขียนแบบแม่พิมพ์ หน่วยงานออกแบบแม่พิมพ์ ฝ่ายผลิต บริษัทโอเชียนกลาส จำกัด (มหาชน)
พ.ศ. 2544 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งผู้จัดการแผนกออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ ฝ่ายผลิต บริษัทโอเชียนกลาส จำกัด (มหาชน)
ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์	วิชาญ ทองไพรวรรณ, ณฐา คุปตัษเฐียร, **“ การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร ”** , การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม, 7 พฤษภาคม 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.