ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การปรับปรุงผลิตผลของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์

โดย นายสุนทร สิทธิสกุลเจริญ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

_____คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงษ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐพล อารีรัชชกุล)

_____กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร)

_____กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชัยพร วงศ์พิศาล)

_____กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์)

การปรับปรุงผลิตผลของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์

นายสุนทร สิทธิสกุลเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

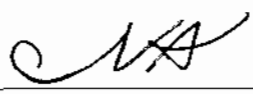
ชื่อ : นายสุนทร สิทธิสกุลเจริญ
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การปรับปรุงผลิตผลของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์
สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.ณัฐพล อารีรัชชกุล
รองศาสตราจารย์สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทำโครงงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของการผลิตกระจกโดยอาศัยแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ เพื่อลดปริมาณของเสียประเภทรอยขีดของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์ โดยมีเป้าหมายคือการลดของเสียประเภทรอยขีดในกระบวนการเจียรลงจากเดิม 0.52% ลงเหลือ 0.32% จากการศึกษาปัญหารอยขีดโดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยการนำแผนภาพแสดงสาเหตุและผลมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุแล้วทำการคัดกรองสาเหตุที่มีความสัมพันธ์ด้วย C&E Matrix สาเหตุต่างๆถูกนำมาวิเคราะห์อีกครั้งด้วย FMEA หลังจากนั้นสาเหตุที่ผ่านการคัดกรองจาก FMEA จำนวน 3 สาเหตุอันได้แก่ล้อ Sensor เครื่องเจียรกระจกไม่หมุน, ล้อลำเลียงกระจกไม่หมุนและตะแกรงกรองเศษหยาบได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยการทดสอบสมมุติฐาน จากการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำให้เกิดของเสียคือตระแกรงกรองเศษมีความหยาบ จึงนำสาเหตุดังกล่าวมาทำการปรับปรุงโดยกระบวนการผลิตเดิมใช้ตะแกรงกรองเศษขนาด 35 mesh จึงทดลองเปลี่ยนตะแกรงกรองเศษให้มีขนาด 50 mesh ส่งผลให้ของเสียลดลงต่ำกว่า 0.32% หลังจากนั้นจึงควบคุมกระบวนการผลิตโดยการกำหนดการบำรุงรักษาตะแกรงกรองเศษในใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) หลังจากมีการควบคุมโดยใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(ประจำวัน)แล้ว ส่งผลให้สัดส่วนของเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 0.22% โดยก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2549 มีมูลค่าความสูญเสีย 227,461.17 บาทหลังจากปรับปรุงแล้วตั้งแต่เดือนตุลาคม-ธันวาคมมีมูลค่าความสูญเสีย 84,918.01 บาท ดังนั้นมูลค่าความสูญเสียลดลง 142,543.16 บาท ซึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 130 หน้า)

คำสำคัญ : การปรับปรุงผลิตผล,กระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

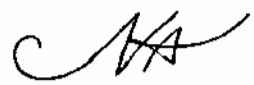
Name : Mr.Sunthorn Sittisakuljaroen
Thesis Title : The Productivity Improvement of Tempered Glass Grinding Process
Major Field : Industrial Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Dr.Nathapol Areeratchakul
Associate Professor Somkiat Jongprasithporn
Academic Year : 2006

Abstract

The objective of the research is to improve the quality of tempered glass in grinding process, implementing six sigma's concept. From preliminary study, the main issue that caused defective products in grinding process is scratches on glass, occurred during production. Hence, the research takes this problem into focus and targets to reduce percent defect from 0.52% to 0.32%. From analytical causation approach, the roots of the problem are analyzed and identified by implementive C&E (Cause and Effect) Matrix. Then, obtained from previous step, the causes of scratches are further analyzed by FMEA method in order to generate their significant degree. As a result, scratches stem from three major causes; unfunctioning of roller of sensor in grinding machine, unfunctioning of the roller of the glass conveyor, and coarseness of screening mesh. Finally, using Hypothesis testing, we found that coarseness of screening mesh is the most important problem which directly affects the amount of defective products. Therefore, the action is to change to finer screening mesh from 35 meshes to 50 meshes. As a result, the percent defect reduces to below 0.32%. To summary, before improvement (January-June 2006) cost of defective products is 227,461.47 Baht, but after improvement(October-December 2006) the cost of defective products reduces to is only 84,918.01 Baht. Thus, this research can save 142,543.16 Baht which success according to research's target.

(Total 130 pages)

Keywords : Productivity Improvement, Tempered Glass Grinding Process



Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ณัฐพล อารีรัชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำแนวคิดในการแก้ปัญหาต่างๆเกี่ยวกับการจัดทำวิจัย ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงการทำวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ขอขอบพระคุณบริษัทไทยเทคโนกลาส จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณ คุณบัณฑิต เลี่ยวศรีสุข ผู้จัดการโรงงาน คุณยุทธนันท์ อังกูรสุทธิพันธ์ วิศวกรฝ่ายผลิต คุณมนตรี วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ และพนักงานทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดการทำการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัว ที่ช่วยส่งเสริมให้กำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อีกทั้งผู้มีพระคุณต่างๆและบูรพคณาจารย์ทุกท่านที่เคยให้การอบรมความรู้ต่างๆมากมายจนประสบผลความสำเร็จในวันนี้

สุนทร สิทธิสกุลเจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	7
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	7
1.5 สมมติฐานการวิจัย	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 อุตสาหกรรมกระจก	8
2.2 กระจกเทมเปอร์	11
2.3 กระบวนการผลิตกระจก	13
2.4 การใช้เครื่องเจียร	20
2.5 คำชี้แจงด้านความปลอดภัย	20
2.6 ข้อมูลทางด้านเทคนิค	24
2.7 การปฏิบัติงาน	34
2.8 การบำรุงรักษา	38
2.9 ซิกซ์ ซิกม่า	41
2.10 งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต	72
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	74
3.1 การค้นหาสาเหตุของรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร	74
3.2 การคัดกรองสาเหตุของปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร	80
3.3 สรุปผลการดำเนินการวิจัย	96

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	97
4.1 การควบคุมกระบวนการทำงาน	97
4.2 การทดสอบสมมุติฐานหลังการปรับปรุงกระบวนการ	100
4.3 มูลค่าความสูญเสีย	103
4.4 บทสรุป	104
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	105
5.1 สรุปผลการวิจัย	105
5.2 ข้อเสนอแนะ	105
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก ก	
ข้อมูลของเสีย	108
ภาคผนวก ข	
แบบฟอร์มตาราง	127
ประวัติผู้วิจัย	130

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 แสดงข้อมูลการเบิกกระจกทดแทนเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549	1
1-2 สรุปต้นทุนของเสียประเภทต่างๆ	2
1-3 แสดงข้อมูลการเบิกกระจกทดแทนของกระบวนการผลิตต่างๆ	4
1-4 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตเปรียบเทียบรอยขีดกระจกเทมเปอร์ ในกระบวนการเจียร	5
2-1 ตาราง C&E Matrix	54
2-2 ตัวอย่างการตรวจสอบความเสี่ยงในการเคลือบน้ำยากันสนิมภายในประตูรถ	55
2-3 ผลกระทบและเกณฑ์การให้ลำดับขั้นความรุนแรง	57
2-4 โอกาสเกิดความผิดพลาดและการให้ลำดับ	58
2-5 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ	59
2-6 ตัวอย่างการควบคุมกระบวนการภาวะความผิดพลาด และการวิเคราะห์ผลกระทบ	61
3-1 แสดงสาเหตุของปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร	79
3-2 แสดงการลงคะแนนใน C&E Matrix	81
3-3 แสดงสาเหตุที่ถูกคัดกรองโดยพาเรโต (Pareto) ในกระบวนการ C&E Matrix	83
3-4 แสดงการทำ FMEA	85
3-5 แสดงสาเหตุที่ถูกคัดกรองโดยพาเรโต (Pareto) ในกระบวนการทำ FMEA	88
3-6 ตารางสรุปผลการทดสอบสมมุติฐาน	95
4-1 ใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET แบบเดิม	98
4-2 ใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET แบบใหม่	99
4-3 ตารางแสดงข้อมูลการผลิตหลังการทำความสะอาด ตามตารางบำรุงรักษา(รายวัน)	100
4-4 แสดงข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2549	103
ก-1 ข้อมูลของเสีย	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ C&E Matrix 128

ข-2 แสดงตาราง FMEA 129

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กราฟแสดงการเบิกกระจกทดแทนเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549	2
1-2	กราฟแสดงต้นทุนของเสียประเภทต่างๆ	3
1-3	แผนผังกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์	3
1-4	กราฟพาเรโตแสดงต้นทุนการเบิกกระจกทดแทนของกระบวนการผลิต	4
1-5	แสดงเปอร์เซ็นต์รอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร	5
1-6	แสดงกระจกรูปแบบต่างๆ	6
2-1	แสดงกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์	14
2-2	แสดงโต๊ะตรวจสอบ	16
2-3	แสดงรูปเครื่องเจียร Fushan	17
2-4	แสดงรูปเครื่องเจียร Schiatti	18
2-5	แสดงรูปเครื่องเจียร Bavelloni	18
2-6	แสดงหน้าที่ล้อหินเจียรเครื่องเจียร Schiatti	18
2-7	แสดงหน้าที่ล้อหินเจียรเครื่องเจียร Bavelloni	19
2-8	แสดงหน้าที่ล้อหินเจียรเครื่องเจียร Fushan	19
2-9	แสดงพื้นที่อันตรายของเครื่องเจียร	23
2-10	แสดงเครื่องเจียร	24
2-11	แสดงส่วนประกอบของเครื่องเจียร	25
2-12	แสดงขั้นตอนการเริ่มทำงาน	26
2-11	แสดงขั้นตอนการยกกระจกขึ้นเครื่องเจียร	27
2-12	แสดงการผสมสารประกอบซีเรียมออกไซด์ในถังกรอง	27
2-13	แสดงการปฏิบัติงานบนเครื่องเจียร	27
2-14	แสดงการเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องเจียรของกระจก	27
2-15	แสดงการยกกระจกออกจากเครื่องเจียร	28
2-16	แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องเจียร	29
2-17	แสดงอุปกรณ์ป้องกันอันตราย	29
2-18	แสดงการป้องกันอันตรายขณะทำงาน	30
2-19	แสดงระยะทางของแต่ละตำแหน่งการทำงาน	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2-20 แสดงเสียงรบกวนในแต่ละตำแหน่งของการทำงาน 32

2-21 แสดงการเติมน้ำในถังกรอง 32

2-22 แสดงการผสมสารประกอบซีเรียมออกไซด์ในถังกรอง 33

2-23 แสดงการปฏิบัติงานบนเครื่องเจียร 34

2-24 แสดงตำแหน่งปิดเครื่องกรณีฉุกเฉิน 35

2-25 แสดงการเปิดเครื่องกรณีปิดเครื่องเจียรฉุกเฉิน 35

2-26 แสดงการตั้งการทำงานใหม่ 36

2-27 แสดงการการเริ่มต้นทำงานใหม่ 36

2-28 แสดงการทำงานของชุดล้ำเลียง 36

2-29 แสดงพารามิเตอร์ของเครื่องเจียร 38

2-30 แสดงการตรวจสอบระบบหล่อเย็นในถังกรอง 39

2-31 แสดงเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดถังกรอง 39

2-32 แสดงภายในกล่องหินเจียรที่ต้องทำความสะอาด 40

2-33 แสดงถังน้ำผสมซีเรียม 40

2-34 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง 44

2-35 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ 45

2-36 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบวิเคราะห์ความผันแปร 50

2-37 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการ 51

2-38 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุ 52

2-39 ลักษณะของแผนภาพพาเรโต 53

2-40 ความเบี่ยงเบนของข้อมูลทางสถิติ ที่เก็บมาจากประชากรภายใต้การควบคุม 63

2-41 ลักษณะสมบัติของข้อมูลในแต่ละสภาวการณ์ 63

3-1 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยเครื่องมือต่างๆ 74

3-2 แสดงแผนผังกระบวนการทำงาน (Process Mapping) ของแผนกเจียร 76

3-3 แผนภาพสาเหตุและผลแสดงสาเหตุต่างๆที่ทำให้เกิดปัญหา
รอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร 78

3-4 แสดงการคัดกรองสาเหตุจากพาเรโตในกระบวนการทำ C&E Matrix 82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-5 แสดงการคัดกรองสาเหตุจากพาเรโตในกระบวนการทำ FMEA 88

3-6 การทดสอบสมมุติฐานการเปลี่ยนล้อ Sensor โดยใช้โปรแกรม Minitab 90

3-7 แสดงล้อลำเลียงกระจก 91

3-8 แสดงการทดสอบสมมุติฐานการเปลี่ยนล้อลำเลียงโดยใช้โปรแกรม Minitab 92

3-9 แสดงตะแกรงกรองเศษเดิม 35 mesh 93

3-10 แสดงตะแกรงกรองเศษใหม่ 50 mesh 93

3-11 แสดงการทดสอบสมมุติฐานการเปลี่ยนตะแกรงกรองเศษโดยใช้ Minitab 95

4-1 แสดงการทดสอบสมมุติฐานเดือนธันวาคม 101

4-2 แสดงสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง 103

4-3 เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุง-หลังปรับปรุง 104

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันซึ่งมีความเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วอีกทั้งยังมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง ทำให้ธุรกิจต่างๆต้องมีการปรับตัวเพื่อให้มีความสามารถในการแข่งขัน รวมทั้งเพิ่มความสามารถในการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อุตสาหกรรมการผลิตกระจกเป็นอีกหนึ่งธุรกิจ ที่ต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับสภาพการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ

บริษัทที่เป็นกรณีศึกษานี้คือบริษัท ไทยเทคโนกลาส จำกัด ตั้งอยู่ที่ 74/1 หมู่ 5 ต.ธรรมศาลา อ.เมือง จ.นครปฐม เป็นบริษัทผลิตกระจก ซึ่งมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์มากมายได้แก่

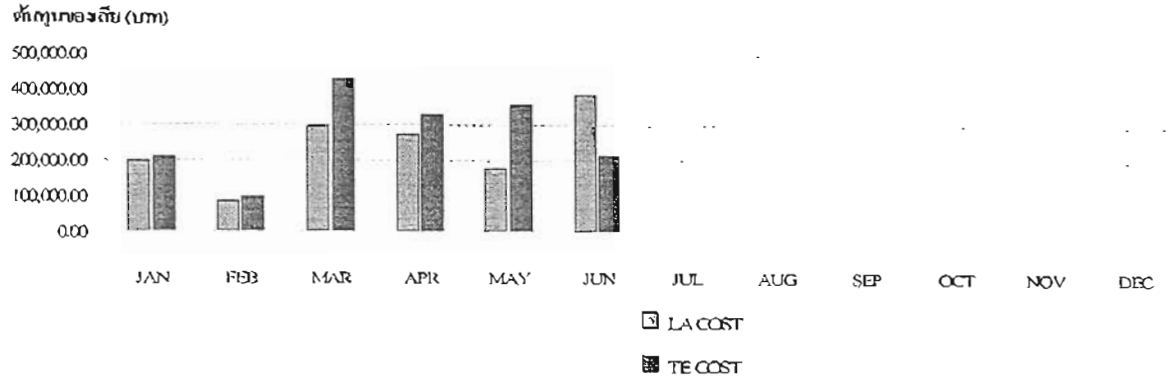
1. แฟบริคกลาส
2. กระจกนิรภัยลามิเนต
3. กระจกนิรภัยเทมเปอร์และฮีทสเตรงเทน
4. กระจกรถยนต์
5. กระจกดัดโค้ง
6. กระจกตกแต่งภายในอื่นๆ

กระบวนการผลิตกระจกแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันออกไปทั้งในด้านประเภทและขนาด โดยการผลิตกระจกจะเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า เมื่อมองในส่วนของวัตถุดิบซึ่งคือกระจก เป็นวัตถุดิบที่มีความเปราะบาง อีกทั้งกระบวนการผลิตยังมีสายการผลิตที่ยาวและหลากหลายของเครื่องมือเครื่องจักรแต่ละประเภท จึงทำให้มีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อกระจก

ปัจจุบันบริษัทไทยเทคโนกลาส จำกัดได้ประสบปัญหามากมายในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนโดยรวมของบริษัทโดยข้อมูลต้นทุนของเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 1-1 และแสดงกราฟเปรียบเทียบในภาพที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แสดงข้อมูลการเบิกกระจกทดแทนเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	Total Cost
LA Cost (Baht)	197,012.30	83,813.18	295,350.58	270,301.36	174,124.25	1,020,601.66
TE Cost (Baht)	206,597.13	96,777.99	427,748.82	326,532.77	357,722.85	1,415,379.56



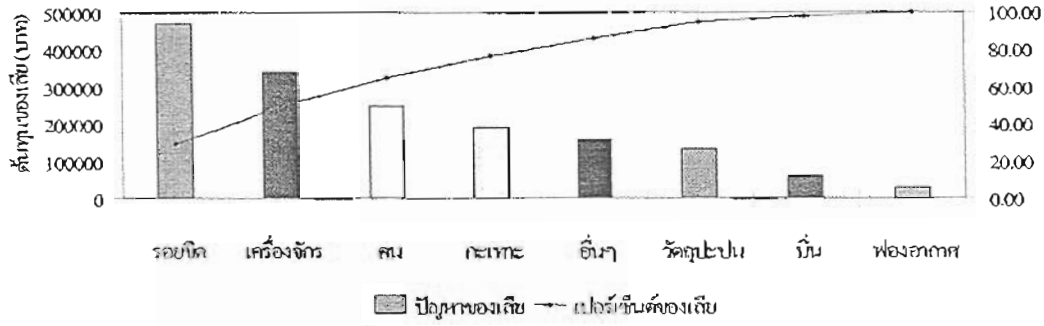
ภาพที่ 1-1 กราฟแสดงการเบิกกระจกทดแทนเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549

จากข้อมูลการเบิกกระจกทดแทนระหว่างเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549 พบว่าต้นทุนการเบิกกระจกทดแทนของกระจกเทมเปอร์ (TE) มีการเบิกถึง 1,415,379.56 บาท ซึ่งมากกว่ากระจกลามิเนต (LA) ถึง 39,477.90 บาท ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งไปที่การศึกษาการลดของเสียของกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์

เมื่อทำการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์ โดยจากข้อมูลของเสียได้แยกประเภทของเสียออกมาดังตารางที่ 1-2

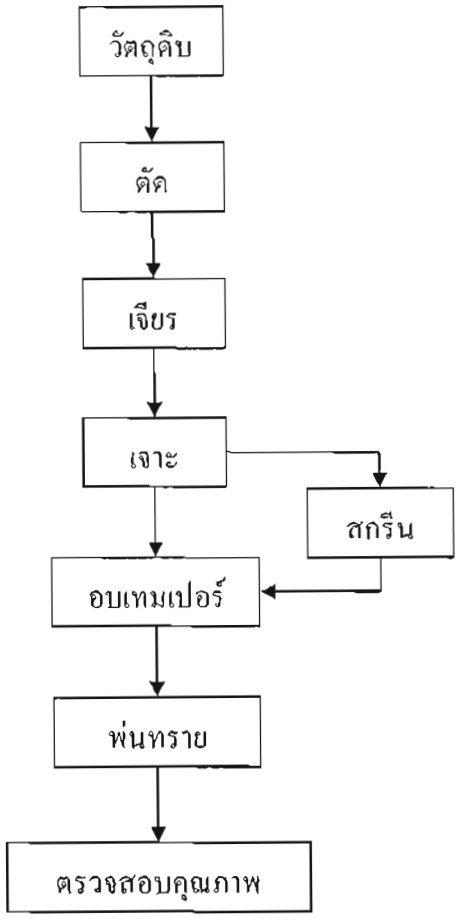
ตารางที่ 1-2 สรุปต้นทุนของเสียประเภทต่างๆ

สรุปต้นทุนของเสีย (บาท)						
ประเภทของเสีย	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	รวม
เครื่องจักร	26,189.79	10,503.94	94,639.27	100,075.04	83,047.87	314,455.94
กะเทาะ	12,873.03	1,892.03	24,852.35	47,340.37	35,463 14	122,420.91
คน	46,132.04	9,443.64	88,006.90	61,322.46	21,010.28	225,915.32
บิ่น	9,927.12	7,787.73	9,311.16	4,841.16	16,551.56	48,418.73
ฟองอากาศ	1,279.57	-	14,133.02	-	14,902.55	30,315.14
รอยขีด	60,643.70	39,632.41	107,873.80	82,384.76	123,324.68	413,859.34
วัตถุปะปน	36,427.88	10,985.95	21,910.06	23,779.30	39,768.32	132,871.51
อื่นๆ	13,124.00	14,792.18	67,022.26	6,789.67	23,654.44	125,382.55



ภาพที่ 1-2 กราฟแสดงต้นทุนของเสียประเภทต่างๆ

จากข้อมูลในตารางที่ 1-2 ซึ่งแสดงต้นทุนที่เกิดจากปัญหาต่างๆระหว่างเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549 สามารถแบ่งประเภทของเสียต่างๆดังตารางที่ 1-2 โดยของเสียที่เกิดจากปัญหาประเภทต่างๆ เป็นต้นทุนที่ได้จากการเบิกกระจกทดแทนในตารางที่ 1-1 ซึ่งปัญหาประเภทรอยขีดมีต้นทุนในการเบิกกระจกทดแทนมากที่สุดคือ 413,859.34 บาท ดังนั้นกรณีศึกษานี้จึงเลือกปัญหาที่เกิดจากรอยขีดบนกระจกมาเป็นกรณีศึกษา

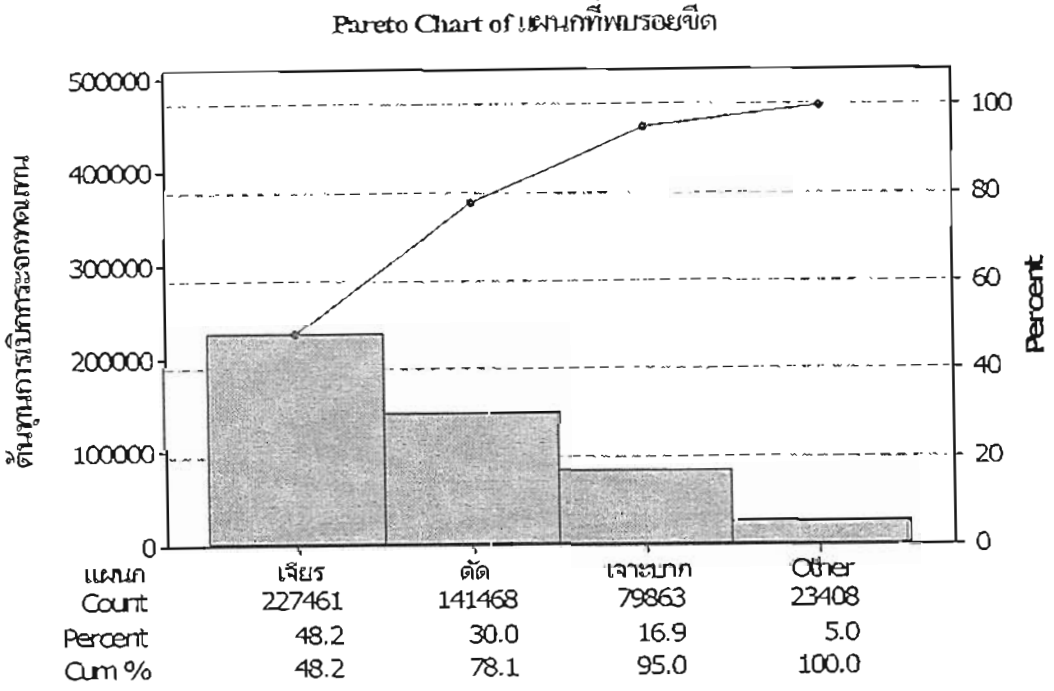


ภาพที่ 1-3 แผนผังกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์

ข้อมูลการเบิกกระจกทดแทนสามารถแยกต้นทุนการเบิกกระจกได้จากกระบวนการผลิตต่างๆที่ทำให้เกิดของเสีย โดยกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์มีกระบวนการผลิตดังภาพที่ 1-3 เมื่อนำข้อมูลจากการเบิกกระจกทดแทนมาศึกษาต้นทุนที่เกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆจึงได้ข้อมูลดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 แสดงข้อมูลการเบิกกระจกทดแทนของกระบวนการผลิตต่างๆ

ข้อมูลการเบิกกระจกทดแทน (บาท)							
แผนก	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	รวม
เจาะบาก	8,230.53	5,091.37	15,917.46	0.00	34,080.54	16,542.95	79,862.86
เจียร	17,425.12	26,268.62	61,066.61	41,665.65	44,942.89	36,092.27	227,461.17
สกรีน	4,623.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4623 28
ตัด	30,364.77	8,272.41	22,282.80	37,290.65	41,195.80	2,061.11	141,467.54
QC	0.00	0.00	1,213.33	0.00	0.00	0.00	1,213.33
จัดส่ง	0.00	0.00	689.14	1,079.13	3,105.46	0.00	4,873.72
เทมเปอร์	0.00	0.00	6,704.46	368.33	0.00	3,643.45	10,716.24
อื่นๆ	0.00	0.00	0.00	1,980.99	0.00	0.00	1,980.99



ภาพที่ 1-4 กราฟพาเรโตแสดงต้นทุนการเบิกกระจกทดแทนของกระบวนการผลิต

จากภาพที่ 1-4 พบว่าในกระบวนการผลิตต่างๆมีต้นทุนที่เกิดจากการเบิกกระจกทดแทนทุกแผนก ในการทำงานของแผนกผลิตต่างๆ มีแผนกการทำงานเพียง 20% ที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตสูงถึง 80% ของต้นทุนการผลิตรวมทั้งหมด ซึ่งพบว่าแผนกเจียรและแผนกตัดอยู่ในช่วงของ 20% โดยแผนกเจียรมีต้นทุนการเบิกกระจกทดแทน 227,461.17 บาท ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งทำการวิจัยที่กระบวนการเจียรเพื่อเป็นกรณีศึกษา

จากข้อมูลของการเบิกกระจกทดแทนสามารถสรุปปริมาณของเสียโดยเทียบกับปริมาณการผลิตกระจกตั้งแต่เดือนมกราคม - มิถุนายน 2549 ข้อมูลการผลิตของแต่ละเดือนได้ถูกรวบรวมปริมาณการผลิตและปริมาณของเสียดังตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1-4 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตเปรียบเทียบรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

เดือน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	รวม
ปริมาณของเสีย (ชิ้น)	18	13	24	83	45	58	241
ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	8,401	9,670	12,145	6,684	6,858	2,331	46,089
เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)	0.21	0.13	0.19	1.24	0.65	2.48	
เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของเสีย (%)							0.52

จากข้อมูลในตารางที่ 1-4 สามารถหาความสามารถของกระบวนการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน ได้ดังต่อไปนี้

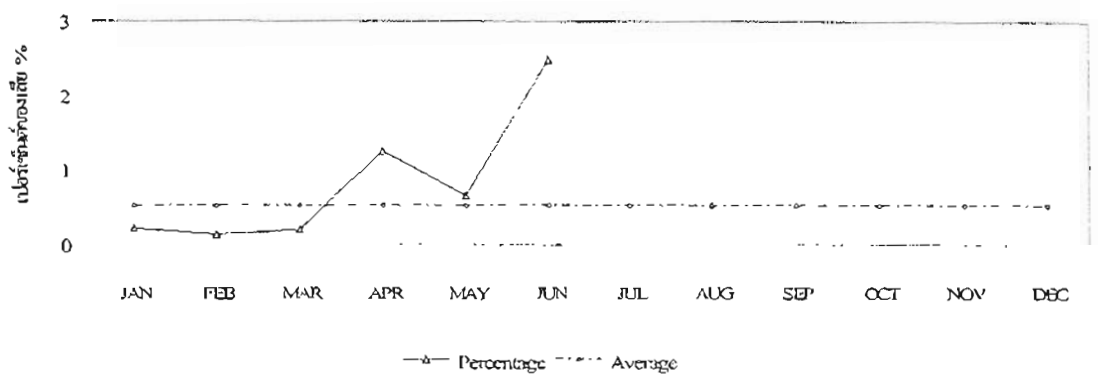
จากสูตร $DPU = \frac{D}{U}$

โดยที่ D คือปริมาณของเสีย= 241 ชิ้น

U คือปริมาณการผลิต= 46,089 ชิ้น

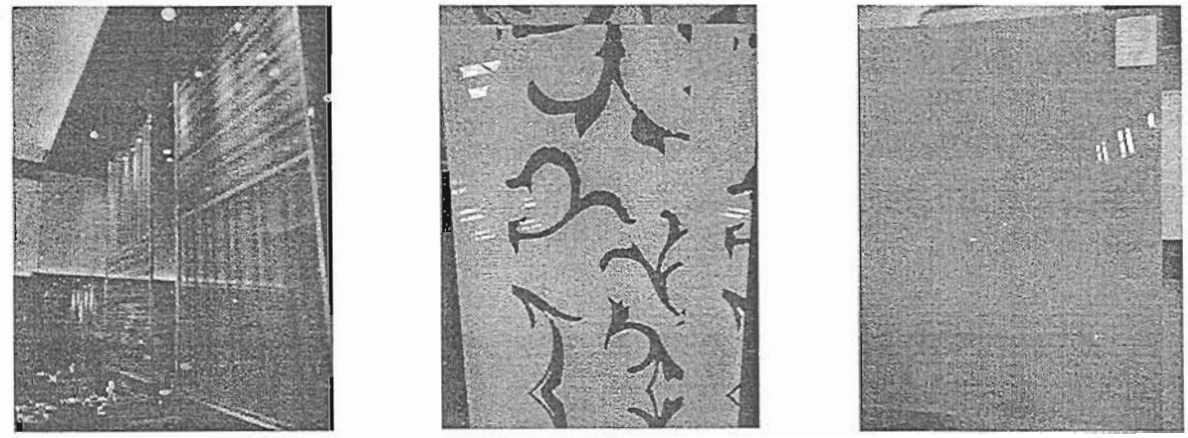
ดังนั้นความสามารถของกระบวนการผลิตเดือนมกราคม-มิถุนายน

$$DPU = \frac{241}{46,089} \times 100 = 0.52\% \qquad (1\text{-}1)$$



ภาพที่ 1-5 แสดงเปอร์เซ็นต์รอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

จากภาพที่ 1-5 เมื่อเปรียบเทียบรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียรกับปริมาณการผลิตกระจกเทมเปอร์ตั้งแต่เดือนมกราคม - มิถุนายนแล้ว พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 0.52 %



ภาพที่ 1-6 แสดงกระจกรูปแบบต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางในการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตกระจกในโรงงานตัวอย่าง

1.2.2 ปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สัดส่วนของเสีย 0.52 % ลดลง 50% จากของเสียต่ำสุดที่เคยผลิตได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะกระจกเทมเปอร์ ปัญหาที่นำมาดำเนินการวิจัยคือปัญหารอยขีดและกระบวนการที่ทำการวิจัยคือกระบวนการเจียร ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตรวมของบริษัทสูงขึ้น

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1.4.1 ดำเนินการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงงานตัวอย่างในกรณีศึกษา

1.4.2 ดำเนินการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 ดำเนินการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างในกรณีศึกษา

1.4.4 ดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยใช้หลักการผังพาเรโต (Pareto Diagram), แผนภูมิเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) เพื่อให้ทราบถึงปัญหาหลักและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นและดำเนินการตามหลักการของ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบ

1.4.5 วางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหา

1.4.6 ประเมินผลที่ได้จากการวิจัย

1.4.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการวิจัย

1.4.8 นำเสนอและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 สมมติฐานการวิจัย

1.5.1 การปรับปรุงตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

1.5.2 ความเหมาะสมของอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้เครื่องมือเครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพโดยปราศจากสิ่งรบกวนที่ไม่พึงปรารถนา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อเป็นแนวทางขั้นพื้นฐานในการค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

1.6.2 ลดปริมาณของเสียและต้นทุนการผลิตโดยรวมของบริษัท

1.6.3 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาประเภทเดียวกันกับกระจกประเภทอื่นๆได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระจก (glass) เป็นวัสดุที่ใช้ตกแต่งภายในอาคารเพื่อความสวยงามและเพิ่มความสว่างไสว ให้กับอาคารบ้านเรือนใช้กับ อุตสาหกรรม ยานยนต์และมีการใช้งานทั่ว ๆ ไปอย่างกว้างขวาง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระจกประมาณ 80% ได้มาจากแหล่งผลิต ในประเทศได้แก่ ทรายแก้ว (silica sand) หินฟันม้า หินโดโลไมต์ (dolomite) เศษกระจก(cullets)และวัตถุดิบที่นำเข้าจาก ต่างประเทศ ได้แก่โซดาแอช ผงคาร์บอน ผงเหล็ก โซเดียมซัลเฟต

2.1 อุตสาหกรรมกระจก

กรรมวิธีการผลิตกระจกจะเริ่มผลิตโดยการนำวัตถุดิบซึ่งได้แก่ ทรายแก้ว หินฟันม้า หินโดโลไมต์ เศษกระจก โซดาแอช หินปูน และโซเดียมซัลเฟตุมาผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ แล้วนำส่วนผสมที่ได้นั้นไปใส่ในเตา ที่มีอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส จนวัสดุต่าง ๆ เกิดการหลอมละลายจนได้น้ำแก้ว (เชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมันเตาซึ่งใช้แทนถ่านหิน) หลังจากนั้น จะปรับอุณหภูมิของน้ำแก้วให้เหลือประมาณ 1,100 องศาเซลเซียสจนมีความหนืดพอเหมาะต่อการขึ้นรูปน้ำแก้ว จะถูกนำไป ผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นแผ่นโดยวิธีการปล่อยให้ไหลลงไปฟอร์มตัวเป็นแผ่นกระจกบนผิวดีบอกแหลมกรรมวิธีนี้ จะได้ แผ่นกระจก ที่เรียกว่า กระจกโฟลต มีคุณสมบัติดีกว่าแผ่นกระจกที่ผลิตโดยระบบอื่น ๆ คือผิวของแผ่นกระจก จะเรียบ ไม่เป็นคลื่น มีความหนาสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น ผิวสุกใส แวววาว ไม่ขุ่นมัว การผลิตกระจกแผ่นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1.1 อุตสาหกรรมกระจกแผ่น

อุตสาหกรรมกระจกแผ่นเป็นอุตสาหกรรมการผลิตกระจกพื้นฐาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่

2.1.1.1 กระจกโฟลต (float glass) ได้มาจากกระบวนการผลิตที่เรียกว่า กระบวนการโฟลต (float process) เป็นกระจกที่มีคุณภาพดีเยี่ยม มีผิวทั้งสองด้านเรียบสนิท เป็นกระจกที่มีความโปร่งใส มีคุณภาพสูง ทนทานต่อการขูดขีดเป็นรอยได้ดี มีความหนาประมาณ 2 ถึง 19 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่ใช้งานกับประตู หน้าต่างอาคาร ตู้แสดงสินค้า ใช้กับการก่อสร้างที่ต้องการผนังเป็นกระจกขนาดใหญ่

2.1.1.2 กระจกชีต (sheet glass) เป็นกระจกที่มีคุณภาพด้อยกว่ากระจกโฟลตเล็กน้อย เป็นกระจกแผ่นเรียบ ใช้งานกับหน้าต่างของที่อยู่อาศัย อาคาร กรอบรูป ผลิตภัณฑ์กระจกชีต สามารถแบ่งออกเป็นกระจกใส กระจกสี กระจกฝ้า (เป็นกระจกชีตที่นำมาขัดฝ้าที่ผิวใช้เป็นฝากั้นห้องหรือประตู) และกระจกดอกลวดลายที่มีลวดลายพิมพ์ลงด้านหนึ่งด้านใดของกระจก สามารถมองผ่านได้สลัว ๆ มีคุณสมบัติกึ่งทึบกึ่งใส เหมาะกับงานตกแต่งภายใน เช่น โคมไฟ บานประตู หน้าต่าง และภายนอกอาคาร

2.1.2 อุตสาหกรรมกระจกต่อเนื่อง

อุตสาหกรรมกระจกต่อเนื่องเป็นการนำกระจกโฟลตและกระจกชีตมาแปรรูป เพื่อประโยชน์ใช้สอยตามคุณสมบัติและลักษณะงานที่แตกต่างกันได้แก่

2.1.2.1 กระจกเงา (mirror glass) ได้จากการฉาบโลหะเงินลงไปที่ด้านใดด้านหนึ่งของกระจกโฟลตชนิดใสหรือกระจกโฟลตสีตัดแสง แล้วนมาเคลือบด้วยสารโลหะทองแดงเป็นการป้องกันโลหะเงินอีกชั้นหนึ่ง และเพื่อความทนทานในการใช้งาน และเคลือบทับด้วยสีที่มีคุณภาพและมีความหนาที่เหมาะสม สีที่เคลือบแต่ละชั้นจะผ่านการอบแห้งด้วยความร้อนสูงทำให้การยึดติดกันระหว่างชั้นต่าง ๆ ดีขึ้น

2.1.2.2 กระจกสะท้อนแสง (heat reflection glass) ได้จากการนำกระจกแผ่นใสมาเคลือบด้วยออกไซด์ของโลหะ ขนาดความหนาของการเคลือบขึ้นอยู่กับระดับความเข้มของแสงที่ส่องผ่าน กระจกสะท้อนแสงมีคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสงได้ดี เมื่อมองจากภายนอก อาคารจะคล้ายกระจกเงา หากมองจากภายในอาคารจะคล้ายกระจกเงา หากมองจากภายในอาคารจะคล้ายกระจกสีตัดแสง

2.1.2.3 กระจกเทมเปอร์ (architectural flat tempered safety glass) ได้จากการนำกระจกแผ่นธรรมดามาเผาที่มีอุณหภูมิ 650 ถึง 700 องศาเซลเซียส แล้วใช้ลมเป่าทั้งสองด้านเพื่อให้กระจกเย็นลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผิวของกระจกจะอยู่ในสภาพแรงอัด ขณะที่ภายในของกระจกอยู่ในสภาวะแรงดึง ด้วยผิวที่อยู่ในสภาวะแรงอัด เมื่อกระจกถูกกระแทกหรือทุบจนแตก แผ่นกระจกจะแตกละเอียดเป็นเม็ดเล็ก ๆ ที่ไม่มีคม มีความแข็งกว่ากระจกธรรมดา 2 ถึง 3 เท่า นิยมใช้งานกับยานพาหนะ หรือส่วนของอาคารที่ง่ายต่อการถูกกระแทก

2.1.2.4 กระจกนิรภัยหลายชั้น (architectural flat laminaty safeted glass) เป็นกระจกที่เพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้มากขึ้น มีขั้นตอนการผลิตดังนี้

2.1.2.4.1 การเตรียมกระจก โดยการคัดเลือกกระจกที่มีคุณสมบัติดี และไม่มีตำหนิ เลือกความหนา ความกว้าง และความยาว แล้วตัดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

2.1.2.4.2 การทำความสะอาด ขั้นตอนนี้จะต้องใช้เครื่องล้าง ซึ่งต้องใช้น้ำสะอาดล้าง ขัดและเป่ากระจกให้แห้ง

2.1.2.4.3 การเข้าประกอบวัสดุคั่นกลาง โดยการนำฟิล์มโพลีไวนีลบิวไทราล (Polyvinyl butyral) ที่มีคุณสมบัติเหนียวและแข็งแรงมาปิดทับหน้ากระจกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว และนำกระจกอีกแผ่นมาประกบลงบนกระจกแผ่นแรก ดึงฟิล์มให้ตึงและประกอบกระจกให้ขอบเสมอกันทุกด้านแล้วตัดฟิล์มส่วนเกินทิ้ง

2.1.2.4.4 การอัดประกบ กระจกที่ประกอบกับวัสดุคั่นกลางแล้ว จะถูกอัดประกบโดยใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิ 120 ถึง 130 องศาเซลเซียส แล้วใช้ลูกกลิ้งรีดกระจกทั้งสองแผ่นให้ติดสนิทกัน

2.1.2.4.5 การอบกระจก ที่อัดประกอบแล้วจะเป็นกระจกกึ่งสำเร็จรูป คือเนื้อฟิล์มจะใสขึ้นแต่ยังไม่ใสมาก จึงต้องนำเข้าเตาอบใหญ่อีกครั้งหนึ่ง เตาอบใหญ่เป็นเตาอบซึ่งอบกระจกโดยควบคุมความร้อนและความดันจนได้กระจกที่ใสมากจนไม่สามารถมองเห็นแผ่นฟิล์มได้

กระจกนิรภัยหลายชั้นมีคุณสมบัติป้องกันขโมยอย่างได้ผล เพราะยากแก่การเจาะผ่าน และเมื่อเกิดการกระแทกหรือชนอย่างรุนแรง ชิ้นส่วนที่แตกจะไม่หลุดออกจากกัน ยังคงสภาพเดิมเพียงแต่มีรอยร้าวเกิดขึ้น

2.1.2.5 กระจกฉนวน (sealed insulating glass) เป็นกระจก 2 แผ่นหรือมากกว่าวางคู่ขนานกัน มีระยะห่างพอสมควร ขอบกระจกทุกด้านมีสารจำพวกการบรรจุอยู่เพื่อให้กระจกคงรูปและป้องกันอากาศชื้นจากภายนอกที่จะเข้ามาในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจก มีประสิทธิภาพมากกว่ากระจกธรรมดา 2 เท่า มีคุณสมบัติสามารถลดปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจก ลดระดับเสียงที่ผ่านผนังอาคารลง เหมาะสำหรับห้องสมุด พิพิธภัณฑ์ ห้องคอมพิวเตอร์

2.1.2.6 กระจกเสริมลวด (wired glass) เป็นกระจกที่มีเส้นลวดแผงตาข่ายลวดฝังภายในกระจก จัดเป็นกระจกนิรภัยชนิดหนึ่ง เมื่อแตก เส้นลวดจะช่วยยึดเศษกระจกไม่ให้หลุดลงมาซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ มี 2 ชนิดคือ กระจกชนิดขุ่น (โปร่งแสง) และชนิดใส (โปร่งใส)

2.1.2.7 กระจกกันกระสุน เป็นกระจกที่ผลิตโดยการนำกระจกนิรภัยชนิดพิเศษมาติดกับกระจกนิรภัยหลายชั้น โดยมีแผ่นพิมพ์พลาสติกขั้นกลาง (ได้แก่ โพลีคาร์บอเนต โพลีไวนีลบิวไทราล)

2.2 กระจกเทมเปอร์

กระจกเทมเปอร์ ผลิตขึ้นจากกระจกที่ผ่านกระบวนการอบความร้อนในเตาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 700 องศาเซลเซียสแล้วทำการเป่าลมเย็นไปยังผิวกระจกทั้งสองด้าน ด้วยความดันที่เหมาะสม ทำให้ผิวกระจกเย็นลงอย่างรวดเร็วให้เนื้อกระจกที่ผ่านการอบ ดังนั้นจึงเกิดคุณสมบัติของกระจกเทมเปอร์

2.2.1 คุณสมบัติ

กระจกเทมเปอร์ มีความแข็งแรงกว่ากระจกธรรมดา 3-5 เท่า และเมื่อถูกแรงกระแทกจนแตกจะแตกกระจายออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ปราศจากคม จึงลดอันตรายต่อผู้ใช้

2.2.2 ความหลากหลาย

กระจกเทมเปอร์ มีความหนาที่สามารถผลิตได้ตั้งแต่ 4 ม.ม. ถึง 19 ม.ม. ซึ่งสามารถผลิตจากโฟลตใส, กระจกโฟลตสีตัดแสงและกระจกสะท้อนแสง "โซล่าร์แทค"

2.2.3 การใช้งาน

2.2.3.1 ประตูบานเปลือยและผนังกระจก ทั้งด้านหน้าและภายในตัวอาคาร ซึ่งต้องการความทนทานต่อการใช้งานของผู้คนที่ผ่านเข้าออกอยู่เสมอ

2.2.3.2 ตู้โทรศัพท์ ห้องโชว์ ตู้สินค้าอัญมณีที่ต้องการความโปร่งใสแต่ทนต่อแรงกระทบกระแทกในการใช้งาน

2.2.3.3 ฉากกั้นส่วนอาบน้ำ ประตูห้องน้ำ ผนังกั้นภายในอาคารที่ต้องการความสวยเด่นสะดุดตา แต่ยังคงความปลอดโปร่งกว้างขวาง

2.2.3.4 ผนังกระจกของสถานที่ ที่ต้องรับแรงกระแทกที่มีความเร็วสูง เช่น สนามสควอช

2.2.3.5 หน้าต่าง ผนังอาคาร ผนังกระจก ของอาคารในบริเวณที่มีแรงอัดของลมสูง

2.2.3.6 บริเวณหน้าคานของอาคาร หน้าต่าง ตู้อบไฟฟ้าหรือบริเวณที่ต้องเผชิญกับภาวะความร้อนสูงกว่าปกติ

2.2.3.7 งานเฟอร์นิเจอร์ เช่น ชั้นวางของ ชั้นโชว์สินค้า

2.2.3.8 สถานที่ที่คำนึงถึงความปลอดภัยมากถึง 2 ระดับ คือ ต้องการความแข็งแรงสูงและยังคงความปลอดภัยแม้กระจกเกิดการแตก เช่น ผนังอาคารของโรงเรียนอนุบาล ราวบันไดเลื่อน เป็นต้น

2.2.4 กระจกเทมเปอร์ กับการติดตั้งกระจกอาคาร

2.2.4.1 ใช้วัสดุยาแนวที่มีคุณภาพสูง เช่น Silicone Sealant หรือ Polysulfide Sealant เป็นต้น

2.2.4.2 ใช้โพลีเอทธิลีนโฟมหรือยางคลอโรฟรีนเป็นวัสดุรองยาแนว

2.2.4.3 ควรใช้ยางแข็ง Chloroprene Rubber ซึ่งมีความแข็งอย่างน้อยระดับ 90 เป็นวัสดุรองกระจก (Setting Block) และ ควรแยกเป็น 2จุด เพื่อสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากัน

2.2.5 ข้อควรระวังของกระจกเทมเปอร์

2.2.5.1 ตามที่ทราบกันแล้วว่า กระจกเทมเปอร์มีแรงที่อยู่ในสภาวะสมดุลในตัวเอง จึงไม่สามารถเจาะ บากมุม หรือ เจียรขอบได้ภายหลังการผลิต ดังนั้นในการสั่งซื้อจะต้องระบุ ขนาด ตำแหน่ง บากมุม และลักษณะการเจียรขอบให้ถูกต้องด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ควรปรึกษาทางบริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) ก่อน หากต้องการบากมุม , ตัดเจาะ หรือเป็นต้น

2.2.5.2 เนื่องจากกระจกเทมเปอร์ต้องผ่านกระบวนการอบด้วยความร้อนสูง จึงทำให้ภาพสะท้อนขึ้นบิดเบี้ยวกว่ากระจกแผ่นธรรมดาทั่ว ๆ ไป และหากนำกระจกสะท้อนแสงมาผลิตเป็นกระจกเทมเปอร์แล้ว ภาพสะท้อนที่บิดเบี้ยวจะเห็นชัดมากขึ้น

2.2.5.3 กระจกเทมเปอร์ทนต่อแรงกระแทก และแรงอัดของลม มากกว่ากระจกธรรมดาที่มีด้านเดียวกันถึง 3 เท่า และเมื่อเกิดการแตกจะแตกเป็นเม็ดเล็ก ๆ อย่างไรก็ตามการแตกอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุอื่น ๆ อีกได้

2.2.6 ลักษณะเฉพาะที่สำคัญของกระจกเทมเปอร์

2.2.6.1 การแตกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ กระจกเทมเปอร์จะมีชั้น Compressive Stress อยู่บนผิวหน้าของกระจกทั้งสองข้างและมี Tensile Stress อยู่ภายในเนื้อกระจก ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้กระจกเทมเปอร์เกิดความสมดุลกัน ถ้ามีรอยร้าวเกิดขึ้นบนผิวกระจกและรอยร้าวนั้นขยายตัวจนถึงชั้น Tensile Stress กระจกจะแตกทันที รอยร้าวของกระจกมี 2 ประเภท

2.2.6.1.1 รอยร้าวที่เกิดจากแรงกระทำจากภายนอก เช่น เมื่อมีของแข็งมากระทบ เป็นต้น

2.2.6.1.2 รอยร้าวที่เกิดขึ้นจากสิ่งเจือปนที่อยู่ในเนื้อกระจกซึ่งในกรณีนี้เกิดขึ้นได้ยากมาก

2.2.6.2 ลักษณะการแตกของกระจกเทมเปอร์ ลักษณะการแตกของกระจกเทมเปอร์จะพิเศษกว่าการแตกของกระจกชนิดอื่น ๆ คือ กระจก อาจจะแตกได้ด้วยตัวของมันเองแม้ว่าจะไม่มีการกระแทกจากภายนอก ซึ่งในกรณีนี้จะไม่ขึ้นกับกระจกทั่วไป

2.2.6.2.1 เมื่อกระจกแตกผิวหน้าของกระจกจะแตกออกเป็นชั้นเล็ก ๆ ทันที

2.2.6.2.2 เศษกระจกอาจจะหลุดร่วงลงมาจากขอบกระจก เนื่องมาจากการติดตั้งกระจกแต่ละวิธี

2.2.6.2.3 เศษกระจกอาจตกลงมาเป็นชิ้น ๆ หรืออาจเกาะกันและตกลงมาเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ

2.2.7 วิธีการป้องกันอันตราย

2.2.7.1 วิธีการติดตั้งที่ป้องกันกระจกหลุดร่วง การติดตั้งโดยใช้ Selant หรือติดอย่างถูกวิธี จะสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากเศษกระจกหล่นเมื่อเกิดการแตกได้

2.2.7.2 วิธีการป้องกันอันตรายจากเศษกระจกแตก ควรป้องกันการหลุดร่วงของกระจกโดยนำกระจกเทมเปอร์ไปทำเป็นลามิเนต หรือติดฟิล์ม สามารถป้องกันเศษกระจกหลุดร่วงลงมาเมื่อใช้กระจกเทมเปอร์กับสถานที่ดังต่อไปนี้

2.2.7.2.1 สถานที่ที่มีความลดเอียง เช่น Skylight, Glass ceiling (Atriums) และสถานที่ซึ่งกระจกแตก เศษกระจกจะตกลงมา อันตรายต่อบุคคลที่อยู่ข้างล่างได้

2.2.7.2.2 การติดตั้งกระจกโดยใช้กรอบ เช่น ราวบันได หรือในสถานที่อื่น ๆ ซึ่งถ้ากระจกแตกแล้วเศษกระจกอาจจะหล่นลงมาทำอันตรายได้

2.2.7.3 คำแนะนำในการออกแบบ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากกระจกเมื่อกระจกแตกและหลุดร่วงลงมา ควรปฏิบัติตามคำแนะนำดังต่อไปนี้

2.2.7.3.1 ติดตั้งกันสาดหรือใช้วิธีที่คล้ายกันเพื่อป้องกันเศษกระจกชิ้นใหญ่ตกลงมาทำอันตราย

2.2.7.3.2 ทำสัญลักษณ์เพื่อให้คนรู้ว่าสถานที่นั้นมีอันตรายจากการตกลงมาของเศษกระจก

2.3 กระบวนการผลิตกระจก

เมื่อลูกค้ามีคำสั่งซื้อกระจก แผนกขายจะทำการแจ้งปริมาณการผลิตและกำหนดการส่งไปยังแผนกวางแผนเพื่อออกใบสั่งผลิต หลังจากนั้นใบสั่งผลิตจะถูกส่งต่อมายังแผนกผลิตเพื่อทำการผลิต โดยใบสั่งผลิตนี้จะแจ้งให้กับทุกแผนกที่เกี่ยวข้องทราบ โดยกระบวนการผลิตกระจกมีดังต่อไปนี้

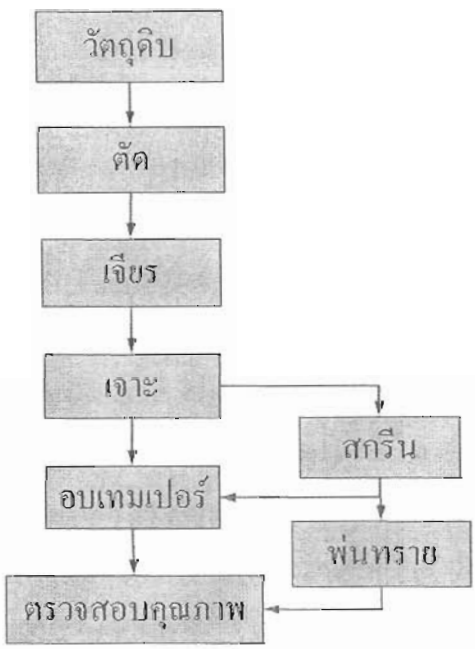
2.3.1 แผนกตัดกระจก จะทำการตัดกระจกจากกระจกแผ่นเต็มให้มีรูปร่างใกล้เคียงกับแบบที่กำหนดด้วยเครื่องตัดกระจก โดยขนาดของกระจกจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดจริงด้านละ 10 มม.เพื่อใช้แปรรูปในแผนกต่อๆไป หลังจากนั้นกระจกที่ถูกตัดซอยแล้วจะถูกเคลื่อนย้ายไปแผนกต่อไป

2.3.2 แผนกเจาะ กระจกที่ผ่านการเจียรแล้วจะมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงความต้องการของลูกค้าโดยกระจกจะต้องถูกนำมาเจาะบากซึ่งจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายจึงจะได้กระจกที่มีรูปร่างและขนาดตามต้องการที่แท้จริง กรณีที่ลูกค้าต้องการสกรีนกระจก กระจกที่ผ่านการเจาะบากแล้วจะถูกนำมาสกรีนลวดลายบนกระจกแล้วจึงถูกเคลื่อนย้ายไปสู่กระบวนการต่อไป

2.3.3 แผนกอบเทมเปอร์ กระจกจะถูกลำเลียงขึ้นสู่ลูกกลิ้งเพื่อเคลื่อนย้ายเข้าสู่ห้องอบโดยใช้อุณหภูมิในการอบ 655-730 องศาเซลเซียส แล้วผ่านลมเพื่อทำให้กระจกเย็นตัวลง หลังจากนั้น

กระจกจะถูกตรวจสอบ กรณีที่ลูกค้าต้องการพ่นทรายกระจกจะถูกเคลื่อนย้ายไปสู่ตู้พ่นทรายและหลังจากเสร็จทุกขั้นตอนแล้วกระจกจะถูกเตรียมนำส่งไปยังลูกค้า

2.3.4 แผนกเจียร จะทำการเจียรแต่งขอบของกระจกให้ได้ขนาดและรูปร่างตามแบบที่กำหนด โดยเครื่องเจียรมีทั้งหมด 3 เครื่องคือเครื่องเจียร Schiatti, เครื่องเจียร Bavelloni และเครื่องเจียร Fushan หลังจากที่ผ่านการเจียรแล้วกระจกจะถูกเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปล้างที่เครื่องล้างกระจก



ภาพที่ 2-1 แสดงกระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์

กระบวนการเจียรเป็นกระบวนการที่เกิดของเสียมากที่สุด เนื่องมาจากมีการเคลื่อนที่ของกระจกตลอดเวลา ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงมากต่อการเกิดของเสียและมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมการทำงาน, อุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.4.1 ส่วนประกอบต่างๆในเครื่องเจียร

เครื่องเจียรมีส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆมากมายเพื่อช่วยให้การทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพและป้องกันการเกิดข้อบกพร่องต่อกระจก โดยอุปกรณ์ต่างมีดังต่อไปนี้

2.3.4.1.1 ล้อลำเลียง เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการประคองกระจกให้เคลื่อนที่เข้าสู่ห้องเจียรโดยที่กระจกไม่เป็นรอยและสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ห้องเจียรได้อย่างรวดเร็ว

โดยมีข้อควรระวังคือล้อลำเลียงต้องหมุน กรณีที่ล้อลำเลียงหยุดหมุนจะทำให้กระจกมีความเสี่ยงต่อการเกิดรอย

2.3.4.1.2 สายพานลำเลียง ทำหน้าที่ในการลำเลียงกระจกให้เคลื่อนที่ตามความเร็วที่ถูกปรับตั้งให้เหมาะกับการทำงานของกระจกแต่ละประเภท โดยสายพานลำเลียงควรจะสะอาดเพราะจะต้องบีบอัดให้กระจกเคลื่อนที่ตามไปด้วย

2.3.4.1.3 แปรงขนม้า สำหรับทำความสะอาดกระจกและป้องกันฝุ่นละอองเข้าสู่ห้องเจียร การใช้งานแปรงขนม้าจำเป็นต้องทำความสะอาดทุกวันเพราะแปรงขนม้าเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่เป็นแหล่งสะสมฝุ่นละออง

2.3.4.1.4 ล้อหินเจียร ทำหน้าที่เจียรกระจกให้ได้รูปทรงตามแบบ โดยมีการเจียรหลายแบบทั้งเจียรหยาบ, เจียรละเอียด และเจียรแอริส (เจียรลบคม) โดยเครื่องเจียรแต่ละเครื่องมีการวางล้อหินเจียรที่แตกต่างกัน

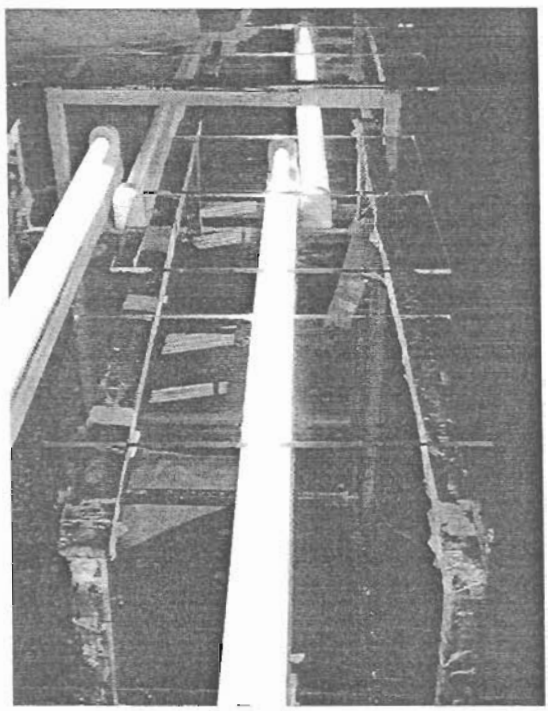
2.3.4.1.5 ถังเก็บน้ำ ทำหน้าที่กักเก็บน้ำที่เข้าสู่ห้องเจียรเพื่อให้สามารถวนกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยน้ำในถังต้องทำการเปลี่ยนถ่ายทุกวันเพื่อให้น้ำที่เข้าสู่ห้องเจียรสะอาดและป้องกันกระจกเป็นรอยอันเนื่องมาจากเศษของกระจกที่มากับน้ำ

2.3.4.1.6 ตะแกรงกรองเศษ สำหรับกรองเศษกระจกจากน้ำที่ไหลออกจากห้องเจียร เพื่อให้น้ำที่วนกลับมาใช้ใหม่เป็นน้ำที่สะอาด โดยก่อนการทำงานจะต้องนำตะแกรงกรองเศษมาเป่าด้วยลมเพื่อให้ปราศจากสิ่งสกปรกที่อุดตันตะแกรง

2.3.4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในแผนกเจียร

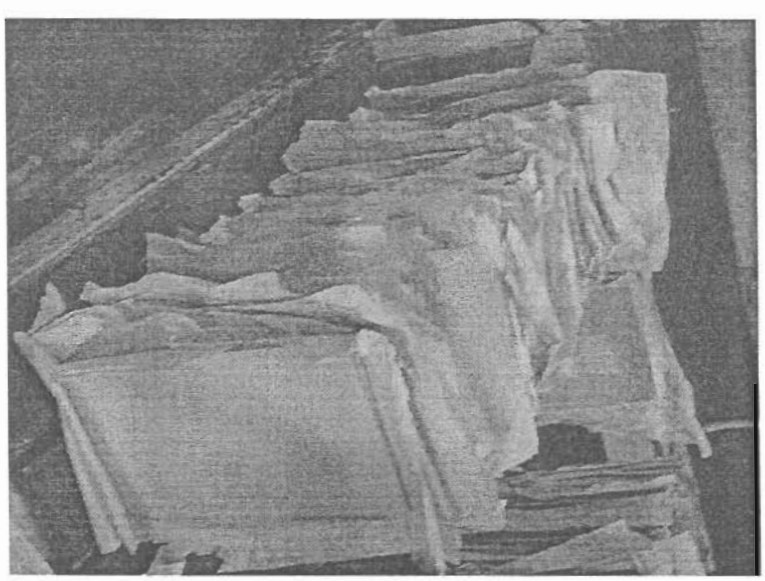
เนื่องจากกระจกเป็นวัตถุดิบที่มีความใสและเปราะบาง ดังนั้นอุปกรณ์ต่างๆจึงเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการผลิตกระจก

2.3.4.2.1 โต๊ะตรวจสอบ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจหาสิ่งที่บกพร่องจากกระบวนการผลิตและรองรับกระจกในระหว่างปฏิบัติงาน โดยโต๊ะตรวจสอบมีลักษณะของโครงสร้างเป็นเหล็กเหมือนโต๊ะทั่วไปแต่ไม่มีพื้นผิวสำหรับวาง ด้านล่างจะวางหลอดไฟเพื่อใช้ในการค้นหาสิ่งที่บกพร่อง ขอบด้านบนเป็นยางเพื่อป้องกันการขูดขีดสู่กระจกดังแสดงในภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แสดงโต๊ะตรวจสอบ

2.3.4.2.2 กระดาษ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วางคั่นระหว่างกระจกและกระดาษ เพื่อป้องกันการขูดขีดกันระหว่างกระจกดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 แสดงกระดาษรองกระจก

2.3.4.2.3 ถุงมือ สำหรับป้องกันคมจากกระจกทำอันตรายต่อพนักงานขณะปฏิบัติงาน โดยถุงมือเป็นถุงมือยางเพื่อป้องกันการลื่นขณะที่พนักงานปฏิบัติหน้าที่

2.3.4.2.4 น้ำยาคาร์โก้ ใช้ทากระจกที่ผ่านเข้าสู่ห้องเจียรแล้วเพื่อป้องกันไม่ให้กระจกที่เจียรแล้วเป็นคราบน้ำ

2.3.4.3 สภาพการผลิตโดยรวมของกระบวนการเจียร

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลจากการเบิกกระจกทดแทนจะพบว่า กระบวนการผลิตกระจกที่ทำให้เกิดต้นทุนในการเบิกกระจกทดแทนสูงขึ้นเกิดจากกระบวนการเจียร ซึ่งมีเครื่องเจียรทั้งหมด 3 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการดังภาพที่ 2-3, 2-4 และ 2-5 ดังนั้นจึงทำการศึกษาปัญหารอยขีดของกระจกเทมเปอร์เฉพาะแผนกเจียรเท่านั้น โดยกระบวนการเจียรมีขั้นตอนในการทำงานดังต่อไปนี้

2.3.4.3.1 รับกระจกจากแผนกตัดกระจกที่ทำการตัดแบ่งให้มีรูปร่างใกล้เคียงแบบ

2.3.4.3.2 ทำการตรวจสอบและทำความสะอาดกระจก

2.3.4.3.3 ยกกระจกวางบนสายพานเครื่องเจียรเพื่อทำการเจียร

2.3.4.3.4 กระจกถูกเจียรในห้องเจียรโดยล้อเจียรของเครื่องเจียรต่างๆซึ่งมีหน้าที่ดังภาพที่ 2-6, 2-7 และ 2-8

2.3.4.3.5 กระจกออกจากเครื่องเจียรที่ด้านท้ายเครื่องเจียร

2.3.4.3.6 เคลื่อนย้ายกระจกมาตรวจสอบบนโต๊ะตรวจสอบ

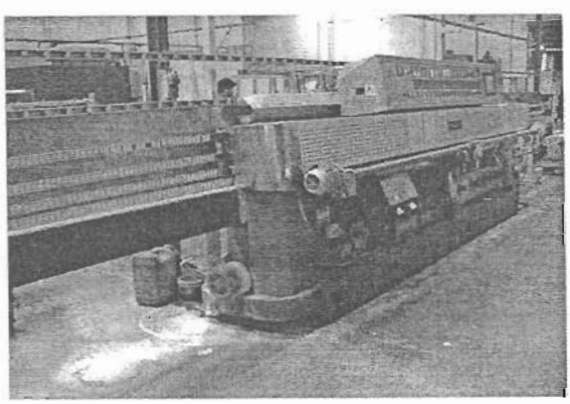
2.3.4.3.7 เช็ดกระจกด้านที่เจียรแล้วด้วยน้ำยาคาร์โก้และเช็ดทำความสะอาด

2.3.4.3.8 นำกระจกเข้าสู่เครื่องเจียรจนกระทั่งเจียรครบทุกด้าน

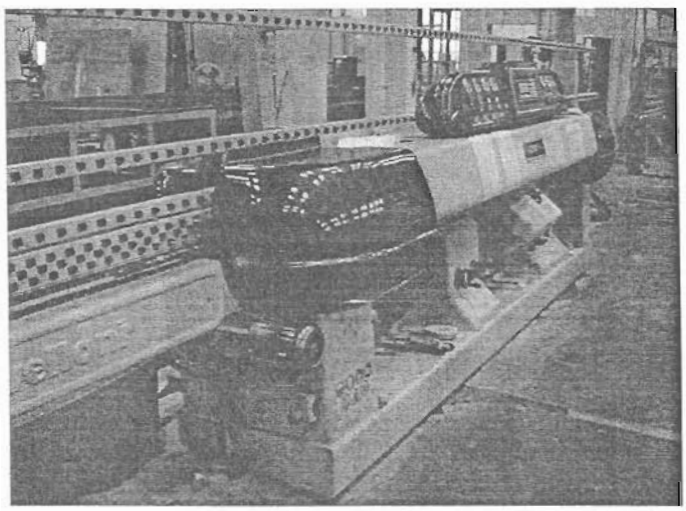
2.3.4.3.9 นำกระจกที่เจียรเสร็จแล้ววางบนแล็คเพื่อย้ายไปเครื่องล้าง

2.3.4.3.10 ยกกระจกวางบนเครื่องล้าง กระจกเข้าสู่เครื่องล้างและเป่าแห้ง

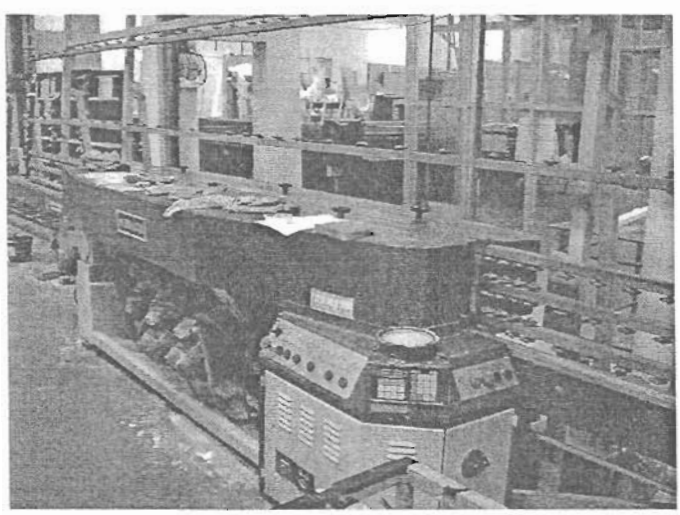
2.3.4.3.11 ยกกระจกออกจากเครื่องล้างเพื่อเตรียมเคลื่อนย้ายกระจกสู่แผนกอื่น



ภาพที่ 2-3 แสดงรูปเครื่องเจียร Fushan

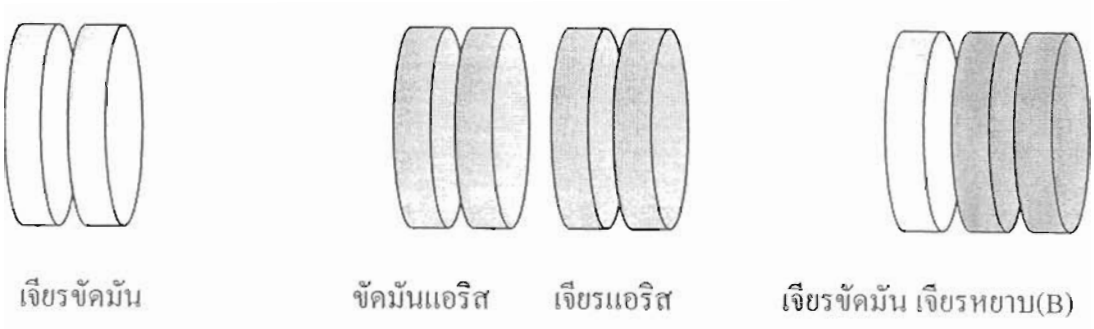


ภาพที่ 2-4 แสดงรูปเครื่องเจียร Schiatti

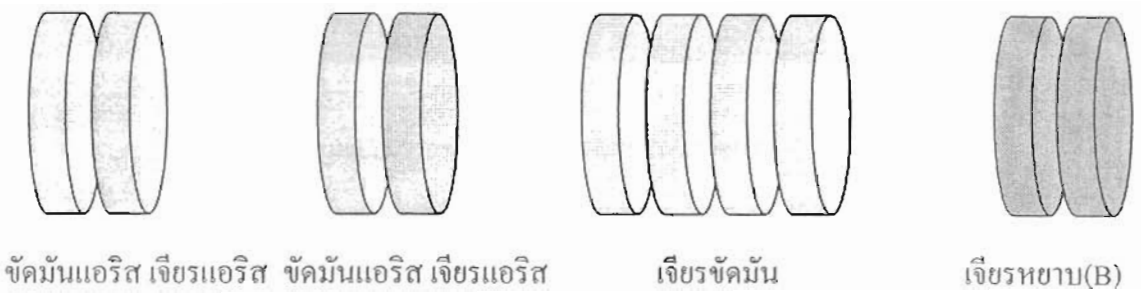


ภาพที่ 2-5 แสดงรูปเครื่องเจียร Bavelloni

ภาพที่ 2-6 แสดงหน้าที่ล้อหินเจียรเครื่องเจียร Schiatti



ภาพที่ 2-7 แสดงหน้าที่ล้อหินเจียรเครื่องเจียร Bavelloni



ภาพที่ 2-8 แสดงหน้าที่ล้อหินเจียรเครื่องเจียร Fushan

2.3.4.4 การใช้เครื่องเจียรและการบำรุงรักษา

การทำงานของแผนกเจียรจะแบ่งการทำงานเป็น 2 กะคือกะ A และกะ B สลับการทำงานกันเป็น 2 ช่วงเวลาคือช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น.และช่วงบ่ายตั้งแต่เวลา 20.00-5.00 น. โดยช่วงเวลาว่างระหว่างกะเป็นช่วงเวลาทำงานล่วงเวลา การปฏิบัติงานของแต่ละกะมีการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

2.3.4.4.1 เริ่มปฏิบัติงานในช่วงเช้า กะที่ปฏิบัติงานจะทำการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการใช้งาน โดยทำการตรวจสอบตามตารางการบำรุงรักษาของเครื่องเจียรแต่ละเครื่อง หลังจากนั้นจึงเริ่มปฏิบัติงานจนสิ้นสุดเวลาการทำงานของกะเช้า

2.3.4.4.2 ก่อนเริ่มปฏิบัติงานช่วงบ่าย จะต้องทำการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการปฏิบัติงาน หลังจากการปฏิบัติงานของช่วงบ่ายเสร็จสิ้นแล้ว กะที่ปฏิบัติงานในช่วงบ่ายจะต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังของเครื่องเจียรซึ่งใช้ในกระบวนการเจียรใหม่เพื่อให้กะที่ปฏิบัติงานในช่วงเช้าสามารถทำงานได้ทันที

2.4 การใช้เครื่องเจียรกระจก

ข้อมูลในคู่มือนี้ใช้สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรซึ่งประกอบด้วยส่วนของการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรและการติดตั้งเครื่องจักร การปฏิบัติตามวิธีการและคำสั่งได้บรรยายในคู่มือการทำงานซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนของข้อมูลที่ต้องการการพิจารณาจะถูกพิมพ์แยกแยะออกมาอย่างชัดเจน

2.4.1 คำอธิบายคำศัพท์

ผู้ควบคุมคือบุคคลหนึ่งคนหรือหลายคนที่ถูกกล่าวถึงในการติดตั้ง, การปฏิบัติงาน, การปรับตั้ง, การบำรุงรักษา, การทำความสะอาด, การซ่อมแซมและการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร

อันตรายคือพื้นที่ใดๆภายในและ/หรือใกล้ๆกับเครื่องจักรซึ่งเสี่ยงต่ออันตรายหรือเสี่ยงต่อการทำลายสุขภาพ

ผู้เสี่ยงอันตรายคือบุคคลใดๆบางส่วนหรือทั้งหมดซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่อันตราย

ผู้ทรงคุณวุฒิคือบุคคลซึ่งอธิบายการอบรม, ประสบการณ์, โครงสร้างและความรู้ของมาตรฐาน, คำสั่งและข้อกำหนดในการป้องกันอุบัติเหตุและสภาพการบริการที่ได้รับมอบหมายการติดตั้ง สามารถจำแนกและหลีกเลี่ยงอันตรายต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้

การบำรุงรักษาเป็นการบริการซึ่งมีความจำเป็นต่อการซ่อมแซมสภาพเครื่องจักรให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

การบำรุงรักษาเฉพาะการซ่อมแซมหรือทดแทนส่วนประกอบของเครื่องจักร

การตั้งค่าผลของการทำงานที่ได้ปฏิบัติในรายการที่มีการเตรียมความพร้อมเครื่องจักรในการผลักดันกระบวนการที่ไม่มีความผิดพลาด

2.5 คำชี้แจงด้านความปลอดภัย

2.5.1 กฎความปลอดภัยโดยทั่วไป

2.5.1.1 ผู้ปฏิบัติจะต้องได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรที่มีความซับซ้อน

2.5.1.2 ไม่อนุญาตให้บุคคลที่ไม่ใช่เจ้าหน้าที่หรือผู้ไม่มีความรู้ปฏิบัติการใด ๆ ก็ตามกับเครื่องจักร, การใช้งานมีความเฉพาะเจาะจง, การดูแลรักษา, การติดตั้ง และการดำเนินการ

2.5.1.3 สวมใส่เสื้อผ้าที่เหมาะสม อย่าสวมใส่เสื้อผ้าที่หลวม, เนคไท, แหวน, กำไล หรือเครื่องประดับอื่นๆ ที่อาจถูกเครื่องจักรดึงระหว่างการเคลื่อนที่ของระบบ และควรสวมใส่รองเท้ากันลื่น และหมวกนิรภัยที่เก็บรวมผมยาวได้

2.5.1.4 ใช้ถุงมือป้องกันรอยตัดและรอยคม เพื่อความเหมาะสมในการหยิบจับชิ้นส่วนของวัสดุที่ระบุไว้ในคู่มือ

2.5.1.5 อย่าสันนิษฐานตำแหน่งที่เป็นสาเหตุของการเสียความสมดุล

2.5.1.6 อย่าเคลื่อนย้ายอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยในกระบวนการทำงานของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานมารวมกับระบบงานที่เคลื่อนไหวและอันตรายที่ตามมา

2.5.1.7 ปฏิบัติตามข้อความด้านความปลอดภัยในคู่มือและป้ายเตือนข้อบังคับที่ติดอยู่บนเครื่องจักรอย่างเคร่งครัด

2.5.1.8 กีดกันบุคคลที่ไม่ใช่เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องออกจากเครื่องจักร

2.5.1.9 อย่าใช้เครื่องจักรกับวัสดุที่แตกต่างไปจากที่ระบุในคู่มือ

2.5.1.10 อย่าใช้เครื่องจักรในการดำเนินงานที่แตกต่างไปจากที่ระบุในคู่มือ

2.5.1.11 อย่าใช้วัสดุที่มีขนาดแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในรายละเอียดด้านเทคนิค

2.5.1.12 ตรวจสอบเป็นครั้งคราวว่าเครื่องมือด้านความปลอดภัยนั้นทำงานได้อย่างถูกต้อง

2.5.2 ความปลอดภัยด้านการเคลื่อนย้ายและการติดตั้ง

2.5.2.1 กระบวนการเคลื่อนย้าย การจัดวาง และการติดตั้งจะต้องทำตามคำแนะนำ โดยเจ้าหน้าที่ที่ได้มีการอบรมความรู้ในแต่ละภารกิจ

2.5.2.2 ต้องแน่ใจว่าปราศจากบุคคลที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดไว้สำหรับกระบวนการดำเนินงานของเครื่องจักร

2.5.2.3 พื้นที่ที่กำหนดไว้สำหรับเครื่องจักรจะต้องใช้ไฟที่มีความสว่างเพียงพอ

2.5.2.4 บุคคลที่มีความเชี่ยวชาญเพียงคนเดียวเท่านั้นที่จะปฏิบัติการติดตั้งระบบไฟของเครื่องจักรเข้ากับระบบไฟมาตรฐานของแหล่งนั้นๆ

2.5.2.5 ตัวนำไฟฟ้าหนึ่งตัวที่มีขนาดพอเหมาะจะเชื่อมต่อเครื่องจักรเข้ากับระบบสายดิน

2.5.3 ความปลอดภัยระหว่างการใช้งาน

2.5.3.1 ต้องแน่ใจว่ากระบวนการไม่มีกระบวนการบริการและการทำความสะอาดอยู่บริเวณสถานที่ก่อนเริ่มการทำงานของเครื่องจักร

2.5.3.2 ต้องแน่ใจว่าระบบป้องกันความปลอดภัยถูกติดตั้งอย่างถูกต้องก่อนเริ่มการใช้งาน

2.5.3.3 ทำการตรวจสอบประแจเหล็กที่บีบยึดที่ล้อหรือตัวเครื่องส่วนอื่นๆที่ถูกถอดออกจากเครื่องจักรก่อนเปิดเครื่องจักรให้เป็นกิจวัตร

2.5.3.4 ต้องแน่ใจว่าไม่มีบุคคลอื่นนอกจากเจ้าหน้าที่เฉพาะงานอยู่ในบริเวณการทำงานก่อนที่จะเริ่มงาน

2.5.3.5 ตรวจสอบการตั้งค่าแรงดันที่เครื่องวัดก่อนที่จะเริ่มใช้งาน

2.5.3.6 ป้อนแผ่นงานตรงด้านที่ทำขึ้นไว้เฉพาะเสมอตามที่ชี้แจงไว้ในวิธีการใช้

2.5.3.7 อย่าเข้าไปในบริเวณอันตรายของเครื่องจักรขณะที่มันกำลังเดินเครื่องอยู่

2.5.3.8 อย่าละทิ้งเครื่องจักรที่ได้รับพลังงานและปราศจากการรักษาความปลอดภัย

2.5.3.9 รักษาความสะอาดของพื้นที่ดำเนินงาน มักพบอยู่เสมอว่าพื้นที่การดำเนินงานที่เปียกและโต๊ะทำงานที่มีความวุ่นวายเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ

2.5.3.10 การป้องกันเหตุบังเอิญที่อาจเกิดขึ้น จงทำทุกขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อช่วยป้องกันเหตุบังเอิญที่อาจเกิดขึ้น เช่น กดที่ปุ่มกดฉุกเฉินก่อนทำการปรับแก้ไขเครื่องจักร เมื่อใดก็ตามที่พักงานกระบวนการทำงานของเครื่องจักรเป็นเวลานานให้ตั้งปุ่มควบคุมไปที่ "O" หรือ "OFF" และใส่กุญแจ

2.5.3.11 ใช้โหมดการดำเนินงานแบบบังคับด้วยตนเองเท่านั้นในกรณีที่เห็นภาพในคู่มือการใช้

2.5.3.12 ไม่อนุญาตให้บุคคลอื่นนอกจากผู้ปฏิบัติงานซึ่งได้รับสิทธิและเจ้าหน้าที่ซึ่งได้รับอนุญาตจึงจะยอมให้ควบคุมเครื่องจักรแบบบังคับด้วยตนเอง

2.5.3.13 ช่างไฟฟ้าที่มีความรู้และความชำนาญเท่านั้นที่จะสามารถเข้าไปในห้องไฟฟ้าได้

2.5.3.14 ตรวจสอบเป็นครั้งคราวว่าสกรูและสลักที่บีบยึดส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องจักรแน่นหนาดี

2.5.4 ความปลอดภัยระหว่างขั้นตอนการดูแลรักษา

2.5.4.1 ต้องแน่ใจว่าเครื่องจักรไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบไฟและระบบแรงขับลมก่อนที่จะลงปฏิบัติกระบวนการดูแลรักษา และใส่กุญแจคล้องสายยูที่ปุ่มควบคุมการป้อนเข้าทั่วไป

2.5.4.2 อย่าหยอดน้ำมันเครื่อง, ซ่อมแซม หรือปรับแต่งเครื่องจักรขณะกำลังเดินเครื่อง

2.5.4.3 ดูแลรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ โดยรักษาความสะอาดของล้อหมุนและคลุมผ้าซึ่งจะช่วยให้ผลลัพธ์ของการตัดที่ดีเยี่ยมและลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัย และทำตามคำแนะนำในการหยดน้ำมันเครื่องให้เครื่องจักรและเปลี่ยนล้อหมุน

2.5.4.4 ใช้อะไหล่ของแท้โดยพิจารณาคู่มือโดยดูข้อเสนอแนะเกี่ยวกับอะไหล่ การใช้อะไหล่ไม่แท้จะนำไปสู่การทำลายเครื่องจักรหรือเป็นอันตรายต่อการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อบุคคลที่ปฏิบัติงานด้วย

2.5.4.5 ก่อนการเริ่มใช้เครื่องจักรต้องแน่ใจว่าอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยหรือส่วนอื่นๆ ไม่มีความเสียหาย

2.5.4.6 ก่อนเริ่มใช้เครื่องตัดควรตรวจสอบสกรูและสลักในส่วนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรให้แน่น

2.5.4.7 การป้องกันเหตุบังเอิญที่อาจเกิดขึ้นจงทำทุกขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อช่วยป้องกันเหตุดังกล่าว เช่น กดที่ปุ่มกดฉุกเฉินก่อนทำการปรับแก้ไขเครื่องจักร

2.5.4.8 กำหนดพื้นที่การดูแลรักษาและทำเครื่องหมายเป็นสัญลักษณ์ของขอบเขต

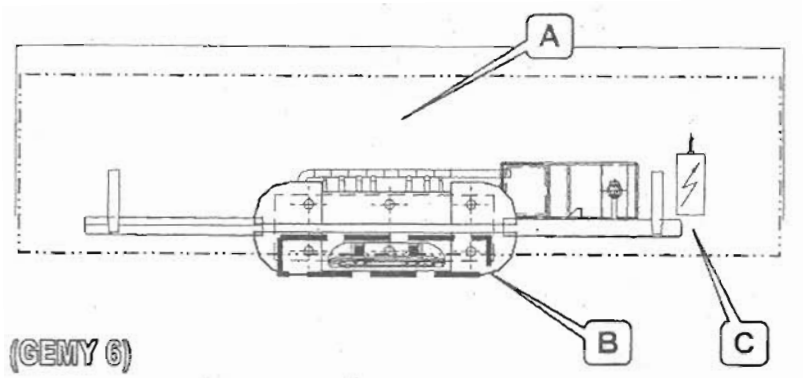
2.5.4.9 ใส่น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่หลัก ด้วยน้ำมันหล่อลื่นที่ระบุไว้ในคำแนะนำ

2.5.5 พื้นที่อันตราย

A = การทำงานของเครื่องจักร

B = ประตูเปิดสำหรับป้อนวัตถุดิบและล้อหมุนเครื่องจักร: ระหว่างที่ล้อหมุนเพื่อการตกแต่งตรวจสอบการไหลของน้ำบนเครื่องมือ

C = พื้นที่ภายในห้องระบบไฟฟ้าที่เป็นแหล่งพลังงานระหว่างการป้อนกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 2-9 แสดงพื้นที่อันตรายของเครื่องเจียร

2.5.6 ความเสี่ยงที่คงเหลืออยู่

กระบวนการดำเนินงานที่เหมาะสมบางอย่างได้ระบุไว้ในคู่มือควรเผยแพร่แก่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับความเสี่ยง มิฉะนั้นจะไม่สามารถขจัดความเสี่ยงนั้นได้ ความเสี่ยงที่คงเหลืออยู่จะถูกขจัดได้ด้วยความระมัดระวังตามกระบวนการที่ระบุไว้ในคู่มือ และการนำอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลมาใช้ตามที่ระบุไว้แต่ละครั้ง

2.5.7 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม

2.5.7.1 หมวกเหล็กป้องกันอันตรายจากวัตถุที่ตกจากด้านบนหรือการชนสิ่งกีดขวาง

2.5.7.2 ผ้ากันเปื้อนก้องปันอุบัติเหตุจากการตัดที่เกิดจากรอยคมของเศษแก้ว ใช้สำหรับการขนย้ายวัสดุ การจัดวาง และขั้นตอนที่มีการสัมผัส

2.5.7.3 ถุงมือป้องกันรอยตัด และรอยขัดเมื่อมีการหยิบจับกระจก

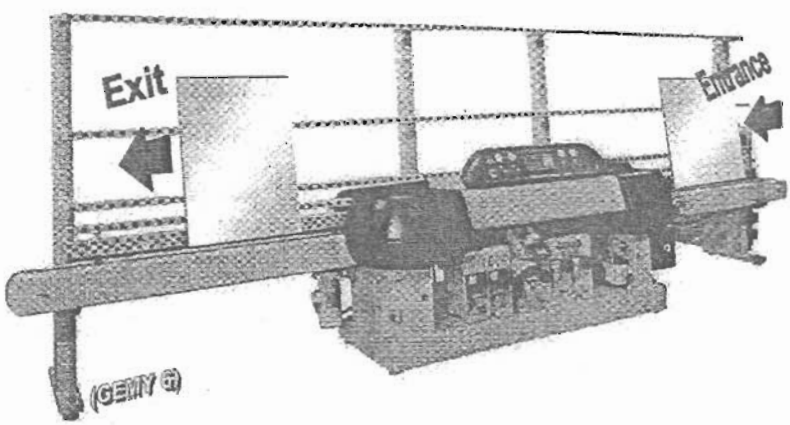
2.5.7.4 แว่นป้องกันอันตรายจากสะเก็ดแป้งที่อาจกระเด็นมาในระหว่างกระบวนการที่เครื่องมือทำการตกแต่ง

2.5.7.5 รองเท้ากันลื่นและกันการกระแทกนิ้วเท้า

2.6 ข้อมูลทางด้านเทคนิค

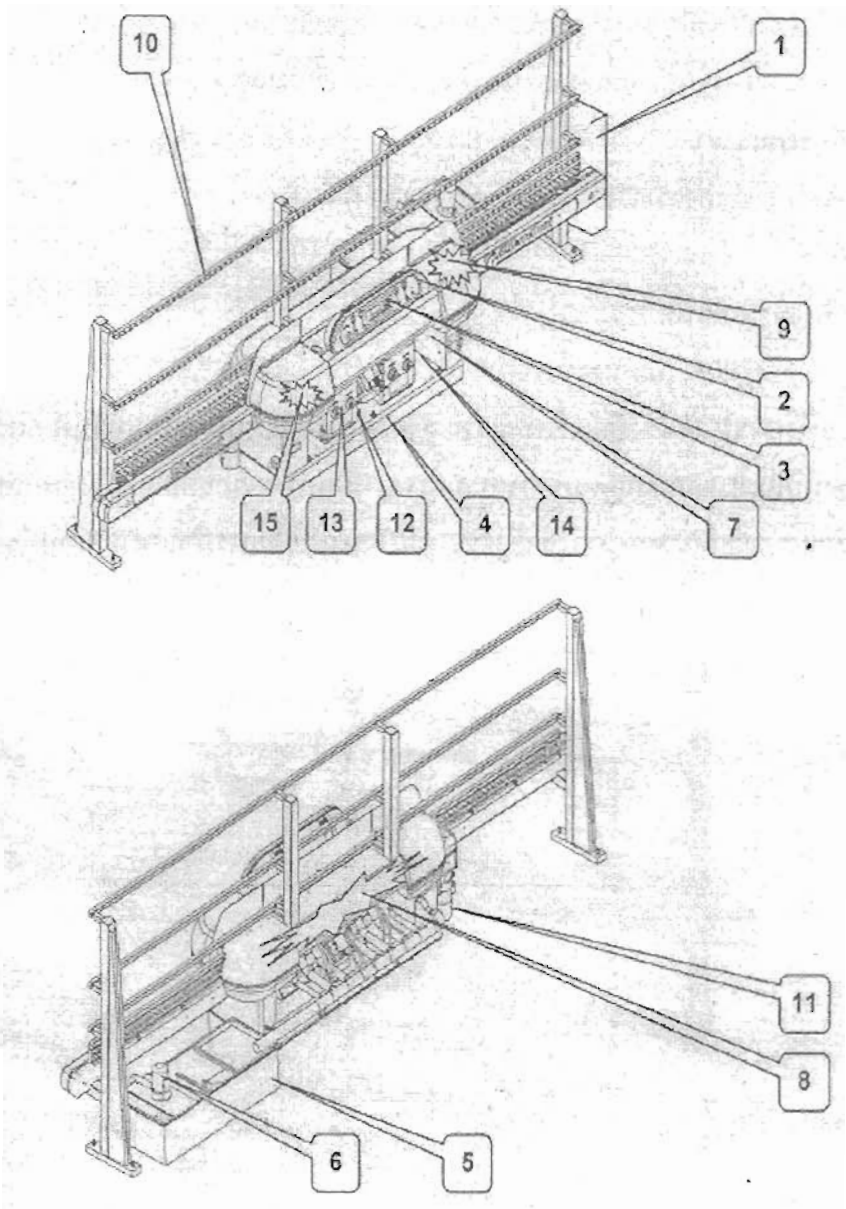
2.6.1 คำอธิบายทั่วไปของเครื่องจักร

เครื่องจักร "GEMY" เป็นเครื่องเจียรละเอียดอัตโนมัติ แบบตรงแนวราบที่ผลิตชิ้นส่วนแก้วหรือกระจกที่มีสันคมและขอบแบน กระบวนการจะสัมฤทธิผลเมื่อตัดแต่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมและล้อขัดทำการขัดเงา "GEMY 9 C" ถูกใช้เป็นเครื่องมือในกระบวนการตัดลาดมุมแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 2-10 แสดงเครื่องเจียร

เครื่องจักรเหล่านี้ถูกออกแบบเพื่อให้ใช้ในส่วนงานอุตสาหกรรม ในบริเวณพื้นที่ที่มีการทำงานของอุปกรณ์กระจกโดยเฉพาะ และป้องกันสารที่ทำปฏิกิริยากับชั้นบรรยากาศภายนอก มีเพียงผู้ ปฏิบัติคนเดียวที่ช่วยเหลืออีกคนในระหว่างขั้นตอนการเครื่องย้ายและการจัดวาง ถ้าจำเป็นก็สามารถขับเคลื่อนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เครื่องมือยกและขั้นตอนการเคลื่อนย้ายที่เหมาะสมจะถูกใช้สำหรับการขนของชิ้นใหญ่ และชิ้นส่วนกระจกที่หนักมากว่า 30 กิโลกรัม ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการอบรมคุณสมบัติในการใช้เครื่องจักรเชิงซ้อนและได้รับคำชี้แจงที่เหมาะสม และมีการเตรียมพร้อมเฉพาะทางในการปฏิบัติงานภาคสนาม



ภาพที่ 2-11 แสดงส่วนประกอบของเครื่องเจียร

2.6.2 ส่วนประกอบของเครื่องเจียร

2.6.2.1 กล่องไฟ

2.6.2.2 แผงควบคุม

2.6.2.3 แผงควบคุมการทำงาน

2.6.2.4 ฐานเครื่องจักร

2.6.2.5 ถังน้ำหล่อเย็นและโครงถัง

2.6.2.6 ปั๊มน้ำ

2.6.2.7 ส่วนของ F.R.L

2.6.2.8 ตำแหน่งจับงานของสายพานลำเลียง

2.6.2.9 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียง

2.6.2.10 แร็ค

2.6.2.11 มอเตอร์ควบคุมสายพาน

2.6.2.12 หัวหมุนล้อหินเจียร

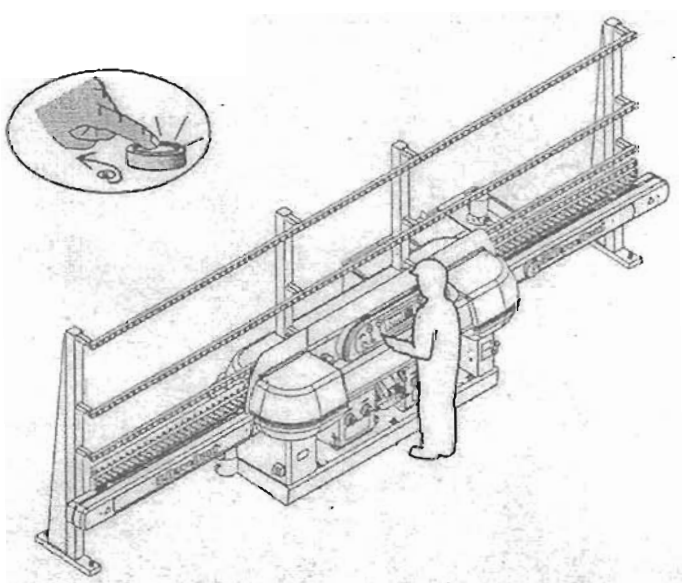
2.6.2.13 ส่วนปรับระยะล้อหินเจียร

2.6.2.14 ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น

2.6.2.15 มอเตอร์ควบคุมการทำงาน

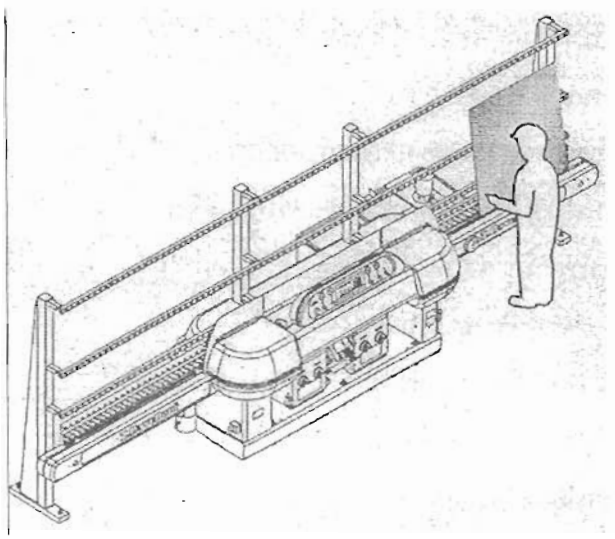
2.6.2.16 ถังซีเรียม

2.6.3 การควบคุมวงจรการทำงาน ขั้นตอนหลักของวงจรการทำงานได้ถูกบรรยายและอธิบาย ดังรูปภาพที่ 2-12, 2-13, 2-14และ2-15



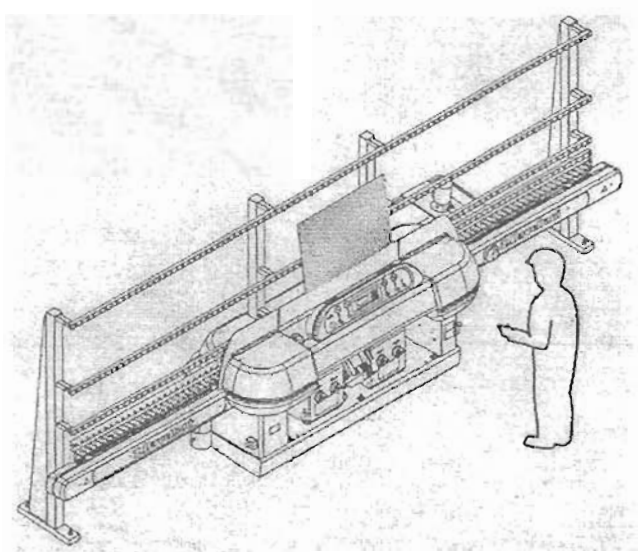
ภาพที่ 2-12 แสดงขั้นตอนการเริ่มทำงาน

เมื่อผู้ควบคุมการทำงานเริ่มกดปุ่ม เครื่องเจียรจะเริ่มทำงาน โดยล้อหินเจียรจะเริ่มหมุนและระบบลำเลียงเริ่มทำงาน



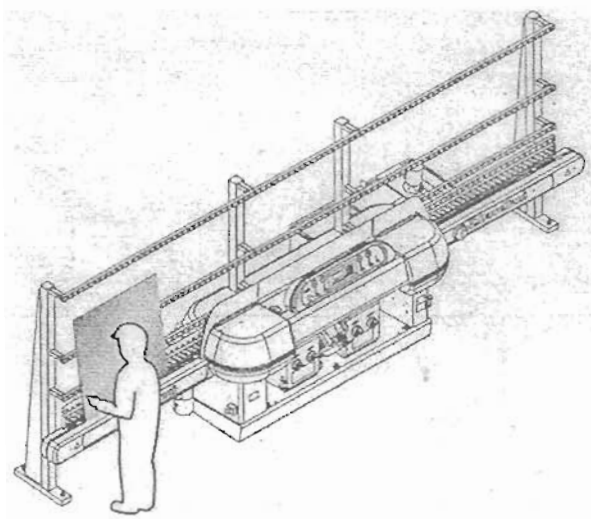
ภาพที่ 2-13 แสดงขั้นตอนการยกกระจกขึ้นเครื่องเจียร

หลังจากนั้นผู้ควบคุมการทำงานจะยกกระจกโดยทำการวางกระจกทางด้านทางลำเลียง กระจกเข้าโดยเมื่อวางกระจกแล้ว กระจกจะพิงกับแร็คซึ่งมีล้อหมุนสำหรับลำเลียงกระจก สำหรับผู้ปฏิบัติงานคนอื่นมีหน้าที่ช่วยหรือใช้เครื่องมือสำหรับช่วยในการยกกระจก



ภาพที่ 2-14 แสดงการเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องเจียรของกระจก

กระจกจะเคลื่อนที่เข้าสู่ด้านในของเครื่องเจียร โดยทำการเจียรตามล้อหินเจียรที่ผู้ควบคุมการทำงานได้ตั้งเอาไว้แล้ว

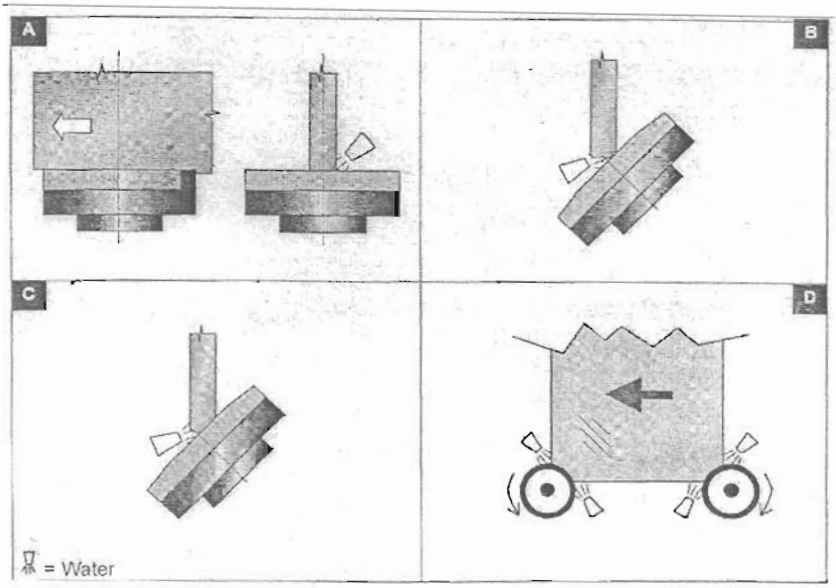


ภาพที่ 2-15 แสดงการยกกระจกออกจากเครื่องเจียร

ทางด้านท้ายของเครื่องเจียรผู้ควบคุมการทำงานจะยกกระจกออกด้วยมือ ผู้ควบคุมการทำงานคนอื่นมีหน้าที่ในการช่วยยกโดยสามารถใช้เครื่องมือในการช่วยยกได้

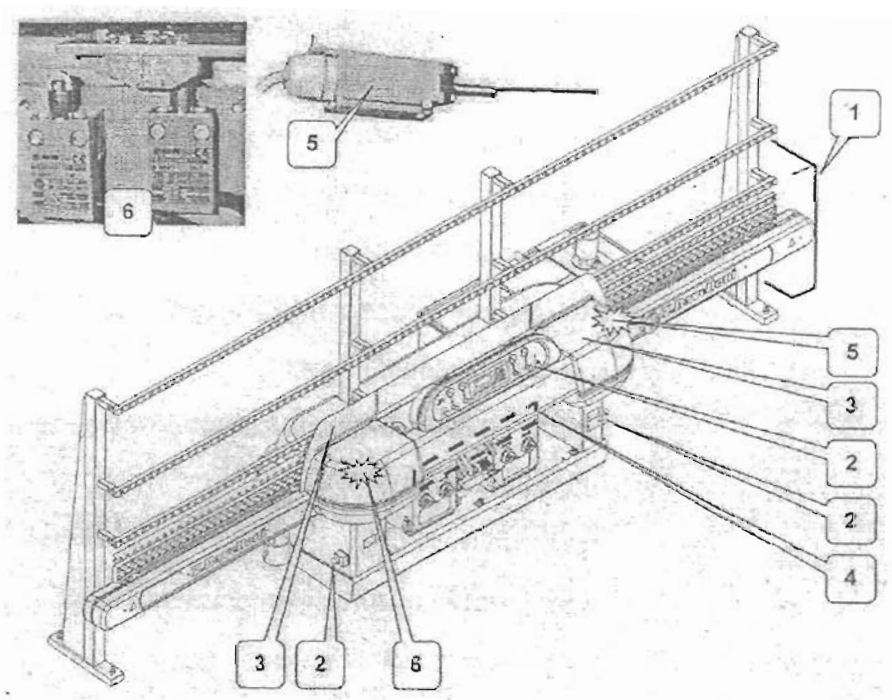
2.6.4 คุณลักษณะของเครื่องเจียร

วัสดุที่ใช้กับเครื่องเจียร:	กระจกแผ่น, กระจกลามิเนตและกระจกเงา
การใช้งาน:	ใช้สำหรับเจียรและขัดเงาโดยล้อเจียร
กระบวนการทำงาน:	เจียรขอบและขัดเงาตามรูป A ภาพที่ 2-16
	ขัดเงาแอริสและเจียรตามรูป B ภาพที่ 2-16
	เจียรขอบและขัดเงาด้านหลังตามรูป C ภาพที่ 2-16
	ลบคมที่มุมของกระจกตามรูป D ภาพที่ 2-16
เครื่องมือ:	ตั้งหัวเพชรและถ้วยล้อขัดเงา
ระบบหล่อเย็น:	หัวฉีดน้ำจะฉีดไปที่เครื่องมือโดยผสมระหว่างหัวฉีดน้ำ
	และซิเลียมออกไซด์
การจับกระจก:	ระหว่างตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้และด้านที่สามารถ
	เคลื่อนไหวได้ ถูกลำเลียงสู่ภายในโดยชุดลำเลียง
การควบคุมหน้าที่การทำงาน:	ควบคุมโดยการใช้ตัวเลข



ภาพที่ 2-16 แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องเจียร

2.6.5 อุปกรณ์ป้องกันอันตราย



ภาพที่ 2-17 แสดงอุปกรณ์ป้องกันอันตราย

2.6.5.1 สวิตซ์หลัก จะมีตำแหน่งการทำงาน 2 ตำแหน่งคือ "0" หรือ "OFF" โดยเครื่องจักรจะไม่ทำงานซึ่งอาจเกิดจากมีการเปิดประตูไว้

2.6.5.2 ปุ่มฉุกเฉิน จะหยุดการทำงานทันทีเมื่อมีอันตรายเกิดขึ้น หลังจากนั้นต้องกดปุ่มสวิตซ์หลักใหม่เครื่องจักรจึงจะเริ่มทำงานใหม่ได้

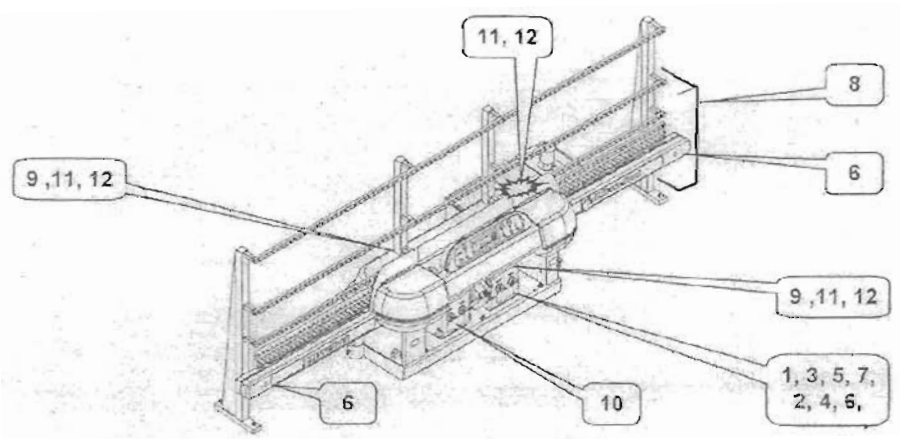
2.6.5.3 โครงป้องกันด้านหัวเครื่อง สำหรับป้องกันผู้ควบคุมเครื่องจากการถูกเครื่องจักรดูดมือหรือแขนและป้องกันน้ำจากภายในห้องเจียรกระเด็นออกสู่ภายนอก

2.6.5.4 โครงป้องกันด้านหน้า สำหรับป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติงานสู่ภายในห้องเจียรและชิ้นงาน และป้องกันกรณีที่ล้อหินเจียรแตกหรือการกระเด็นของน้ำหล่อเย็น

2.6.5.5 ไมโครสวิตซ์ (สำหรับกรณีความหนากระจกผิด) จะทำงานเมื่อมีกระจกที่มีความหนาเกินเข้าสู่เครื่องเจียร โดยปุ่มฉุกเฉินจะทำงาน

2.6.5.6 ไมโครสวิตซ์ป้องกัน (สำหรับกระจกที่เล็กและใหญ่เกินไป) ทำหน้าที่จำกัดการเปิด/ปิดชุดลำเลียงโดยถูกกำหนดค่าการวัดไว้แล้ว

2.6.6 การป้องกันอันตราย ณ ตำแหน่งการทำงานต่างๆ



ภาพที่ 2-18 แสดงการป้องกันอันตรายขณะทำงาน

2.6.6.1 บังคับสวมหมวกนิรภัย

2.6.6.2 อย่าหยอกล้อขณะทำงาน

2.6.6.3 บังคับสวมเสื้อผ้าป้องกันอันตราย

2.6.6.4 ห้ามเคลื่อนอุปกรณ์ป้องกันอันตราย

2.6.6.5 สวมถุงมือป้องกันอันตราย

2.6.6.6 ระวังอันตรายจากการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร

2.6.6.7 สวมรองเท้านิรภัย

2.6.6.8 ระวังไฟฟ้า

2.6.6.9 สวมแว่นตานิรภัย

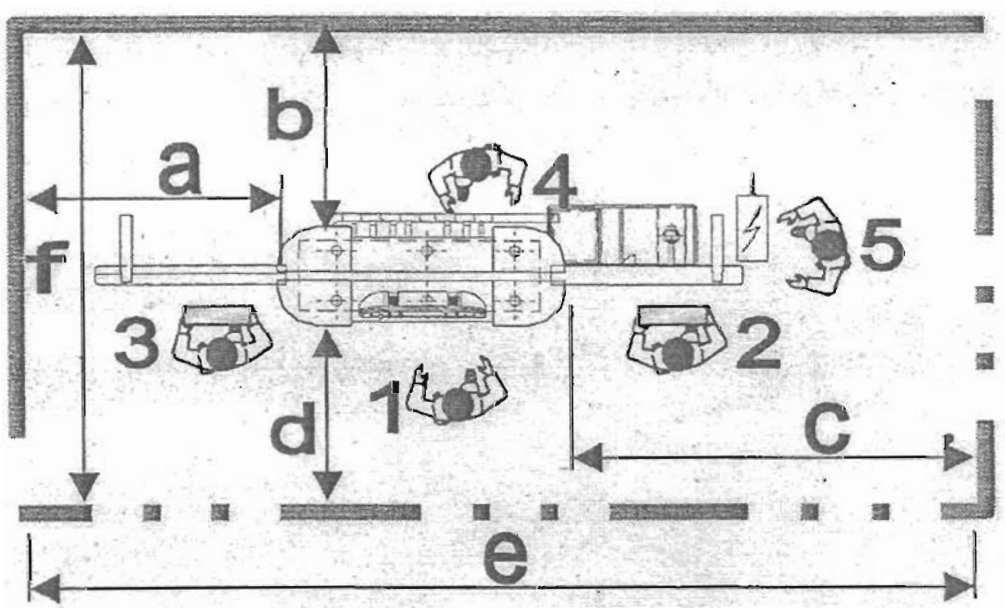
2.6.6.10 ย่าเปิดประตูทิ้งไว้ขณะเครื่องจักรทำงาน

2.6.6.11 ศึกษาคู่มือการทำงาน

2.6.6.12 อันตรายทั่วๆไป

2.6.7 เสียงรบกวน

เสียงรบกวนของเครื่องจักรขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวดังนี้สภาพของล้อหินเจียรและการตัดเฉือน, ชนิดของงานที่ทำ, สภาพของแบริ่ง



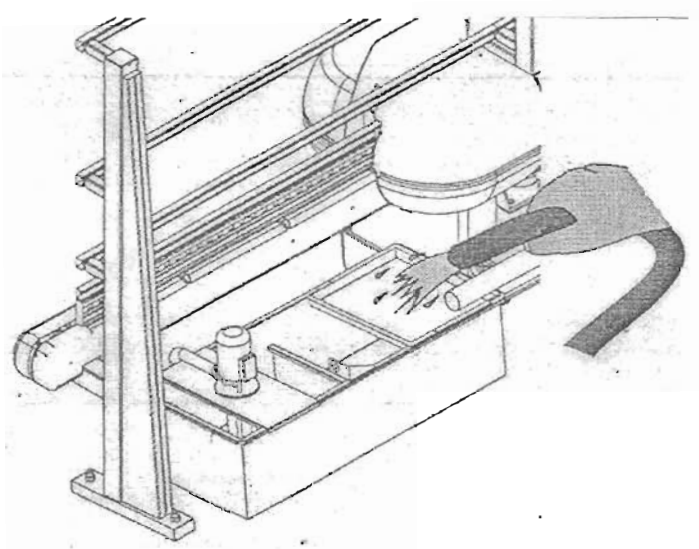
ภาพที่ 2-19 แสดงระยะทางของแต่ละตำแหน่งการทำงาน

			Max. sound pressure level: [dBA]			
			GEMY 6	GEMY 8	GEMY 11	GEMY 9 C
	Position axb (cxd)	(m)	4.3x13.7	4.1x2.4	(7.8x3.5)	11.2x2.5
Most important working conditions (*)	All wheels running, no working performed	1	72	73	72.5	74
		2	72	71	70	73
		3	72	73	70	73
		4	75	75	67.5	75
		5	68	69	74	71
	Sheet (←) mm 1000 x Removal 1.5 mm Speed "v" m/min	1	74.5	77	77	75
		2	73.5	77	74	75
		3	73.5	75	74	75
		4	--	--	--	--
		5	72	74	73	73
		v	2	4	4	4
	Sheet (←) mm 550 x 205 x 18.7 Removal 1.5 mm Speed "v" m/min	1	73.5	73.5	75	75
		2	72	72.5	72.5	75
		3	72	72.5	72.5	74
		4	--	--	--	--
		5	71	70.5	70.5	73
		v	0.8	1	1.5	1.5

(*) = Accomplished with new Z. BAVELLONI wheels in standard configuration: see paragraph 3.10.1.

ภาพที่ 2-20 แสดงเสียงรบกวนในแต่ละตำแหน่งของการทำงาน

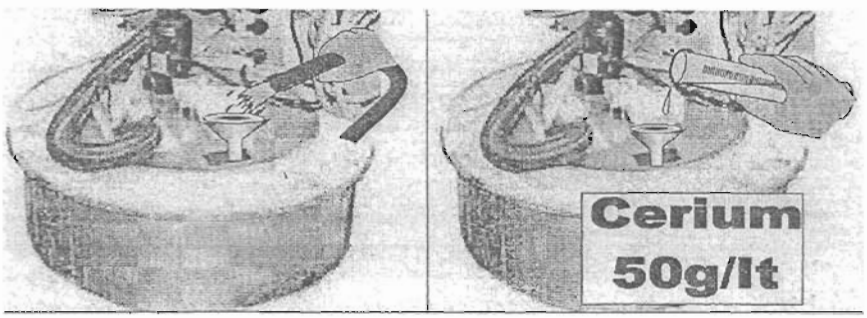
2.6.8 ถังกรอง



ภาพที่ 2-21 แสดงการเติมน้ำในถังกรอง

ถังน้ำต้องเติมน้ำให้ระดับน้ำสูง 100 มม. จากขอบล่าง ถ้าใช้สารเติมเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ต้องมั่นใจว่าไม่เกิดความเป็นด่าง ซึ่งอาจจะเกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่เป็นโลหะ

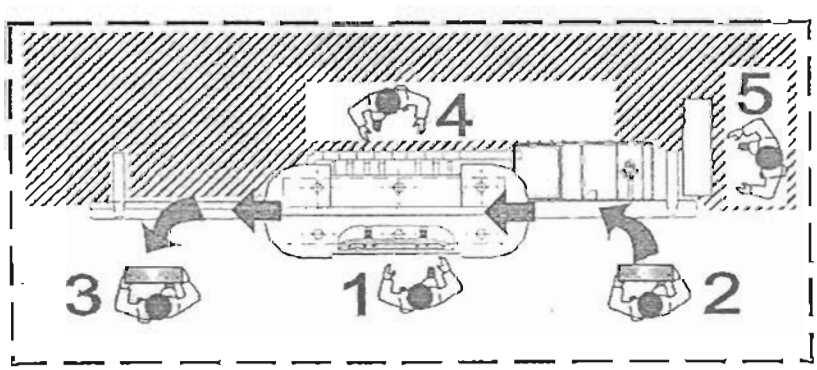
2.6.9 ถังกรองผสมสารประกอบซีเรียมออกไซด์



ภาพที่ 2-22 แสดงการผสมสารประกอบซีเรียมออกไซด์ในถังกรอง

เติมน้ำในถังให้ระดับน้ำสูง 150 มม. จากขอบล่าง การเติมซีเรียมไม่ควรใช้ซีเรียมที่มีคุณภาพต่ำ และควรจะตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำด้วยโดยการเติมซีเรียมควรเติมด้วยอัตราส่วน 50 กรัม / ลิตร

2.6.10 สถานที่ทำงาน



ภาพที่ 2-23 แสดงการปฏิบัติงานบนเครื่องเจียร

2.7 การปฏิบัติงาน

2.7.1 การเริ่มปฏิบัติงาน

เมื่อเริ่มทำงานของแต่ละกะหรือเมื่อเริ่มการทำงานของแต่ละวันควรทำการตรวจสอบอุปกรณ์ฉุกเฉินต่างๆและอุปกรณ์ป้องกันอันตราย โดยเครื่องเจียรสามารถที่จะทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบควบคุมโดยใช้มือได้

2.7.2 การทำงานแบบอัตโนมัติ เป็นวิธีการทำงานสำหรับการใช้งานแบบปกติทั่วไป

2.7.3 การควบคุมโดยใช้มือ การใช้งานโดยการควบคุมด้วยมือต้องมีการเตรียมการ โดยการปรับเครื่องเจียรและซ่อมบำรุง หลังจากนั้นต้องทำการทดสอบการทำงาน

2.7.4 การจัดแต่งวงจร การแยกทางเข้าปั๊มน้ำและชุดมอเตอร์หัวหมุนสามารถทำงานได้ดังนี้ การจัดแต่งเครื่องมือสามารถทำให้หัวหมุนและห้ามไม่ให้ปั๊มน้ำทำงานได้

2.7.5 การเริ่มการทำงานอัตโนมัติของเครื่องเจียรแบบเดี่ยว

2.7.5.1 เปิดระบบไฟโดยการบิดสวิตซ์ไปตำแหน่ง "I"

2.7.5.2 ตรวจสอบที่หน้าจอ ถ้าโปรแกรมเริ่มทำงานหน้าจอจะแสดงขึ้นมา

2.7.5.3 จ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมโดยกดที่ปุ่ม

2.7.5.4 ใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆเช่นความหนา, ความเร็วและอื่นๆ

2.7.5.5 เริ่มการทำงานของหัวหมุนและปั๊มน้ำโดยกดปุ่ม

2.7.5.6 เริ่มการทำงานของชุดลำเลียงโดยกดปุ่ม

2.7.5.7 ตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆที่แสดงแต่ละสถานะ

2.7.5.8 ยกแผ่นกระจกวางบนแร็คและตรวจสอบขอบของกระจกที่ถูกตัดว่าเรียบสม่ำเสมอกันหรือไม่ การยกแผ่นกระจกที่มีความหนักมากๆควรใช้อุปกรณ์ช่วยยกที่เหมาะสม

2.7.5.9 วางแผ่นกระจกให้พิงบนแร็ค

2.7.5.10 ยกแผ่นกระจกออกจากทางด้านท้ายเครื่องเมื่อกระจกวิ่งออกจากเครื่องเจียร

2.7.5.11 ตรวจสอบการเจียรเครื่องแรกว่าการจับยึดถูกต้องหรือไม่

2.7.6 การหยุดเครื่องในสภาวะการทำงานปกติ ต้องมั่นใจว่าบนเครื่องเจียรไม่มีกระจกอยู่

2.7.6.1 ทำการหยุดชุดลำเลียงโดยกดปุ่ม

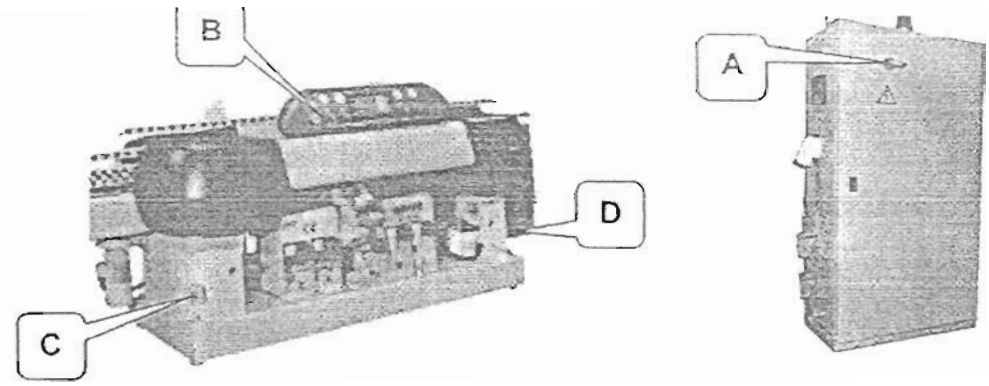
2.7.6.2 ทำการหยุดมอเตอร์และปั๊มโดยกดปุ่ม

2.7.6.3 ถ้าเกิดปัญหากรณีเครื่องเจียรไม่ทำงานให้ทำการตัดกระแสไฟฟ้าโดยการบิดสวิตซ์มาที่ตำแหน่ง "O"

2.7.6.4 เลือกตำแหน่งกระแสไฟฟ้าขาเข้าที่กำลังหลัก

2.7.6.5 หยุดชุดนิวเมติกส์

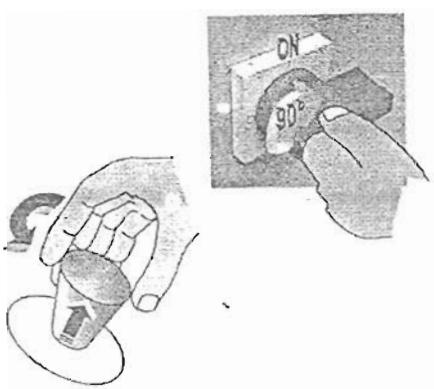
2.7.7 การปิดเครื่องกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ถ้าเกิดเหตุอันตรายในระหว่างการทำงานสามารถหยุดเครื่องเจียรได้ด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้



ภาพที่ 2-24 แสดงตำแหน่งปิดเครื่องกรณีฉุกเฉิน

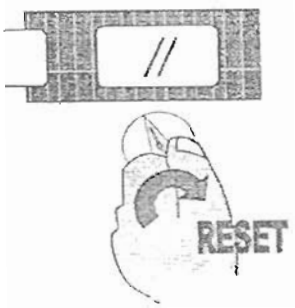
2.7.8 การเริ่มต้นการทำงานใหม่หลังจากปิดเครื่องเจียรฉุกเฉิน

2.7.8.1 หมุนสวิตซ์มาตำแหน่งปิด ดังรูป



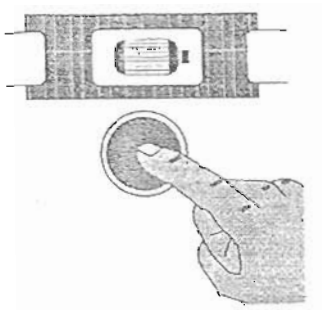
ภาพที่ 2-25 แสดงการเปิดเครื่องกรณีปิดเครื่องเจียรฉุกเฉิน

2.7.8.2 ตั้งการทำงานใหม่



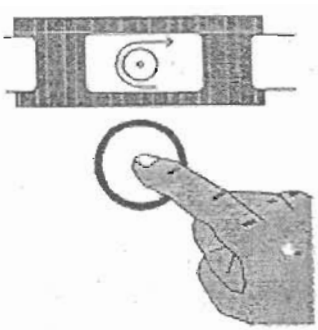
ภาพที่ 2-26 แสดงการตั้งการทำงานใหม่

2.7.8.3 กดปุ่มเริ่มการทำงานของมอเตอร์และปั๊มน้ำใหม่



ภาพที่ 2-27 แสดงการการเริ่มต้นทำงานใหม่

2.7.8.4 กดปุ่มเริ่มการทำงานของชุดลำเลียงใหม่



ภาพที่ 2-28 แสดงการทำงานของชุดลำเลียง

2.7.9 การใช้งานเครื่องเจียรอย่างถูกต้อง

การใช้งานเครื่องเจียรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและงานที่ออกมาได้คุณภาพ ควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

2.7.9.1 หลีกเลี่ยงความแปรปรวนของไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องจักร ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเจียรที่มีคุณภาพต่ำและมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีความราบเรียบสม่ำเสมอ

2.7.9.2 สำหรับเครื่อง GEMY11 ให้ใช้การผสมซีเรียมออกไซด์

2.7.9.3 ทำความสะอาดถังน้ำบ่อยๆ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตของเครื่องเจียร ถ้าทำงานด้วยน้ำที่มีความสกปรกเต็มไปด้วยเศษกระจก เศษกระจกนั้นจะถูกนำกลับมาอันเป็นสาเหตุของการเกิดรอยขีด

2.7.9.4 หลีกเลี่ยงการทำงานที่มีปริมาณน้ำในถังน้อยซึ่งทำให้การหมุนเวียนของน้ำจะต้องใช้แรงดันสูงและจะไม่สามารถนำเศษกระจกออกจากถังได้ อย่างไรก็ตามการเปิดน้ำหล่อเย็นอย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุที่ทำให้ล้อหินเจียรเสียหายระหว่างเจียร ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้กำลังการผลิตตกต่ำและมีผลต่อคุณภาพของงาน

2.7.9.5 กระบวนการผลิตกระจกลามิเนตอาจทำให้ล้อหินเจียรเสียหายได้ หากมีพลาสติกเข้าไปภายในเครื่องเจียรและอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อกระจก ในกรณีนี้ขอแนะนำให้ใช้ล้อหินขัดเซกเมนทอล (Segmental Wheel)

2.7.9.6 ควรจะทำความสะอาดแผ่นกรองในถังน้ำบ่อยๆ เมื่อทำการผลิตกระจกลามิเนต ถ้าพลาสติกผ่านเข้าไปอุดตันทางเดินของน้ำอันจะทำให้เกิดความเสียหายหรือเครื่องเจียรหยุดทำงาน

2.7.9.7 ทำการตรวจสอบตำแหน่งที่หัวฉีดและปริมาณน้ำที่ออกมา

2.7.9.8 เมื่อเริ่มการทำงานต้องทำการวอร์มเครื่องเจียรประมาณ 5 นาที มอเตอร์จึงมีอุณหภูมิพร้อมใช้งาน

2.7.9.9 เมื่อใช้แปรงขนม้าใหม่อาจเป็นไปได้ที่หัวฉีดน้ำจะมีขนาดพอดีจนขวางการทำงาน ดังนั้นต้องปรับให้เหมาะสมและทำการเป่าลมด้วย

2.7.10 การใช้ล้อหินเจียรอย่างถูกต้อง

2.7.10.1 ต้องทำการตรวจสอบล้อหินเพชรเป็นระยะๆและทำการปรับด้วย

2.7.10.2 ควรปรับความเร็วกระจกให้สอดคล้องกับความหนาและจำนวนของกระจกที่ออกจากท้ายเครื่องเจียรด้วย ล้อหินเจียรที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงเป็นสาเหตุของรอยไหม้และครีบที่ขอบของกระจก

2.7.10.3 การใช้แรงดันล้อหินขัดที่ถูกต้องต้องสอดคล้องกับความหนาของกระจก

2.7.11 พารามิเตอร์ของเครื่องเจียร

ข้อมูลของพารามิเตอร์ด้านล่างสำหรับสภาพการทำงานปกติซึ่งสามารเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับคุณภาพของแต่ละงาน

MACHINE	Glass thickness mm.	Removal mm.	Speed m./min.
GEMY 6	5	1	2.5
	10	1,5	2
	15	2	1.5
	19	2	1.2
	25	2	0.8
	35	2,5	0.7

ภาพที่ 2-29 แสดงพารามิเตอร์ของเครื่องเจียร

2.8 การบำรุงรักษา

2.8.1 การทำความสะอาดทั่วไป

การทำความสะอาดเครื่องเจียรบ่อยๆทำให้มีประสิทะภาพในการทำงานและอายุการใช้งานนานขึ้นซึ่งสิ่งนี้เป็นสิ่งที่สำคัญ

2.8.1.1 เปิดชุดฝาครอบเครื่องออกและทำความสะอาดชิ้นส่วนด้วยลมความดันสูงแล้วนำเศษกระจกที่ตกค้างออก

2.8.1.2 ล้างด้วยน้ำสะอาด

2.8.1.3 ทำความสะอาดและทาน้ำมันที่ส่วนเครื่องเจียร

2.8.1.4 ทำความสะอาดภายในกล่องไฟและแผงควบคุมด้วยผ้า

2.8.1.5 ทำความสะอาดชุดลำเลียง, โซ่ที่ทางเข้าและทางออกของแร็ค

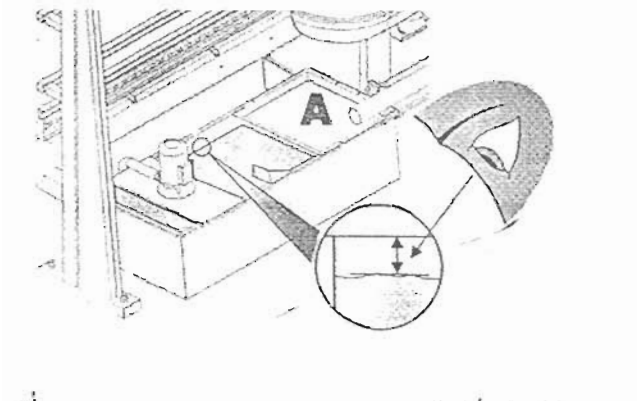
2.8.1.6 ถอดชิ้นส่วนออกจากมอเตอร์และชุดแผงความเย็นของปั๊มลมออก

2.8.1.7 อย่าใช้สารที่ไม่ใช่น้ำยาสำหรับทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องเจียร

2.8.1.8 ตรวจสอบเป็นระยะและประกอบเข้าที่เดิม

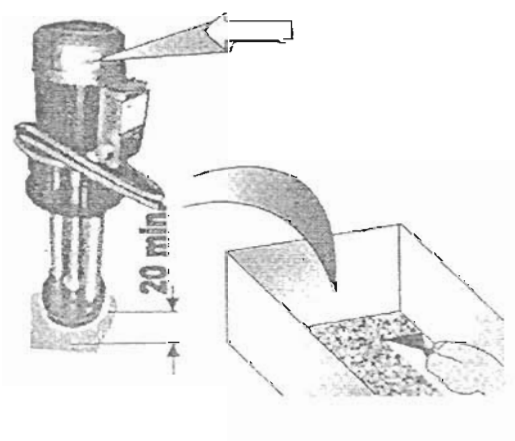
2.8.2 การบำรุงรักษาระบบหล่อเย็นสำหรับล้อหินเจียร

2.8.2.1 ทำการตรวจสอบระบบหล่อเย็นทุกวันโดยให้ระดับของน้ำหล่อเย็นในถังอยู่ที่ 100 มม.จากขอบด้านล่าง



ภาพที่ 2-30 แสดงการตรวจสอบระบบหล่อเย็นในถังกรอง

2.8.2.2 ทำความสะอาดแผ่นกรองทุกๆ 50 ชม. โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเจียรกระจกลามิเนต เมื่อพลาสติกเข้าไปในเครื่องมันจะเข้าไปขวางทางเดินของน้ำอันเป็นสาเหตุทำให้น้ำไม่หล่อเลี้ยงระบบหรืออาจทำให้กระจกแตกร้าวได้



ภาพที่ 2-31 แสดงเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดถังกรอง

2.8.2.3 ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 200 ชม.และทำความสะอาดถังน้ำอย่างสม่ำเสมอ

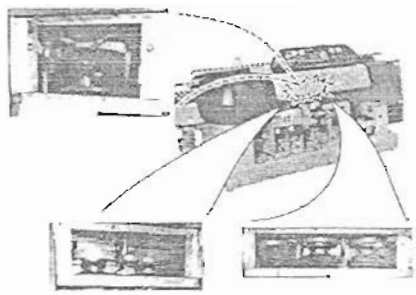
2.8.2.4 ปล่อยน้ำในถังออก

2.8.2.5 นำเศษกระจกออกจากถังน้ำ

2.8.2.6 ต้องมั่นใจว่าระหว่างถังและด้านล่างของปั๊มน้ำมีระดับไม่ต่ำกว่า 20 มม.

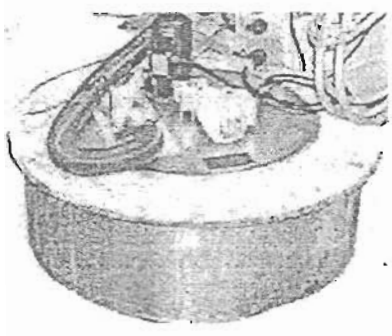
2.8.2.7 การบำรุงรักษาต้องทำการตรวจสอบให้ตำแหน่งปั๊มตรงตำแหน่งเดิม

2.8.2.8 การตั้งพารามิเตอร์ของเครื่องต้องทำความสะอาดภายในกล่องของหินเจียรเพื่อป้องกันการจับตัวของเศษกระจก



ภาพที่ 2-32 แสดงภายในกล่องหินเจียรที่ต้องทำความสะอาด

2.8.2.9 ตรวจสอบระดับน้ำและซีเรียมออกไซด์ในถังน้ำและทำการตรวจสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ



ภาพที่ 2-33 แสดงถังน้ำผสมซีเรียม

2.8.3 การเริ่มปฏิบัติงาน

ทำการล้างระบบการทำงานและทำการตรวจสอบเมื่อมีฝุ่นจากกระบวนการผลิตกระจกแผ่น, เศษกระจกจะขวางหัวฉีดน้ำ

2.8.3.1 เริ่มป้อนให้เครื่องจักรทำงาน

2.8.3.2 จัดอุปกรณ์การทำงานใหม่

2.8.3.3 เรียกหน้าจอระบบหล่อลื่นอีกครั้ง

2.8.3.4 เริ่มการทำงานของปั๊มน้ำโดยกดปุ่ม

2.8.3.5 ตรวจสอบการไหลของน้ำปริมาณน้ำ,ความต่อเนื่องในการไหลและทิศทางการฉีดน้ำ

2.8.3.6 หยุดเครื่องเจียร

2.8.3.7 ทำความสะอาดอุปกรณ์, หัวฉีดและทิศทางการฉีดน้ำที่ถูกต้อง

2.8.4 การบำรุงรักษาแปรงขนม้า

ทำการตรวจสอบเป็นระยะๆและถ้ามีการเปลี่ยนแปรงขนม้าต้องป้องกันน้ำเข้าสู่เครื่อง การเปลี่ยนแปรงขนม้า

2.8.4.1 ถอดฝาครอบเครื่องออก

2.8.4.2 ถอดแปรงขนม้าออกและทำการเปลี่ยนแปรงใหม่

2.8.4.3 ประกอบอุปกรณ์เข้าที่เดิม

2.8.5 การบำรุงรักษาระบบสายพานลำเลียงกระจก

2.8.5.1 ถอดฝาครอบออกและทำการปัดชุดขับสายพานด้วยแปรง

2.8.5.2 หยอดน้ำมันหล่อลื่นให้กับชุดโซ่ขับสายพานและไม่ควรหยอดน้ำมันมากเกินไป

2.8.5.3 ลดระดับเกียร์ส่งกำลังสำหรับความหนาที่เปลี่ยนไปโดยไม่จำเป็นต้องหล่อลื่น

2.8.6 การทำความสะอาดลิมิตสวิตซ์

2.8.6.1 ทำความสะอาดโพเทนชั่นมิเตอร์โดยการสำรวจดูขนาดความหนาต่ำสุดและสูงสุดและไมโครสวิตซ์ทุกๆ 6 เดือน

2.8.6.2 ทำความสะอาดไมโครสวิตซ์โดยเป่าด้วยลมทุกๆ 50 ชม.

2.8.7 การบำรุงรักษาสายพานลำเลียง

2.8.7.1 ถอดฝาครอบออก

2.8.7.2 เปลี่ยนแผ่นรองยางชุดสายพานเคลื่อนที่เท่านั้น

2.8.7.3 ถอดแผ่นรองออก

2.8.7.4 คลายสกรูและนำแผ่นรองใหม่ทดแทนหลังจากนั้นนำแผ่นยางออก

2.8.7.5 ใส่แผ่นยางแผ่นใหม่โดยดึงสลักออกด้วยคีมจับงาน

2.9 ซิกซ์ ซิกม่า

ในปัจจุบัน ธุรกิจต่างๆ ต้องแข่งขันกันในทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาคุณภาพ การสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า การเพิ่มผลผลิตและการลดต้นทุน แทบทุกวิธีการถูกนำมาใช้ในการพัฒนาปรับปรุงองค์การ ซึ่งแต่ละองค์การต้องอาศัยเวลาในการค้นพบจุดอ่อนของตัวเอง และแก้ไขปรับปรุง วิธีการนี้เรียกว่า องค์การการเรียนรู้ (Learning Organization) ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma : 6σ) เป็นคำตอบสำหรับองค์การแห่งการเรียนรู้ และสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว หากนำไปปฏิบัติอย่างทั่วถึงทั้งองค์การ

2.9.1 ประวัติความเป็นมาของ ซิกซ์ ซิกม่า

นับตั้งแต่สิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา ประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาความสามารถทางเศรษฐกิจอย่างหนัก ในปี ค.ศ.1945 เริ่มมีนักวิชาการจากสหรัฐอเมริกาไปให้คำปรึกษาเพื่อการพัฒนาแก่ประเทศญี่ปุ่น W. Edwards Deming ก็เป็นหนึ่งในนักวิชาการที่ไปให้คำปรึกษาที่มีชื่อเสียงที่สุดในสมัยนั้น

การสัมมนาของ Deming เริ่มจากการให้ความรู้ทางสถิติ ไปจนถึงการเป็นที่ปรึกษาในการปรับโฉมหน้าทางอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น ทฤษฎีการจัดการต่างๆ ของ Deming มักเป็นไปในการกำหนดนโยบายซึ่งมุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ และจัดการกับความไม่แน่นอนต่างๆ ของกระบวนการ ซึ่งส่งผลไปถึงการผลิต จนไปถึงการปรับปรุงคุณภาพทั่วทั้งองค์กร Total Quality Management (TQM) ซึ่งได้รับการยกย่องเป็นอย่างมากจนมีการตั้งรางวัล Deming Prize เป็นรางวัลทางด้านคุณภาพที่สูงที่สุด

จากความสำเร็จในการพัฒนาคุณภาพ และเศรษฐกิจในประเทศญี่ปุ่นมาถึงปี ค.ศ.1980 ได้มีสื่อ NBCของสหรัฐอเมริกา เสนอข้อความว่า "If Japan Can, Why Can't We" รณรงค์ให้เกิดการพัฒนาทางด้านคุณภาพกันอย่างมากมายในสหรัฐอเมริกา ทำให้มีการมองถึงความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่นทั้งที่ความรู้และทฤษฎีต่างๆ มีต้นกำเนิดมาจากสหรัฐอเมริกาเอง ได้มีการศึกษาและพัฒนาตลอดมา Mikel Harryวิศวกรของบริษัทโมโตโรร่า ได้ศึกษาแนวคิดในเรื่องความแปรปรวนของ Deming เป็นพิเศษ และเสนอต่อองค์กรว่า การศึกษาความแปรปรวนจะเป็นแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกซ์ ซิกม่า

กรรมวิธีทาง ซิกซ์ ซิกม่า ได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 และภายใต้การนำของ Bob Galvin,CEO ของโมโตโรร่าในสมัยนั้น ได้เริ่มมีการนำกรรมวิธีทาง ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในปี ค.ศ.1987 มุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนในทุกสิ่งที่โมโตโรร่าทำ และดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องกำหนดเป้าหมายที่ความผิดพลาด 3.4 ppm ตามแนวคิดของ ซิกซ์ ซิกม่า

จากความสำเร็จในการนำกรรมวิธี ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ ของโมโตโรร่า ทำให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ และได้รับรางวัลคุณภาพ Malcolm Bald ridge Award ในปี ค.ศ.1988และจากแนวความคิดนี้ ได้มีองค์กรต่างๆ นำไปใช้จนประสบความสำเร็จจนได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน

2.9.2 แนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกซ์ ซิกม่า

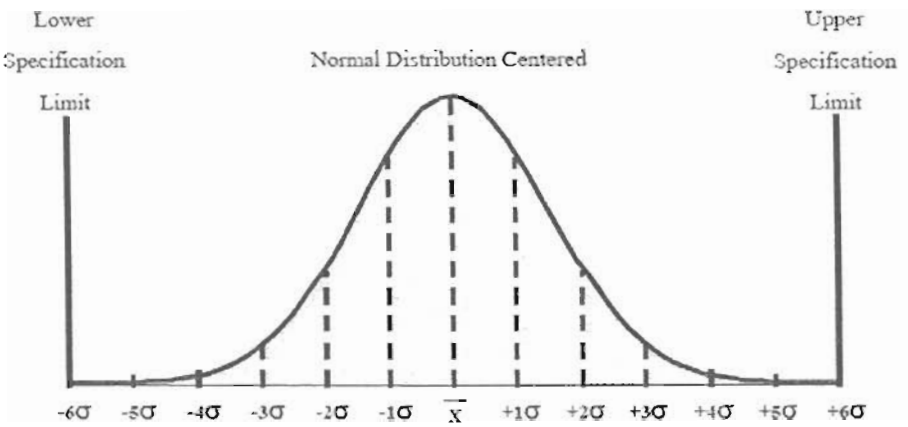
ในแนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่า การที่ผู้ผลิตจะสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้นั้น ผู้ผลิตจำเป็นจะต้องมีการลดความเสี่ยง หรือโอกาสที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ ซึ่งการลดความเสี่ยงนี้ จะสามารถทำได้โดยการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิต อันเป็นผลทำให้

กระบวนการผลิตสามารถผลิตสินค้าหรือบริการซ้ำๆ กันได้ในระดับมาตรฐานที่สูง โอกาสที่ลูกค้าจะพึงพอใจก็จะมีสูงตามไปด้วย แต่ในการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตนั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ จะต้องทำการศึกษา และทำความเข้าใจถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการผลิต ซึ่งแหล่งความผันแปรหลักๆจะมาจากการออกแบบ (Design) วัสดุ (Material) และกระบวนการผลิต (Process) เพราะความผันแปรเหล่านี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถของกระบวนการผลิต ถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีมาก ความสามารถของกระบวนการต่ำ ในทางกลับกันถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีน้อย ความสามารถของกระบวนการก็จะสูง

ในการลดความผันแปรของกระบวนการ เรามีความจำเป็นจะต้องทำการศึกษาและหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ได้คือ Y = f(X1, X2, …, XN) เมื่อ Y คือลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และ (X1, X2, …, XN) คือสาเหตุปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิตนี้มีจำนวนมากมาย (Trivial many) แต่สาเหตุปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบอย่างมากต่อลักษณะทางคุณภาพนั้นจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital few) เมื่อสาเหตุปัจจัยเหล่านี้ถูกควบคุมความผันแปรก็จะลดลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

2.9.3 เป้าหมายของกรรมวิธี ซิกซ์ ซิกม่า

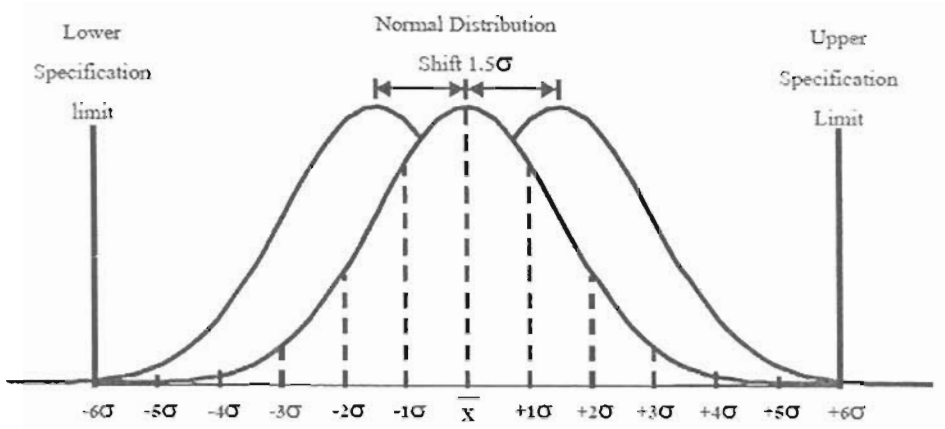
ในกระบวนการผลิต และบริการ โดยปกติจะมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ หรือประมาณ97.73% ภายใต้การกระจายแบบปกติ ดังแสดงในรูปที่ 2.34 แสดงการแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่งการกำหนดเป้าหมายในอดีตให้สามารถผลิตสินค้า และบริการภายใต้ระดับ $\pm 3\sigma$ หมายถึงการมีโอกาสพบของเสีย 2,700 ชิ้นในล้านชิ้น หากคำนึงถึงการให้บริการในสายการบิน การผ่าตัดของแพทย์การจ่ายยาในโรงพยาบาล ย่อมไม่มีลูกค้าคนใดเป็นผลของความผิดพลาดแม้เพียงหนึ่งครั้งในล้านครั้งรวมไปถึงการผลิตสินค้า และบริการต่างตอบสนองความต้องการของลูกค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตสินค้า และบริการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเข้าใกล้ระดับของเสียเป็นศูนย์



Spec. Limit	Percent	Defective ppm
±1 sigma	68.27	317300
±2 sigma	95.45	45500
±3 sigma	99.73	2700
±4 sigma	99.9937	63
±5 sigma	99.999943	0.57
±6 sigma	99.9999998	0.002

รูปที่ 2-34 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง

แต่ในความเป็นจริงแล้วกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว กระบวนการจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ ซึ่งจะขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะอยู่ในช่วง $\pm 1.5\sigma$ เนื่องจากมีสิ่งรบกวนต่างๆ ที่เกิดจากอิทธิพลความไม่สุ่มของระบบเข้ามามีอิทธิพลตลอดช่วงการผลิต ซึ่งการที่ค่าตั้ง (Setting) มีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะนี้จะทำให้มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องลดลงจากเดิมเหลือ 93.32% อันเป็นผลสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้นเป็น 66,807 ppm (Part Per Million) ดังแสดงในรูปที่ 2.35



Spec. limit	Percent	Defective ppm
±1 sigma	30.23	697700
±2 sigma	69.13	308700
±3 sigma	93.32	66807
±4 sigma	99.3790	6210
±5 sigma	99.97670	233
±6 sigma	99.999660	3.4

รูปที่ 2-35 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ

ภายใต้แนวความคิดของ ซิกซ์ ซิกม่า นี้ การกระจายของลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ลดลง โดยการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต ซึ่งภายใต้แนวความคิดนี้ลักษณะทางณภาพของผลิตภัณฑ์จะมีการกระจายอยู่ในช่วง $\pm 6\sigma$ จากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้มีความมั่นใจว่า จะมีผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องคิดเป็นสัดส่วน 99.9999998% ถึงแม้ว่าค่าตั้ง (Setting) จะมีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ 1.5σ แล้วก็ตาม ก็จะมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 0.0000034% หรือคิดเป็น 3.4 ppm เท่านั้น

2.9.4 คณะทำงาน ซิกซ์ ซิกม่า

การดำเนินการตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า นั้นทุกสิ่งทุกอย่างเริ่มต้น และจบลงด้วยการสร้างความพึงพอใจให้เกิดกับลูกค้า สำหรับในมุมมองของลูกค้า ไม่เคยสนใจเลยว่าองค์กรจะนำแนวทางไหนมาใช้ในการบริหาร แต่ลูกค้าสนใจที่ผลลัพธ์เท่านั้น และการที่ลูกค้าสนใจผลลัพธ์ นั่นคือ ลูกค้าต้องการให้เกิดความเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงนี้ ต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบพลิก

โฉมหน้า ดังนั้นการทำให้องค์กรประสบความสำเร็จในการปรับปรุงเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้นั้น ต้องเริ่มที่การพัฒนาคน โดดการจัดตั้งคณะทำงานขึ้นมา และผ่านการฝึกอบรม เพื่อให้เข้าใจถึงแนวคิดหลักการ ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาตามบทบาทหน้าที่ และความรับผิดชอบของแต่ละคน โดยคณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นมานั้นประกอบด้วย

2.9.4.1 ผู้บริหารระดับสูง (Executive Leadership) สิ่งสำคัญที่สุดในการนำเอาแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ให้ประสบผลสำเร็จได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารระดับสูงต้องลงมาดูแลด้วยตนเอง โดยเริ่มจากการกำหนดถึงปฏิญญา (Commitment) ที่มีต่อโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันถึงแนวทางการทำงาน ถ้าปราศจากการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงแล้ว การนำแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ก็ไม่อาจบรรลุถึงผลสำเร็จได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำแนวทางนี้มาใช้ ผู้บริหารระดับสูงต้องประกาศถึงวิสัยทัศน์ให้เข้าใจร่วมกันว่าการนำ ซิกซ์ ซิกม่า เข้ามานั้นต้องการให้องค์กรเป็นอย่างไร เพื่อกำหนดทิศทางขององค์กรต่อไปในอนาคต

2.9.4.2 แชมเปี้ยน (Champions)

บุคคลผู้ที่มาทำหน้าที่เป็นแชมเปี้ยนนั้น ต้องเป็นบุคคลที่อยู่ในส่วนของผู้บริหารระดับสูงในองค์กรลักษณะการทำงานของแชมเปี้ยนแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ ดีพลอยเม้นแชมเปี้ยน (Deploymentchampion) และแชมเปี้ยนโครงการ (Project champion) โดยมีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

2.9.4.2.1 ดีพลอยเม้นแชมเปี้ยน (Deployment champion) มีบทบาทคล้ายกับผู้บริหารระดับสูงในการกำหนดพันธกิจ แต่จะแตกต่างจากผู้บริหารระดับสูงตรงที่ต้องมีการกระจายนโยบายลงไปสู่ผู้ปฏิบัติด้วย และต้องคอยตรวจสอบติดตามถึงผลของนโยบายอย่างต่อเนื่อง โดยบุคคลผู้ที่มาดำรงตำแหน่งนี้ต้องเป็นบุคคลที่มีประสบการในเชิงธุรกิจสูง และเป็นผู้นำที่สามารถทำงานแบบข้ามสายงานได้เป็นอย่างดี

2.9.4.2.2 แชมเปี้ยนโครงการ (Project champion) มีหน้าที่หลักในการจัดตั้งและติดตามผลการทำงานของคณะทำงานที่ชื่อว่า มาสเตอร์แบลคเบล (Master Black Belt) และแบลคเบล (Black Belt) ตลอดจนการกำหนด และประเมินผลโครงการ โดยบุคคลผู้ที่มาดำรงตำแหน่งนี้ ต้องเป็นบุคคลผู้มีความรู้ในเรื่องของธุรกิจค่อนข้างดี ตลอดจนปรัชญา ทฤษฎี และเครื่องมือที่ใช้ในการสนับสนุนการทำงานในโครงการที่กำหนดไว้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อหน่วยธุรกิจ

2.9.4.3 มาสเตอร์แบลคเบล (Master Black Belt) เป็นบุคคลผู้ซึ่งได้รับการแต่งตั้งโดยแชมเปี้ยน ทำหน้าที่ในการประสานงานร่วมกับฝ่ายบริหาร ซึ่งต้องรับผิดชอบ และดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา (Full Time) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า โดยตรง

ตลอดจนเป็นผู้อบรม ดูแล และเป็นพี่เลี้ยงให้กับคณะทำงานที่ชื่อว่าแบลคเบล (Black Belt) และกรีนเบล (Green Belt) โดยต้องเป็นผู้เริ่มต้นทำให้พนักงานมีความเข้าใจถึงการนำหลักการ และแนวคิดมาใช้ในทางปฏิบัติ

2.9.4.4 แบลคเบล (Black Belt) ทำงานภายใต้การดูแลของมาสเตอร์แบลคเบล (Master Black Belt) มีหน้าที่หลักในการประยุกต์ใช้ความรู้ในหลักการและแนวคิด ตลอดจนเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการแก้ปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งต้องรับผิดชอบ และดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา (Full Time) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า โดยตรง และเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างการจัดการของฝ่ายบริหารและการทำงานในระดับปฏิบัติการ

2.9.4.5 กรีนเบล (Green Belt) เป็นบุคคลที่ได้รับเลือกให้เข้าไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำที่ทำอยู่ โดยคณะทำงานเฉพาะกิจซึ่งทำการแก้ปัญหาในแต่ละโครงการ (Project by Project) สำหรับเนื้อหาที่ใช้ในการอบรมนั้น ต้องมีการปรับปรุงให้ง่ายขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาในสายงานที่ทำอยู่ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยสนับสนุนการทำงานให้กับคณะทำงานแบลคเบล (Black Belt) ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมและสนับสนุนให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.9.5 การดำเนินงานตามกรรมวิธีทาง ซิกซ์ ซิกม่า

ขั้นตอนการดำเนินงานที่กล่าวถึงต่อไปนี้ จัดอยู่ในระดับกระบวนการ (Process Level) ซึ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก ผู้ที่มีบทบาทสำคัญในส่วนนี้ได้แก่ คณะทำงานที่เรียกว่า แบลคเบล(Black Belt) โดยมีหน้าที่ในการเฝ้าพินิจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ แล้วดำเนินการแก้ไข เพื่อมิให้ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นมาอีก หรือหาทางป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2.9.5.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase) ในขั้นตอนของการเลือกปัญหาจะเริ่มจากการกำหนดตัวลูกค้า และศึกษาความต้องการของลูกค้าอาจได้จากการทำการสำรวจความต้องการ หรือความพึงพอใจของลูกค้า หรือจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า ศึกษากระบวนการทำงานหลักขององค์กร ผู้ที่รับผิดชอบในระดับบริหารของแต่ละกระบวนการนั้นๆ แบลคเบล (Black Belt) และผู้ที่รับผิดชอบในระดับบริหารของแต่ละกระบวนการซึ่งจะกลายมาเป็นแชมเปี้ยน (Champion) ของโครงการจะร่วมกันนำความต้องการของลูกค้ามากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ ปัญหาคุณภาพต่างๆ ที่สำคัญ และตรงกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติ ก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญ และถูกเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เมื่อแบลคเบล (Black Belt) และแชมเปี้ยน (Champion) สามารถกำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ก็จะร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและคณะทำงานต่อไป

2.9.5.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) ในขั้นตอนนี้แบลคเบล (Black Belt) และคณะทำงานจะร่วมกันกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ ทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (Key Process Output Variable : KPOV : Ys) และปัจจัยนำเข้าต่างๆ ของกระบวนการหรือตัวแปรเข้าของกระบวนการ (Key Process Input Variable : KPIV :Xs) ที่ส่งผลต่อ Ys ตามสมการ Y = f(X1, X2, …, XN) กำหนดแนวทางในการวัดปัจจัยต่างๆ ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด หากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดมีความผันแปรมากเกินกว่าที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีเสียก่อน เมื่อยอมรับได้แล้วจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินงานในปัจจุบัน กำหนดปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ที่น่าจะส่งผลกระทบต่อระดับคุณภาพของ Output ของกระบวนการเพื่อจะดำเนินการศึกษา และวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2.9.5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ เพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆเหล่านี้มีผลต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของกระบวนการ หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ก็จะนำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ จะทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้น และมาตรฐานการทำงานต่างๆ จะถูกทบทวน และปรับปรุงใหม่ ตัวแปรต่างๆ จะถูกกำหนดและศึกษา และทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) อย่างมากซึ่งจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปทำการแก้ไขต่อไป

2.9.5.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดของแต่ละปัจจัยเพื่อทำให้การดำเนินการควบคุมในขั้นตอนถัดไปเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.9.5.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) เมื่อกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนนี้ก็จะเป็นวิธีการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง แล้วทำการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตอีกครั้ง เพื่อดูว่าหลังจากปรับปรุงแล้วสามารถทำได้ตามเป้าหมายหรือไม่ หากความสามารถของกระบวนการยังไม่ดี ก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้านี้อีกครั้ง นอกจากนี้แล้วจะต้องมีการประเมินผลการ

ดำเนินงาน โดยวัดจากระดับคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป และประเมินความสามารถในการลดต้นทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไปหลังการปรับปรุงกระบวนการ

2.9.6 เครื่องมือที่ใช้ใน ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma Tools) ซิกซ์ ซิกม่า นั้นจะอาศัยการคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) ตัดสินใจบนข้อมูล (Data) ที่สามารถเชื่อถือได้ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาเปลี่ยนเป็นสารสนเทศ (Information) ที่มีประโยชน์ต่อการตัดสินใจทั้งด้วยวิธีการทางตรรกะและทางสถิติ สำหรับเครื่องมือทางสถิติที่จะถูกนำมาใช้ในซิกซ์ ซิกม่า นั้น มีอยู่ด้วยกันมากมาย แต่เครื่องมือที่จะขอกล่าวถึงในเนื้อหาบทนี้ จะเป็นเครื่องมือที่ได้นำมาใช้ในการทำวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วย

2.9.6.1 การวิเคราะห์ปัญหา ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในการวิจัย ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหา

2.9.6.1.1 แผนภูมิแสดงการไหลของงาน (Flow Chart) เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบถึงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของงานในกระ

บวนการที่ทำการศึกษา ซึ่งการแบ่งย่อยงาน เพื่อนำมาสร้างแผนภาพแสดงการไหลของงานนั้น จะต้องมีความละเอียดเพียงพอที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาในกระบวนการที่สนใจได้ บางครั้งเราอาจเรียกว่า แผนที่กระบวนการ (Process Mapping)

2.9.6.1.2 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสำหรับปัญหาที่ทำการศึกษา ซึ่งแผนภาพนี้มีส่วนช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความง่าย และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

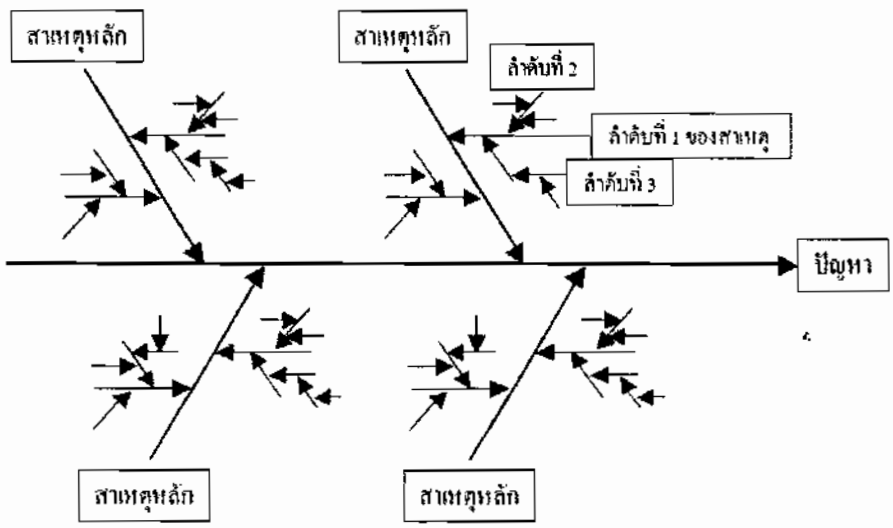
แผนภาพสาเหตุและผล เป็นแผนภาพที่มีประโยชน์สำหรับนำเสนอความสัมพันธ์ ระหว่างสาเหตุและผล สำหรับประเด็นปัญหาที่พิจารณา ซึ่งแผนภาพนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรก โดยศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว เมื่อ ค.ศ.1943 โดยครั้งแรกนั้น ดร.อิชิกาว่า ได้ใช้แผนภาพนี้ในการอธิบายถึงวิธีการในการตรวจจับ และแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพในการผลิต ให้แก่กลุ่มวิศวกร จากบริษัท คาวาซากิสตีลเวิร์ค จำกัด

สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของแผนภาพสาเหตุและผลไว้ว่าเป็น แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่าง ผลที่แน่นอนประการหนึ่งกับสาเหตุต่างๆที่เกี่ยวข้อง Ishikawa (1986) ได้จำแนกแผนภาพสาเหตุและผลนี้ ออกเป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้คือ

การวิเคราะห์ความผันแปร (Dispersion Analysis) แผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้ จะใช้แสดงสาเหตุของการเกิดความผันแปรในคุณภาพที่แสดงด้วยหัวปลาตามลำดับก่อนหลังด้วยการตั้งคำถามว่า "ทำไมจึงเกิดความผันแปร" ขึ้น เป็นเช่นนี้เรื่อยๆ โดยผู้สร้างแผนภาพสาเหตุและผล

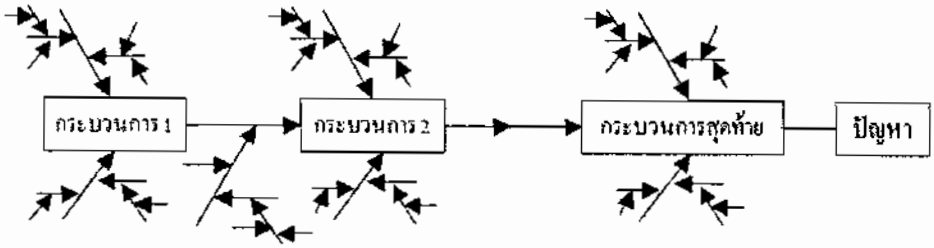
ประเภทนี้จะต้องสำนึกไว้เสมอว่า ความผันแปรทุกตัวสามารถตรวจจับและทำให้ลดลงได้ โดยจุดแข็งของแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะช่วยแสดงอย่างเป็นระบบถึงปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปร แต่อย่างไรก็ตามแผนภาพสาเหตุและผลแบบนี้มีจุดอ่อนคือ ขึ้นอยู่กับวิธีคิดของผู้สร้างค่อนข้างมาก ถ้าหากมีการถามตอบโดยขาดวิธีคิดอย่างเป็นระบบ คือ ถามตอบแบบ "ปากพาไป" ก็จะทำให้แผนภาพประเภทนี้ไม่มีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ปัญหาแต่อย่างใด

แผนภาพสาเหตุและผลแบบนี้จะพบมากที่สุด ในวงการคิวซีเซอร์เคิลสำหรับอุตสาหกรรมไทย ดังแสดงในโครงสร้างภาพที่ 2-36



ภาพที่ 2-36 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบวิเคราะห์ความผันแปร

การจำแนกตามกระบวนการผลิต (Process Classification) โดยแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้ ใช้สำหรับแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยมีการจำแนกตามกระบวนการย่อยต่างๆ เช่น ในตัวอย่างของกระบวนการประกอบงาน ดังโครงสร้างในภาพที่ 2-37 โดยแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะมีจุดเด่นคือ สามารถสร้างได้ง่าย และสื่อข้อความได้ความหมายดี เพราะสามารถสร้างแผนภาพสาเหตุและผลที่แต่ละกระบวนการย่อยแล้วจึงนำมาต่อกระบวนการกัน แต่มีจุดอ่อนคือทำให้ดูเหมือนว่ามีสาเหตุซ้อนสาเหตุ (สาเหตุของกระบวนการย่อยต้นน้ำ (Upstream) จะเป็นสาเหตุของกระบวนการท้ายน้ำ (Downstream) ด้วย) ทำให้มีสาเหตุมากกว่าหนึ่งปัจจัย ซึ่งทำให้ยากต่อการวิเคราะห์



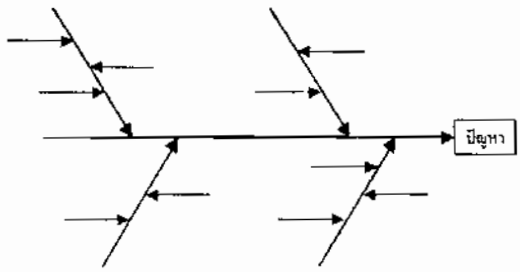
ภาพที่ 2-37 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการ

การกำหนดรายการของสาเหตุ (Cause Enumeration) แผนภาพสาเหตุและผลแบบนี้จะมีโครงสร้างดังภาพที่ 2-38 เหมือนกรณีการวิเคราะห์ความผันแปร แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่ว่าแผน

ภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะมุ่งสู่รายการสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (ตามหัวปลา) ในขณะที่แผนภาพสาเหตุและผลประเภทแรกอาจกล่าวถึงอาการ หรือสาเหตุของปัญหาได้ เช่น ถ้าหัวปลา คือ เงินไม่พอใช้ ถ้าเป็นประเภทแรกอาจมุ่งถามว่า ทำไมจึงมีความผันแปรในการใช้เงิน คำตอบอาจเป็นเพราะว่าใช้จ่ายเป็นค่าอาหารมากไป ใช้จ่ายค่าพลังงานมากไป ฯลฯ แล้วก็ถามต่อว่า ทำไมค่าอาหารจึงมีความผันแปร คำตอบอาจเป็นเพราะว่า ซื้อมาจากหลายแหล่ง ไม่มีการควบคุมค่าอาหาร ฯลฯ แล้วถามว่าทำไมแหล่งขายอาหารจึงมีความผันแปร เป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ในขณะที่แผนภาพสาเหตุและผลประเภทกำหนดรายการของสาเหตุจะต้องมุ่งสู่รายการสาเหตุของปัญหา ซึ่งอาจได้แก่ ค่าอาหาร ค่าพลังงาน ฯลฯ โดยความคิดที่ใช้ในการสร้างแผนภาพสาเหตุและผลแบบวิเคราะห์ความผันแปรจะต้องมาจากหลักการ "3จริง" ของพนักงาน ในขณะที่ความคิดสำหรับแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุจะต้องมาจากเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (Intrinsic Technology)

แผนภาพสาเหตุและผลประเภทกำหนดรายการของสาเหตุนี้ จะมีประโยชน์ คือ ทำให้รับทราบรายการของสาเหตุทั้งหมด ทำให้พิสูจน์หาสาเหตุได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือ มีความยากในการสร้างค่อนข้างมาก เพราะนอกจากจะต้องระดมสมองหาสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว ยังจำเป็นต้องมีการทบทวนอยู่เสมอด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าสาเหตุหลักๆ มิได้ตกหล่นไปจากการพิจารณา

ในการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิวซีเซอร์เคิลนั้น จะถือว่าแผนภาพสาเหตุและผลประเภทของการวิเคราะห์ความผันแปรนี้มีประโยชน์มากที่สุดเพราะใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีความผันแปร ในขณะที่แผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการของสาเหตุใช้วิเคราะห์ปัญหาที่เรื้อรัง เหมาะกับปัญหาการปรับปรุงคุณภาพ และแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการเหมาะอย่างยิ่งกับการสร้างแผนการควบคุม



ภาพที่ 2-38 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุ

2.9.6.1.3 กราฟ (Graph) จากคำกล่าวที่ว่า "ภาพหนึ่งภาพย่อมดีกว่าคำพูดพันคำ" นั้น ถือเป็นสิ่งที่แสดงถึงคุณค่า และประโยชน์ของกราฟในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทั้งสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

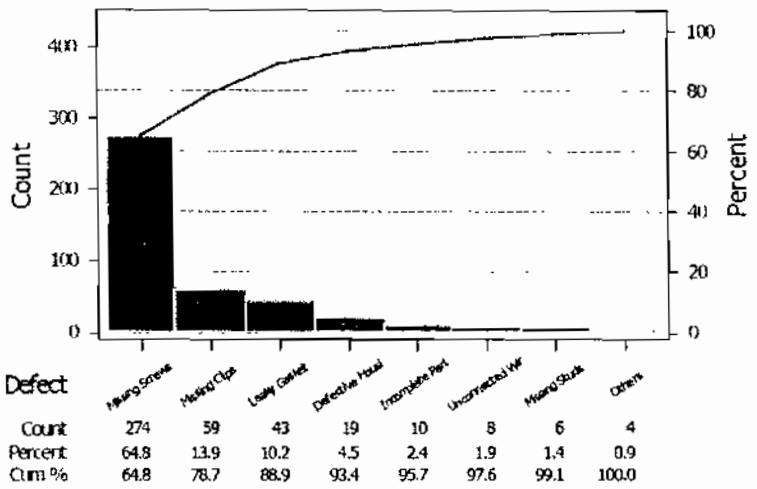
Karatsu and Ikeda (1987) ได้นิยามความหมายของคำว่า "กราฟ" ว่าหมายถึง แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งสามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้

กราฟมีอยู่หลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่ที่ว่าข้อมูลที่พิจารณามีความผันแปรอยู่ในรูปแบบใด เช่น ปริมาณอนุกรมเวลา หรือสัดส่วน ฯลฯ แต่กราฟที่ใช้ในการทำงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

กราฟเส้นตรง (Line Graph) เป็นกราฟที่มีจุดประสงค์ในการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ ด้วยปริมาณที่เป็นตัวเลข ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักนิยมแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขเวลาบางครั้งอาจเรียกกราฟนี้ว่า "แผนภูมิแสดงแนวโน้ม (Trend Chart)"

กราฟแท่ง (Bar Chart) เป็นกราฟที่แสดงถึงความผันแปรในเชิงปริมาณที่มีการระบุเป็นตัวเลขที่สามารถสร้างได้ด้วยการกำหนดขนาดของแท่งกราฟแต่ละแท่งให้คงที่ แล้วจึงทำการศึกษาค่าความผันแปรจากความสูงของแท่งกราฟ

2.9.6.1.4 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) แผนภาพพาเรโต เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก โดยอาศัยหลักการพาเรโต (Pareto Principle) คือ สิ่งที่สำคัญมากมีจำนวนน้อย และสิ่งที่สำคัญน้อยมีจำนวนมาก (Vital Few and Trivial Many) ซึ่งมักใช้ตัวเลข 80 – 20 เป็นค่าประมาณ สำหรับทั้งจำนวน และความสำคัญ ลักษณะของแผนภาพพาเรโต ดังแสดงในภาพที่ 2-39



ภาพที่ 2-39 ลักษณะของแผนภาพพาเรโต

2.9.6.1.5 C&E Matrix มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่ปัจจัยที่เข้าสู่กระบวนการ (Input) จนถึงปัจจัยที่ออกนอกกระบวนการผลิต(Output) โดยปัจจัยนำเข้ามีความสำคัญเป็นอย่างสูงต่อปัญหา อีกทั้งปัจจัยนำเข้ายังถูกมาจัดเรียงตามความสำคัญร่วมกับแต่ละสาเหตุด้วย โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

ก) ทราบความต้องการของลูกค้าว่าต้องการอะไร

ข) กำหนดลำดับก่อน-หลังของปัจจัยออกกระบวนการ

ค) ระบุปัจจัยนำเข้าสู่กระบวนการ

ง) เทียบเคียงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าสู่กระบวนการและปัจจัยออกกระบวนการด้วยการให้คะแนนความสัมพันธ์

จ) นำคะแนนที่ได้จากการให้คะแนนคูณกันเพื่อจัดลำดับความสัมพันธ์

ฉ) คัดเลือกปัจจัยนำเข้ากระบวนการที่สูงที่สุดเพื่อนำไปวิเคราะห์ในกระบวนการต่อไป โดยมีตัวอย่างตารางให้คะแนน C&E Matrix ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตาราง C&E Matrix

Rating of Importance to Customer											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Process Outputs / Process Inputs											Total
1											
2											
3											

เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ใน C&E Matrix

0 = ไม่มีความสัมพันธ์

1 = มีผลกระทบน้อยต่อความต้องการของลูกค้า

4 = มีผลกระทบพอสมควรต่อความต้องการของลูกค้า

9 = มีผลกระทบโดยตรงต่อความต้องการของลูกค้า

2.9.6.1.6 กระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA Process) พื้นฐานกระบวนการ (Basic Process)ในเรื่องของกระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ จะศึกษาและวิเคราะห์ถึงความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ต้องมีการวิเคราะห์ตั้งแต่กระบวนการผลิต เพื่อว่าผลการวิเคราะห์นี้ จะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยเพิ่มความเที่ยง (Reliability) ของกระบวนการเพื่อการผลิตหรือการออกแบบ การควบคุมกระบวนการ ยกตัวอย่างเช่น บริษัทอาจทำการวิเคราะห์กระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ เมื่อมีการออกแบบเส้นทางการประกอบ (Assembly Line) เพื่อสามารถหาการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงสูง ดังนั้น บริษัทจึงควรมีความสนใจในการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงสูงนี้เพื่อที่จะลดความเสี่ยงในการประกอบที่ด้อยคุณภาพ

ดังนั้นกระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบจะต้องมี

ก) การแบ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการของภาวะความผิดพลาด

ข) การตรวจสอบความเป็นไปได้ ที่ผู้ใช้จะได้รับผลกระทบของความผิดพลาดนั้น

ค) การแบ่งการผลิตหรือกระบวนการประกอบที่เป็นสาเหตุและค้นหาตัวแปรกระบวนการในการที่จะลดโอกาสเกิดของสาเหตุความผิดพลาด หรือปรับปรุงการตรวจจับเงื่อนไขต่างๆ อันทำให้เกิดความผิดพลาด

ง) การสร้างลำดับของแผนการกระทำที่จะต้องนำมาใช้

จ) ความสามารถในการพัฒนากระบวนการผลิต

ในหลักการของกระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ จะมีการทำงาน บนสมมติฐานที่ว่าผลิตภัณฑ์สามารถทำงานได้ตามที่ได้มีการออกแบบ ดังนั้น โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดอันมีสาเหตุมาจากการออกแบบที่บกพร่อง จะต้องถูกพัฒนาโดยการออกแบบกระบวนการช่องทางความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (Design FMEA) ดังนั้นในหัวข้อนี้จะไม่คำนึงถึงลักษณะเฉพาะของการออกแบบในวิธีการผลิต

ขั้นตอนกระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (The FMEA Steps Process)

การจัดเตรียม (Preparation)

การจัดเตรียมของกระบวนการควรเริ่มต้นจากแผนภูมิการตรวจสอบความเสี่ยงของกระบวนการทั่วไป และควรมีการจัดหาลักษณะประจำของผลิตภัณฑ์และกระบวนการในการผลิตแต่ละขั้นตอน ดังตัวอย่างตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างการตรวจสอบความเสี่ยงในการเคลือบน้ำยากันสนิมภายในประตูรถยนต์

ขั้นตอนของกระบวนการ	การตรวจสอบความเสี่ยง
1. นำหัวเคลือบน้ำยาจากที่ใส่ออกมา	ความเสี่ยงต่ำ
2. เปิดประตูรถยนต์	ความเสี่ยงต่ำ
3. *กดหัวเคลือบน้ำยาเข้าไปภายในช่องประตูรถยนต์ และกดตัวเปิดน้ำยา 12 วินาที ในขณะที่ทำการกวาดหัวไปในพื้นที่จำนวน 3 รอบ	ความเสี่ยงสูง
4. ปิดตัวเปิดน้ำยาและรอ 3 วินาที	ความเสี่ยงปานกลาง
5. ดึงหัวเคลือบน้ำยาออกมา	ความเสี่ยงปานกลา
6. ปิดประตูรถยนต์	ความเสี่ยงต่ำ
7. นำหัวเคลือบน้ำยาไปเก็บที่เดิม	ความเสี่ยงต่ำ

* มีความต้องการการใช้กระบวนการของภาวะความผิดพลาดและวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากมีความเสี่ยงสูง

การวิเคราะห์ (Analysis)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์จะมีความคล้ายคลึงกันกับการออกแบบภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (Design FMEA)

ขั้นตอนที่ 1 หน้าที่และความต้องการของกระบวนการ (Process Functions/Requirements)

ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการเขียนรายการกระบวนการหรือการทำงานที่กำลังจะทำการวิเคราะห์ หากมีจำนวนการทำงานหลายขั้นตอนต้องมีการแยกออกมาตามความแตกต่างกันของภาวะผิดพลาด

ขั้นตอนที่ 2 โอกาสเกิดภาวะความผิดพลาด (Potential Failure Modes)

ภาวะความผิดพลาดคือหนทางซึ่งกระบวนการอาจจะเกิดความผิดพลาดและทำงานไม่ตรงตามความต้องการของกระบวนการ และ/หรือความตั้งใจในการออกแบบ จุดเริ่มต้นที่ดีอาจจะมาจากข้อมูลป้อนกลับจากลูกค้า (Customer Feedback Data) ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกัน ภาวะความผิดพลาดรวมถึง

ก) การงอ (Bent)

ข) เครื่องมือสึกหรอ (Tool Wear)

ค) การเกิดกระแสไฟลัดวงจร (Short Circuit)

ง) สกปรก (Dirty)

จ) รอยแตก (Cracked)

ฉ) การผิดรูป (Deformed)

ช) การจับยึดเสียหาย (Handling Damage)

ซ) จัดเตรียมไม่เหมาะสม (Improper Set-Up)

ฌ) อื่นๆ

ขั้นตอนที่ 3 ผลกระทบของความผิดพลาด (Effects of Failure)

ในด้านผลกระทบนั้นมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ ประการแรก หากผู้บริโภคคือผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์ ผลกระทบคือการอธิบายในสิ่งที่ผู้บริโภคสามารถพบเห็นได้ ซึ่งจะคล้ายกับการออกแบบผิดพลาด ประการที่สอง หากผู้บริโภคคือ ผู้ที่นำผลิตภัณฑ์นี้ไปประกอบต่อ ผลกระทบคือการอธิบายในสิ่งที่มีผลต่อความสามารถของกระบวนการหรือการปฏิบัติงานขั้นต่อไปเช่น

ก) ไม่สามารถไขแน่นได้

ข) ไม่สามารถยึดได้

ค) มีการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ง) ไม่สามารถประกอบลงได้

จ) ไม่สามารถต่อกันได้

ฉ) ทำให้ชิ้นส่วนอื่นเสียหาย

ความเสียหายของผลกระทบสามารถแบ่งออกได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ผลกระทบและเกณฑ์การให้ลำดับขั้นความรุนแรง

เกณฑ์ (ผลกระทบของระดับความรุนแรง)	ลำดับที่
• อาจทำให้เกิดอันตรายกับส่วนเครื่องจักรอื่นหรือกับผู้ปฏิบัติงานอย่างสูง	10
• อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือกับผู้ปฏิบัติงาน	9
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักอย่างมาก และผลิตภัณฑ์จำนวน 100% อาจจะต้องกลายเป็นผลิตภัณฑ์เสีย (Scrapped 100%)	8
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก (<100% เป็นผลิตภัณฑ์เสีย)	7
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์มีเสีย <100% แต่ไม่ต้องนำมาเลือกบางส่วนออก	6
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวน <100% อาจจะต้องมาผลิตอีกครั้ง (Reworked 100%)	5
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก แล้วนำส่วนที่เหลือมาทำอีกครั้ง (Reworked<100%)	4
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้องกว่า 100% อาจจะต้องนำมาทำใหม่ในสายการผลิตแต่ภายนอกสถานีการผลิต	3
• ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100% อาจจะต้องนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และภายในสถานีการผลิต	2
• ไม่มีผลกระทบ	1

ขั้นตอนที่ 4 สาเหตุหรือลกไกที่สร้างโอกาสเกิดความผิดพลาด (Potential Causes of Mechanisms of Failure)

ในการปฏิบัติงานจะต้องมีการลงรายการสาเหตุของความผิดพลาด โดยเฉพาะกับสิ่งที่สามารถควบคุมในกรปฏิบัติงานได้

สาเหตุทั่วไปที่ทำให้เกิดความผิดพลาด เช่น

ก) มีการขันแน่นอย่างไม่เหมาะสม

ข) มีการวัดที่ไม่ละเอียดเพียงพอ

ค) ไม่มีการหล่อลื่นเพียงพอ

ง) ชิ้นส่วนไม่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

สาเหตุดังกล่าวข้างต้นสามารถหลีกเลี่ยงได้ หากผู้ปฏิบัติงานได้รับทราบวิธีทำงานอย่างถูกต้อง

การให้ลำดับที่ของสาเหตุในการเกิดความผิดพลาดจะขึ้นอยู่กับจำนวนความผิดพลาดระหว่างการทำงานของกระบวนการที่กำลังพิจารณา ดังเช่นในตารางที่ 2-4 การประมาณอัตราความผิดพลาดสามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลทางสถิติของการควบคุมคุณภาพ

ตารางที่ 2-4 โอกาสเกิดความผิดพลาดและการให้ลำดับ

โอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence Opportunity of Failure)	อัตราความเป็นไปได้ในการเกิดความผิดพลาด (Possible Failure Rate)	ลำดับที่ (Rank)
สูงมาก (ความผิดพลาดสามารถเกิดขึ้นเกือบจะแน่นอน)	มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 2	10
	1 ใน 3 ถึง 1 ใน 2	9
สูง (ความผิดพลาดมีบ่อยครั้ง	1 ใน 8 ถึง 1 ใน 3	8
	1 ใน 20 ถึง 1 ใน 8	7
ปานกลาง (ความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง)	1 ใน 80 ถึง 1 ใน 20	6
	1 ใน 400 ถึง 1 ใน 80	5
	1 ใน 2,000 ถึง 1 ใน 400	4
ต่ำ (ความผิดพลาดมีเกิดขึ้นน้อยครั้ง)	1 ใน 15,000 ถึง 1 ใน 2,000	3
	1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 15,000	2
ต่ำมาก (ความผิดพลาดมีโอกาสเกิดได้น้อยมาก)	มากกว่า 1 ใน 1,500,000 ถึง 1 ใน 150,000	1

ตารางที่ 2-5 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

โอกาสตรวจจับ (Detection Opportunity)	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportuniry of Detection by Process Control)	ลำดับ (Rank)
ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด (หรือไม่มีการควบคุมการออกแบบเลย)	10
มีโอกาสตรวจจับได้เล็กน้อยที่สุด	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยที่สุด	9
มีโอกาสตรวจจับได้เล็กน้อยมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยที่มาก	8
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำมาก	7
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำ	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำ	6
มีโอกาสตรวจจับได้ปานกลาง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ปานกลาง	5
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างสูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างสูง	4
มีโอกาสตรวจจับได้สูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูง	3
มีโอกาสตรวจจับได้สูงมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูงมาก	2
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างแน่นอน	1

ขั้นตอนที่ 5 การควบคุมกระบวนการ (Process Controls)

การควบคุมกระบวนการเป็นวิธีการเพื่อป้องกันภาวะความผิดพลาดหรือป้องกันไม่ให้มีสาเหตุให้เกิดภาวะความผิดพลาด ดังนั้น จำเป็นต้องมีการควบคุมดังต่อไปนี้

ก) มีการใช้การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC)

ข) มีการควบคุมกระบวนการในทุกขั้นตอน

การให้ลำดับที่การตรวจจับ (Detection Ranking) จะทำให้สามารถตรวจจับสาเหตุที่จะทำให้กระบวนการเกิดภาวะความผิดพลาด ก่อนที่จะนำไปผลิตจริง ดังนั้น ต้องมีการใช้ลำดับบนพื้นฐานของโอกาสที่จะตรวจพบโดยการควบคุมกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณตัวเลขลำดับความเสียง (Risk Priority Number : RPN)

การคำนวนตัวเลขลำดับความเสี่ยงเป็นการคำนวณเพื่อจัดลำดับกระบวนการในมุมมองทางด้านภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในแต่ละสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด ตัวเลขลำดับความเสี่ยงจะแสดงค่าซึ่งประกอบด้วยลำดับขั้นความรุนแรง, โอกาสเกิดความผิดพลาด และโอกาสที่จะตรวจจับ โดยสูตรการคำนวณจะคล้ายกับการคำนวณดังที่กล่าวมาแล้ว

ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = ลำดับขั้นความรุนแรง * ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด * ลำดับโอกาสที่จะ ตรวจจับ (ดังนั้นค่าตัวเลขสูงสุดจะได้รับคือ 1,000)

(RPN = Severity * Occurrence * Detection)

เมื่อได้ค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยงแล้ว ควรจะพิจารณากระบวนการของชิ้นส่วนที่มีค่าสูงสุดก่อน เนื่องจากมีความเสี่ยงสูงในการเกิดความผิดพลาดไม่ตรงกับการออกแบบ หลังจากนั้นจึงควรมีการกำหนดแผนการปรับปรุง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีองค์ประกอบสามประการในการคำนวณ หากมีองค์ประกอบใดมีค่าสูงกว่าปกติ ควรจะต้องมีการพิจารณาปรับปรุงเช่นกัน เนื่องจากความผิดพลาดอาจจะเกิดขึ้นได้หากมีจุดอ่อนในกระบวนการที่ใดที่หนึ่ง

ขั้นตอนที่ 7 แผนการปรับปรุง (Improving Plan)

ในกระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ หากพบว่ามีช่องทางใดที่จะทำให้มีอันตรายกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการประกอบ ซึ่งต้องเกี่ยวเนื่องกับความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน จะต้องมีแผนการปรับปรุงและแผนนี้จะต้องถือเป็นแผนลำดับแรก เพื่อป้องกันความผิดพลาด หรือป้องกันการเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงาน

การปรับปรุงการอออกแบบกระบวนการจะต้องถูกนำมาใช้เพื่อลดลำดับทั้งสามชนิดของ RPN อย่างไร ก็ตาม การพัฒนาการควบคุมการตรวจจับเป็นสิ่งที่มีค่าใช้จ่ายสูงและมีประสิทธิภาพไม่สูงนัก ดังนั้นโดยทั่วไปมักจะให้ลำดับความสนใจอยู่ที่การป้องกันความรุนแรงมากกว่า

ตัวอย่างการรวบรวมแผนการสร้าง RPN ของการควบคุมกระบวนการในตารางเดียวเพื่อสะดวกในการทำงาน ซึ่งจะคล้ายกับตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างการควบคุมกระบวนการภาวะความผิดพลาด และการวิเคราะห์ผลกระทบ

โอกาสการเกิดช่องทางความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ

(กระบวนการ FMEA)

ชนิด _____ วัตถุประสงค์ของกระบวนการ _____ หน้าที่ _____ ของ _____

รุ่นปี _____ วันที่ _____ ผู้จัดทำ _____

ผู้ควบคุมการออกแบบ _____ วันที่ทำ FMEA _____

ชิ้นส่วน	หน้าที่ของกระบวนการ	โอกาสเกิดภาวะความผิดพลาด	โอกาสเกิดผลกระทบของความผิดพลาด	ลำดับความรุนแรง	โอกาสเกิดสาเหตุหรือกลไกความผิดพลาด	ลำดับการเกิดความผิดพลาด	วิธีการควบคุมกระบวนการ	ลำดับการตรวจจับ	ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN)	แผนการปรับปรุง	ความรับผิดชอบและวันที่ที่ต้องเสร็จงาน

2.9.6.2 การรวบรวมข้อมูล ข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญมากในวิธีการทางสถิติ ซึ่งข้อมูลอาจได้มาจากประชากร (Population) หรือสิ่งตัวอย่าง (Sample) ก็ได้ ซึ่งข้อมูลในทางสถิติสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.9.6.2.1 ข้อมูลแบบแจงนับ เป็นข้อมูลที่ได้จากการแจงนับสมาชิกที่สนใจในประชากรหรือสิ่งตัวอย่างโดยปกติแล้วจะมีลักษณะแบบช่วง (Discrete Data)

2.9.6.2.2 ข้อมูลจากการวัด เป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดสมาชิกแต่ละตัวที่สนใจของประชากร หรือสิ่งตัวอย่าง โดยปกติแล้วจะมีลักษณะแบบต่อเนื่อง (Continuous Data)

ในการรวบรวมข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์ และตัดสินใจทางวิศวกรรม ข้อมูลที่ได้จะต้องมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งต้องสอดคล้องกับลักษณะสมบัติ 4 ประการ คือ

ก) ข้อมูลจะต้องมีความถูกต้องค่อนข้างสูง

ข) ข้อมูลทุกตัวจะต้องสามารถย้อนกลับได้

ค) ประเภทของข้อมูลที่ได้จะต้องถูกต้องตามวัตถุประสงค์

ง) ระบบการรวบรวมข้อมูลจะต้องครอบคลุมทุกจุดปฏิบัติการ และทันเวลา

2.9.6.3 สถิติพื้นฐาน (Basic Statistics) ในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึง การนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการทำความเข้าใจข้อมูล โดยจะกล่าวถึงลักษณะสมบัติของข้อมูล การกระจายของข้อมูล และแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล

2.9.6.3.1 ลักษณะสมบัติของข้อมูล หากมีการเก็บข้อมูลจากประชากร หากมีการนิยามประชากรอย่างถูกต้องแล้ว ข้อมูลที่ได้จะต้องเป็นค่าที่ไม่เท่ากัน และมีอิสระต่อกัน โดยมีแนวโน้มเข้าหาค่าๆ หนึ่งที่ควรจะเป็นด้วยตัวแบบคงที่เสมอ เนื่องจากสาเหตุของการเฉลี่ยออก (Average) ของสิ่งที่มิได้รับการควบคุม ข้อมูลที่เก็บมานั้นต้องได้รับการเก็บมาอย่างสุ่ม และมีการกระจายรอบค่าที่ควรจะเป็นเท่าๆกัน เนื่องจากผลของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Balance) ซึ่งจะสามารถอธิบายลักษณะของข้อมูลทางสถิติ ให้อยู่ในรูปของสมการได้คือ

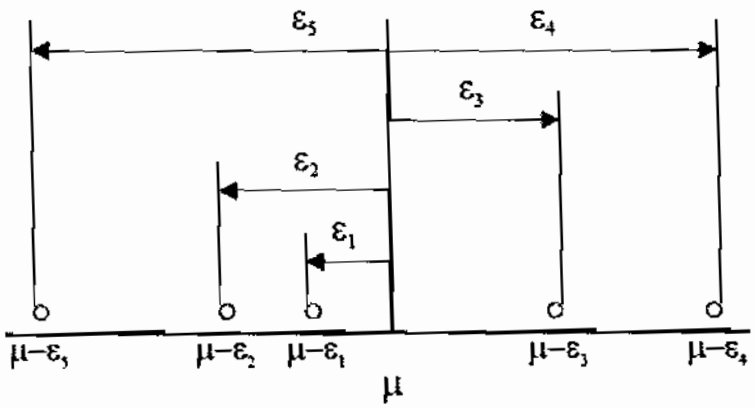
$$Yi = \mu + \epsilon i \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ **Yi** คือ ค่าของข้อมูลทางสถิติ (ค่าที่วัดได้)

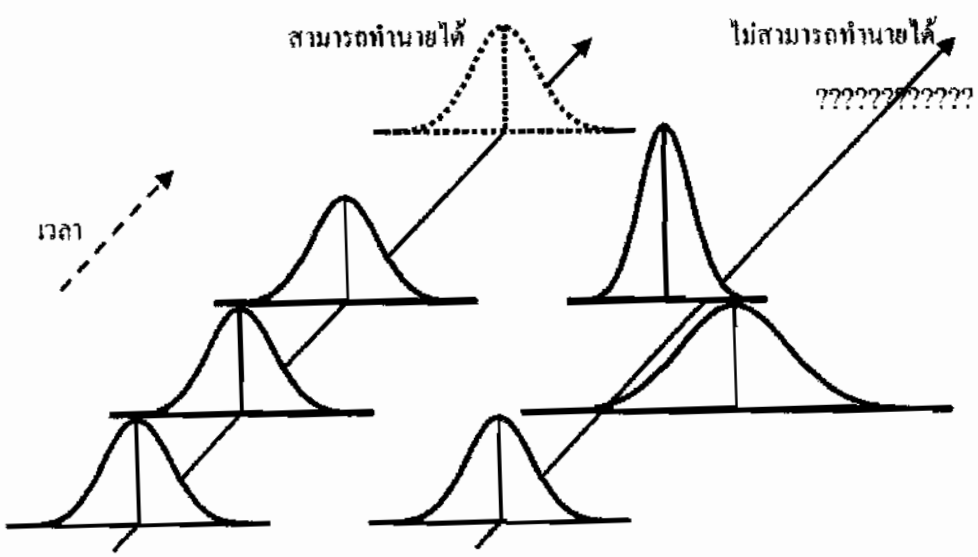
μ คือ ค่าจริงของงาน (ผลจากสิ่งที่ได้รับการควบคุม)

ϵi คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในข้อมูลที่เกิดจากตัวแปรที่ไม่ได้รับการควบคุม (Control Effect)

โดยข้อมูลที่ได้จากประชากรภายใต้การควบคุมนี้ ความเบี่ยงเบนจะมีลักษณะสมมาตรรอบค่าที่ควรจะเป็น ดังแสดงในภาพที่ 2-40 และความเบี่ยงเบนนี้ จะมีความเบี่ยงเบนอยู่ในรูปแบบที่สามารถทำนายได้ (Predictable Pattern) แต่ถ้าหากทำการรวบรวมข้อมูลจากประชากรที่ไม่ได้รับการควบคุมแล้ว จะมีผลทำให้ข้อมูลมีรูปแบบของความเบี่ยงเบนที่ไม่สามารถทำนายได้ (Unpredictable Pattern) ดังแสดงในภาพที่ 2-41



ภาพที่ 2-40 ความเบี่ยงเบนของข้อมูลทางสถิติ ที่เก็บมาจากประชากรภายใต้การควบคุม



(ก) ข้อมูลภายใต้กระบวนการควบคุม (ข) ข้อมูลภายนอกกระบวนการควบคุม

ภาพที่ 2-41 ลักษณะสมบัติของข้อมูลในแต่ละสภาวการณ์

2.9.6.3.2 ค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง (Central Tendency) หมายถึง ค่าที่ควรจะเป็นของข้อมูล ซึ่งจะสะท้อนให้ทราบถึงผลจากปัจจัยที่ได้รับการควบคุมในขณะเก็บข้อมูล ซึ่งค่านี้จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการตัดสินใจเพื่อการปฏิบัติการแก้ไข

ก) ค่ามัชฌิม (Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Average) เป็นค่าที่ได้จากการกำจัดทิ้ง (Average Out) ของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ในข้อมูล โดยผลดังกล่าวจะเป็นผลที่ได้รับการควบคุม และจะมีความเบี่ยงเบนรอบค่าที่ควรจะเป็นในลักษณะที่สมมาตร ดังสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่ามัชฌิม หรือค่าเฉลี่ย

x_i คือ ค่าวัดของข้อมูลตัวที่ i

n คือ จำนวนสิ่งตัวอย่างสุ่มทั้งหมด

ข) ค่ามัธยฐาน (Median) เป็นการพิจารณาจากค่าควอไทล์ที่ 2 ซึ่งจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน แต่ก่อนที่จะทำการหาค่ามัธยฐานจะต้องทำการจัดเรียงลำดับข้อมูลเสียก่อน โดยการจัดเรียงลำดับข้อมูลจากข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดไปจนถึงข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}} & \text{เมื่อ n เป็นเลขคี่} \\ \dfrac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} & \text{เมื่อ n เป็นเลขคู่} \end{cases}$$

ค) ค่าฐานนิยม (Mode) โดยพิจารณาจากค่าที่มีความถี่มากที่สุด ซึ่งเป็นตัววัดที่ดีสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ เนื่องจากข้อมูลประเภทดังกล่าวไม่สามารถวัดด้วย x และได้ x~ถึงแม้ว่าจะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดี แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่ คือ ค่าเฉลี่ยมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล หากข้อมูลตัวใดตัวหนึ่ง มีค่าสูงหรือต่ำมากเกินไป (Extreme value) นั้น ค่าเฉลี่ยก็จะมีความเปลี่ยนแปลงไปมาก ดังนั้นตัวสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะนี้ได้แก่ ค่ามัธยฐาน(Median) และถ้าข้อมูลที่เก็บมานั้นมีลักษณะที่ไม่สมมาตร หรือข้อมูลที่มีลักษณะเชิงคุณภาพ ตัวสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะนี้ได้แก่ ค่าฐานนิยม (Mode)

2.9.6.3.3 การกระจายของข้อมูล (Dispersion) จะบอกถึงอิทธิพลของปัจจัยที่มิได้รับการควบคุมขณะทำการรวบรวมข้อมูล ซึ่งการกระจายนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในกระบวนการผลิตซึ่งจะกล่าวถึงตัวสถิติที่สำคัญ 2 ตัวได้แก่

ก) พิสัย (Range) เป็นตัวสถิติที่ใช้คำนวณค่าการกระจายของข้อมูลได้ง่ายที่สุด โดยหาได้จาก

$$R = X_{\max} - X_{\min} \tag{2-4}$$

เมื่อ R คือ ค่าพิสัย

$X_{\max}$ คือ ค่าที่มากที่สุดของข้อมูล

$X_{\min}$ คือ ค่าที่น้อยที่สุดของข้อมูล

ค่าพิสัย เป็นตัวสถิติที่ไม่เหมาะสมนัก ต่อการวัดค่าความเบี่ยงเบนของชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากการหาค่าการกระจายตัวของข้อมูล จะใช้ข้อมูลเพียง 2 ตัวเท่านั้นคือ ข้อมูลที่มีค่าที่มากที่สุด และข้อมูลที่มีค่าที่น้อยที่สุด โดยมิได้คำนึงถึงข้อมูลตัวอื่นๆ ที่เหลือเลยแม้แต่น้อย ดังนั้นข้อมูลที่นำมาวัดค่าความเบี่ยงเบนด้วยค่าพิสัย ไม่ควรเกิน 10 ตัว ซึ่งหากนำไปใช้แล้วจะทำให้มีความลำเอียงค่อนข้างมาก

ข) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากเหตุผลข้างต้น เมื่อชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่ ตัวสถิติที่มีความเหมาะสมในการอนุมานความเบี่ยงเบนของประชากร คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{2-5}$$

เมื่อ S คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.9.6.4 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต (Process Capability Analysis) ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) สามารถวัดได้จากความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ (Uniformity of the product of a process) เปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะโดยผ่านดัชนีวัดตัวหนึ่งที่เรียกว่า ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index) ซึ่งการประเมินความสามารถของกระบวนการนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ การประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น (Short Term) และการประเมินความสามารถของกระบวนในระยะยาว (Long Term)

2.9.6.4.1 การประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น เป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการภายในสภาวะเงื่อนไขเดียวกัน (Within Condition) โดยมิได้คำนึงถึงความผันแปรต่างๆเช่น ความผันแปรระหว่างวันที่ทำการผลิต ความผันแปรระหว่างพนักงาน ความผันแปรระหว่างล็อตของวัสดุ และอื่นๆ อีกมาก ซึ่งความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นนี้ สามารถทำการคิดคำนวณได้จาก

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

เมื่อ Cp คือดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

σ คือความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะสั้น (Short Term Standard Deviation) ของกระบวนการ

ในการประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสามารถประมาณได้จาก

กรณีใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - R : $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2^*}$ (2-7)

เมื่อ $\bar{R}$ คือค่าเฉลี่ยของพิสัย

d_2^* คือแฟคเตอร์ปรับค่าโดยขึ้นอยู่กับจำนวนสิ่งตัวอย่างสุ่มในแต่ละชุดของข้อมูล

กรณีใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - S : $\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{C_4}$ (2-8)

เมื่อ $\bar{S}$ คือค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

C_4 คือแฟคเตอร์ปรับค่าโดยขึ้นอยู่กับจำนวนสิ่งตัวอย่างสุ่มในแต่ละชุดของข้อมูล

2.9.6.4.2 การประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะยาว เป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการ โดยรวมถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นระหว่างเงื่อนไข (Between Condition) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งการประเมินนี้จะสามารถบอกได้ว่าการจัดการในกระบวนการนั้นดีเพียงใดเมื่อเทียบกับความต้องการของลูกค้า สามารถคำนวณได้จาก

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2\text{-}9)$$

เมื่อ P_p คือดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการ (Process Performance)

σ คือความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะยาว (Long Term Standard Deviation) ของกระบวนการ

การประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะยาว จะสามารถทำการประมาณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จาก

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2\text{-}10)$$

เมื่อ x_i คือค่าวัดของข้อมูลตัวที่ i

$\bar{x}$ คือค่ามัชฌิม หรือค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

n คือจำนวนสิ่งตัวอย่างสุ่มทั้งหมด

ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ Cp จะเป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น โดยไม่มีการรบกวนจากค่าตั้ง (Setting) ของกระบวนการเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งการประมาณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะทำการประมาณได้จากความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะสั้น ในขณะที่ Pp เป็นการประเมินความสามารถโดยรวมของกระบวนการ โดยคำนึงถึงความผันแปรของกระบวนการจากสาเหตุธรรมชาติเข้าไปด้วย ซึ่งจะใช้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะยาวในการประมาณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

จากที่ได้กล่าวมาจะพบว่า ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการทั้ง 2 ตัวนี้ เป็นดัชนีวัดที่มิได้คำนึงถึงค่ากลาง (Center) ของการกระจายเลยแม้แต่น้อย ซึ่งค่ากลางของการกระจายนี้จะมีผลต่อความสามารถของกระบวนการผลิต ดังนั้นในการประเมินความสามารถของกระบวนการ จึงมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงค่ากลางของการกระจายด้วย ซึ่งจะสามารถคิดคำนวณค่าความสามารถของกระบวนการได้จาก

การประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น :

$$C_{pk} = \min\left[\frac{USL-\mu}{3\sigma}, \frac{\mu-LSL}{3\sigma}\right] \quad (2\text{-}11)$$

การประเมินความสามารถของกระบวนการในระยะยาว :

$$P_{pk} = \min\left[\frac{USL-\mu}{3\sigma}, \frac{\mu-LSL}{3\sigma}\right] \quad (2\text{-}12)$$

และจากสมการ 2.13 สามารถทำการเปลี่ยนรูปสมการให้อยู่ในเทอมของ Z ได้คือ

$$Z_{USL} = \frac{USL - \mu}{\sigma} \quad (2\text{-}13)$$

$$Z_{LSL} = \frac{\mu - LSL}{\sigma} \quad (2\text{-}14)$$

$$Z_{min} = \min\left(Z_{USL}, Z_{LSL}\right) \quad (2\text{-}15)$$

$$Cpk = \frac{Z_{min}}{3} \quad (2\text{-}16)$$

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น จะสามารถทำการประเมินความสามารถของกระบวนการได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลวัด หรือข้อมูลที่มีลักษณะเชิงผันแปร แต่ถ้าข้อมูลที่สนใจเป็นแบบข้อมูลนับหรือข้อมูลที่มีลักษณะเชิงคุณภาพ ก็สามารถทำการประเมินความสามารถของกระบวนการได้เช่นเดียวกัน

ในกรณีที่ข้อมูลเป็นแบบข้อมูลนับ ข้อมูลที่ได้จะมีเพียงแค่จำนวนข้อบกพร่อง (Defect) จากจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ทำการตรวจสอบ ซึ่งจะสามารถคำนวณหาค่า DPU (Defect per Unit) ได้จาก

$$DPU = \frac{D}{U} \quad (2\text{-}17)$$

เมื่อ D คือ จำนวนข้อบกพร่อง

U คือ หน่วยผลิตภัณฑ์ที่ทำการตรวจสอบทั้งหมด

จากนั้นให้ทำการหาค่าข้อบกพร่องต่อหน่วยโอกาส (Defect per Units Opportunity : DPO)

$$DPO = \frac{DPU}{O} \qquad (2\text{-}18)$$

เมื่อ O คือ โอกาสทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง

ค่า DPO ที่ได้จะมีความหมายว่า ในโอกาสทั้งหมดของประชากรจะมีสัดส่วนของโอกาสที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเท่ากับค่า DPO ถ้ามองในเชิงปริมาณแล้ว ค่า DPO ก็เปรียบเทียบได้กับสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในประชากรนั่นเอง ซึ่งสามารถนำค่า DPO นี้ไปประมาณพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ (Normal Curve) แล้วทำการเปลี่ยนเป็นค่า Z ที่สอดคล้องกับค่า DPO ที่คำนวณได้ โดยค่า Z ที่ได้นี้จะถือเป็นค่าZ เทียบเท่า หรือ ZEQ (Z Equivalent) และความสามารถของกระบวนการจะทำการคำนวณได้จาก

$$Cp = \frac{Z_{EQ}}{3} \qquad (2\text{-}19)$$

2.9.6.5 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจมีความตั้งใจที่จะตัดสินใจแบบมีการทดลอง ด้วยการยืนยันความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว จะทำการตัดสินใจผ่านการทดสอบ สมมติฐาน โดยที่ตัวแบบของการตัดสินใจนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H0) คือ สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ (Alternative Hypothesis : H1)

ในการตัดสินใจจากผลการทดสอบสมติฐานเชิงสถิติ อาจจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ 2 กรณี คือกรณีที่ 1 เมื่อเราปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยที่สมมติฐานหลักเป็นจริง การตัดสินใจดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α

กรณีที่ 2 เมื่อสมมติฐานหลักไม่ถูกต้อง แต่สรุปว่าสมมติฐานหลักถูกต้อง การตัดสินใจดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ β และเรียก 1 - β ว่าอำนาจในการทดสอบ (Power of Test)

แนวทางในการตั้งสมมติฐานมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทางคือ

ก) การกำหนดสมมติฐานจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งการกำหนดสมมติฐานแบบนี้ จะถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างมาก ในการควบคุมกระบวนการ

ข) การกำหนดสมมติฐานจากทฤษฎี การกำหนดสมมติฐานแบบนี้มักจะถูกนำไปใช้กับงานวิจัยและพัฒนา (R&D)

ค) การกำหนดสมมติฐานจากการพิจารณาถึงปัจจัยภายนอกต่างๆ

การทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องมีการทำการทดลอง เพื่อหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบซึ่งถ้าเหตุผลที่ได้ไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้แล้ว ผู้ทดสอบก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วการที่ยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งนั้น มิใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้อง แต่ที่เลือก เพราะไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) ทางเลือกนั้น ในทางกลับกันถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ความเชื่อของผู้ทดสอบก็จะสามารถทำการยอมรับได้

ในทางปฏิบัติเมื่อตั้งสมมติฐานได้แล้ว ถ้าหากมีปัจจัยไม่มากก็จะทำการทดสอบสมมติฐานแบบพื้นฐานได้ แต่ถ้าหากมีหลายปัจจัยก็อาจจะออกแบบการทดลองตามความเหมาะสม โดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment : DOE) หรือจากข้อมูลปกติตามความเหมาะสมทำการทดลองเก็บข้อมูล แล้วใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล ซึ่งจะมีวิธีการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูล และวิธีการทดลอง ในทางปฏิบัติสามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณทางสถิติช่วย ซึ่งจะสามารถคำนวณค่า P-value (Probability value) ที่สัมพันธ์โดยตรงกับ α ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด หากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อเราให้ค่า $\alpha = 0.05$ จะหมายถึงว่าเรายอมรับความเสี่ยงที่จะผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือ 5% หรือมีโอกาสผิดพลาดได้ 1 ใน 20 ของการตัดสินใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 คือมีโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ก็จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และต้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่ถ้าหากค่า P น้อยกว่า 0.05 ก็จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น แล้วยอมรับสมมติฐานอื่นแทน

2.9.6.5.1 การทดสอบสัดส่วนของประชากร ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบทวินาม กล่าวคือประชากรจะประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนของความสำเร็จและส่วนของความไม่สำเร็จ เช่น ในการสอบถามความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อโครงการหนึ่ง คำตอบอาจจะเป็น “เห็นด้วย” หรือ “ไม่เห็นด้วย” หรือในการสอบถามความพอใจของคนงานถึงค่าจ้างที่ได้รับ

คำตอบอาจจะเป็น "พอใจ" หรือ "ไม่พอใจ" ก็ได้ ฯลฯ การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนนบ องหน่วยที่เป็นความสำเร็จหรือมีลักษณะที่สนใจของประชากร จะทำได้ดังนี้คือ

เนื่องจาก p คือสัดส่วนของหน่วยที่เป็นความสำเร็จหรือมีลักษณะที่สนใจของประชากร ซึ่งอาจจะเรียกสั้น ๆ ว่า เป็น "สัดส่วนของประชากร"

และจากการสุ่มตัวอย่างขนาด n หน่วย จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบทวินาม จะสามารถคำนวณได้ $\hat{p}$ = สัดส่วนของหน่วยที่เป็นความสำเร็จหรือมีลักษณะที่สนใจของตัวอย่าง ซึ่งในทำนองเดียวกันอาจจะเรียกสั้น ๆ ว่า เป็น "สัดส่วนของตัวอย่าง"

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนของประชากร จะมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. ตั้งสมมติฐานในการทดสอบคือ

ก. $H_0: p = p_0$ เมื่อ p_0 คือค่าคงที่

$H_1: p \neq p_0$ (การทดสอบสองข้าง)

หรือ ข. $H_0: p \geq p_0$ เมื่อ p_0 คือค่าคงที่

$H_1: p < p_0$ (การทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ)

หรือ ค. $H_0: p \leq p_0$ เมื่อ p_0 คือค่าคงที่

$H_1: p > p_0$ (การทดสอบข้างเดียว-ขวามือ)

2. เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ ในกรณีที่สุ่มตัวอย่างมาขนาดใหญ่ ($n > 30$) ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ $Z = \dfrac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0 q_0}{n}}}$ เมื่อ $q_0 = 1 - p_0$

3. กำหนดระดับนัยสำคัญ จะได้บริเวณวิกฤตดังนี้คือ

ก. $Z < -Z_{\alpha/2}$ หรือ $Z > Z_{\alpha/2}$ ถ้าเป็นการทดสอบสองข้าง

ข. $Z < -Z_{\alpha}$ ถ้าเป็นการทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ

ค. $Z > Z_{\alpha}$ ถ้าเป็นการทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ

4. สรุปผลการทดสอบ

ถ้า Z ที่คำนวณได้ตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จะตัดสินใจปฏิเสธ H_0 หรือยอมรับ H_1

แต่ถ้า Z ที่คำนวณได้ตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จะตัดสินใจยอมรับ H_0 หรือปฏิเสธ H_1

2.10 งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต

สุขุมาล (2545) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดปัญหาการไม่กันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ โดยทำการคัดเลือกปัญหาที่ต้องการปรับปรุง แล้วทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของโรงงานตัวอย่างว่ามีประสิทธิภาพที่น่าเชื่อถือได้หรือไม่ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนที่กระบวนการแล้วทำการวิเคราะห์ด้วยการระดมสมอง โดยมีสาเหตุดังต่อไปนี้คือการทำงานของทั้ง 2 กะมีความแตกต่างกันหรือไม่ การควบคุมกระบวนการเมื่อมีชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาทำใหม่ การควบคุมกระบวนการทำงานเพื่อให้ทั้ง 2 กะงานทำงานให้ตรงตามแผน การวางแผนการพ่นสี โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน เมื่อได้ข้อสรุปจึงกำหนดวิธีการปรับปรุงโดยมีการประชุมร่วมกันกับหัวหน้างานของแต่ละกะงานเพื่อสร้างความเข้าใจให้ตรงกัน จัดทำใบตรวจสอบเพื่อควบคุมให้ทั้ง 2 กะงานทำงานให้ตรงตามแผน ปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ง่ายขึ้น หลังจากนั้นทำการควบคุมการทำงานเพื่อป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำ

นพฉรงค์ (2543) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระบะรถยนต์โดยอาศัยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยทำการคัดเลือกปัญหาที่จะนำมาทำการปรับปรุงคือปัญหาทางด้านคุณภาพผิวของชิ้นส่วน Side Wall ด้านขวา สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคือความแข็งของจุดรองรับชิ้นงานและระดับความสูงรางเลื่อนชิ้นงาน การสับเปลี่ยนพนักงานประจำตำแหน่ง หลังจากนั้นทำการทดสอบสมมุติฐานสาเหตุ โดยสรุปว่าการสับเปลี่ยนพนักงานปฏิบัติการไม่มีผลต่อการเกิดตำหนิแบบบุบบนชิ้นงาน Side Wall ด้านขวา ระดับความสูงของรางเลื่อนของชิ้นงานไม่มีผลต่อการเกิดตำหนิบนชิ้นส่วน Side Wall ด้านขวา และพบว่าพนักงานปฏิบัติการได้ใช้ฝ่ามือกระแทกอุปกรณ์ระบุตำแหน่งชิ้นงานเพื่อให้อุปกรณ์ระบุตำแหน่งชิ้นงานลงตัวพอดีกับชิ้นงาน จากแรงกระแทกทำให้เกิดรอยบุบ

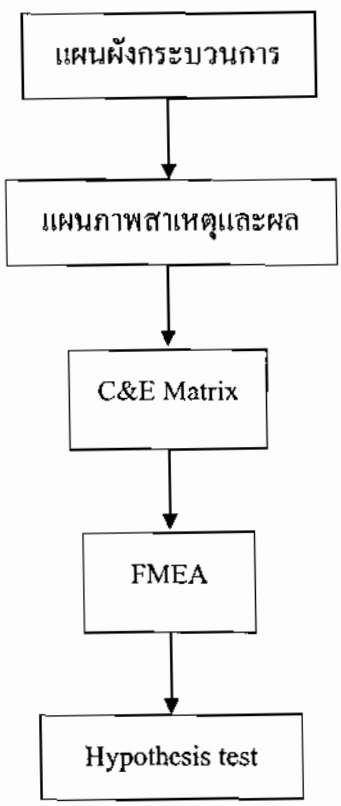
วุฒิชัย (2546) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสีโดยทำการคัดเลือกปัญหาที่จะนำมาทำการวิจัย ซึ่งปัญหาที่พบคือปัญหาในกระบวนการพ่นสี หลังจากนั้นผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการวัด พบว่ากระบวนการวัดมีคุณภาพในการวัดที่ดี หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาแล้วทำการคัดเลือกสาเหตุมาทำการทดสอบสมมุติฐาน สาเหตุที่พบว่ามีผลต่อกระบวนการพ่นสีคือค่าความเข้มข้นของสารเคมี LK และ A1 มีผลต่อการทำให้เกิดปัญหา แล้วจึงหาค่าความเหมาะสมของการใช้สารเคมีทั้งสองประเภทโดยการออกแบบการทดลองเพื่อเก็บค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ หลังจากนั้นทำการควบคุมเพื่อป้องกันการกลับมาของปัญหาอีกครั้ง

Young Hoon Kwak, Frank T. Anbari ได้กล่าวถึงประโยชน์ในการทำซิกซ์ ซิกม่าว่าจะช่วยในการกำหนดทิศทางต่อองค์กร ทำการปรับปรุงองค์กรให้มีประสิทธิภาพ ช่วยลดต้นทุนในองค์กรโดยการลดของเสีย ซิกซ์ ซิกม่าคือกลยุทธ์ในการบริหารที่เจาะจงลงไปที่การปรับปรุงกระบวนการให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก โดยมีการรวบรวมความรู้ทางสถิติมาเป็นเครื่องมือเพื่อการขับเคลื่อนกระบวนการ ในการทำซิกซ์ ซิกม่าจำเป็นต้องมีพันธสัญญา มีการสร้างวัฒนธรรมในการทำงาน ทำการอบรมให้ความรู้กับพนักงานเพื่อให้โครงการสามารถลุล่วงด้วยดีในทิศทางที่กำหนด

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 การค้นหาสาเหตุของรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

สาเหตุต่างของการเกิดรอยขีดมีมากมายตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการเจียรจนสิ้นสุดกระบวนการเจียร อีกทั้งยังมีปัจจัยนำเข้า(Input) ต่างๆมากมายที่อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆดังภาพที่ 3-1 ซึ่งมีกระบวนการดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3-1 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยเครื่องมือต่างๆ

3.1.1 แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) เป็นแผนผังที่ใช้ในการหาปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการที่มีผลต่อการทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการ โดยปัจจัยนำเข้า (Input) สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุร่วมกับแผนภาพแสดงเหตุและผลได้ ซึ่งปัจจัยนำเข้าเหล่านั้นส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปัญหา การวิเคราะห์มีจุดประสงค์เดียวกันคือการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า(Input) สามารถดูได้จากภาพที่ 3-2 โดยกระบวนการประยุกต์ใช้แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) มีดังต่อไปนี้

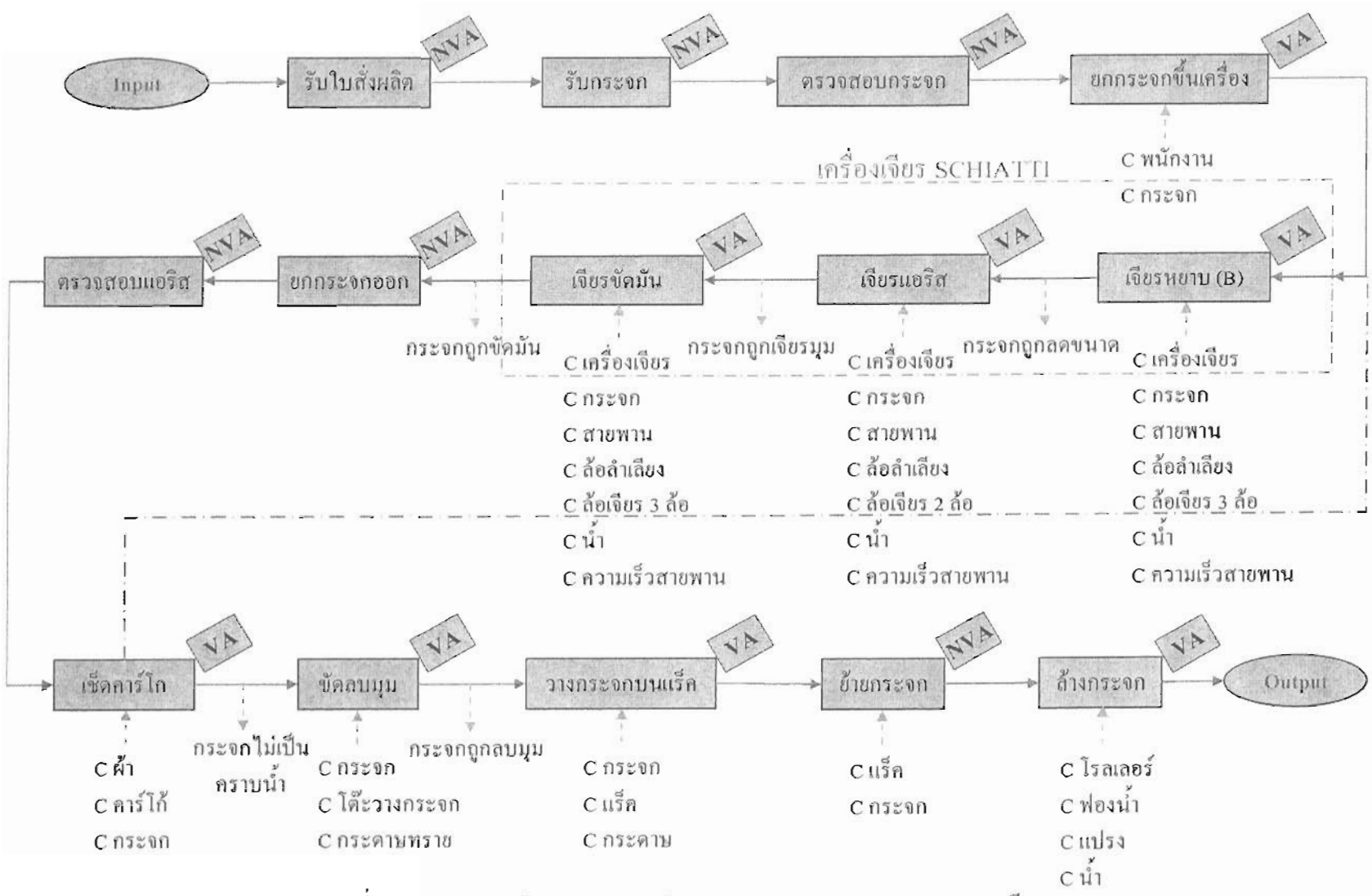
3.1.1.1 กำหนดกระบวนการผลิตซึ่งได้แก่กระบวนการเจียร

3.1.1.2 ทำการรวมกลุ่มพนักงานที่ทำงานในแผนกเจียร

3.1.1.3 ให้พนักงานช่วยค้นหาปัจจัยนำเข้า(Input) และผลลัพธ์ของแต่ละกระบวนการ (Output) ต่างๆ โดยเริ่มค้นหาปัจจัยนำเข้า(Input) ตั้งแต่กระบวนการแรกคือกระจกเข้าสู่เครื่องเจียรจนกระทั่งกระจกออกจากเครื่องเจียร

3.1.1.4 ทำการจดบันทึกปัจจัยนำเข้า(Input) และผลลัพธ์(Output) ของทุกๆ กระบวนการในแผนกเจียร

3.1.1.5 นำปัจจัยนำเข้า(Input) และผลลัพธ์(Output) ที่ได้จากการระดมสมองจากพนักงานมาจัดทำแผนผังกระบวนการ(Process Mapping)



ภาพที่ 3-2 แสดงแผนผังกระบวนการทำงาน (Process Mapping) ของแผนกเจียร

3.1.2 แผนภาพสาเหตุและผล หลังจากที่ได้ทำการค้นหาปัจจัยนำเข้ากระบวนการ (Input) แล้ว จึงทำการศึกษาหาสาเหตุของปัญหารอยขีดโดยนำแผนผังกระบวนการมาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุ แผนภาพสาเหตุและผลจะช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุโดยมีการระดมสมองจากผู้ที่ทำงานในแผนกที่เกี่ยวข้องเพื่อให้การวิเคราะห์หาสาเหตุเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

3.1.2.3 กำหนดปัญหา โดยปัญหาที่ทำการวิจัยคือรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

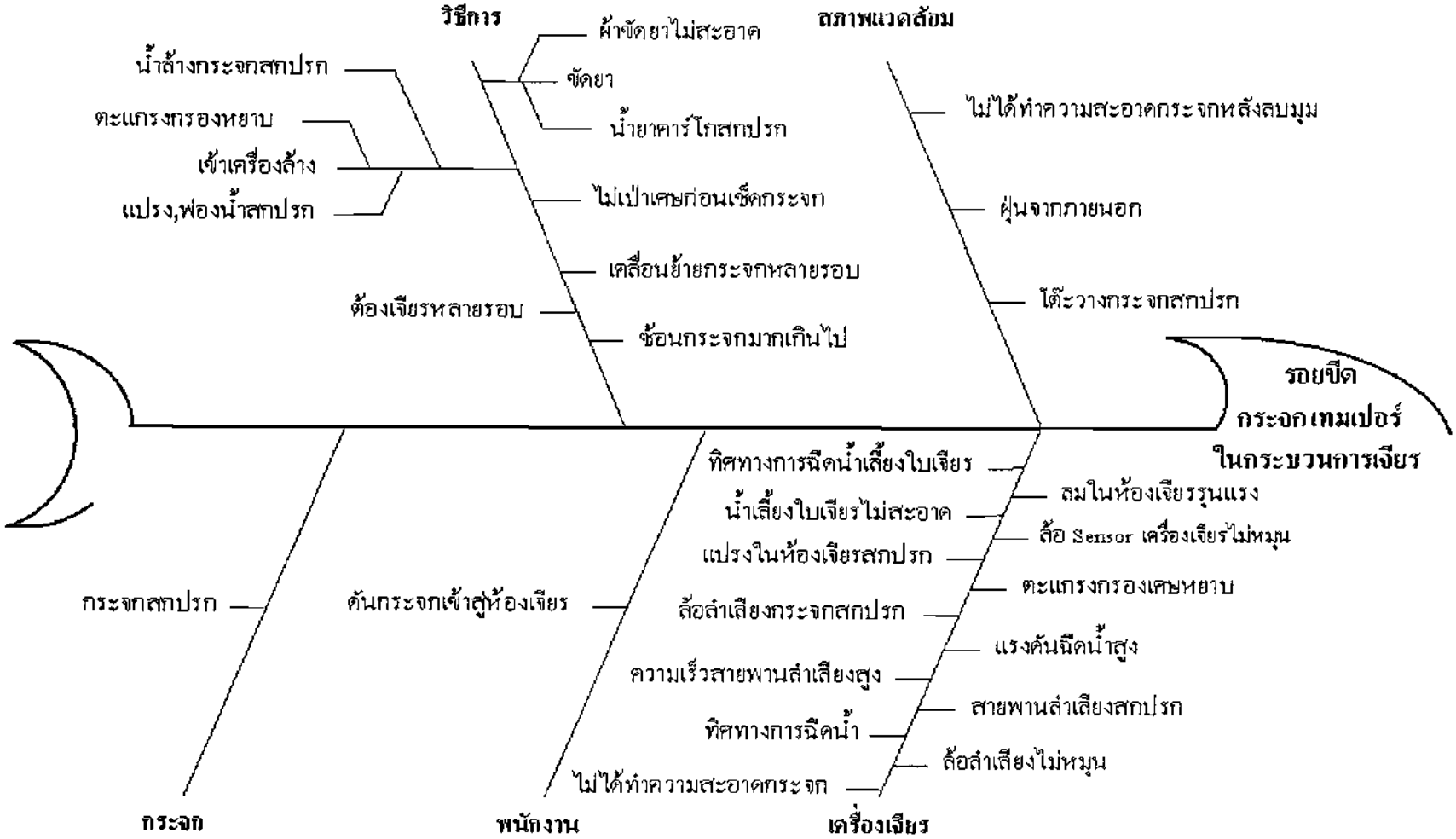
3.1.2.4 รวมกลุ่มพนักงานที่ทำงานในแผนกเจียร

3.1.2.5 ระดมสมองพนักงานเพื่อหาสาเหตุของรอยขีดในกระบวนการเจียร

3.1.2.6 บันทึกสาเหตุต่างๆที่พนักงานแสดงความคิดเห็น

3.1.2.7 สรุปสาเหตุและจัดทำแผนภาพสาเหตุและผลที่ทำให้เกิดปัญหา

ภาพที่ 3-3 แสดงแผนการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภาพสาเหตุและผลและตารางที่3-1 แสดงสาเหตุของปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร



ภาพที่ 3-3 แผนภาพสาเหตุและผลแสดงสาเหตุต่างๆที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

ตารางที่ 3-1 แสดงสาเหตุของปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

ลำดับที่	กระบวนการ	สาเหตุของปัญหารอยขีด
1	ยกกระจกขึ้นเครื่องเจียร	ดันกระจกเข้าสู่ห้องเจียร
2		กระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ
3	เจียรหยาบ(B),เจียรแอริส,เจียขัดมัน	ลมในห้องเจียรรุนแรง
4		ไม่ได้ทำความสะอาดกระจก
5		สายพานลำเลียงสกปรก
6		ล้อลำเลียงไม่หมุน
7		น้ำเลี้ยงใบเจียรไม่สะอาด
8		ความเร็วสายพานลำเลียงสูง
9		ล้อเจียรหมุนเร็ว
10		ตะแกรงกรองเศษหยาบ
11		แรงดันฉีดน้ำสูง
12		ทิศทางการฉีดน้ำ
13		ล้อลำเลียงกระจกสกปรก
14		แปรงในห้องเจียรสกปรก
15		ล้อSensor เครื่องเจียรไม่หมุน
16	เช็ดคาร์โก	ผ้าขัดไม่สะอาด
17		น้ำยาคาร์โกสกปรก
18	ขัดลบมุม	โต๊ะวางกระจกสกปรก
19		ไม่ได้ทำความสะอาดกระจกหลังลบมุม
20	วางกระจกบนแล็ค	กระจกสกปรก
21	ล้างกระจก	ฟองน้ำสกปรก
22		แปรงสกปรก
23		น้ำล้างกระจกสกปรก
24		ตะแกรงกรองเศษหยาบ
25	อื่นๆ	ฝุ่นจากภายนอก
26		ไม่เป่าเศษก่อนเช็ดกระจก

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ลำดับที่	กระบวนการ	สาเหตุของปัญหารอยขีด
27	อื่นๆ	ซ้อนกระจกมากเกินไป
28		ต้องเจียรหลายรอบ

3.2 การคัดกรองสาเหตุของปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

หลังจากทำการวิเคราะห์สาเหตุในการทำให้เกิดรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียรแล้ว สาเหตุต่างจะถูกนำมากรองโดยเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการกรองเช่น C&E Matrix, FMEA, Hypothesis Test และอื่นๆ โดยมีหลักในการกรองสาเหตุคือ 80:20 ซึ่งจากจำนวนของสาเหตุทั้งหมด 100% จะมีสาเหตุอยู่ 20% ที่เป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้เกิดปัญหา โดยมีผลกระทบรุนแรงถึง 80%

3.2.1 C&E Matrix เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุเบื้องต้น โดยสาเหตุต่างๆที่ได้จากการหาสาเหตุโดยแผนภาพสาเหตุและผลมีจำนวนทั้งสิ้น 28 สาเหตุ สาเหตุต่างๆจะถูกนำมาจัดเรียงแล้วให้พนักงานร่วมกันลงคะแนนความสัมพันธ์ สาเหตุที่มีความสัมพันธ์ต่อการทำให้เกิดปัญหามากจะถูกลงคะแนนความสัมพันธ์สูง ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

3.2.1.1 กำหนดปัญหาซึ่งได้แก่การเกิดรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

3.2.1.2 รวมกลุ่มพนักงานในแผนกเจียร

3.2.1.3 ให้พนักงานแสดงความคิดเห็นของความสัมพันธ์จากสาเหตุต่างๆที่ได้มาจากแผนภาพสาเหตุและผลจำนวน 28 สาเหตุ สาเหตุใดมีความสัมพันธ์ต่อการทำให้เกิดปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียรมากจะมีคะแนนสูงในขณะที่สาเหตุที่มีความสัมพันธ์ต่อการทำให้เกิดปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียรน้อยจะมีคะแนนต่ำ

3.2.1.4 จดบันทึกผลการให้คะแนนลงในตาราง C&E Matrix ดังภาคผนวกตาราง ข-1 จึงได้ตารางแสดงความสัมพันธ์ดังตารางที่ 3-2 กรณีล้อลำเลียงไม่หมุนพนักงานคิดว่ามีความสัมพันธ์ต่อการทำให้เกิดรอยขีดมาก เนื่องจากถ้าล้อลำเลียงไม่หมุนแล้วมีสิ่งสกปรกติดอยู่บนล้อลำเลียงอาจทำให้เกิดรอยขีดได้ ซึ่งต่างกับกรณีลมในห้องเจียรมีความรุนแรงพนักงานคิดว่าลมไม่มีผลต่อการทำให้เกิดรอยขีดดังนั้นจึงให้คะแนนความสัมพันธ์น้อย

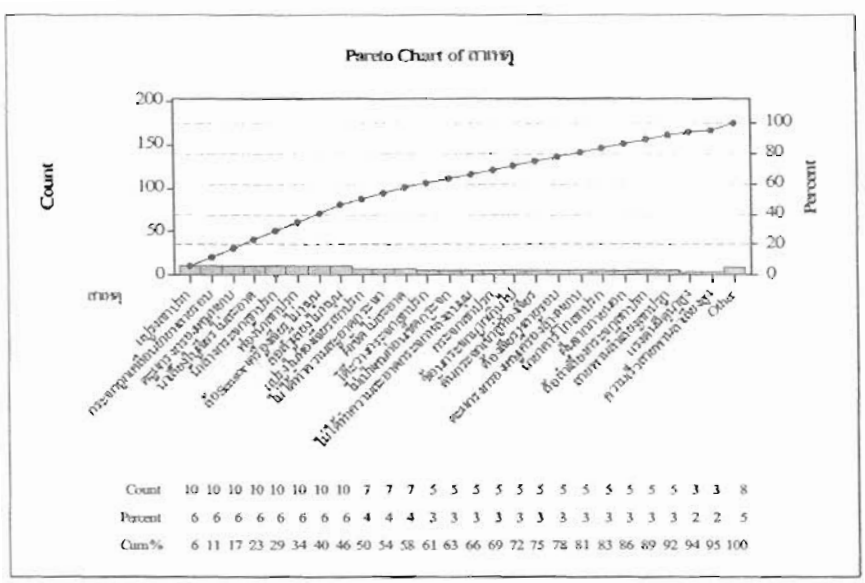
ตารางที่ 3-2 แสดงการลงคะแนนความสัมพันธ์ใน C&E Matrix

Cause and Effect Matrix			
Process Output			รอยขีด
Items	Process Step	Process Input	
1	ยกกระจกขึ้นเครื่องเจียร	ดันกระจกเข้าสู่ห้องเจียร	5
2		กระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ	10
3	เจียรหยาบ(B),เจียรแอริส,	ลมในห้องเจียรรุนแรง	2
4	เจียขัดมัน	ไม่ได้ทำความสะอาดกระจก	7
5		สายพานลำเลียงสกปรก	5
6		ล้อลำเลียงไม่หมุน	10
7		น้ำเลี้ยงใบเจียรไม่สะอาด	10
8		ความเร็วสายพานลำเลียงสูง	3
9		ล้อเจียรหมุนเร็ว	3
10		ตะแกรงกรองเศษหยาบ	10
11		แรงดันฉีดน้ำสูง	3
12		ทิศทางการฉีดน้ำ	3
13		ล้อลำเลียงกระจกสกปรก	5
14		แปรงในห้องเจียรสกปรก	7
15		ล้อSensor เครื่องเจียรไม่หมุน	10
16	เช็ดคาร์โก	ผ้าขัดไม่สะอาด	7
17		น้ำยาคาร์โกสกปรก	5
18	ขัดลบมุม	โต๊ะวางกระจกสกปรก	5
19		ไม่ได้ทำความสะอาดกระจกหลังลบมุม	5
20	วางกระจกบนแล็ค	กระจกสกปรก	5
21	ล้างกระจก	ฟองน้ำสกปรก	10
22		แปรงสกปรก	10
23		น้ำล้างกระจกสกปรก	10
24		ตะแกรงกรองเศษเครื่องล้างหยาบ	5
25	อื่นๆ	ฝุ่นจากภายนอก	5

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Cause and Effect Matrix			
Process Output			รอยขีด
Items	Process Step	Process Input	
26	อื่นๆ	ไม่เป่าเศษก่อนเช็ดกระจก	5
27		ซ้อนกระจกมากเกินไป	5
28		ต้องเจียรหลายรอบ	5

3.2.1.5 ทำการรวบรวมคะแนนจาก C&E Matrix แล้วจัดเรียงคะแนนจากสูงสุดถึงคะแนนน้อยสุดโดยใช้ Pareto ในการจัดเรียงความสำคัญของสาเหตุ ดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 แสดงการคัดกรองสาเหตุจากพาเรโตในกระบวนการทำ C&E Matrix

3.2.1.6 ตัดสินใจคัดเลือกสาเหตุที่จะนำมาวิเคราะห์ในกระบวนการต่อไปโดยใช้หลัก 80:20 ช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกสาเหตุที่มีความสัมพันธ์ต่อการทำให้เกิดปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร จากภาพที่ 3-4 สาเหตุที่จะถูกคัดเลือกเพื่อนำไปวิเคราะห์ในกระบวนการต่อไปมีจำนวน 19 สาเหตุ ในช่วง 11 สาเหตุแรกมีคะแนนความสัมพันธ์สูง อีก 8 สาเหตุท้ายมีคะแนนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงตัดสินใจคัดเลือก 11 สาเหตุแรกมาทำการวิเคราะห์ใน

กระบวนการต่อไปดังตารางที่ 3-3 ส่วนสาเหตุที่มีคะแนนความสัมพันธ์น้อยจะไม่ถูกนำมาพิจารณาต่อไปแต่ยังสามารถนำมาพิจารณาได้ถ้าหากสาเหตุที่ถูกคัดเลือกไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้

ตารางที่3-3 แสดงสาเหตุที่ถูกคัดกรองโดยพาเรโต (Pareto) ในกระบวนการ C&E Matrix

ลำดับที่	กระบวนการ	สาเหตุของปัญหารอยขีด
1	ยกกระจกขึ้นเครื่อง	กระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ
2	เจียรหยาบ(B),เจียรแอริส,เจียขัดมัน	ไม่ได้ทำความสะอาดกระจก
3		ล้อลำเลียงไม่หมุน
4		น้ำเลี้ยงใบเจียรไม่สะอาด
5		ตะแกรงกรองเศษหยาบ
6		แปรงในห้องเจียรสกปรก
7		ล้อSensor เครื่องเจียรไม่หมุน
8	เช็ดคาร์โก	ผ้าขัดไม่สะอาด
9	ล้างกระจก	ฟองน้ำสกปรก
10		แปรงสกปรก
11		น้ำล้างกระจกสกปรก

3.2.2 FMEA สาเหตุต่างๆที่ผ่านกระบวนการ C&E Matrix มาแล้วจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อทำการคัดกรองต่อด้วยการใช้ FMEA โดย FMEA จะดูที่ความรุนแรงของสาเหตุ, ความถี่ในการเกิดปัญหา และการควบคุมเมื่อเกิดปัญหาว่าแต่ละสาเหตุมีผลต่อปัญหามากน้อย ดังนั้นจากสาเหตุที่เหลืออยู่จำนวน 11 สาเหตุจากการทำ C&E Matrix จะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ต่อด้วย FMEA แล้วทำการคัดกรองโดยพาเรโต (Pareto) อีกครั้งเพื่อลดจำนวนของสาเหตุให้น้อยลง โดยให้พนักงานเป็นผู้ทำการลงคะแนน หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) แล้วนำมาคัดกรองโดยพาเรโต กระบวนการวิเคราะห์สาเหตุด้วย FMEA มีวิธีดังต่อไปนี้

3.2.2.1 รวมกลุ่มพนักงานที่ทำงานในแผนกเจียร

3.2.2.2 นำสาเหตุที่ได้มาจากกระบวนการ C&E Matrix มาใส่ในตาราง FMEA ดังตารางภาคผนวกที่ ข-2

3.2.2.3 เริ่มต้นวิเคราะห์ความรุนแรงของสาเหตุ(SEV) โดยสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อการทำให้เกิดปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์มากจะถูกให้คะแนนความรุนแรงของสาเหตุดังกล่าวสูง ตัวอย่างเช่นกรณีล้อ Sensor ไม่หมุน พนักงานคิดว่าถ้ามีเศษกระจกติดล้อ Sensor แล้วล้อ Sensor ไม่

หมุนอาจจะทำเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้เกิดรอยขีดขึ้น ดังนั้นจึงให้คะแนนความรุนแรงกรณีล้อ Sensor ไม่หมุนสูง ดังตารางที่ 3-4

3.2.2.4 จากสาเหตุเดิมทำการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดปัญหา(OCC) ว่ามากน้อยเพียงใดดังตารางที่ 3-4 รอยขีดที่เกิดจากล้อ Sensor ไม่หมุนมีปริมาณค่อนข้างมากดังนั้นพนักงานจึงให้คะแนนค่อนข้างสูง

3.2.2.5 ทำการลงคะแนนวิธีการควบคุมสาเหตุ(DET) ว่าแต่ละสาเหตุมีเครื่องมือสำหรับควบคุมหรือไม่ สาเหตุใดที่มีเครื่องมือสามารถควบคุมได้จะถูกให้คะแนนต่ำ สาเหตุใดที่ไม่สามารถควบคุมได้จะถูกให้คะแนนสูง จากตารางที่ 3-4 ล้อ Sensor ไม่มีเครื่องมือสำหรับควบคุมเป็นการควบคุมด้วยตาเปล่าคือเมื่อพนักงานสังเกตพบจึงทำการแก้ไข ดังนั้นจึงให้คะแนนสูง

ตารางที่ 3-4 แสดงการวิเคราะห์ FMEA

Process Failure Modes and effects Analysis (FMEA)									
Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN
ยกกระจกขึ้นเครื่อง	กระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ	- เพื่อทำการเจียรทุกด้าน	- มีโอกาสเกิดรอยขีดถ้าไม่ระมัดระวัง	8		6	- ถูกบังคับการทำงานโดยกระบวนการทำงาน	5	240
เจียรหยาบ(B), เจียรเอริส,เจียขัดมัน	ไม่ได้ทำความสะอาดกระจก	-บางครั้งไม่ทั่วถึง	- มีโอกาสเกิดรอยขีด	7		3	- มีโอกาสตรวจจับได้	4	84
	ล้อลำเลียงไม่หมุน	- ล้อลำเลียงใช้งานนาน, มีเศษกระจกติด	- มีโอกาสเกิดรอยขีดถ้ามีเศษติด	8		5	- ไม่มีการตรวจสอบ	10	400
	น้ำเลี้ยงใบเจียรไม่สะอาด	- น้ำเลี้ยงใบเจียรมีเศษกระจก	- อาจส่งผลต่อล้อเจียรทำให้เกิดรอยขีดได้	6		3	- มีการตรวจสอบโดยตารางบำรุงรักษา	5	90
	ตะแกรงกรองเศษหยาบ	- ตะแกรงกรองเศษมีขนาดของรูโตเกิน	- ส่งผลให้น้ำไม่สะอาด	8		7	- ไม่มีการตรวจสอบ	5	280
	แปรงในห้องเจียรสกปรก	- แปรงมีเศษกระจกติดอยู่	- มีโอกาสเกิดรอยขีด	8		2	- มีการตรวจสอบโดยตารางบำรุงรักษา	5	80

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

Process Failure Modes and effects Analysis (FMEA)									
Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN
เจียรหยาบ(B), เจียรแอริส,เจียขัดมัน	ล้อSensor เครื่องเจียรไม่หมุน	- ล้อ Sensor มีเศษติด ,อายุการใช้งานนาน	- เกิดรอยขีด	8		7	- มีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตา	8	448
เช็ดคาร์โก	ผ้าขัดไม่สะอาด	- ผ้าขัดมีเศษกระจกติด (ไม่ได้ทำความสะอาด)	- มีโอกาสเกิดรอยขีด ถ้าผ้าไม่สะอาด	6		2	- มีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตา	7	84
ล้างกระจก	ฟองน้ำสกปรก	- มีเศษติดฟองน้ำ,เวลาในการใช้นาน	- มีโอกาสเกิดรอยขีด	6		2	- มีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตา	7	84
	แปรงสกปรก	- มีเศษติดแปรง	- มีโอกาสเกิดรอยขีด	6		2	- มีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตา	7	84
	น้ำล้างกระจกสกปรก	- น้ำไม่สะอาด(มีเศษกระจก)	- อาจเป็นต้นเหตุของรอยขีด	8		2	- มีการตรวจสอบโดยตารางบำรุงรักษา	5	80

3.2.2.6 นำค่าต่างๆที่ได้มาจากการให้คะแนนทั้ง 3 ค่าโดยพนักงานมาทำการคำนวณค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง(Risk Priority Number : RPN) โดยการนำค่าทั้ง 3 ค่าคือ SEV, OCCและ DET มาคูณกัน

จากสูตร

ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = ลำดับขั้นความรุนแรง (Severity) x ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด (Occurrence) x ลำดับโอกาสที่จะตรวจจับ (Detection)

1. กระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 8 x 6 x 5 = 240

2. ไม่ได้ทำความสะอาดกระจก

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 7 x 3 x 4 = 84

3. ล้อลำเลียงไม่หมุน

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 8 x 5 x 10 = 400

4. น้ำเลี้ยงใบเจียรไม่สะอาด

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 6 x 3 x 5 = 90

5. ตะแกรงกรองเศษหยาบ

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 8 x 7 x 5 = 280

6. แปรงในห้องเจียรสกปรก

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 8 x 2 x 5 = 80

7. ล้อ Sensor ไม่หมุน

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 8 x7 x 8 = 448

8. ผ้าชัดไม่สะอาด

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 6 x 2 x 7 = 84

9. ฟองน้ำสกปรก

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 6 x 2 x 7 = 84

10. แปรงสกปรก

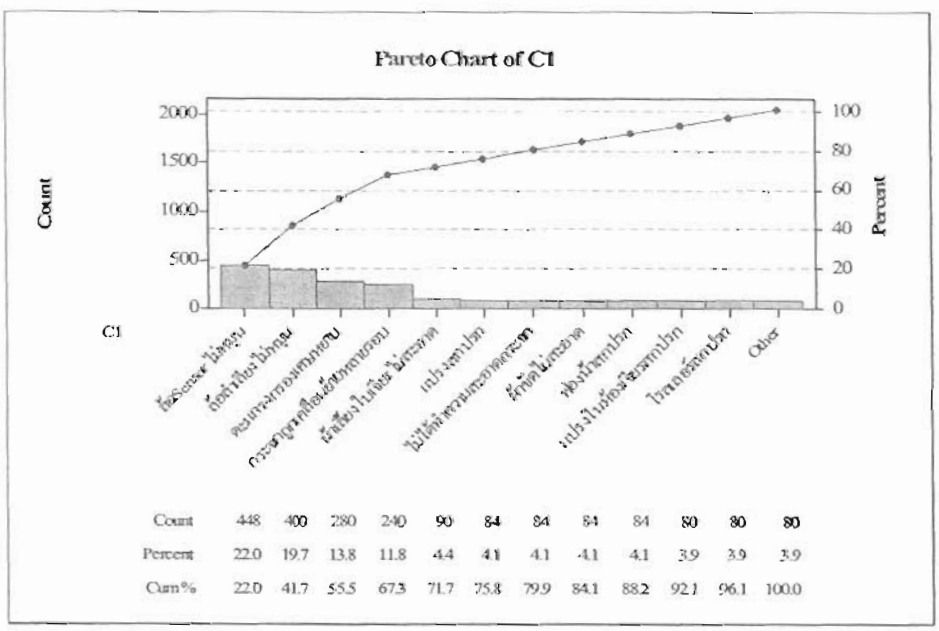
   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 6 x 2 x 7 = 84

11. น้ำล้างกระจกสกปรก

   ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = 8 x 2 x 5 =80

3.2.2.7 นำค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง(Risk Priority Number : RPN) ที่ได้จากการคำนวณมาจัดเรียงลำดับความสำคัญโดย Pareto ดังภาพที่ 3-5

3.2.2.8 ทำการคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำไปวิเคราะห์ในกระบวนการถัดไปโดยใช้หลัก 80:20 มาใช้ร่วมในการคัดเลือก จากพาเรโต (Pareto) จะพบว่าสาเหตุที่จะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อไปมีอยู่ทั้งสิ้น 7 ตัวโดยใช้หลัก 80:20 แต่จากสาเหตุน้ำเลี้ยงใบเจียรไม่สะอาดไล่เรียงลงไปจนถึงสาเหตุไม่ได้ทำความสะอาดกระจกเป็นคะแนนที่ค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกับสาเหตุอื่นๆ ดังนั้นจึงนำเฉพาะสาเหตุที่มีคะแนนค่อนข้างสูงคือตั้งแต่สาเหตุกระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบขึ้นไปจำนวน 4 ตัว มาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ดังตารางที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 แสดงการคัดกรองสาเหตุจากพาเรโตในกระบวนการทำ FMEA

ตารางที่ 3-5 แสดงสาเหตุที่ถูกคัดกรองโดยพาเรโต (Pareto) ในกระบวนการทำ FMEA

ลำดับที่	กระบวนการ	สาเหตุของปัญหารอยขีด
1	ยกกระจกขึ้นเครื่อง	กระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ
2	เจียรหยาบ(B),เจียรแอริส,เจียรขัดมัน	ล้อลำเลียงไม่หมุน
3		ตะแกรงกรองเศษหยาบ
4		ล้อSensor เครื่องเจียรไม่หมุน

3.2.3 การวิเคราะห์สาเหตุ

หลังจากที่คัดกรองสาเหตุด้วย FMEA แล้วสาเหตุที่เหลืออยู่จำนวน 4 สาเหตุจะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อด้วยการทดสอบสมมุติฐานเพื่อศึกษาแต่ละสาเหตุว่ามีกระทบต่อการทำให้เกิดปัญหาหรือไม่ โดยข้อมูลต่างๆที่นำมาวิเคราะห์ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากการทดลอง

3.2.3.1 ทดสอบสมมุติฐานกรณีล้อ Sensor ไม่หมุน

ในการทดสอบสมมุติฐานผู้ทำการวิจัยได้ทำการทดลองเปลี่ยนล้อ Sensor เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตมาทำการวิเคราะห์ โดยมีจำนวนการผลิต 4,739 แผ่นเมื่อทำการตรวจสอบพบว่ามีของเสียจำนวน 47 แผ่น ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการพิสูจน์สมมุติฐานว่าสัดส่วนของเสียที่ทำการผลิตมีน้อยกว่า 0.0032 หรือไม่ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.5

ในที่นี้ p คือสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่มีตำหนิ

N คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่สุ่มมา = 4,739 แผ่น

X คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ = 47 แผ่น

$\hat{p}$ คือสัดส่วนของกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ = $\frac{x}{n} = \frac{47}{4,739} = 0.00992$

(1) สมมุติฐานในการทดสอบคือ

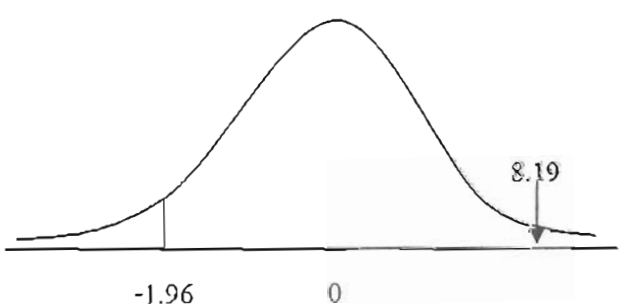
H0 : p = 0.0032

H1 : p < 0.0032 (การทดสอบด้านเดียว-ซ้ายมือ)

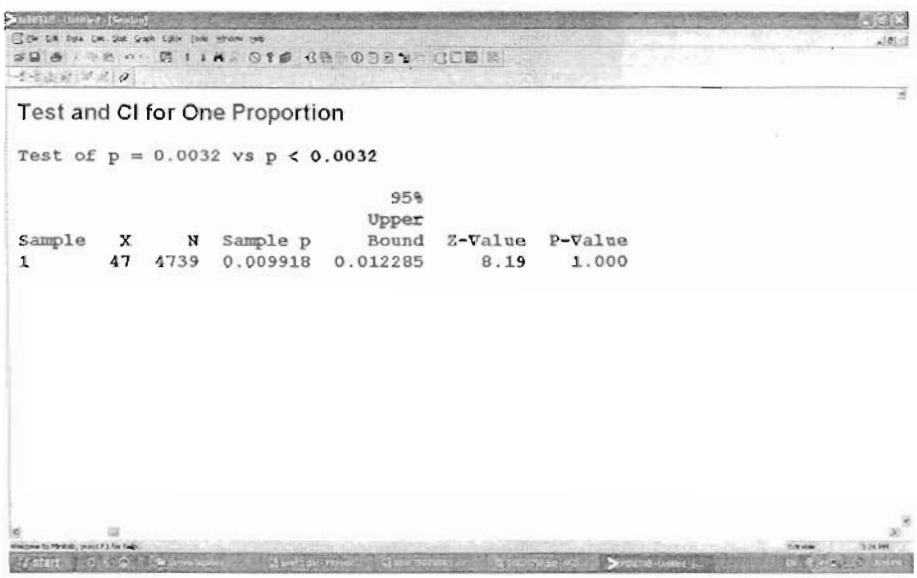
(2) การคำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้คือ

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0 q_0}{n}}} = \frac{0.00992 - 0.0032}{\sqrt{\frac{(0.0032)(0.9968)}{4,739}}} = \frac{0.00672}{0.00082} = 8.19$$

(3) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.5 เนื่องจากเป็นการทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ จะได้บริเวณวิกฤตคือ Z< -1.96



(4) สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก Z ที่คำนวณได้เท่ากับ 8.19 ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต ดังนั้นผลสรุปคือ ยอมรับ $H_0: p = 0.0032$ แสดงว่าสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดยังคงมีมากกว่า 0.0032 หรืออาจกล่าวได้ว่าร้อยละของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดมากกว่า 0.32 ซึ่งการเปลี่ยนล้อ Sensor ไม่มีผลต่อการทำให้รอยขีดลดลง เช่นเดียวกันกับการใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการทดสอบสมมุติฐานดังแสดงในภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 การทดสอบสมมุติฐานการเปลี่ยนล้อ Sensor โดยใช้โปรแกรม Minitab

3.2.3.2 ทดสอบสมมุติฐานกรณีล้อลำเลียงไม่หมุน

ในการทดลองผู้ทำการวิจัยได้ทำการเปลี่ยนล้อลำเลียงดังภาพที่ 3-7 เพื่อนำมาทดลองในกระบวนการผลิต โดยทดลองเปลี่ยนล้อลำเลียงตัวที่ไม่หมุน หลังจากนั้นจึงเริ่มทำงานตามปกติ

ภาพที่ 3-7 แสดงล้อลำเลียงกระจก

ในการทดสอบสมมุติฐานผู้ทำการวิจัยได้ทำการทดลองเปลี่ยนล้อลำเลียงเพื่อเก็บข้อมูลการผลิตมาทำการวิเคราะห์ โดยมีจำนวนการผลิต 2,479 แผ่นเมื่อทำการตรวจสอบพบว่ามีของเสียจำนวน 128 แผ่น ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการพิสูจน์สมมุติฐานว่าสัดส่วนของเสียที่ทำการผลิตมีน้อยกว่า 0.0032 หรือไม่ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.5

ในที่นี้ p คือสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่มีตำหนิ

N คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่สุ่มมา = 2,479 แผ่น

X คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ = 128 แผ่น

$\hat{p}$ คือสัดส่วนของกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ $= \frac{x}{n} = \frac{128}{2,479} = 0.0516$

(1) สมมุติฐานในการทดสอบคือ

H0 : p = 0.0032

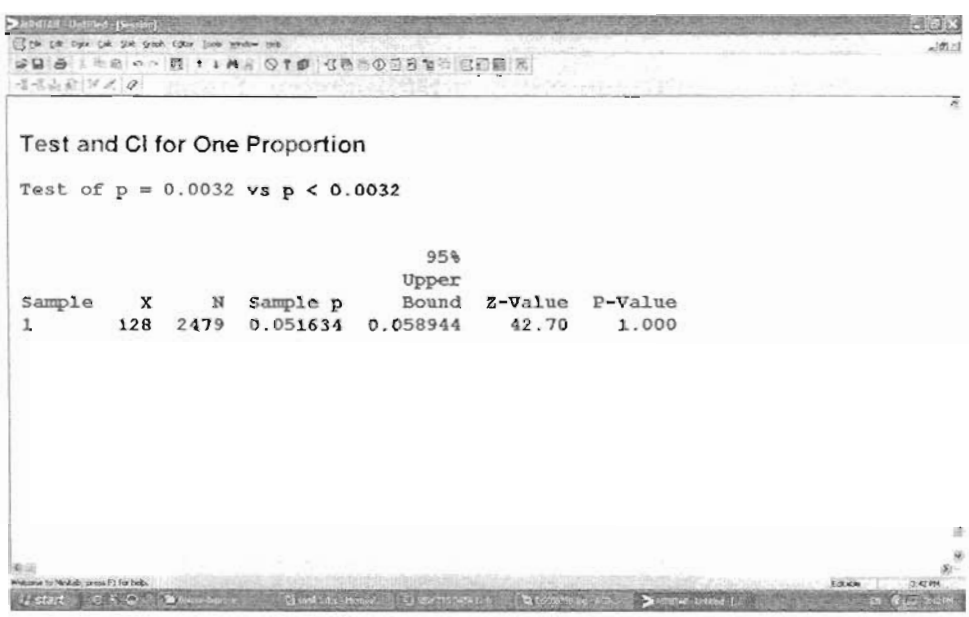
H1 : p < 0.0032 (การทดสอบด้านเดียว-ซ้ายมือ)

(2) การคำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้คือ

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0 q_0}{n}}} = \frac{0.0516 - 0.0032}{\sqrt{\frac{(0.0032)(0.9968)}{2,479}}} = \frac{0.0484}{0.00113} = 42.69$$

(3) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.5 เนื่องจากเป็นการทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ จะได้บริเวณวิกฤตคือ Z< -1.96

(4) สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก Z ที่คำนวณได้เท่ากับ 42.69 ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต ดังนั้นผลสรุปคือ ยอมรับ $H_0: p = 0.0032$ แสดงว่าสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดยังคงมีมากกว่า 0.0032 หรืออาจกล่าวได้ว่าร้อยละของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดมากกว่า 0.32 ซึ่งการเปลี่ยนล้อลำเลียงไม่มีผลต่อการทำให้รอยขีดลดลงเช่นเดียวกันกับการเปลี่ยนล้อ ภาพที่ 3-8 แสดงการทดสอบสมมุติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab



Test and CI for One Proportion

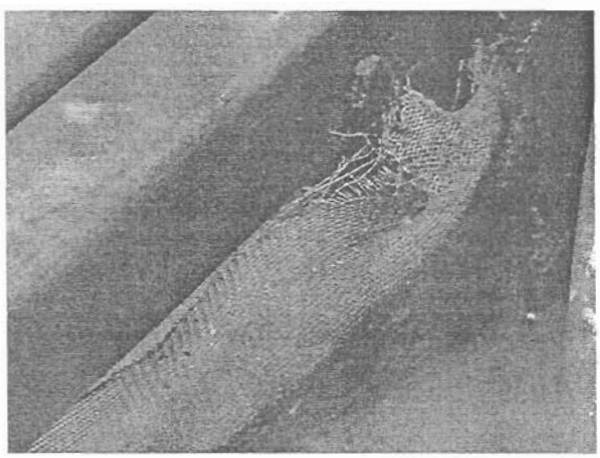
Test of p = 0.0032 vs p < 0.0032

Sample	X	N	Sample p	95% Upper Bound	Z-Value	P-Value
1	128	2479	0.051634	0.058944	42.70	1.000

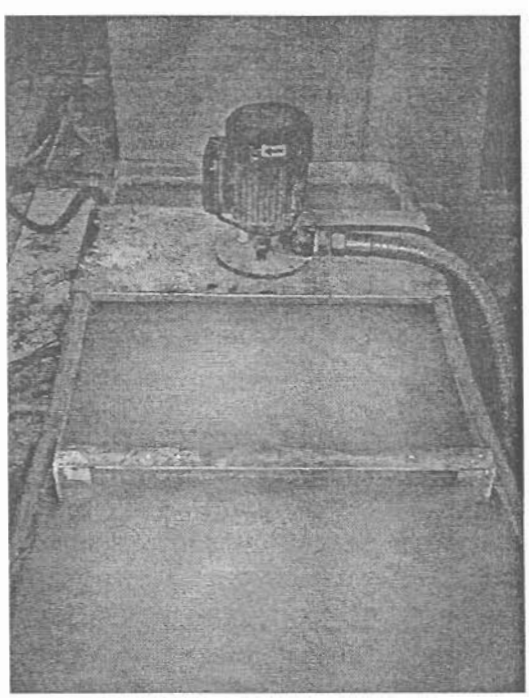
ภาพที่ 3-8 แสดงการทดสอบสมมุติฐานการเปลี่ยนล้อลำเลียงโดยใช้โปรแกรม Minitab

3.2.3.3 การทดสอบสมมุติฐานกรณีตะแกรงกรองเศษหยาบ

ในการทดสอบสมมุติฐานผู้ทำการวิจัยได้ทำการทดลองเปลี่ยนตะแกรงกรองเศษในมีความละเอียดมากขึ้นกว่าตะแกรงกรองเศษเดิมที่ใช้อยู่ที่ 35 mesh ดังภาพที่ 3-9 มาเป็น 50 mesh ดังภาพที่ 3-10 ซึ่งจะทำให้การกรองเศษมีความละเอียดเพิ่มขึ้น โดยได้เริ่มทำการทดลองแล้วเก็บผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3-9 แสดงตะแกรงกรองเศษเดิม 35 mesh



ภาพที่ 3-10 แสดงตะแกรงกรองเศษใหม่ 50 mesh

จากข้อมูลการผลิตกระจกในเดือนตุลาคม 2549 แผนกเจียรได้ทำการผลิตกระจกจำนวน 23,971 แผ่น ตรวจสอบพบกระจกที่มีรอยขีดจำนวน 25 แผ่น จึงทำการทดสอบสมมุติฐานว่าสัดส่วนกระจกที่ทำการผลิตในระหว่างเดือนตุลาคม 2549 มีรอยขีดน้อยกว่า 0.0032 หรือไม่ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.5

ในที่นี้ p คือสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่มีตำหนิ

N คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่สุ่มมา = 23,971 แผ่น

X คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ = 25 แผ่น

$\hat{p}$ คือสัดส่วนของกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ $= \frac{x}{n} = \frac{25}{23,971} = 0.00104$

(1) สมมุติฐานในการทดสอบคือ

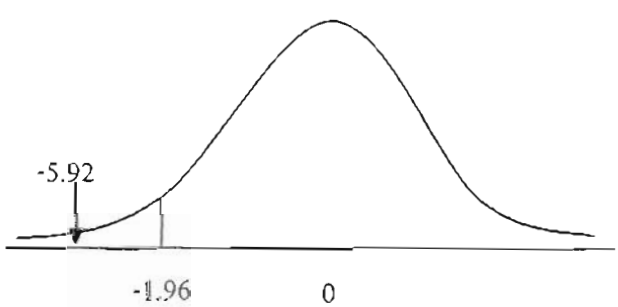
H0 : p = 0.0032

H1 : p < 0.0032 (การทดสอบด้านเดียว-ซ้ายมือ)

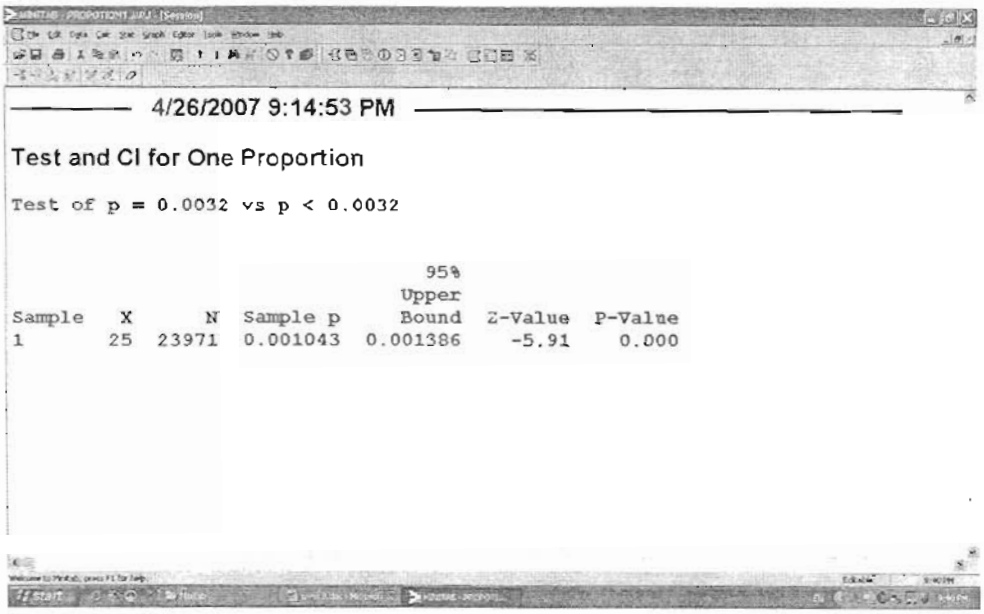
(2) การคำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้คือ

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0 q_0}{n}}} = \frac{0.00104 - 0.0032}{\sqrt{\frac{(0.0032)(0.9968)}{23,971}}} = \frac{-0.00216}{0.000364} = -5.92$$

(3) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.5 เนื่องจากเป็นการทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ จะได้บริเวณวิกฤตคือ Z< -1.96



(4) สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก Z ที่คำนวณได้เท่ากับ -5.92 ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต ดังนั้นผลสรุปคือ ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ $H_1 : p < 0.0032$ แสดงว่าสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดจะน้อยกว่า 0.0032 หรืออาจกล่าวได้ว่าร้อยละของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดจะน้อยกว่า 0.32 ซึ่งการเปลี่ยนตะแกรงให้มีขนาดเล็กลงมีผลทำให้รอยขีดลดลงจากเดิมดังภาพที่ 3-11 แสดงการใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการทดสอบสมมุติฐาน



ภาพที่ 3-11 แสดงการทดสอบสมมุติฐานการเปลี่ยนตะแกรงกรองเศษโดยใช้ Minitab

จากข้อมูลในการผลิตในเดือนตุลาคม สามารถหาความสามารถของกระบวนการผลิตได้ดังต่อไปนี้

จากสูตร $DPU = \frac{D}{U}$

โดยที่ D คือปริมาณของเสีย= 25 ชิ้น

U คือปริมาณการผลิต= 23,971 ชิ้น

ดังนั้นความสามารถของกระบวนการผลิตเดือนตุลาคมจึงเท่ากับ

$$DPU = \frac{25}{23,971} \times 100 = 0.10\%$$

จากการทดสอบสมมุติฐานของสาเหตุทั้ง 3 ตัวได้แก่ล้อ Sensor ไม่หมุน, ล้อลำเลียงไม่หมุน และตะแกรงกรองเศษหยาบ สามารถสรุปผลการทดสอบสมมุติฐานได้ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ตารางสรุปผลการทดสอบสมมุติฐาน

สาเหตุ	การทดลอง	ผลการทดสอบสมมุติฐาน
1.ล้อSensor ไม่หมุน	เปลี่ยนล้อ Sensor	ไม่มีผลต่อการทำให้ของเสียลดลง
2.ล้อลำเลียงไม่หมุน	เปลี่ยนล้อลำเลียง	ไม่มีผลต่อการทำให้ของเสียลดลง
3.ตะแกรงกรองเศษไม่หมุน	เปลี่ยนตะแกรงกรองเศษเป็น 50 mesh	มีผลทำให้ของเสียลดลงต่ำกว่า 0.52 โดยอยู่ที่ 0.10

ในกรณีของกระจกมีการเคลื่อนที่หลายรอบ เนื่องจากว่ากระจกจะต้องถูกเจียรทั้ง 4 ด้าน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่กระจกจะต้องถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ ดังนั้นสาเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงไม่นำสาเหตุดังกล่าวมาร่วมในการทดลอง

3.3 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพการทำงานให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและมีคุณภาพโดยมีเป้าหมายเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ โดยมีวิธีการทำวิจัยดังต่อไปนี้

3.3.1 ทำการกำหนดขอบเขตของการทำวิจัยโดยกรณีศึกษาบริษัทไทยเทคโนกลาส จำกัดซึ่งเป็นบริษัทที่ผลิตกระจก ขอบเขตของการวิจัยมุ่งไปที่การลดของเสียประเภทรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร

3.3.2 กำหนดเป้าหมายของปัญหาโดยมุ่งหวังลดของเสียจาก 0.52%ลง 50% จากของเสียต่ำสุดที่เคยผลิตได้

3.3.3 วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล เพื่อหาสาเหตุที่มีผลทำให้เกิดรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร ซึ่งสาเหตุที่มีผลต่อการทำให้เกิดปัญหามีอยู่จำนวน 28 สาเหตุ

3.3.4 นำสาเหตุต่างๆจำนวน 28 สาเหตุมาทำการวิเคราะห์ด้วย C&E Matrix เพื่อดูความสัมพันธ์ของสาเหตุ วิธีการนี้เป็นวิธีการคัดกรองเบื้องต้นโดยอาศัยพนักงานร่วมกันให้คะแนนความสัมพันธ์จากประสบการทำงานที่ผ่านมา ดังนั้นสาเหตุต่างๆที่ถูกวิเคราะห์ด้วย C&E Matrix แล้วจะถูกคัดกรองเหลืออยู่ 11 สาเหตุ

3.3.5 ทำการวิเคราะห์สาเหตุด้วย FMEA โดยการวิเคราะห์ด้วย FMEA จะวิเคราะห์ในเรื่องของระดับความรุนแรงของสาเหตุที่มีผลต่อปัญหา, ความถี่ในการเกิดปัญหาและการควบคุมการเกิดปัญหา ทั้ง 3 อย่างนี้จะถูกให้คะแนนโดยพนักงานแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาตัวเลขลำดับความเสี่ยงเพื่อคัดกรองสาเหตุ เมื่อคัดกรองแล้วเหลือสาเหตุที่มีผลต่อปัญหารอยขีดอยู่ 4 สาเหตุ

3.3.6 สาเหตุที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วย FMEA เหลืออยู่ 4 สาเหตุได้แก่ล้อลำเลียงกระจกไม่หมุน, ล้อ Sensor ไม่หมุน, ตะแกรงกรองเศษหยาบและกระจกถูกเคลื่อนย้ายหลายรอบ ดังนั้นจึงนำสาเหตุเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติ สาเหตุที่มีผลต่อการทำให้เกิดปัญหารอยขีดคือตะแกรงกรองเศษหยาบ ซึ่งทำให้สัดส่วนของเสียลดลงมาอยู่ที่ 0.10% จึงนำสาเหตุนี้มาทำการปรับปรุงในกระบวนการต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การควบคุมกระบวนการทำงาน

หลังจากที่สามารถพิสูจน์สาเหตุของการเกิดรอยขีดกระจกได้แล้วว่าตะแกรงกรองเศษที่ 50 mesh สามารถทำให้รอยขีดมีจำนวนลดลง ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการเพิ่มเติมวิธีการควบคุมกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ โดยการเพิ่มเติมแผนการบำรุงรักษาในใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET ให้ครอบคลุมในส่วนของการทำความสะอาดเพื่อป้องกันไม่ให้ปัญหารอยขีดเพิ่มขึ้นอีกโดยมีการปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้

4.1.1 ปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET โดยตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(ประจำวัน) แบบเดิมดังตารางที่ 4-1 จะไม่มีเรื่องของการบำรุงรักษาตะแกรงกรองเศษในจุดที่ต้องทำการตรวจเช็ค ซึ่งจากคู่มือในการใช้เครื่องเจียรได้กำหนดว่าให้ทำความสะอาดตะแกรงกรองเศษบ่อยๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET ตารางที่ 4-2 ให้สามารถครอบคลุมการบำรุงรักษาตะแกรงกรองเศษ โดยมีวิธีการบำรุงรักษาดังต่อไปนี้

4.1.1.1 ก่อนเริ่มปฏิบัติงานทุกวันต้องทำการตรวจสอบสภาพของตะแกรงกรองเศษให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้เช่นไม่รั่วหรือขาด หากตรวจพบว่าตะแกรงกรองเศษรั่วหรือขาดให้ทำการแจ้งให้ฝ่ายซ่อมบำรุงทราบเพื่อทำการแก้ไขทันที

4.1.1.2 ใช้สายลมเป่าเศษฝุ่นละอองต่างๆที่ติดอยู่บนตะแกรงกรองเศษให้หมด

4.1.1.3 การใช้สายลมเป่าเศษฝุ่นละอองให้เป่าจากด้านหลังย้อนมาด้านหน้าเพื่อป้องกันเศษฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรงอุดตันแน่นกว่าเดิม

4.1.1.4 ใส่ตะแกรงกรองเศษกลับเข้าที่เดิมทุกครั้งหลังการทำความสะอาด

4.1.1.5 หากพบน้ำล้นในถังน้ำให้นำตะแกรงกรองเศษออกมาเป่าทันทีเพื่อป้องกันน้ำล้นเข้าสู่ปั๊มน้ำ

ตารางที่ 4-1 ใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET แบบเดิม

ใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET																																							THAITECHNO GLASS CO., LTD
Machine name : เครื่องเจียร SCHIATTI		Machine code : M/C-07																																						แผนกที่รับผิดชอบ เจียรกระจก	
Item ที่	Check point จุดที่ต้องทำการตรวจเช็ค	Standard มาตรฐาน	Period ระยะเวลา	Month																																				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
1	ตรวจเช็คปริมาณน้ำในถังน้ำหมุนเวียน	มีปริมาณเพียงพอ	DAILY (ประจำวัน)																																					
2	คุณภาพน้ำในถังน้ำหมุนเวียน	สะอาดไม่ขุ่น																																						
3	ตรวจเช็คภายในห้องล้างก่อนเดินเครื่อง	ต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอม																																						
4	ตรวจระดับน้ำยันหล่อลื่นสายพาน	อยู่ในระดับที่กำหนด																																						
5	ตรวจสอบลมเข้า	7-8 บาร์																																						
6	ทดสอบเขียงกระจกก่อน 1 ครั้งเพื่อทดสอบการทำงานเครื่อง	เขียงได้กระจกไม่แตก																																						
7	สภาพใบเจียรทุกใบ	ต้องไม่สึกเกินไป																																						
8	หมุนปรับใบเจียรขึ้นลงก่อนทำงานทุกครั้งที่หมุนได้	ต้องหมุนได้คล่อง																																						
9	ทำความสะอาดเปรงขนน้ำทุกชิ้น	ต้องสะอาด																																						
10	เช็ดกระจกร่องเปรงขนม้า	ต้องเหลือเศษน้ำยาไว้																																						

สัญลักษณ์ลงบันทึก

✓ ตรวจแล้วปกติ

✕ ตรวจแล้วผิดปกติ

o ไม่เดินเครื่อง

(ห้ามบันทึกสัญลักษณ์อื่นๆที่ไม่มีความหมาย)

วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ลงชื่อพนักงาน																
ลงชื่อหัวหน้าแผนก																

วันที่	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ลงชื่อพนักงาน																
ลงชื่อหัวหน้าแผนก																

บันทึกการดำเนินงานเมื่อตรวจพบสิ่งผิดปกติ

วันที่ตรวจพบผิดปกติ	ผลการดำเนินงาน

ตารางที่ 4-2 ใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET แบบใหม่

ใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET THAITECHNO GLASS CO., LTD

Machine name : เครื่องเจียร SCHIATTI	Machine code : M/C-07	แผนกที่รับผิดชอบ เจียรกระจก	ประจำเดือน_____

Item ที่	Check pion จุดที่ต้องทำการตรวจเช็ค	Standard มาตรฐาน	Period ระยะเวลา	Month 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	ตรวจเช็คปริมาณน้ำในถังน้ำหมุนเวียน	มีปริมาณเพียงพอ	DAILY (ประจำวัน)																															
2	คุณภาพน้ำในถังน้ำหมุนเวียน	สะอาดไม่ขุ่น																																
3	ตรวจเช็คภายในห้องล้างก่อนเดินเครื่อง	ต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอม																																
4	ตรวจระดับน้ำมันหล่อลื่นสายพาน	อยู่ในระดับที่กำหนด																																
5	ตรวจสอบลมเข้า	7-8 บาร์																																
6	ทดสอบเจียรกระจกก่อน 1 ครั้งเพื่อทดสอบการทำงานเครื่อง	เจียรได้กระจกไม่แตก																																
7	สภาพใบเจียรทุกใบ	ต้องไม่สึกเกินไป																																
8	หมุนปรับใบเจียรขึ้นลงก่อนทำงานทุกครั้งที่หมุนได้	ต้องหมุนได้คล่อง																																
9	ทำความสะอาดแปรงขนม้าทุกชิ้น	ต้องสะอาด																																
10	เช็คกระจกข้องแปรงขนม้า	ต้องมองเห็นข้างใน																																
11	ทำความสะอาดตะแกรงกรองเศษ	สะอาดไม่ขุ่น																																

สัญลักษณ์ลงบันทึก
- ✓ ตรวจแล้วปกติ
- ✕ ตรวจแล้วผิดปกติ
- ○ ไม่เดินเครื่อง

(ห้ามบันทึกสัญลักษณ์อื่นๆที่ไม่มีความหมาย)

วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ลงชื่อพนักงาน																
ลงชื่อหัวหน้าแผนก																

วันที่	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ลงชื่อพนักงาน																
ลงชื่อหัวหน้าแผนก																

บันทึกการดำเนินงานเมื่อตรวจพบสิ่งผิดปกติ

วันที่ตรวจพบผิดปกติ	ผลการดำเนินงาน

4.2 การทดสอบสมมุติฐานหลังการปรับปรุงกระบวนการ

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการทำงานและใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเก็บผลของการปรับปรุงกระบวนการทำงานในเดือนธันวาคม ซึ่งผลของการปรับปรุงกระบวนการทำงานได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงข้อมูลการผลิตหลังการทำความสะอาดตามตารางบำรุงรักษา(รายวัน)

เดือนที่ผลิต	ปริมาณการผลิต (แผ่น)	จำนวนของเสีย (แผ่น)
ธันวาคม	27,250	44

โดยข้อมูลการผลิตของเดือนธันวาคมได้ถูกนำไปทดสอบสมมุติฐานอีกครั้งเพื่อดูว่าสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการมีแนวโน้มไปในทิศทางใด

4.2.1 การทดสอบสมมุติฐานเดือนธันวาคม

จากข้อมูลการผลิตกระจกในเดือนธันวาคม 2549 แผนกเจียรได้ทำการผลิตกระจกจำนวน 27,250 แผ่น ตรวจสอบพบกระจกที่มีรอยขีดจำนวน 44 แผ่น จึงทำการทดสอบสมมุติฐานว่าสัดส่วนกระจกที่ทำการผลิตในระหว่างเดือนกันยายน 2549 มีรอยขีดน้อยกว่า 0.0032 หรือไม่ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.5

ในที่นี้ p คือสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่มีตำหนิ

N คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่สุ่มมา = 27,250 แผ่น

X คือจำนวนกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ = 44 แผ่น

$\hat{p}$ คือสัดส่วนของกระจกตัวอย่างที่มีตำหนิ = $\frac{x}{n} = \frac{44}{27,250} = 0.0016$

(1) สมมุติฐานในการทดสอบคือ

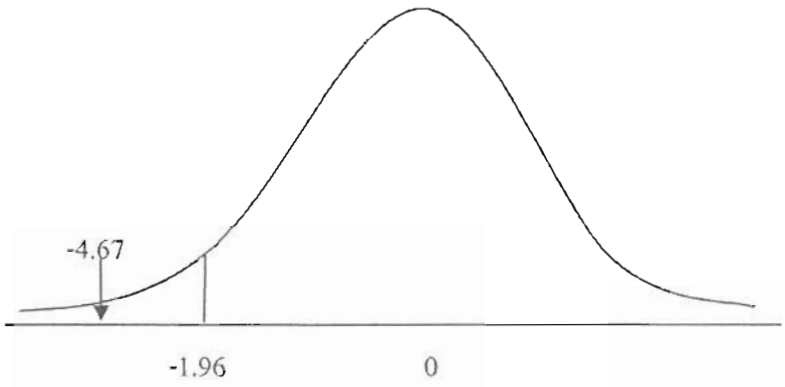
H0 : p = 0.0032

H1 : p < 0.0032 (การทดสอบด้านเดียว-ซ้ายมือ)

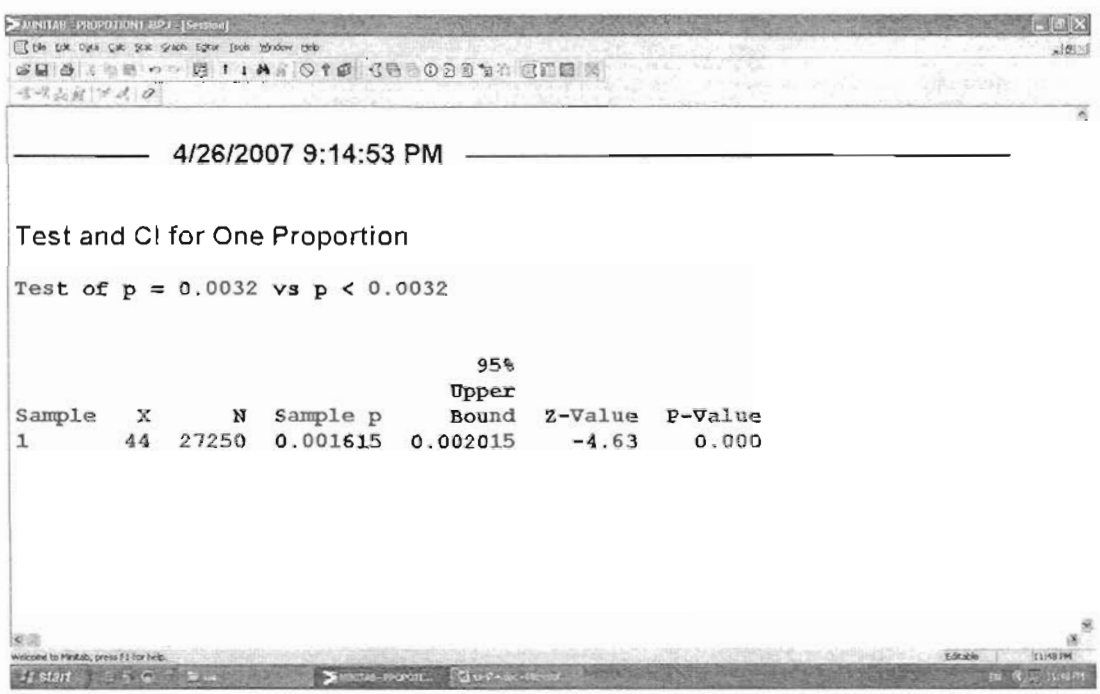
(2) การคำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้คือ

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0 q_0}{n}}} = \frac{0.0016 - 0.0032}{\sqrt{\frac{(0.0032)(0.9968)}{27,250}}} = \frac{-0.0016}{0.000342} = -4.67$$

(3) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.5 เนื่องจากเป็นการทดสอบข้างเดียว-ซ้ายมือ จะได้บริเวณวิกฤตคือ Z< -1.96



สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก Z ที่คำนวณได้เท่ากับ -4.67 ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต ดังนั้นผลสรุปคือ ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ $H_1: p < 0.0032$ แสดงว่าสัดส่วนของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดจะน้อยกว่า 0.0032 หรืออาจกล่าวได้ว่าร้อยละของกระจกทั้งหมดที่เกิดรอยขีดจะน้อยกว่า 0.32 ซึ่งการเปลี่ยนตะแกรงให้มีขนาดเล็กลงมีผลทำให้รอยขีดลดลงจากเดิมดังภาพที่4-1



4/26/2007 9:14:53 PM

Test and CI for One Proportion

Test of p = 0.0032 vs p < 0.0032

Sample	X	N	Sample p	95% Upper Bound	Z-Value	P-Value
1	44	27250	0.001615	0.002015	-4.63	0.000

ภาพที่ 4-1 แสดงการทดสอบสมมุติฐานเดือนธันวาคม

4.2.2 ความสามารถของกระบวนการผลิตเดือนธันวาคม

จากข้อมูลในตารางที่ 4-4 สามารถหาความสามารถของกระบวนการผลิตในเดือนธันวาคม ได้ดังต่อไปนี้

จากสูตร $DPU = \frac{D}{U}$

โดยที่ D คือปริมาณของเสีย= 44 ชิ้น

U คือปริมาณการผลิต= 27,250 ชิ้น

ดังนั้นความสามารถของกระบวนการผลิตเดือนธันวาคม

$$DPU = \frac{44}{27,250} \times 100 = 0.16\%$$

ดังนั้นความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีการควบคุมการทำความสะอาดของตะแกรงกรองเศษและใช้ตะแกรงกรองเศษขนาด 50 mesh จึงสามารถบรรลุเป้าหมายได้คือต่ำกว่า 0.32% มาอยู่ที่ 0.16%

4.2.3 สรุปความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงเดือนตุลาคม-ธันวาคม

จากข้อมูลในตารางที่ 4-4 สามารถหาความสามารถของกระบวนการผลิตในเดือนตุลาคม-ธันวาคม ได้ดังต่อไปนี้

จากสูตร $DPU = \frac{D}{U}$

โดยที่ D คือปริมาณของเสีย= 182 ชิ้น

U คือปริมาณการผลิต= 80,598 ชิ้น

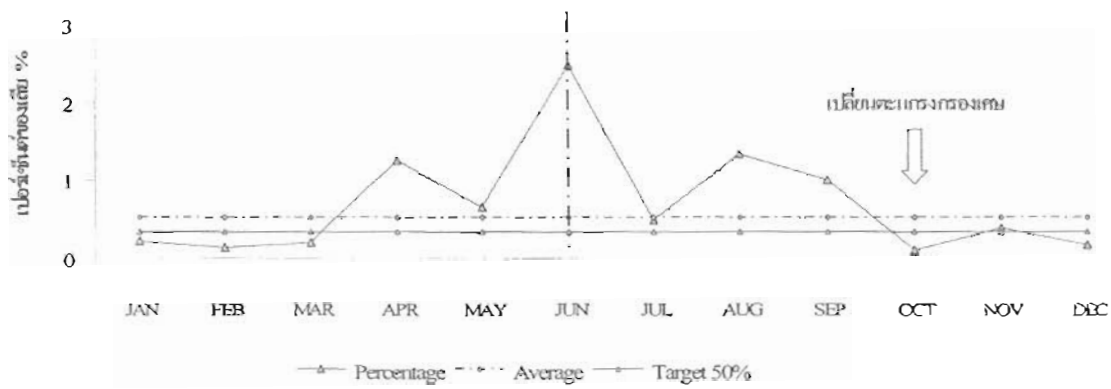
ดังนั้นความสามารถของกระบวนการผลิตเดือนตุลาคม-ธันวาคม

$$DPU = \frac{182}{80,598} \times 100 = 0.22\%$$

หลังจากทำการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET แล้วจะพบว่าสัดส่วนของเสียปรับตัวลดลง โดยปริมาณของเสียเฉลี่ยลดลงจากเดิม 0.52% มาอยู่ที่ 0.22% ดังนั้นจึงควรทำความสะอาดตะแกรงกรองเศษและเตรียมพร้อมก่อนเริ่มปฏิบัติงานทุกครั้ง

ตารางที่ 4-4 แสดงข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2549

เดือน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
ปริมาณของเสีย (ชิ้น)	18	13	24	83	45	58	34	117	186	25	113	44
ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	8,401	9,670	12,145	6,684	6,858	2,331	7,139	8,802	18,493	23,971	29,377	27,250
เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)	0.21	0.13	0.19	1.24	0.65	2.48	0.47	1.32	1.00	0.10	0.38	0.16

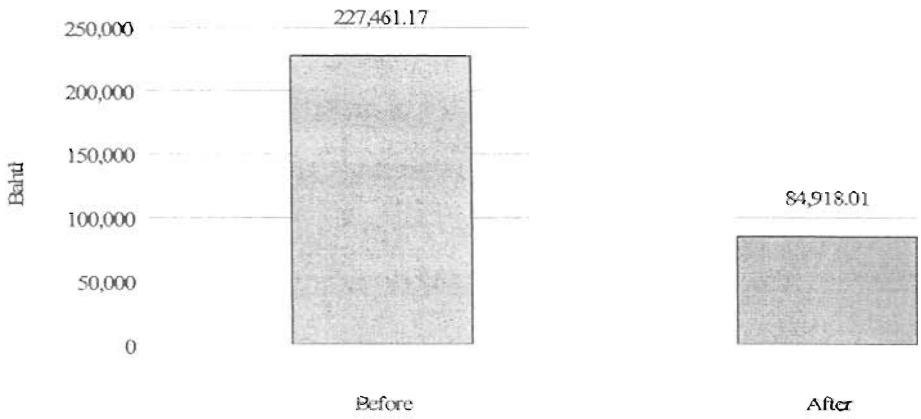


ภาพที่ 4-2 แสดงสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง

อย่างไรก็ตามในการทำความสะอาดตะแกรงกรองเศษต้องทำต่อไปอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากตะแกรงกรองเศษมีขนาดของช่องเล็กลงจึงทำให้มีโอกาสตันได้ง่ายขึ้น เมื่อตะแกรงตันแล้วน้ำในถังจะไม่สามารถถูกปั๊มออกไปใช้งานได้จึงทำให้น้ำในถังล้นสูงกว่าตะแกรงกรองเศษเข้าสู่ปั๊มน้ำซึ่งจะทำให้เศษถูกปั๊มเข้าสู่ห้องเจียรได้

4.3 มูลค่าความสูญเสีย

จากข้อมูลก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2549 มูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในช่วงแรกก่อนปรับปรุงโดยรวมอยู่ที่ 227,461.17 บาท และหลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการแล้วมูลค่าความสูญเสียตั้งแต่เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2549 โดยรวมคือ 84,918.01 บาท ลดลง 142,543.16 บาท ดังภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสีย



ภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุง-หลังปรับปรุง

4.4 บทสรุป

จากการควบคุมกระบวนการผลิตโดยมีการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET ทำให้ปริมาณของเสียมีแนวโน้มไปในทิศทางที่น้อยลง ดังนั้นจึงสรุปผลการควบคุมกระบวนการผลิตได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 การควบคุมกระบวนการผลิตโดยการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน)ทำให้สัดส่วนของเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

4.4.2 หลังจากมีการควบคุมการผลิตโดยมีการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน)แล้ว ปริมาณของเสียปรับตัวลดลงโดยมีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ 0.16%

4.4.3 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเบิกกระจกทดแทนลงได้ จากเดิมช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2549 ค่าใช้จ่ายโดยรวม 227,461.17 บาทและหลังจากปรับปรุงแล้วตั้งแต่เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2549 ค่าใช้จ่ายโดยรวม 84,918.01 บาท ลดลง 142,543.16 บาท

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตจึงทำให้ปริมาณของเสียเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 จากปัญหารอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียรสาเหตุที่มีผลทำให้ของเสียลดลง คือตะแกรงกรองเศษหยาบ ซึ่งการเปลี่ยนตะแกรงกรองเศษจากเดิม 35 mesh มาเป็น 50 mesh สามารถทำให้ของเสียลดลงได้

5.1.2 การควบคุมกระบวนการผลิตโดยการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET ให้สามารถทำความสะอาดตะแกรงกรองเศษได้ ทำให้ของเสียลดลง

5.1.3 หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตและมีการควบคุมกระบวนการผลิตแล้วทำให้สัดส่วนของเสียลดลงกว่าเดิมจากเฉลี่ย 0.52% ต่อเดือนเหลือเฉลี่ย 0.22% ต่อเดือน

5.1.4 จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้มูลค่าความสูญเสียโดยรวมลดลงจากเดิมช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2549 อยู่ที่ 227,461.17 บาท และหลังปรับปรุงแล้วช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2549 อยู่ที่ 84,918.01 บาท ลดลง 142,543.16 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการวิจัยได้ทำการวิจัยสาเหตุที่เกิดจากเครื่องเจียรเพียงอย่างเดียวกัน ดังนั้นสาเหตุต่างๆที่เกิดจากคนและกระบวนการผลิตผู้วิจัยไม่ได้ปรับปรุงซึ่งสาเหตุทั้งจากคนและกระบวนการเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดรอยขีดกระจกเทมเปอร์ในกระบวนการเจียร จึงควรหาวิธีการปรับปรุงต่อไปเพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

5.2.2 ข้อมูลต่างๆในกระบวนการผลิตถูกเก็บซ้ำซ้อนโดยปัจจุบันการเก็บข้อมูลมีการเก็บข้อมูลซ้ำหลายแผนกซึ่งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล

5.2.3 หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและควบคุมกระบวนการผลิตด้วยการปรับปรุงใบรายงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ประจำวัน) PREVENTIVE MAINTENANCE

CHECK SHEET แล้วทำให้ของเสียปรับตัวลดลง ดังนั้นจะต้องมีการทำความสะอาดตะแกรงกรองเศษอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันสัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้น

5.2.4 ในระหว่างการทำงานถ้าพบว่ามีน้ำล้นจากภายในถังเข้าไปสู่ปั๊มน้ำให้นำตะแกรงกรองเศษมาทำความสะอาดโดยการเป่าเศษออกเพื่อลดปริมาณของเศษกระจกที่ติดอยู่ที่ตะแกรงกรองเศษอันเป็นสาเหตุให้ตะแกรงกรองเศษตัน โดยการเป่าให้เป่าย้อนออก

5.2.5 ในการทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จำเป็นอย่างยิ่งที่พนักงานภายในองค์กรต้องมีความรู้ในการวิเคราะห์สาเหตุ โดยพนักงานสามารถนำเครื่องมือต่างๆมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นองค์กรควรส่งเสริมพนักงานโดยการอบรมเพิ่มเติมให้กับพนักงาน อีกทั้งองค์กรจำเป็นอย่างยิ่งต่อการส่งเสริมให้พนักงานมีความสนใจในการปรับปรุงองค์กรอย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ . สถิติสำหรับงานวิศวกรรม(เล่ม 2) . พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542

นพณรงค์ ศิริเสถียร . การปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระบะรถยนต์ โดยอาศัยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า . วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543 .

วุฒิชัย เจริญยิ่งวัฒนา . การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสี . วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546 .

ภรณี เจริญภักตร์ และคณะอาจารย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . ความน่าจะเป็นและสถิติ . พิมพ์ครั้งที่ 1 : คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520 .

สุขุมาล เหรียญทอง . การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดปัญหาการไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ . วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545 .

อรรถกร เก่งพล . วิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์ . พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.

ภาษาอังกฤษ

Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiment . 4th ed. USA : John Wiley and Sons , c1997.

Robere & Associates (Thailand) Ltd. Lean Six Sigma For Business Excellence . BX-SIN-T-DN-VERSION 1.0 Robere & Associates (Thailand) Ltd., 2005.

Wirachai Wongsuwan . Six Sigma Green Belt Training . Auto Alliance Thailand and Ford Motor Company, 2004.

Young Hoon Kwak, Frank T. Anbari . Benefits, obstacles, and future of six sigma approach . Project Management Program, Department of Management Science . The George Washington University, 2004.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลของเสีย

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลของเสียเดือนมกราคม 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน มกราคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
3	"	RG 0003/49	TE	TE 0009/49	1 AO 494	บ. กระจกสยาม	5	+		+		720	420	5	แผ่น	16.275
17	"	RG 0017/49	TE	TE 0040/49	1 AO 857	ลาดพร้าว (IDP)	10	+		+		150	1900	1	แผ่น	3.068
35	16/01/06	RG 0035/49	TE	TE 0057/49	1 AP 063	ดูรีเฟล็กซ์	12	+		+		640	640	1	แผ่น	4.4089344
46	"	RG 0043/49	TE	TE 0056/49	1 AP 062	บ.ไลท์เทค	5	+		+		274	295	3	แผ่น	2.61016236
107	25/01/49	RG 0100/49	TE	TE0146/49	1 AP 702	บ. แสงนิรันดร์	5	+		+		330	470	4	แผ่น	6.6779856
116	"	RG 0109/49	TE	TE 0195/49	1 AQ 070	ลาดพร้าว (IDP)	10	+		+		621	1900	1	แผ่น	12.7004436
144	"	RG 0130/49	TE	TE0222/49	1 AQ 218	บ. กนกไพบูลย์	10	+		+		1467	2812	1	แผ่น	44.4036959
125	"	RG 0117/49	TE	TE 0206/49	1 AQ 109	บ. รังสิพงศ์	12	+		+		525	1765	1	แผ่น	9.9741915
132	"	RG 0124/49	TE	TE 0217/49	1 AQ 157	บ. วุฒิธร ฯ	8	+		+		606	310	1	แผ่น	2.02212504

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลของเสียเดือนกุมพาภันธ์ 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
36	"	RG 173/49	TE	TE 0269/49	1 AQ 540	บ. กระจกศิริรัตน์	12	+		+		314	1316	1	แผ่น	4.44794314
48	"	RG 185/49	TE	TE0277/49	1 AQ 583	บ. ดูรีเฟล็กซ์	12	+		+		2100	900	1	แผ่น	20.34396
58	"	RG 195/49	TE	TE 0263/49	1 AQ 512	บ. โพสต์ฟอร์มิ่ง	6	+		+		1002	495	1	แผ่น	5.33883636
71	"	RG 208/49	TE	TE0263/49	1 AQ 515	บ. โพสต์ฟอร์มิ่ง	6	+		+		840	240	2	แผ่น	4.3400448
	"	"	TE	"	1 AQ 514	"	6	+		+		1002	219	2	แผ่น	4.72406126
78	"	RG 215/49	TE	TE03289/49	1 AQ 886	ลาดพร้าว(กฤติกานต์)	12	+		+		899	2085	1	แผ่น	20.1762031
69	"	RG 206/49	TE	TE0314/49	1 AQ 807	ลาดพร้าว (กฤติกานต์)	12	+		+		854	2186	1	แผ่น	20.0947088
72	"	RG 209/49	TE	TE0314/49	1 AQ 808	ลาดพร้าว (กฤติกานต์)	12	+		+		854	2186	1	แผ่น	20.0947088
6	"	RG 0143/49	TE	TE0235/49	1 AQ 385	บ. ไทย - ออส์ท	6	+		+		1715	838	1	แผ่น	15.470
33	"	RG 170/49	TE	TE 0270/49	1 AQ 548	หจก. ซันไทยกลาส	10	+		+		533	1860	1	แผ่น	10.6712143
54	08/02/06	RG 191/49	TE	TE0309/49	1 AQ 781	บ. กนกไพบูลย์	10	+		+		681	1900	1	แผ่น	13.9275396

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลของเสียเดือนมีนาคม 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน มีนาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
11	"	NCR169/49(NG)	TE	TE0528/49	1 AS 269	บ. วี - เอฟ ไลท์ติ้ง	5	+		+		298	502	6	แผ่น	9.662
1	01/03/06	NCR159/49(NG)	TE	TE0526/49	1 AS 267	บ. กนกไพบูลย์	10	+		+		1798	395	1	แผ่น	7.645
20	"	NCR178/49(NG)	TE	TE0556/49	1 AS 400	ลาดพร้าว(CRE-FUL)	10	+		+		1000	2270	1	แผ่น	24.434
30	"	NCR188/49(NG)	TE	TE0574/49	1 AS 512	โรงแรมริเวอร์	12	+		+		1587	2917	1	แผ่น	49.8295592
44	08/03/06	NCR202/49(NG)	TE	TE0604/49	1 AS 740	ลาดพร้าว (S.P.S.)	12	+		+		899	2245	1	แผ่น	21.7244968
45	"	NCR203/49(NG)	TE	TE0604/49	1 AS 742	ลาดพร้าว (S.P.S.)	12	+		+		899	2435	1	แผ่น	23.5630957
69	"	NCR227/49(NG)	TE	TE 0605/49	1 AS 745	บ. ไทย - ออส์ท ฯ	5	+		+		1487	873	1	แผ่น	13.9732974
79	13/03/06	NCR237/49(NG)	TE	TE 0652/49	1 AT 151	โรงแรมริเวอร์	12	+		+		200	2415	1	แผ่น	5.199012
98	"	NCR256/49(NG)	TE	TE 0648/49	1AT119	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		2440	310	1	แผ่น	8.1418896
99	"	NCR257/49(NG)	TE	TE 0648/49	1AT119	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		2440	310	1	แผ่น	8.1418896
100	"	NCR258/49(NG)	TE	TE 0648/49	1AT119	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		2440	310	1	แผ่น	8.1418896
101	"	NCR259/49(NG)	TE	TE 0648/49	1AT119	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		2440	310	1	แผ่น	8.1418896
102	"	NCR260/49(NG)	TE	TE 0648/49	1AT119	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		2440	390	1	แผ่น	10.2430224
169	"	NCR327/49(NG)	TE	TE0770/49	1 AT 975	หจก.ซันไทยกลาส	10	+		+		1913	400	1	แผ่น	8.2366128

ตารางที่ ก-3 (ต่อ)

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน มีนาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
46	"	NCR204/49(NG)	TE	TE0589/49	1 AS 615	ลาดพร้าว (นีโอกลาส)	12	+		+		1277	2127	1	แผ่น	29.2369508
94	"	NCR252/49(NG)	TE	"	1AS863	ลาดพร้าว(VR แฮนเดิ้ล)	10	+		+		700	1840	1	แผ่น	13.864032
157	22/03/06	NCR315/49(NG)	TE	TE0753/49	1 AT 821	บ. กรวราโยธากิจ	12	+		+		945	2770	1	แผ่น	28.1763846
160	"	NCR318/49(NG)	TE	TE0727/49	1 AT 744	ลาดพร้าว (นีโอกลาส)	12	+		+		1063	2940	1	แผ่น	33.6398681
206	"	NCR363/49(NG)	TE	TE0836/49	1 AU 520	บ. คำรงค์ชัยโปรดักส์	10	+		+		700	1785	1	แผ่น	13.449618

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลของเสียเดือนเมษายน 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน เมษายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
23	04/04/49	NCR403/49(NG)	TE	TE0421/49	AR615-61	บ.ไวท์เทคโพรดักส์	5	+		+		295	274	47	แผ่น	40.893
27	04/04/49	NCR407/49(NG)	TE	TE0873/49	1AU783	บ.ดูรีเฟล็กซ์	12	+		+		1285	925	1	แผ่น	12.794
36	05/04/49	NCR416/49(NG)	TE	TE0921/49	1AU046	กนกไพบูลย์	10	+		+		650	1840	1	แผ่น	12.873744
214	4/29/1949	NCR592/49(NG)	TE	TE1105/49	1AW408	ลาดพร้าว(ไทยพัฒนาหน้าต่าง)	6	+		+		600	600	1	แผ่น	3.87504
77	08/04/49	NCR456/49(NG)	TE	TE0919/49	1AU013	บ.วุฒิธร	6	+		+		537	500	1	แผ่น	2.890134
95	11/04/49	NCR474/49(NG)	TE	TE0918/49	1AU982	บ.รุ่งแสงฟ้า	5	+		+		285	95	17	แผ่น	4.9544001
133	20/04/49	NCR511/49(NG)	TE	TE1002/49	1AU618	ร้านสยาม	6	+		+		413	616	5	แผ่น	13.6922386
179	25/04/49	NCR557/49(NG)	TE	TE1052/49	1AW074	บ.ดูรีเฟล็กซ์	12	+		+		600	600	1	แผ่น	3.87504

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน เมษายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
22	04/04/49	NCR402/49(NG)	TE	TE0887/49	1AU849	บ.ลาดพร้าว(ธาวเวอร์กรีน)	10	+		+		1360	2150	1	แผ่น	31.474
72	08/04/49	NCR451/49(NG)	TE	TE0904/19	1AU928	บ.ไทย ออสท์ อลูมิเนียม	5	+		+		1488	838	1	แผ่น	13.4221052
109	17/04/49	NCR488/49(NG)	TE	TE0924/49	1AU100	บ.ลาดพร้าว (วีอาร์แฮนด์เดิ้ล)	10	+		+		700	1840	1	แผ่น	13.864032
110	18/04/49	NCR489/49(NG)	TE	TE0924/49	1AU095	บ.ลาดพร้าว (วีอาร์แฮนด์เดิ้ล)	10	+		+		1850	940	1	แผ่น	18.718596
113	18/04/49	NCR492/49(NG)	TE	TE0924/49	1AU083	บ.ลาดพร้าว (วีอาร์แฮนด์เดิ้ล)	10	+		+		1850	945	1	แผ่น	18.818163
124	19/04/49	NCR502/49(NG)	TE	TE0910/49	1AU516	บ.สแตนดิ้ง(โมเดิร์นกลาส)	4	+		+		1005	1585	1	แผ่น	17.1462447
147	21/04/49	NCR525/49(NG)	TE	TE1029/49	1AU864	บ.กระจกสยาม	12	+		+		2135	1134	1	แผ่น	26.0606128
155	21/04/49	NCR533/49(NG)	TE	TE1036/49	1AU957	บ.รุ่งทรัพย์สินชัย	10	+		+		306	1730	1	แผ่น	5.69824632
161	22/04/49	NCR539/49(NG)	TE	TE1025/49	1AU825	บ.ลาดพร้าว (วีอาร์แฮนด์เดิ้ล)	10	+		+		966	1850	1	แผ่น	19.2363444

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลของเสียเดือนพฤษภาคม 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน พฤษภาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
43	06/05/49	NCR640/49(NG)	TE	TE0998/49	1AV582	บ.วี.เอฟ.	5	+		+		342	511	6	แผ่น	11.286829
81	12/05/49	NCR675/49(NG)	TE	TE1160/49	1AW920	บ.วุฒิธร	6	+		+		459	1998	1	แผ่น	9.87147065
95	15/05/49	NCR689/49(NG)	TE	TE1221/49	1AX593	บ.เกรท อลูมิเนียม	10	+		+		688	1915	1	แผ่น	14.1817853
112	16/05/49	NCR705/49(NG)	TE	TE1267/49	1AX920	บ.เกรท อลูมิเนียม	12	+		+		846	2100	1	แผ่น	19.1233224
114	16/05/49	NCR707/49(NG)	TE	TE1274/49	1AX965	บ.ทริปเปิ้ล	6	+		+		816	1400	1	แผ่น	12.2967936
147	20/05/49	NCR738/49(NG)	TE	TE1300/49	1AY221	บ.ปีราเน่	10	+		+		1400	1365	1	แผ่น	20.570004
148	20/05/49	NCR739/49(NG)	TE	TE1323/49	1AY309	บ.ดีต้าร์ อลูมินั่ม	10	+		+		1807	410	1	แผ่น	7.97472468
172	23/05/49	NCR763/49(NG)	TE	TE1332/49	1AY343	บ.ลาดพร้าว(ชาวเวอร์ควีน)	10	+		+		575	1010	1	แผ่น	6.251193
204	29/05/49	NCR794/49(NG)	TE	TE1390/49	1AY956	บ.ลาดพร้าว วีอาร์ แฮนด์เดิล	10	+		+		700	1840	1	แผ่น	13.864032
231	31/05/49	NCR820/49(NG)	TE	TE1409/49	1AZ179	บ.เอส.เอส.อาร์ กลาส	12	+		+		140	140	2	แผ่น	0.4219488

ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน พฤษภาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
6	02/05/49	NCR603/49(NG)	TE	TE1126/49	1AW495	บ.ดีต้าร์ อลูมินัม	10	+		+		562	2142	1	แผ่น	12.958
13	03/05/49	NCR610/49(NG)	TE	TE1142/49	1AW754	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		595	880	1	แผ่น	5.636
14	03/05/49	NCR611/49(NG)	TE	TE1142/50	1AW711	ลาดพร้าว(TMC)	6	+		+		836	1013	1	แผ่น	9.116
20	04/05/49	NCR617/49(NG)	TE	TE1149/49	1AW811	บ.กนกไพบูลย์	8	+		+		700	2090	1	แผ่น	15.748
27	04/05/49	NCR624/49(NG)	TE	TE1153/49	1AW828	ลาดพร้าว(โอเวอร์ซี)	10	+		+		1000	1793	1	แผ่น	19.300
58	09/05/49	NCR655/49(NG)	TE	TE1184/49	1AX323	บ.ธนาวรรณ 555	10	+		+		840	1830	1	แผ่น	16.5464208
82	12/05/49	NCR676/49(NG)	TE	TE1171/49	1AX172	บ.วุฒิธร	6	+		+		200	895	1	แผ่น	1.926756
89	13/05/49	NCR683/49(NG)	TE	TE1211/49	1AX525	โรงงานดับเพลิง	4	+		+		655	855	1	แผ่น	6.0281091
99	15/05/49	NCR693/49(NG)	TE	TE1117/49	1AW450-45	บ.ไลท์เทคโปรดักส์	5	+		+		259	295	15	แผ่น	12.3363513
129	18/05/49	NCR721/49(NG)	TE	TE1265/49	AX869-87	บ.รุ่งกิจไพศาล	4	+		+		467	467	3	แผ่น	7.04252999
151	21/05/49	NCR742/49(NG)	TE	TE1322/49	1AY306	บ.แพรววนิต	6	+		+		215	835	2	แผ่น	3.8648142
157	22/05/49	NCR748/49(NG)	TE	TE1325/49	1AY316	บ.โฟล์ฟอร์มิ่ง	6	+		+		446	859.5	1	แผ่น	4.12623947

ตารางที่ ก-6 ข้อมูลของเสียเดือนมิถุนายน 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน มิถุนายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา					ขนาด		ยอดของเสีย		
												กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
16	09/06/49	NCR908/49(NG)	TE	TE1510/49	1AZ895	บ.ดีด้าร์ อลูมินั่ม	12	+	12	+		1100	2100	1	แผ่น	24.865
71	16/06/49	NCR959/49(NG)	TE	TE1533/49	1BA395	บ.ลาดพร้าว โอเวอร์ซี	10	+		+		1195	1795	1	แผ่น	23.089
103	20/06/49	NCR991/49(NG)	TE	TE1475/49	1AZ503-507	บ.ลาดพร้าว วี.เอฟ.	5	+		+		127.5	127.5	35	แผ่น	6.124
148	26/06/49	NCR1036/49(NG)	TE	TE1634/49	1BB200	บ.ลาดพร้าว TMC	12					753	2176	1	แผ่น	17.637
140	26/06/49	NCR1028/49(NG)	TE	TE1131/49	1AW521-525	บ.วี.เอฟ.ไลท์ติ้ง	5					164	164	12	แผ่น	3.474
54	14/06/49	NCR942/49(NG)	TE	TE1537/49	1BA168	บ.ปีราเน่	8	+		+		102	1299	1	แผ่น	1.426
92	19/06/49	NCR980/49(NG)	TE	TE1568/49	1BA572	บ.ลาดพร้าว พาวิลเลี่ยน	10	+		+		837	2567	1	แผ่น	23.127
101	20/06/49	NCR989/49(NG)	TE	TE1585/49	1BA853	บ.กรวราโยธากิจ	12	+		+		1470	2875	1	แผ่น	45.491
110	21/06/49	NCR998/49(NG)	TE	TE1588/49	1BA902	บ.เกื้อสกุลกลาส	10	+		+		700	2090	1	แผ่น	15.748
130	23/06/49	NCR1018/49(NG)	TE	TE1602/49	1BB002	บ.M.T.อลูมินั่ม	8					782	2210	1	แผ่น	18.603
138	26/06/49	NCR1026/49(NG)	TE	TE0558/49	1AS403	บ.วี.เอฟ.ไลท์ติ้ง	3					352	520	2	แผ่น	3.940
154	27/06/49	NCR1042/49(NG)	TE	TE1637/49	1BB211	บ.ลาดพร้าว มิซูบิชิ	6					489	639	1	แผ่น	3.363

ตารางที่ ก-7 ข้อมูลของเสียเดือนกรกฎาคม2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน กรกฎาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
22	06/07/49	NCR1087/49(NG)	TE	TE1714/49	1BB995	บ.สามมิตรพัฒนา	10	1095	3082	1	แผ่น	36.326
28	07/07/49	NCR1093/49(NG)	TE	TE1722/49	1BC026	บ.สแตนดิ้งพ้อยท์	10	1070	310	1	แผ่น	3.5704188
	07/07/49	NCR1093/49(NG)	TE	TE1722/49	1BC027	บ.สแตนดิ้งพ้อยท์	10	920	310	1	แผ่น	3.0698928
56	12/07/49	NCR1121/49(NG)	TE	TE1743/49	1BC162	บ.กระจกศิริรัตน์	12	968	567	1	แผ่น	5.90788598
61	12/07/49	NCR1126/49(NG)	TE	TE1736/49	1BC108	บ.ลาดพร้าว อลูเนียม	10	1900	996	1	แผ่น	20.3697936
68	13/07/49	NCR1133/49(NG)	TE	TE1675/49	1BB596-597	บ.ลาดพร้าว (วี.เอฟ.)	5	226	271	20	แผ่น	13.1850389
87	17/07/49	NCR1152/49(NG)	TE	TE1785/49	1BC463	บ.กระจกแพรววนิต	10	575	2123	1	แผ่น	13.1398839
10	04/07/49	NCR1075/49(NG)	TE	TE1656/49	1BB426	ลาดพร้าว (วีอาร์ แฮนด์เคิล)	10	950	1850	1	แผ่น	18.918
33	08/07/49	NCR1098/49(NG)	TE	TE1738/49	1BC152	บ.กระจกศิริรัตน์	10	895	2155	1	แผ่น	20.7607959
93	18/07/49	NCR1157/49(NG)	TE	TE1798/49	1BC569	บ.ลาดพร้าว (ไมเดิร์นฟอร์ม)	5	379	731	1	แผ่น	2.98215544
133	22/07/49	NCR1197/49(NG)	TE	TE1855/49	1BC970	บ.เกรท อลูมินั่ม	10	1410	568	1	แผ่น	8.62067232
135	22/07/49	NCR1199/49(NG)	TE	TE1863/49	1BD062	บ.วุฒิธร เอ็นจิเนียริ่ง	6	260	1998	1	แผ่น	5.59168272
152	24/07/49	NCR1216/49(NG)	TE	TE1863/49	1BD067	บ.วุฒิธร เอ็นจิเนียริ่ง	6	260	1998	1	แผ่น	5.59168272
181	27/07/49	NCR1243/49(NG)	TE	TE1878/49	1BD164	โรงงานดับเพลิง	4	605	805	2	แผ่น	10.4846742

ตารางที่ ก-8 ข้อมูลของเสียเดือนสิงหาคม 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน สิงหาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต	Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
							กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
140	22/08/49	NCR1406/49(NG	TE2182/49	1BF314	บ.ไทย-ออสท์	6	1188	329	1	แผ่น	4.20713093
1	01/08/49	NCR1270/49(NG	TE1963/49	1BD797	บ.กระจกแพรว วนิต	12	980	1920	1	แผ่น	20.254
7	01/08/49	NCR1276/49(NG	TE1676/49	1BB598	บ.วี.เอฟ.ไลท์ติ้ง	10	367	610	10	แผ่น	24.097
24	03/08/49	NCR1293/49(NG	TE1947/49	1BD667	ลาดพร้าว (วีอาร์แฮนด์เดิล)	10	700	1840	1	แผ่น	13.864
50	07/08/49	NCR1318/49(NG	TE2046/49	1BE234	ลาดพร้าว (โอเวอร์ซี)	4	492	1755	1	แผ่น	9.29428344
156	25/08/49	NCR1422/49(NG	TE2255/49	1BF707	บ.DDSV	10	218	1780	2	แผ่น	8.35372512
172	28/08/49	NCR1438/49(NG	TE2090/49	1BE453	บ.วี.เอฟ.ไลท์ติ้ง	3	352	520	8	แผ่น	15.7619405
193	30/08/49	NCR1458/49(NG	TE2323/49	1BG289	บ.นิวแบงกอกเทรดดิ้ง	5	864	1140	1	แผ่น	10.6021094
194	30/08/49	NCR1459/49(NG	TE2306/49	1BG197	ลาดพร้าว (พงษ์พรรณธารา)	6	395	2165	1	แผ่น	9.2051037

ตารางที่ ก-8 (ต่อ)

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน สิงหาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
30	03/08/49	NCR1299/49(NG	TE	TE1987/49	1BD868	บ.DDSV	8	606	1799	1	แผ่น	11.7348482
31	03/08/49	NCR1300/49(NG	TE	TE2020/49	1BE118	ลาดพร้าว (ศรี-ฟูล)	8	250	1500	1	แผ่น	4.0365
70	10/08/49	NCR1338/49(NG	TE	TE2107/49	1BE600	บ.กระจกแพรว วนิต	12	1002	2530	1	แผ่น	27.2873858
87	11/08/49	NCR1354/49(NG	TE	TE2107/49	1BE600	บ.กระจกแพรว วนิต	12	1002	2530	1	แผ่น	27.2873858
101	15/08/49	NCR1368/49(NG	TE	TE2110/49	1BE654	ลาดพร้าว (นีโอกลาส)	12	410	442	1	แผ่น	1.95065208
152	24/08/49	NCR1418/49(NG	TE	TE1755/49	1BC242-246	บ.ไลท์เทคโพรดักส์	4	98	98	86	แผ่น	8.89046122

ตารางที่ ก-9 ข้อมูลของเสียเดือนกันยายน 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน กันยายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
22	04/09/06	NCR1498/49(NG	TE	TE2322/49	1BG286	ลาดพร้าว (วีนิต)	6	198	198	11	แผ่น	4.64
128	18/09/06	NCR1604/49(NG	TE	TE2507/49	1BH714	คุณวีรกิจ	10	419	1485	1	แผ่น	6.70
131	18/09/06	NCR1607/49(NG	TE	TE2516/49	1BH782	ศรีสำราญกลาส	10	630	2230	1	แผ่น	15.12
143	19/09/06	NCR1619/49(NG	TE	TE2497/49	1BH671	ดีด้าร์	6	825	2285	1	แผ่น	20.29
144	19/09/06	NCR1620/49(NG	TE	TE2534/49	1BH939	บ้วนเฮงเส็ง	4	375	470	1	แผ่น	1.90
147	19/09/06	NCR1623/49(NG	TE	TE2535/49	1BH940	บ้วนเฮงเส็ง	5	780	1210	1	แผ่น	10.16
171	21/09/06	NCR1647/49(NG	TE	TE2532/49	1BH916	รุ่งแสงฟ้า อิเลคทริค	4	502	334	3	แผ่น	5.4
183	22/09/06	NCR1659/49(NG	TE	TE2579/49	1BI483	โฟสต์ฟอร์มิ่ง	6	704	740	1	แผ่น	5.6
198	23/09/06	NCR1674/49(NG	TE	TE25789/49	1BI483	โฟสต์ฟอร์มิ่ง	6	704	740	2	แผ่น	11.2
62	09/09/06	NCR1538/49(NG	TE	TE282/49	1BF983	ไลท์เทคโพรดักส์	4	164	164	33	แผ่น	9.55
74	11/09/06	NCR1550/49(NG	TE	TE2311/49	1BG226	บี แอนด์ ซี ซัพพลาย	8	190	401	15	แผ่น	12.30
81	11/09/06	NCR1557/49(NG	TE	TE2282/49	1BF008	ไลท์เทคโพรดักส์	4	105	105	70	แผ่น	8.31
82	11/09/06	NCR1558/49(NG	TE	TE2407/49	1BH069	ไลท์เทคโพรดักส์	4	164	164	10	แผ่น	2.90

ตารางที่ ก-9 (ต่อ)

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน กันยายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต	Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
							กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
113	14/09/06	NCR1589/49(NG	TE2242/49	1BF642	วี-เอฟไลท์ติ้ง จก.	5	367	610	20	แผ่น	48.19
120	15/09/06	NCR1596/49(NG	TE2510/49	1BH753	เกื้อสกุลกลาส	10	565	895	1	แผ่น	5.44
125	16/09/06	NCR1601/49(NG	TE2470/49	1BH476	ดูรีเฟล็กซ์	10	1200	2300	1	แผ่น	29.71
152	19/09/06	NCR1628/49(NG	TE2549/49	1BI104	ลาดพร้าว (โอเวอร์ซี)	10	315	1795	1	แผ่น	6.09
188	22/09/06	NCR1664/49(NG	TE2529/49	1BH884	แสงนิรันด์	5	330	470	10	แผ่น	16.7
190	23/09/06	NCR1666/49(NG	TE2582/49	1BI500	ลาดพร้าว (ชาวเวอร์ควีน)	10	867	675	1	แผ่น	6.3
191	23/09/06	NCR1667/49(NG	TE2582/49	1BI496	ลาดพร้าว (ชาวเวอร์ควีน)	10	310	850	1	แผ่น	2.8
243	29/09/06	NCR1719/49(NG	TE2641/49	1BI945	บ้วนเฮงเส็ง	4	611	712	1	แผ่น	4.7
258	30/09/06	NCR1734/49(NG	TE2654/49	1BJ019	บ้วนเฮงเส็ง	4	255	506	2	แผ่น	2.8

ตารางที่ ก-10 ข้อมูลของเสียเดือนตุลาคม 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน ตุลาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
9	03/10/06	NCR1744/49(NG	TE	TE2666/49	1BJ066	ลาดพร้าว (ไพร์ไนน์)	10	874	1896	1	แผ่น	17.84
29	05/10/06	NCR1764/49(NG	TE	TE2714/49	1BJ438	ซายน์ สแควร์	10	900	1080	1	แผ่น	10.46
61	10/10/06	NCR1796/49(NG	TE	TE2750/49	1BJ752	เอสเอสอาร์ กลาส	3	309	849	10	แผ่น	28.24
111	18/10/06	NCR1846/49(NG	TE	TE2835/49	1BK608	กระจกแพรววนิต	12	894	2383	1	แผ่น	22.93
213	31/10/06	NCR1948/49(NG	TE	TE2972/49	1BL751	โอร็อก	3	488	488	1	แผ่น	2.56
1	02/10/06	NCR1737/49(NG	TE	TE2639/49	1BI925	ลาดพร้าว (กฤติกานต์)	5	196	543	3	แผ่น	3.44
2	02/10/06	NCR1737/49(NG	TE	TE2639/49	1BI926	ลาดพร้าว (กฤติกานต์)	5	196	693	4	แผ่น	5.85
59	10/10/06	NCR1794/49(NG	TE	TE2754/49	1BJ794	เกื้อสกุลกลาส	10	230	2736	1	แผ่น	6.77
73	12/10/06	NCR1808/49(NG	TE	TE2781/49	1BK011	เกื้อสกุลกลาส	10	312	1994	1	แผ่น	6.70
115	19/10/06	NCR1850/49(NG	TE	TE2847/49	1BK728	วุฒิธร	6	305	2173	1	แผ่น	7.13
185	26/10/06	NCR1920/49(NG	TE	TE2910/49	1BL192	กระจกแพรววนิต	12	902	2500	1	แผ่น	24.27

ตารางที่ ก-11 ข้อมูลของเสียเดือนพฤศจิกายน 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน พฤจิกายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
2	02/11/06	NCR1969/49(NG)	TE	TE2997/49	1BL884	กระจกแพรว วนิต	12	915	1905	1	แผ่น	18.762
6	07/11/06	NCR1996/49(NG)	TE	TE3030/49	1BM153	พรวิษณุ การโยธา	6	600	2420	1	แผ่น	15.629
9	13/11/06	NCR2034/49(NG)	TE	TE3106/49	1BM656	กระจกแพรว วนิต	12	1330	2325	1	แผ่น	33.285
10	13/11/06	NCR2035/49(NG)	TE	TE3101/50	1BM624	ซิตี้กลาส	12	453	1634	1	แผ่น	7.968
11	14/11/06	NCR2047/49(NG)	TE	TE3120/49	1BM739	เกรท อลูมินั่ม	10	203	2699	1	แผ่น	5.898
18	20/11/06	NCR2083/49(NG)	TE	TE3114/49	1BM698	เทคนิคไล้ท์ติ้ง	4	230	230	20	แผ่น	11.388
19	20/11/06	NCR2086/49(NG)	TE	TE3164/49	1BN015	วุฒิธร	6	325	1111	1	แผ่น	3.887
32	23/11/06	NCR2134/49(NG)	TE	TE2323/49	1BN526	สามมิตรพัฒนา	12	1000	2000	1	แผ่น	21.528
34	27/11/06	NCR2166/49(NG)	TE	TE3245/49	1BN727	พรีเมียม กลาส	10	400	2682	1	แผ่น	11.5476192
35	28/11/06	NCR2180/49(NG)	TE	TE3047/49	1BM258	วี-เอฟ ไลท์ติ้ง	3	352	520	8	แผ่น	15.7619405
36	28/11/06	NCR2183/49(NG)	TE	TE3303/49	1BO237	ชันไทยกลาส	10	630	2070	1	แผ่น	14.0373324
38	29/11/06	NCR2198/49(NG)	TE	TE3269/49	1BN962	ลาดพร้าว (เฟอร์ริช)	10	152	2000	1	แผ่น	3.272256
8	10/11/06	NCR2016/49(NG)	TE	TE3013/49	1BM033	ไลท์เทค โพรดักส์	4	164	164	32	แผ่น	9.264

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน พฤจิกายน 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
4	03/11/06	NCR1980/49(NG)	TE	TE2975/49	1BL764	สแตนดิ้งพ้อยท์ (คุณเล็ก)	8	114	250	23	แผ่น	7.056
7	09/11/06	NCR2002/49(NG)	TE	TE3057/49	1BM367	เอื้อสกุลกลาส	10	1373	2006	1	แผ่น	29.647
12	14/11/06	NCR2038/49(NG)	TE	TE3111/49	1BM685	ดำรงค์ชัยโปรดักส์	8	650	1010	1	แผ่น	7.067
21	20/11/06	NCR2084/49(NG)	TE	TE3114/49	1BM698	เทคนิคไล้ท์ติ้ง	4	230	230	10	แผ่น	5.694
22	20/11/06	NCR2088/49(NG)	TE	TE3163/49	1BN012	เกรท อลูมินั่ม	10	1238	2075	1	แผ่น	27.651
24	21/11/06	NCR2093/49(NG)	TE	TE3190/49	1BN281	ดีด้าร์ อลูมินั่ม	12	909	2497	1	แผ่น	24.432
25	21/11/06	NCR2097/49(NG)	TE	TE3204/49	1BN388	กระจกแพรว วนิต	6	985	1785	1	แผ่น	18.926
27	22/11/06	NCR2105/49(NG)	TE	TE3199/49	1BN354	ลาดพร้าว (ไอเรียนท์)	10	1364	312	1	แผ่น	4.581
28	22/11/06	NCR2113/49(NG)	TE	TE3199/49	1BN358	ลาดพร้าว (ไอเรียนท์)	10	1470	305	1	แผ่น	4.826
29	22/11/06	NCR2116/49(NG)	TE	TE3198/49	1BN351	สามมิตรพัฒนา	12	846	1467	1	แผ่น	13.359
30	22/11/06	NCR2118/49(NG)	TE	TE3225/49	1BN537	ดำรงค์ชัยโปรดักส์	6	485	2267	1	แผ่น	11.8349642
41	29/11/06	NCR2193/49(NG)	TE	TE3284/49	1BO097	สแตนดิ้งพ้อยท์ (คุณพินิจ)	8	1130	1550	1	แผ่น	18.853146

ตารางที่ ก-12 ข้อมูลของเสียเดือนธันวาคม 2549

บันทึกรายการผลิตกระจกทดแทน ประจำเดือน ธันวาคม 2549

ลำดับ	วันที่แจ้ง	เลขที่ใบสั่งทดแทน	เลขที่ใบสั่งผลิต		Code No.	ชื่อลูกค้า	ความหนา	ขนาด		ยอดของเสีย		
								กว้าง	ยาว	แผ่น		ตร.ฟ.
16	12/2/2006	NCR2224/49(NG	TE	TE3323/49	IBO413	โรงงานเครื่องดับเพลิง	4	705	905	1	แผ่น	6.868
14	12/1/2006	NCR2222/49(NG	TE	TE3296/49	IBO176	ลาดพร้าว (ไพร์มไนน์)	10	864	953	1	แผ่น	8.863
	12/6/2006	NCR2236/49(NG	TE	TE3117/49	IBI734	สว่างศิลป์	4	146	146	40	แผ่น	9.178
39	12/7/2006	NCR2247/49(NG	TE	TE3384/49	IBO936	เกรท อลูมินั่ม	12	772	2241	1	แผ่น	18.6222797
77	#########	NCR2285/49(NG	TE	TE3454/49	IBP488	กระจกแพรววนิต	12	875	2640	1	แผ่น	24.86484

ภาคผนวก ข

แบบฟอร์มตาราง

ตารางที่ ข-1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ C&E Matrix

Cause and Effect Matrix			
	Process Output		
Items	Process Step	Process Input	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

ตารางที่ ข-2 แสดงตาราง FMEA

Process Failure Modes and effects Analysis (FMEA)									
Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายสุนทร สิทธิสกุลเจริญ

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การปรับปรุงผลิตผลของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

ประวัติส่วนตัว

เกิดวันพุธที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2520 ที่อยู่ปัจจุบัน 41/6 หมู่ 3 ต.สวนกล้วย อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี 70110

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมตอนต้นจากโรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพจากโรงเรียนอาชีวะคอนบอสโก อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี สาขาวิชาช่างกลโรงงาน สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ สาขาวิชาช่างเขียนแบบเครื่องกล และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต