

การลดข้อบกพร่องประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

นางสาวสุธินันท์ ฤทธิทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย



The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

LEAK DEFECT REDUCTION OF HARD DISK DRIVES

Miss Suthinan Ritthong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดข้อบกพร่องประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
โดย	นางสาวสุธินันท์ ฤทธิทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉวีไชย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภััสสงวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉวีไชย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

สุทินนท์ ฤทธิ์ทอง : การลดข้อบกพร่องประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. (LEAK DEFECT REDUCTION OF HARD DISK DRIVES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ศิไชย, 128 หน้า

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ อันเนื่องมาจากการร้าวของฮาร์ดดิสก์ โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบ ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการติดตามควบคุม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า วิธีการชั้นสกรู Top cover และความเข้มแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศ ที่ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย สำหรับปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัย โดยที่ระดับของแต่ละปัจจัยเท่ากับ 3 ระดับ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศ ในขณะที่อิทธิพลของปัจจัยหลักมีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธีการชั้นสกรูด้วยเครื่องจักรและความเข้มแสงที่ระดับ 600 ลักซ์ มีผลให้อัตราการรั่วไหลของอากาศต่ำสุด ผลจากการปรับระดับของปัจจัยที่เหมาะสมดังกล่าวแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ลดลงจาก 0.364 มิลลิเมตรน้ำ เป็น 0.190 มิลลิเมตรน้ำ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร แทนการใช้ Fixture แบบเก่าที่ระดับความเข้มแสง 600 ลักซ์ และส่งผลให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวลดลงจาก 0.42% เป็น 0.11% คิดเป็น 73.81%

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....ลายมือชื่อ.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....ลายมือชื่อ.....ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา.....2556.....

##5371512321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD : LEAK TEST/ SIX SIGMA/ HARD DISK DRIVES

APPROACH

SUTHINAN RITTHONG : LEAK DEFECT REDUCTION OF HARD DISK DRIVES.

ADVISOR : ASST.PROF.ANGSUMALIN SENJUNTICHAJ, D.Eng., 128 pp.

The objective of this research is to reduce leak defect in Hard disk drives manufacturing by improving the air leak rate. To reduce the air leak rate, 5 phases of Six Sigma approach which are Define, Measure, Analyze, Improve and Control phases (DMAIC) are applied. At 95% confidence level, top cover screw fastening method and light brightness are significant factor for air leak rate at significance level of 0.05. Then, the experiments are designed and performed based on Factorial experiment with two factors and three levels of each factor. At 5% significance level, there is no interaction effect between top cover screw fastening method and light brightness while the main effect is significant. The suggested process condition for the minimum air leak rate are the fastening screw method by machine with light brightness at 600 Lux. Under this condition, the average of air leak rate is decreased from 0.364 mm.H₂O to 0.190 mm.H₂O and the percentage of defect due to leak test failure is reduced by 73.81% from 0.42% to 0.11%.

Department.....Industrial Engineering.....Student's Signature.....

Field of Study.....Industrial Engineering.....Advisor's Signature.....

Academic Year.....2013.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทรสมบัติไชย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย และรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องจึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษาเป็นอย่างสูง ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้เข้าไปทำการศึกษาค้นคว้าให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลและทำการทดลองเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ คณะทำงานที่ช่วยกันระดมสมอง ให้คำแนะนำ ความรู้ และความช่วยเหลือต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จ ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีได้กล่าวถึงไว้ ณ ที่นี้ด้วย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา.....	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย.....	14
1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย.....	14
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	15
1.8 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	17
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
2.1 ลักษณะทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	18
2.1.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	20
2.2 แนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา.....	20
2.3 ขั้นตอนกระบวนการซิกซ์ ซิกมา.....	21
2.3.1 การนิยามปัญหา (Define).....	21
2.3.2 การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measurement).....	22
2.3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis).....	23
2.3.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improvement).....	25
2.3.5 การติดตามควบคุม (Control).....	27
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28

	หน้า
บทที่ 3 การนิยามปัญหา.....	33
3.1 บทนำ.....	33
3.2 การศึกษากระบวนการผลิต.....	33
3.3 สภาพของปัญหาในปัจจุบัน.....	37
3.4 การจัดตั้งทีมงานในการดำเนินงาน.....	42
3.5 สรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา.....	43
บทที่ 4 การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา.....	44
4.1 บทนำ.....	44
4.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด.....	44
4.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าว	45
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวเครื่องที่ 1.....	48
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวเครื่องที่ 2.....	51
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวเครื่องที่ 3.....	54
4.4 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา.....	57
4.4.1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base.....	57
4.4.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float.....	60
4.5 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ.....	63
4.6 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.....	75
4.6.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด.....	75
4.6.2 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา.....	75
4.6.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ.....	76
บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	77
5.1 บทนำ.....	77
5.2 ปัจจัยนำเข้าที่จะนำมาศึกษาและทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น.....	77
5.3 การทดสอบสมมติฐาน.....	80
5.3.1 การกำหนดขนาดชิ้นงานตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน....	80

5.3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	81
5.4 การทดสอบสมมติฐานของวิธีการชั้นสกรู Top cover.....	81
5.5 การทดสอบสมมติฐานของแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน.....	83
5.6 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	84
บทที่ 6 การปรับปรุงกระบวนการ.....	86
6.1 บทนำ.....	86
6.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ.....	86
6.3 ตัวแปรตอบสนอง.....	88
6.4 การออกแบบการทดลอง.....	88
6.4.1 จำนวนการทดลอง.....	88
6.4.2 จำนวนชิ้นงานตัวอย่างในแต่ละการทดลอง.....	88
6.5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Two-way ANOVA.....	89
6.5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Two-way ANOVA.....	89
6.5.2 การตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง.....	92
6.6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ 2-Sample Z test.....	96
6.7 สภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศ ของฮาร์ดดิสก์.....	99
บทที่ 7 การติดตามควบคุม.....	102
7.1 บทนำ.....	102
7.2 การทดสอบเพื่อยืนยันผล.....	102
7.3 การวิเคราะห์การทดสอบยืนยันผล.....	103
7.4 การติดตามผลการทดลอง.....	104
7.5 ผลหลังการปรับปรุงระดับของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศ ของฮาร์ดดิสก์.....	105
7.5.1 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าว.....	105
7.5.2 มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรอยร้าว.....	107
7.6 แผนควบคุมระดับของปัจจัยนำเข้า.....	108

บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	112
8.1 บทนำ.....	112
8.2 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา.....	112
8.3 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.....	112
8.4 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	113
8.5 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ.....	113
8.6 บทสรุปขั้นตอนการติดตามควบคุม.....	114
8.7 ข้อจำกัดในการทดลอง.....	115
8.8 ข้อเสนอแนะ.....	115
รายการอ้างอิง.....	116
ภาคผนวก.....	119
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	128

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ความหมายและลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์และภาพตัวอย่าง ลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์.....	10
ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	17
ตารางที่ 4.1 ขนาดชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการทดสอบด้วยข้อมูลผันแปร.....	45
ตารางที่ 4.2 เกณฑ์ในการประเมินระบบการวัด.....	46
ตารางที่ 4.3 ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศ โดยเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1.....	46
ตารางที่ 4.4 ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศ โดยเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2.....	47
ตารางที่ 4.5 ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศ โดยเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3.....	47
ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดสาเหตุ (O).....	63
ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D)	64
ตารางที่ 4.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float.....	67
ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อ ระหว่าง Top cover และ Base.....	68
ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยรั่วจาก สกรู Pivot Top cover float.....	69
ตารางที่ 4.11 สาเหตุที่ถูกลำดับไปพิจารณาแก้ไขและคะแนน RPN ของลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อ ระหว่าง Top cover และ Base.....	70
ตารางที่ 4.12 สาเหตุที่ถูกลำดับไปพิจารณาแก้ไขและคะแนน RPN ของลักษณะรอยรั่วจาก สกรู Pivot Top cover float.....	70
ตารางที่ 4.13 สาเหตุที่ถูกลำดับไปพิจารณาแก้ไข, คะแนน RPN และ %Cumulative เรียงลำดับตามความสำคัญของลักษณะรอยรั่วทั้งสอง.....	71
ตารางที่ 4.14 มาตรฐานเทียบเคียงความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน	73
ตารางที่ 4.15 ปัจจัยนำเข้าที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป	75
ตารางที่ 5.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float.....	78

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยนำเข้าที่ทำการศึกษา.....	85
ตารางที่ 5.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float.....	85
ตารางที่ 6.1 ปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float....	86
ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยนำเข้าที่ระดับต่างๆ.....	98
ตารางที่ 6.3 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศ ของฮาร์ดดิสก์.....	101
ตารางที่ 7.1 ผลการทดสอบรอยรั่วเพื่อทดสอบยืนยันผลก่อนและหลัง การปรับปรุงกระบวนการ.....	103
ตารางที่ 7.2 แผนการควบคุมในกระบวนการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์.....	111

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว.....	2
รูปที่ 1.2 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว หน้า 7.0 และ 9.5 มิลลิเมตร.....	2
รูปที่ 1.3 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว.....	2
รูปที่ 1.4 หัวอ่านเขียน Head Stack Assembly (HSA).....	3
รูปที่ 1.5 ส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์.....	3
รูปที่ 1.6 แผงวงจรไฟฟ้าและฮาร์ดดิสก์.....	4
รูปที่ 1.7 สายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	4
รูปที่ 1.8 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบรอยร้าว.....	5
รูปที่ 1.9 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์.....	6
รูปที่ 1.10 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว.....	7
รูปที่ 1.11 มูลค่าความสูญเสียในแต่ละเดือนของของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ ขนาด 2.5 นิ้ว หน้า 7 มิลลิเมตร.....	7
รูปที่ 1.12 อัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ ของการทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ ขนาด 2.5 นิ้ว หน้า 7 มิลลิเมตร.....	8
รูปที่ 1.13 แผนภาพพาเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ จากกระบวนการทดสอบรอยร้าว ของฮาร์ดดิสก์.....	9
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบชุดหัวอ่านเขียน.....	19
รูปที่ 2.2 กลไกการอ่านเขียน และ MR/GMR Heads.....	19
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	33
รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ในห้องสะอาดของโรงงานกรณีศึกษา.....	34
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการขึ้นสกรู Top cover.....	34
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการขึ้นสกรู Pivot Top cover.....	35
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทดสอบฝุ่น.....	35
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการติด Particle seal.....	36
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการทดสอบรอยร้าว.....	36
รูปที่ 3.8 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว.....	37

รูปที่ 3.9 มูลค่าความสูญเสียในแต่ละเดือนของของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์.....	38
รูปที่ 3.10 อัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ ของการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์.....	38
รูปที่ 3.11 แผนภาพพาเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ จากกระบวนการทดสอบรอยรั่ว ของฮาร์ดดิสก์.....	39
รูปที่ 3.12 การวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีการตรวจจับการรั่วด้วยก๊าซฮีเลียม.....	40
รูปที่ 3.13 แผนภาพพาเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วโดยการวิเคราะห์หารอยรั่ว ด้วยวิธีการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซฮีเลียม.....	41
รูปที่ 3.14 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว และค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์.....	42
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1.....	48
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1 (2).....	49
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2.....	51
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2 (2).....	52
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3.....	54
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3 (2).....	55
รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base.....	58
รูปที่ 4.8 วิธีการชันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวและลำดับในการชันสกรู Top cover ด้วยคน.....	60
รูปที่ 4.9 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float.....	61
รูปที่ 4.10 รูสกรู Pivot บน Top cover เชื่อมกับรูสกรู Pivot.....	62
รูปที่ 4.11 แผนภาพพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยรั่ว ที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float.....	72
รูปที่ 4.12 ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน.....	73
รูปที่ 5.1 วิธีการชันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน.....	78
รูปที่ 5.2 วิธีการชันสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวและ Fixture โดยใช้เครื่องจักร.....	78

รูปที่ 5.3 พื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเข้มแสง 600 ลักซ์ (โคมไฟส่องสว่างอยู่บนเพดาน).....	79
รูปที่ 5.4 พื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเข้มแสง 700 ลักซ์ (ติดโคมไฟส่องสว่างที่สถานีงาน เพิ่ม 1 ดวง)	79
รูปที่ 5.5 ผลการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชันสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test	82
รูปที่ 5.6 ผลการทดสอบสมมติฐานของค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test.....	84
รูปที่ 6.1 Fixture สำหรับชันสกรู Top cover ด้วยคน.....	87
รูปที่ 6.2 Fixture สำหรับชันสกรู Top cover แบบปัจจุบันและแบบใหม่ด้วยคน.....	87
รูปที่ 6.3 Fixture สำหรับชันสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร.....	87
รูปที่ 6.4 จำนวนชิ้นงานตัวอย่างในการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย.....	89
รูปที่ 6.5 เมทริกซ์การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย.....	89
รูปที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab.....	90
รูปที่ 6.7 ผลของปัจจัยหลักที่มีต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์.....	91
รูปที่ 6.8 ผลของปัจจัยร่วมที่มีต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์.....	92
รูปที่ 6.9 ผลการทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าตกค้างด้วยโปรแกรม Minitab.....	93
รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่อง ในการเก็บข้อมูล.....	94
รูปที่ 6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ผิดพลาดของอัตราการรั่วไหลของ อากาศของฮาร์ดดิสก์.....	95
รูปที่ 6.12 ผลการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชันสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test	97
รูปที่ 6.13 ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างที่มีค่าความเข้มแสง 600 ลักซ์.....	100
รูปที่ 6.14 ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างที่มีค่าความเข้มแสง 700 ลักซ์.....	100
รูปที่ 7.1 แผนภูมิ Xbar-R ของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์.....	105
รูปที่ 7.2 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ.....	106
รูปที่ 7.3 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วแยกตามลักษณะการรั่วก่อนและหลังการปรับปรุง กระบวนการ.....	106
รูปที่ 7.4 ผลการทดสอบสมมติฐานของอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ.....	107

รูปที่ 7.5 มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทอัยรั่วก่อนและหลังการปรับปรุง กระบวนการ.....	107
รูปที่ 7.6 เอกสาร PCN สำหรับเปลี่ยน Fixture ในการขึ้นสกรู Top cover แบบใหม่.....	108
รูปที่ 7.7 ใบบันทึกการตรวจสอบค่าความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover.....	109
รูปที่ 7.9 ใบรับรองการปฏิบัติงานของพนักงาน.....	110

บทที่ 1

บทนำ

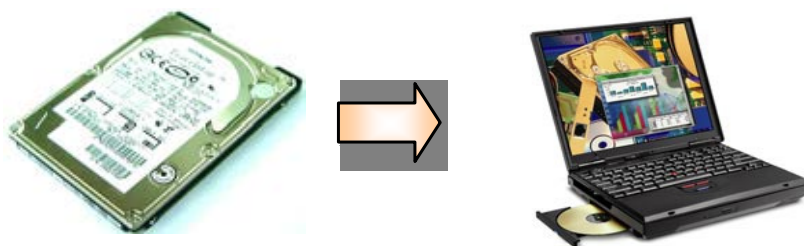
คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากยิ่งขึ้น ในการนำคอมพิวเตอร์ไปใช้งานด้านต่างๆ ยังคงต้องการคอมพิวเตอร์ซึ่งมีประสิทธิภาพในการรองรับการทำงานได้สูง และส่วนประกอบหนึ่งในคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสำคัญและได้รับการพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งานเหล่านั้นคือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในตลาดโลกมีทิศทางการเติบโตที่ต่อเนื่อง และประเทศไทยเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่รายหนึ่งของโลก ธุรกิจฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการแข่งขันกันสูงทั้งในด้านเทคโนโลยีการผลิต ราคาคุณภาพและการส่งมอบให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า สำหรับในด้านของราคานั้นกลไกทางการตลาดจะเป็นตัวช่วยกำหนดราคาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากมีผู้ผลิตหลายราย ดังนั้นจุดเด่นที่จะทำให้ลูกค้าเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์คือ สินค้าที่มีคุณภาพ ส่งผลให้ผู้ผลิตแต่ละรายให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่ดีที่สุดให้กับลูกค้าด้วยความรวดเร็วและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

นอกจากต้องผลิตสินค้าที่ดีที่สุดให้กับลูกค้าแล้ว ผู้ผลิตยังต้องพยายามหาแนวทางปรับปรุงและลดต้นทุนการผลิตลง อีกทั้งยังต้องทำให้ของเสียในกระบวนการผลิตมีปริมาณน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถทำกำไรและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไปด้วย ซึ่งการลดของเสียในกระบวนการผลิตถือว่าเป็นวิธีการลดต้นทุนอย่างหนึ่งที่ผู้ผลิตสามารถทำได้

1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 2 ขนาดคือ ขนาด 2.5 นิ้ว และ 3.5 นิ้ว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 1.1 สำหรับคอมพิวเตอร์แบบพกพาหรือโน้ตบุ๊ก อุปกรณ์นำทางในรถยนต์ กล้องบันทึกวีดีโอ และอุปกรณ์บันทึกภาพจากโทรทัศน์ เป็นต้น สามารถแบ่งออกเป็น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ที่มีความหนา 7.0 มิลลิเมตรและ 9.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1.2

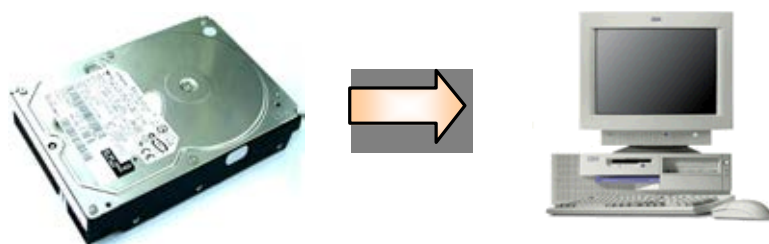


รูปที่ 1.1 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว



รูปที่ 1.2 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7.0 และ 9.5 มิลลิเมตร

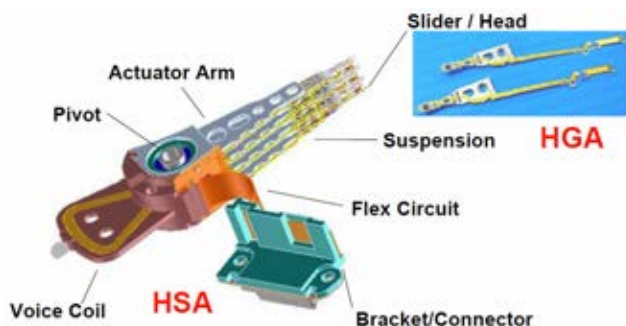
2. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 1.3 สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบตั้งโต๊ะ และนำมาใช้เป็นระบบแม่ข่าย (Server) ในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ



รูปที่ 1.3 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว

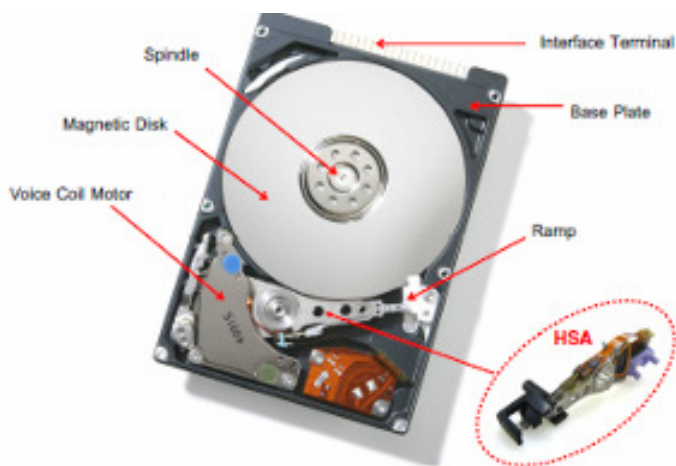
กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน ดังนี้

1. การผลิตหัวอ่านเขียน (Head Stack Assembly, HSA) ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ในห้องสะอาดที่ควบคุมปริมาณฝุ่นขนาด 0.2 ไมครอนจำนวนไม่เกิน 10,000 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต



รูปที่ 1.4 หัวอ่านเขียน Head Stack Assembly (HSA)

2. การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เบส มอเตอร์ (Base motor) แผ่นดิสก์ (Disk) หัวอ่านเขียน (HSA) พิวอท (Pivot) ขดลวดมอเตอร์แบบเสียง (Voice Coil Magnet, VCM) แรมพ์ (Ramp) ท็อปแคลมป์ (Top Clamp) และ ท็อป คัฟเวอร์ (Top cover) เข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์เอ็นโวลอสเซอร์ (Hard Disk Enclosure, HDE) ดังแสดงในรูปที่ 1.5 ในห้องสะอาดที่ควบคุมปริมาณฝุ่นขนาด 0.2 ไมครอนจำนวนไม่เกิน 100 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต การทดสอบปริมาณฝุ่นในฮาร์ดดิสก์ (Particle Test) และการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ (Leak Test)



รูปที่ 1.5 ส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์

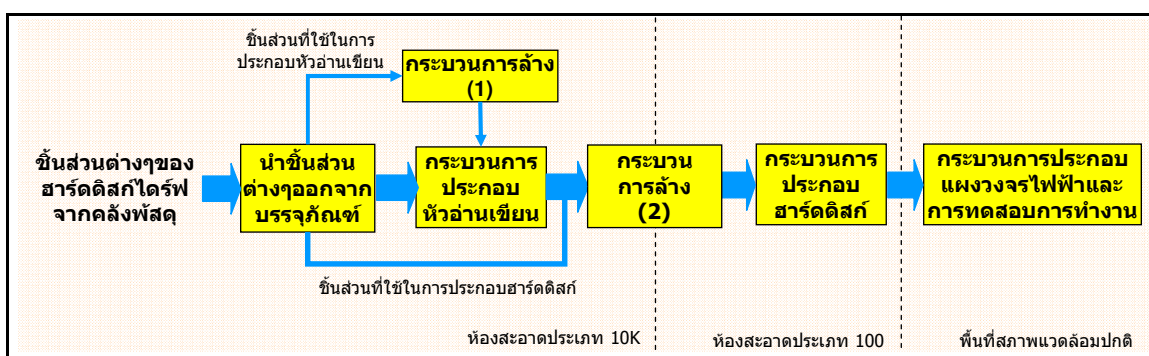
3. การประกอบแผงวงจรไฟฟ้าเข้ากับฮาร์ดดิสก์เอ็นโวลอสเซอร์เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive, HDD) ดังแสดงในรูปที่ 1.6 ในพื้นที่สภาพแวดล้อมปกติที่ไม่มีการควบคุมปริมาณฝุ่นและการทดสอบการทำงาน (Test) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก่อนส่งมอบให้ลูกค้า เช่น การทดสอบการเริ่มต้นทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Function Test) การทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยโปรแกรมการ

แปรผันอุณหภูมิ การตรวจสอบพื้นผิวทั้งหมดของแผ่นดิสก์ (Self Run Stress Test, SRST) และการทดสอบขั้นสุดท้ายและตั้งค่าเฉพาะต่างๆตามความต้องการของลูกค้า (Final Test)



รูปที่ 1.6 แผงวงจรไฟฟ้าและฮาร์ดดิสก์

กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังแสดงรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 สายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นนอกจากจะมีการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้ว ยังต้องมีการทดสอบการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ว่าสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ กระบวนการทดสอบบรอยรั่วเป็นการทดสอบอย่างหนึ่งในขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์หลังจากทำการประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์แล้ว เพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะไม่มีฝุ่นอนุภาคที่เป็นสารประกอบทางเคมี (สารไอออนิก) หรือสิ่งสกปรกหลุดเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ได้ เนื่องจากอนุภาคเหล่านี้จะทำให้หัวอ่านเขียนไม่สามารถทำงานได้ เพราะจะไปกีดขวางการเคลื่อนที่ของหัวอ่านเขียนบนแผ่นดิสก์ การเขียนและอ่านสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างหัวอ่าน

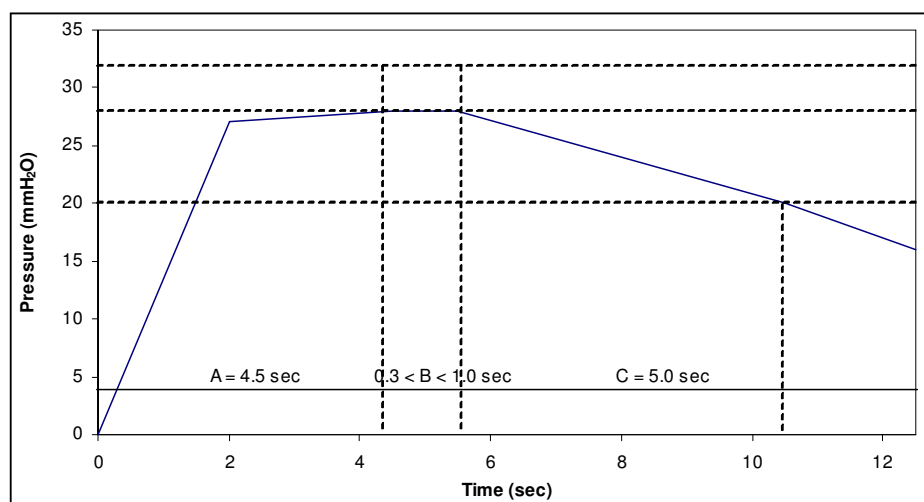
เขียนและแผ่นดิสก์ ทำให้หัวอ่านเขียนเสียหรือคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนไป เกิดการเสียดสีระหว่างหัวอ่านเขียนและแผ่นดิสก์ในขณะที่หัวอ่านเขียนและแผ่นดิสก์เคลื่อนที่ เป็นผลทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนแผ่นดิสก์ ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีสิ่งแปลกปลอมดังกล่าวหลุดเข้าไปทำให้เกิดความเสียหายกับฮาร์ดดิสก์ได้ โดยนำฮาร์ดดิสก์ที่ประกอบแล้วเสร็จมาเข้าเครื่องมือทดสอบรอยร้าวดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบรอยร้าว

หลักการในการทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. อัดอากาศเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ เป็นเวลา 4.50 วินาที จนความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์มีค่าเท่ากับ 28 มิลลิเมตรน้ำ (mmH₂O) หรือ จุด A (Point A) ดังแสดงในรูปที่ 1.9 (HITACHI Global Storage Technologies Ltd., 2010)
2. วัดค่าความดันอากาศสูงสุดภายในฮาร์ดดิสก์ เป็นเวลา 0.3 – 1 วินาที หรือ จุด B (Point B)
3. วัดค่าความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ที่ลดลง เป็นเวลา 5 วินาที หรือ จุด C (Point C)

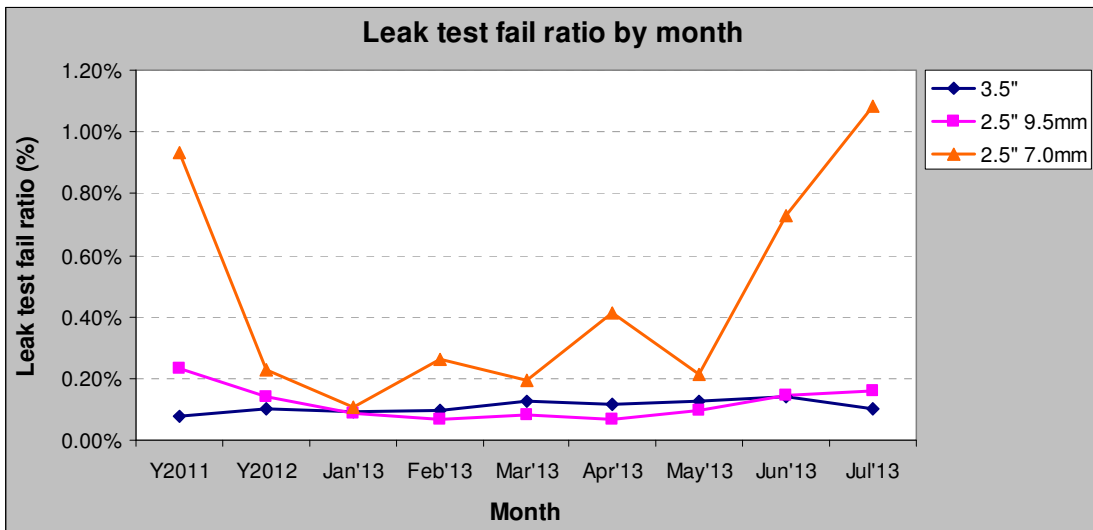


รูปที่ 1.9 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์

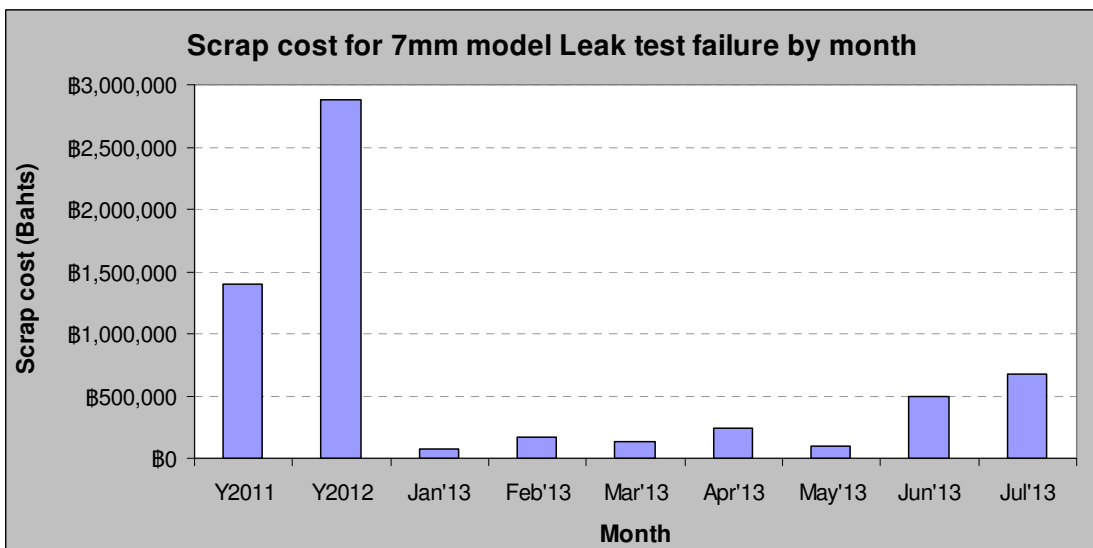
จากนั้น นำค่าความดันอากาศมาพิจารณาว่ามีรอยรั่วเกิดขึ้นในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์หรือไม่ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังต่อไปนี้

1. จุด B ผิดปกติ เมื่อค่าความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ที่จุดสิ้นสุดของจุด B มีค่ามากกว่า 32 มิลลิเมตรน้ำ แสดงว่าค่าความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์มีค่ามากเกินไป (Pressure too high)
2. จุด B ผิดปกติ เมื่อค่าความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ที่จุดสิ้นสุดของจุด B มีค่าน้อยกว่า 20 มิลลิเมตรน้ำ แสดงว่าค่าความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์มีค่าน้อยเกินไป (Pressure too low)
3. จุด C ผิดปกติ เมื่อความแตกต่างของค่าความดันอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ที่จุดสิ้นสุดของจุด B และจุด C มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรน้ำ แสดงว่ามีการรั่วของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ (Air Leak)

จากการวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ในโรงงานกรณีศึกษา ในเดือนกรกฎาคม 2554 - กรกฎาคม 2556 พบว่าของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร มีอัตราส่วนสูงที่สุด โดยมีอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.42% ของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร ที่เข้าทดสอบรอยรั่วทั้งหมด และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม 2555 - กรกฎาคม 2556 ดังแสดงในรูปที่ 1.10 โดยของเสียดังกล่าวก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียรวม 6,154,934 บาท ในเดือนกรกฎาคม 2554 - กรกฎาคม 2556 หรือคิดเป็นความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 115,127 บาท ดังแสดงในรูปที่ 1.11

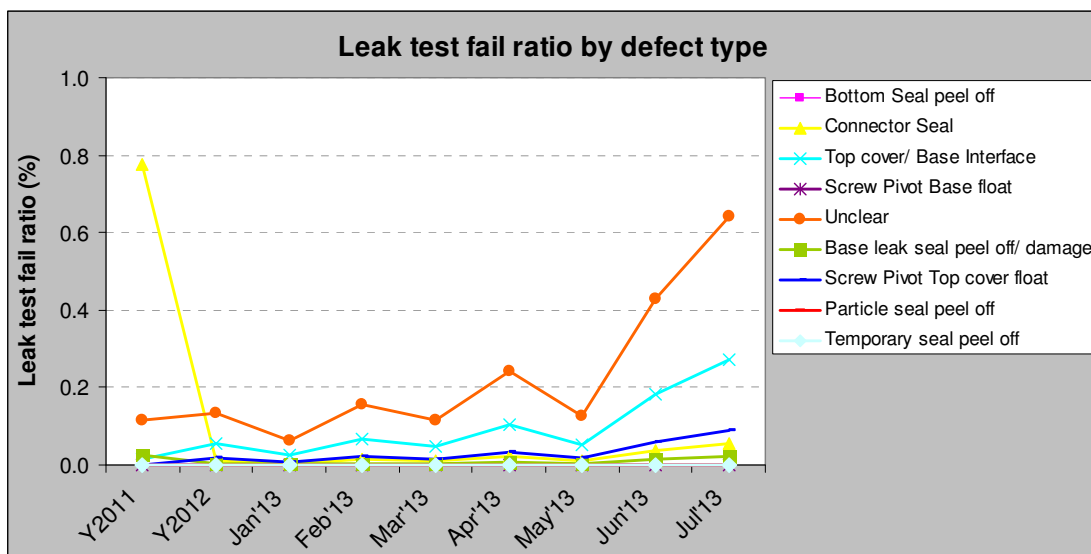


รูปที่ 1.10 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว



รูปที่ 1.11 มูลค่าความสูญเสียในแต่ละเดือนของของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์
ขนาด 2.5 นิ้ว หน้า 7 มิลลิเมตร

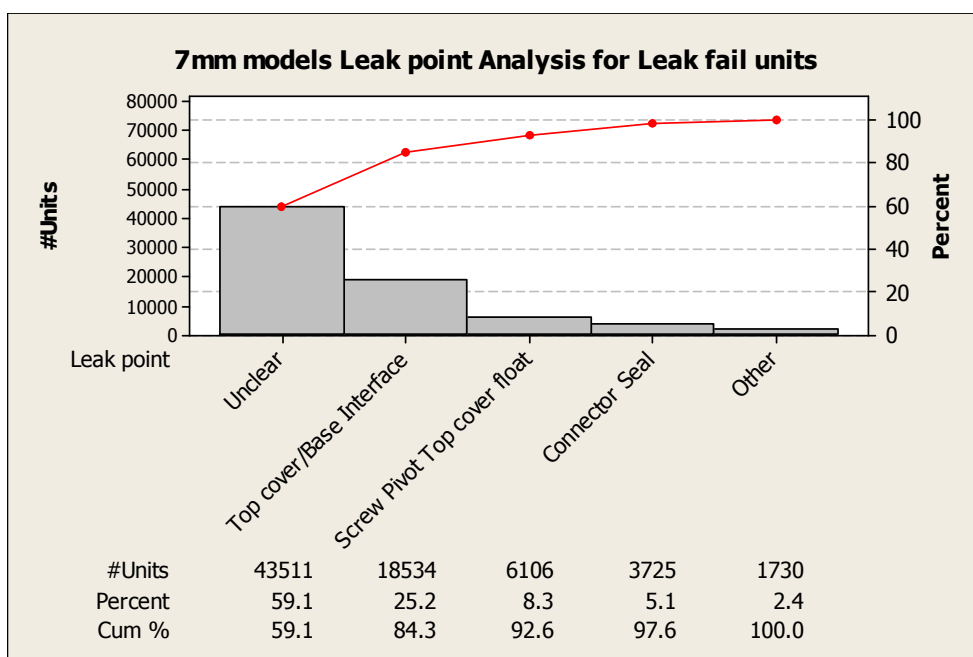
และเมื่อนำของเสียประเภทรอยรั่วมาวิเคราะห์หาลักษณะการรั่ว พบว่าของเสียบางประเภท เช่น ประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน (Unclear) ประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม 2555 – กรกฎาคม 2556 ดังแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 อัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ ของการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์
ขนาด 2.5 นิ้ว หน้า 7 มิลลิเมตร

ซึ่งเมื่อนำของเสียประเภทรอยรั่วในเดือนมกราคม 2555 – กรกฎาคม 2556 จากการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีวัดความดันอากาศมาพิจารณา พบว่าลักษณะการรั่วประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนมีอัตราส่วนมากที่สุด โดยคิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 59.1 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียประเภทรอยรั่ว รองลงมาเป็นประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 25.2% ประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 8.3% รอยรั่วที่ยางป้องกันการรั่วของจุดเชื่อมต่อ (Connector seal) คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 5.1% และประเภทอื่นๆ ซึ่งประกอบไปด้วยประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วด้านล่างของเบสหลอดลอก (Bottom seal peel off) ประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Base float ประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วด้านเบสหลอดลอกหรือเสียหาย (Base Leak seal peel off / damage) ประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวปิดรูที่ใช้ทดสอบปริมาณฝุ่นป้องกันการรั่วหลอดลอก (Particle seal peel off) และประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วแบบชั่วคราวหลอดลอก (Temporary seal peel off) คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 2.4% ของจำนวนของเสียประเภทรอยรั่ว ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1.13 โดยคำอธิบายความหมายและลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์และภาพตัวอย่างการรั่วของฮาร์ดดิสก์ แสดงดังตารางที่ 1.1

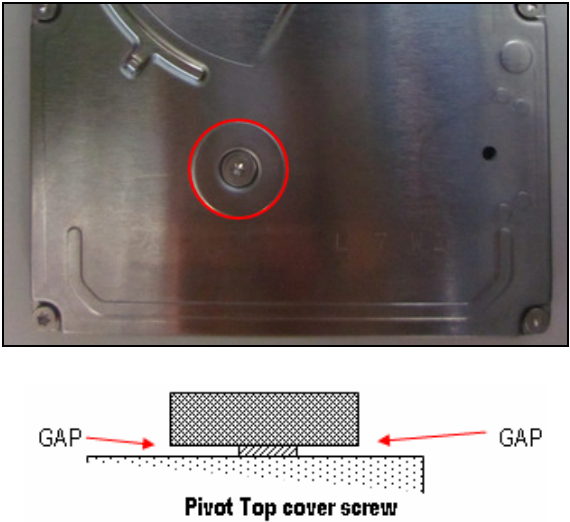

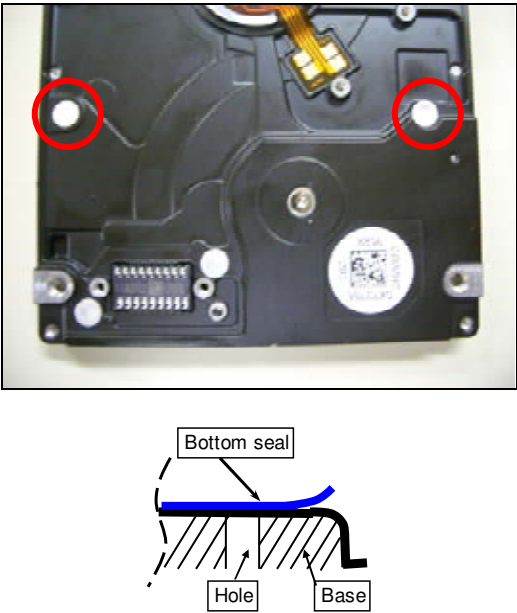
สำหรับของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนที่มีอัตราส่วนมากที่สุดในของเสียทุกประเภทจะมีการนำการวิเคราะห์ด้วยวิธีตรวจจับการรั่วด้วยก๊าซฮีเลียมเพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์หาลักษณะการรั่ว โดยวิธีการตรวจจับการรั่วด้วยก๊าซฮีเลียมเป็นวิธีการที่ต้องนำฮาร์ดดิสก์ออกมายังพื้นที่ปกติเพื่อไปอัดก๊าซฮีเลียมและใช้เครื่องมือในการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซฮีเลียมมาช่วยในการวิเคราะห์หารอยรั่ว หลังจากวิเคราะห์เสร็จแล้วยังต้องส่งฮาร์ดดิสก์กลับเข้าไปในห้องสะอาดเพื่อทำการถอดชิ้นส่วนเพื่อประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ใหม่อีกครั้งซึ่งถือว่าเป็นวิธีการที่ซ้ำซ้อนมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีตรวจจับด้วยก๊าซฮีเลียมมีค่าสูงถึง 72.80 บาทต่อชิ้นงาน ดังนั้นจึงนำวิธีนี้มาใช้ในการหาลักษณะการรั่วของของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนเท่านั้น สำหรับของเสียจากรอยรั่วประเภทอื่นๆ ที่สามารถตรวจจับการรั่วด้วยอากาศได้ จะใช้การวิเคราะห์หาลักษณะการรั่วด้วยวิธีวัดความดันอากาศซึ่งมีค่าใช้จ่ายเพียง 5.26 บาทต่อชิ้นงานเท่านั้น


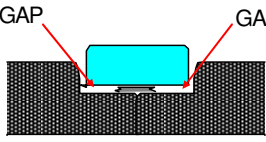
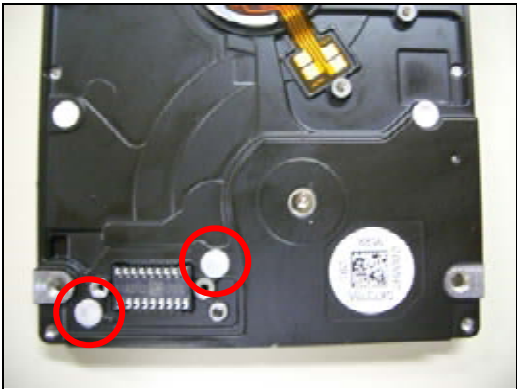
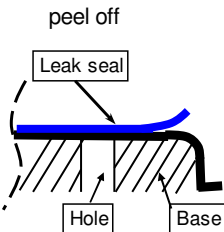



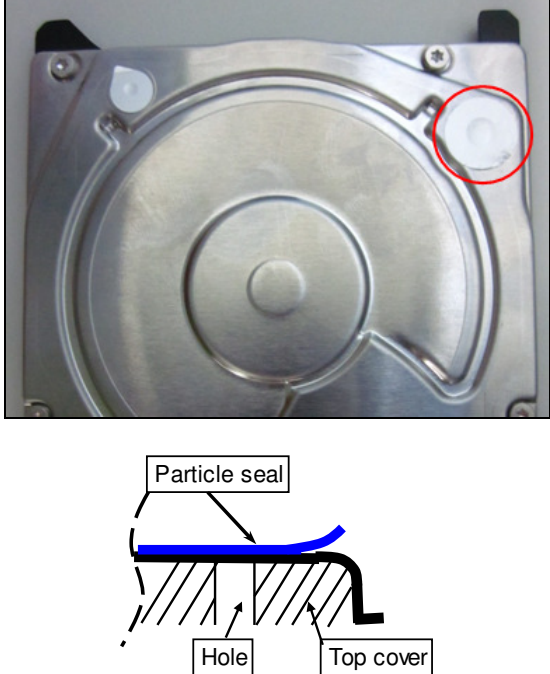
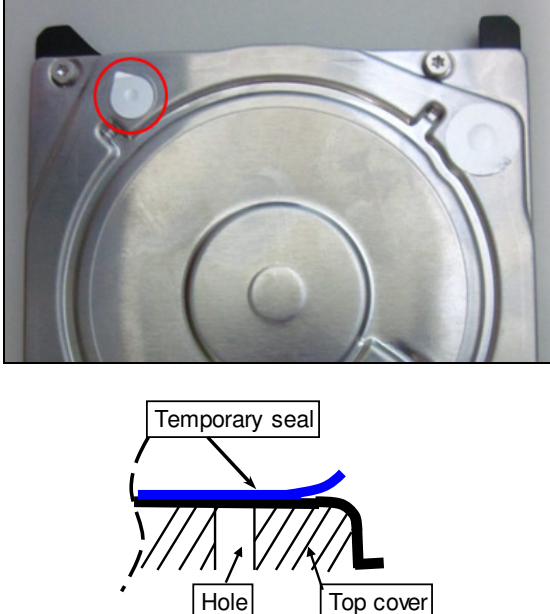
รูปที่ 1.13 แผนภาพพายเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ จากกระบวนการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์

ตารางที่ 1.1 ความหมายและลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์และภาพตัวอย่างลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์

ลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์	ภาพตัวอย่างลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์
<p>1. รอยรั่วที่ไม่ชัดเจน จากการวิเคราะห์ หาลักษณะการรั่วด้วยวิธีวัดความดัน อากาศ</p>	<p>หาลักษณะการรั่วไม่เจชัดด้วยวิธีวัดความดันอากาศ</p> 
<p>2. รอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base</p>	

ลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์	ภาพตัวอย่างลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์
<p>3. รอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float</p>	
<p>4. รอยรั่วที่ยางป้องกันกรรไกรของจุดเชื่อมต่อ</p>	
<p>5. รอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันกรรไกรด้านล้างของเบสหลุดลอก</p>	

ลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์	ภาพตัวอย่างลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์
<p>6. รอยรั่วจาก Screw Pivot Base float</p>	  <p>Pivot Base screw</p>
<p>7. รอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วด้านเบสหลุดลอกหรือเสียหาย</p>	  <p>peel off</p> <p>Leak seal</p> <p>Hole</p> <p>Base</p> <p>damage</p> 

ลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์	ภาพตัวอย่างลักษณะการรั่วของฮาร์ดดิสก์
<p>8. รอยรั่วจากกระดาษกาวปิดรูที่ใช้ทดสอบปริมาณฝุ่นป้องกันการรั่วหลุดลอก</p>	
<p>9. รอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วแบบชั่วคราวหลุดลอก</p>	

งานวิจัยนี้วางแผนที่จะนำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการวิเคราะห์และลดปัญหาของเสียจากการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสีย โดยนำ

ข้อมูลทางสถิติมาช่วยในการตัดสินใจและหาแนวทางแก้ไขกระบวนการ สู่คุณภาพของสินค้าและการให้บริการที่ดีขึ้น (วรชัย เยาวภาณี, 2552) ซึ่งในหลายๆ งานวิจัยได้นำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมาไปใช้ในการช่วยวิเคราะห์และแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย โดยแนวคิดซิกซ์ ซิกมามีการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน (DMAIC) ด้วยกัน ดังนี้ (ศิริภัทร เบญจวาริ, 2554)

1. Define Phase คือ ขั้นตอนในการระบุปัญหา กำหนดขอบเขตของงานวิจัย จัดตั้งทีมงานเพื่อเข้าร่วมงานวิจัยและระบุระยะเวลาในการทำวิจัย
2. Measurement Phase คือ ขั้นตอนในการวัดความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาที่สนใจ และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. Analysis Phase คือ ขั้นตอนในการนำข้อมูลที่ได้จากการวัดและการเก็บข้อมูล มาทำการแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงสถิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาต่อไป
4. Improve Phase เป็นขั้นตอนสำคัญในการหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่ถูกต้อง โดยเลือกระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการ
5. Control Phase เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยทำการควบคุมติดตามผลเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ โดยมีการจัดทำแผนควบคุมและมาตรฐานการทำงาน

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1. เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์

1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. ศึกษาเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร
2. ศึกษาเพื่อลดของเสีย 3 ลักษณะที่เกิดจากรอยร้าว ได้แก่
 - รอยร้าวที่ไม่ชัดเจนจากการวิเคราะห์หาลักษณะการร้าวด้วยวิธีวัดความดันอากาศ
 - รอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base
 - รอยร้าวจากสลัก Pivot Top cover float

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สาเหตุของการเกิดของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์
2. ระดับและปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม ที่ทำให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ลดลงมากที่สุด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปริมาณของเสียจากรอยร้าวที่ไม่ชัดเจนจากการวิเคราะห์หารอยร้าวด้วยวิธีวัดความดันอากาศ รอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และรอยร้าวจากสกรู Pivot Top Cover Float
2. ลดต้นทุนความสูญเสียจากของเสียประเภทรอยร้าว
3. ลดต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์
4. สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์รุ่นงานอื่นๆ ได้

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีพื้นฐานของแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา
2. ระบายนิยามปัญหา (Define phase)
 - 2.1 จัดตั้งทีมงานและหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อเข้าร่วมโครงการ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมให้เป็นผู้ชำนาญในการผลิต และมีความรู้เทคนิคในกระบวนการทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์
 - 2.2 ศึกษาข้อมูลปัญหาจากฝ่ายผลิตโดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมในช่วง 2 ปี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2554 – กรกฎาคม 2556 มาพิจารณา
 - 2.3 นำประเภทข้อบกพร่องจากการทดสอบรอยร้าวมาจำแนกและพิจารณา
3. ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase)
 - 3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล และพิจารณาสาเหตุที่ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากการทดสอบรอยร้าว
 - 3.2 วิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA) เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบรอยร้าว
 - 3.3 ระดมสมองเพื่อทำแผนภาพเหตุและผล (Cause and Effect diagram) ของสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจากการทดสอบรอยร้าว

3.4 นำหลักการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ที่อาจเกิดขึ้น (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ในการวัดความรุนแรง ความถี่และความสามารถในการตรวจจับมาช่วยพิจารณาในการตัดสินใจเลือกสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อของเสียประเภทย่อยรั้วเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

4. ระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis phase)

4.1 นำสาเหตุที่เกิดจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ที่สามารถควบคุมได้มาทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น และเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการทำให้เกิดของเสียจากการทดสอบย่อยรั้วมาปรับปรุง เพื่อทำการลดของเสียที่เกิดจากการทดสอบย่อยรั้ว

4.2 ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองที่ได้กำหนดไว้

4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น เพื่อนำไปสู่ระยะการปรับปรุงกระบวนการ

5. ระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase)

5.1 ออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด

5.2 นำเทคนิคทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ผลและประเมินผลหลังการทดลอง

6. ระยะติดตามควบคุม (Control phase)

6.1 ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลอง

6.2 กำหนดวิธีการปรับปรุงและควบคุมสำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อของเสียที่เกิดจากการทดสอบย่อยรั้ว

6.3 จัดทำแผนควบคุม (Control plan) และมาตรฐานการทำงานของกระบวนการผลิต

7. เรียบเรียงและจัดทำบทความเพื่อตีพิมพ์

8. เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.8 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

หัวข้อ	ปี 2555	ปี 2556								
	-	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีพื้นฐานของแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา										
2. ระบายนยามปัญหา (Define phase)										
3. ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase)										
4. ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis phase)										
5. ระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase)										
6. ระยะติดตามควบคุม (Control phase)										
7. เรียบเรียงและจัดทำบทความเพื่อตีพิมพ์										
8. เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์										

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้มีศักยภาพจำเป็นต้องเข้าใจถึงเทคโนโลยีการผลิต และกลไกการทำงานของส่วนประกอบต่างๆภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อให้จะได้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีคุณภาพสูง และสามารถแข่งขันกับคู่แข่งทางการค้าได้ ในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากนั้นจะมุ่งเน้นการนำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการทบทวนหาสาเหตุของการเกิดของเสียประเภทรอยร้าวและแนวทางแก้ปัญหาเพื่อลดของเสียประเภทรอยร้าวในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

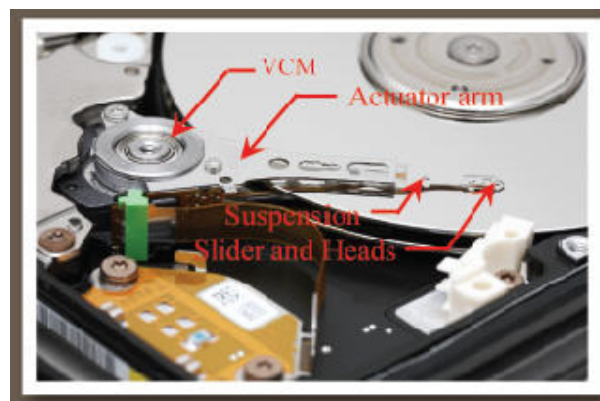
2.1 ลักษณะทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive, HDD) (ฐิติมา จินตนาวัน, 2554) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดิจิทัลที่อาศัยหลักการแปลความหมายของตัวเลขไบนารี จากความต่างของขั้วแม่เหล็กที่กำหนดในแถบข้อมูลบนแผ่นดิสก์ หรือเรียกกันว่าเป็นอุปกรณ์ประเภท Magnetic Recording

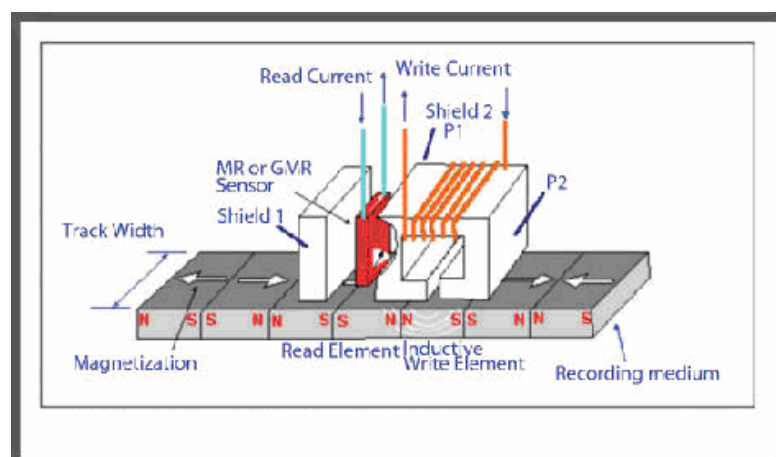
คุณลักษณะจำเพาะของฮาร์ดดิสก์ที่สำคัญ ได้แก่ ขนาด และความจุของฮาร์ดดิสก์ โดยขนาดของฮาร์ดดิสก์กำหนดตามความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นดิสก์โดยประมาณ ในปัจจุบันมี 2 ขนาด ที่เป็นหลักในการใช้งาน ได้แก่ ขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งนิยมใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา และขนาด 3.5 นิ้ว ซึ่งนิยมใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดย ขนาด 2.5 นิ้ว จะมีอัตราส่วนในตลาดมากที่สุด เนื่องจากความนิยมของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีมากขึ้นในปัจจุบัน ส่วนขนาด 3.5 นิ้วจะเน้นพัฒนาสำหรับกลุ่มคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ต้องการความจุข้อมูลสูง

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย แผ่นดิสก์หนึ่งแผ่นหรือมากกว่าวางเรียงตัวเป็นชั้นอยู่บนสปริงเดลมอเตอร์ ที่จะขับให้แผ่นดิสก์หมุนด้วยความเร็วรอบที่ จากขั้นตอนการผลิตส่วนสำคัญอีกส่วนของฮาร์ดดิสก์ ได้แก่ ชุดหัวอ่านเขียน ซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวขับที่เรียกว่า Voice Coil Motor (VCM) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ชุดหัวอ่านเขียนนี้จะประกอบไปด้วย หัวอ่านเขียน (Heads) ติดตั้งใกล้ๆกัน อยู่บนสไลเดอร์ (Slider) โดยที่สไลเดอร์จะยึดติดอยู่ที่ปลายแขนด้านหนึ่งของ Suspension เพื่อให้สไลเดอร์บินอยู่บนเหนือแผ่นดิสก์ได้โดยไม่สัมผัสแผ่นดิสก์ ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของ Suspension จะต่อเข้ากับ Actuator Arm เพื่อจะยึดติดกับแกนของ VCM ซึ่งขับเคลื่อน

หัวอ่านเขียนผ่านการควบคุมของเซอร์โว ทำให้ชุดหัวอ่านเขียนเคลื่อนที่ไปอยู่ตรงตำแหน่งของข้อมูลเหนือแผ่นดิสก์ตามที่ต้องการได้ โดยที่สปินเดิลมอเตอร์และ VCM จะประกอบเข้ากับฐานของฮาร์ดดิสก์โดยมีฝาปิดที่ด้านบน กลไกการเขียนข้อมูลเกิดจากการผ่านกระแสไปที่ขดลวดที่พันอยู่รอบหัวเขียน (Write Head) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 กระแสที่กลับทาง จะเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กของแถบข้อมูลที่วางตัวตามแนวเส้นรอบวงของแผ่นดิสก์ ทำให้เปลี่ยนไปจากที่กำหนดมาในขั้นตอนการผลิต ในขณะที่กลไกการอ่านข้อมูลจะอาศัยหัวอ่านที่มีขดลวดพันรอบแกนหัวอ่านเช่นกัน เมื่อแถบข้อมูลบนแผ่นดิสก์เคลื่อนที่ผ่านหัวอ่าน จะทำให้เกิดความต่างศักย์เหนี่ยวนำที่ขั้วของขดลวดขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่เป็นผลจากการเปลี่ยนขั้วของแถบข้อมูล กลไกการทำงานอ่านเขียนนี้จะต้องรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น เมื่อฮาร์ดดิสก์ในปัจจุบันมีขนาดที่เล็กลง มีความหนาแน่นของข้อมูลที่มากขึ้น และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบชุดหัวอ่านเขียน



รูปที่ 2.2 กลไกการอ่านเขียน และ MR/GMR Heads

2.1.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประกอบไปด้วย จานแม่เหล็กหรือแผ่นดิสก์ (Disk) ซึ่งใช้สำหรับบันทึกข้อมูล ความเร็วในการหมุนของสปินเดิลมอเตอร์อยู่ระหว่าง 3000 ถึง 15000 รอบต่อนาที มีชุดหัวอ่านเขียน และแผงวงจรสำหรับควบคุมการทำงานโดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (วันเพ็ญ, 2554) สามารถแบ่งโครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามหน้าที่การทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

1. ส่วนอ่านเขียน (Read-Write Part) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนหัวบันทึก (Recording Head) และส่วนแขนจับ (Suspension) หากแบ่งตามหน้าที่การทำงานของส่วนหัวบันทึกแล้วจะมีทั้งหมด 3 ส่วนย่อยคือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการอ่านและเขียน (Read-Write Head) ส่วนป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอก (Magnetic Shield Part) และส่วนของแขนจับ เนื่องจากหัวบันทึกไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง จึงต้องอาศัยแขนจับหัวบันทึกเพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

2. ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Storage Part) หรือแผ่นดิสก์ (Disk) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีทั้งแผ่นดิสก์แบบแก้วและแบบอลูมิเนียม โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นดิสก์ตั้งแต่ 2.5 นิ้ว จนถึงขนาด 3.5 นิ้ว

3. ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ (Movement Controlling Part) ในส่วนของกรควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวบันทึกจะใช้มอเตอร์ชนิดลดแบบเสียง (VCM) ที่จะทำให้ตัวขับเคลื่อน (Actuator) ที่อยู่บนหัวอ่านเขียนเคลื่อนที่ในแนวรัศมีของแผ่นดิสก์ ส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่ของแผ่นดิสก์จะใช้สปินเดิลมอเตอร์ (Spindle motor) บังคับให้แผ่นดิสก์หมุนตามในระหว่างการอ่านเขียนข้อมูล

4. ส่วนเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Electrical Interconnection Part) สัญญาณจากส่วนอ่านเขียนจะถูกเชื่อมต่อกับวงจรควบคุมของคอมพิวเตอร์ หรือหน่วยประมวลผลข้อมูลของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางสายรับส่งสัญญาณการอ่านเขียนข้อมูล ซึ่งวงจรรวมทั้งหมดจะอยู่ในรูปแผงวงจรไฟฟ้า

2.2 แนวคิดการผลิตแบบซิกม่า ซิกมา (Six Sigma)

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์ (วุฒิมิ เติศปรีชาภมล, 2551 อ้างถึงใน วชิรพงษ์ สาลีสิงห์, 2548) ได้ให้ความหมายของซิกม่า (Sigma: σ) ในทางสถิติไว้ว่า เป็นระดับความผันแปรของกระบวนการ และ Mikel Harry (วุฒิมิ เติศปรีชาภมล, 2551 อ้างถึงใน Mikel Harry, 1998) กล่าวว่า ซิกม่า ซิกมา คือ วิธีแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ โดยประกอบไปด้วย รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่ลงตัว และการตอบสนองตามหน้าที่ในองค์กร

นอกจากนี้ความหมายของซิกซ์ ซิกมา อาจตีความเป็นสองนัยสำคัญ คือ ความหมายเชิงทฤษฎีและความหมายเชิงปฏิบัติ ได้ดังนี้

ความหมายเชิงทฤษฎี ซิกซ์ ซิกมา คือ ความพยายามในการลดความแปรผันของกระบวนการ โดยลดความผันแปรทั้งหมดของกระบวนการให้อยู่ภายในขีดจำกัดของข้อกำหนดด้านคุณภาพ และยอมให้มีของเสียได้ไม่เกิน 3.4 ครั้งใน 1 ล้านครั้ง (3.4 PPM)

ความหมายเชิงปฏิบัติ ทำได้โดยใช้หลักสถิติในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยใช้ควบคู่กับการบริหารโครงการ และเน้นผลสำเร็จในรูปของมูลค่าการลดต้นทุนจากการดำเนินโครงการ ดังนั้น ซิกซ์ ซิกมา ถือเป็นทั้งเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) และกลยุทธ์การจัดการธุรกิจ (Business Strategy)

2.3 ขั้นตอนกระบวนการซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma Steps)

ขั้นตอนของกระบวนการซิกซ์ ซิกมาประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน (ลำปาง แสงจันทร์, 2554) ดังนี้

2.3.1 การนิยามปัญหา (Define)

ขั้นตอนการนิยามปัญหา เริ่มจากการกำหนดปัญหา และคัดเลือกหัวข้อเพื่อใช้ในการดำเนินงาน จากนั้นทำการคัดเลือกบุคคลตามระดับความรู้ความสามารถที่เหมาะสมเพื่อทำหน้าที่ในการกำกับดูแลงานในส่วนต่างๆ โดยมีเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ดังนี้

- ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรม คือ กราฟแท่งแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูล ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ วิเคราะห์ได้โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรม ใช้ทำการสุ่มตัวอย่าง และติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่มีข้อมูลจำนวนมากๆ แผนภูมินี้ใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการทำงาน

- แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)

แผนภูมิพาเรโตเป็นแผนภูมิที่แสดงการจัดเรียงหมวดหมู่ของข้อมูล โดยทำการเรียงจากมากไปน้อยและจากซ้ายไปขวา เพื่อศึกษาหาปัญหาที่ใหญ่ที่สุด หรือ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามากที่สุด แล้วทำการพิจารณาแก้ไขปัญหาลำดับความสัมพัทธ์จากมากไปน้อยตามลำดับต่อไป

2.3.2 การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measurement)

ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา เริ่มจากการเขียนผังรายละเอียดของกระบวนการ โดยละเอียดเพื่อให้เห็นขอบเขตในการผลิตของกระบวนการ ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของกระบวนการ จากนั้นทำการสร้างผังแสดงสาเหตุและผล แล้วทำการประเมินว่าควรทำการแก้ไขที่จุดใด มีค่าวัดใดบ้างสำหรับกระบวนการผลิตนั้นๆ สิ่งที่ย้อนเข้าไปในกระบวนการ และผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ รวมถึงการเกิดขึ้นงานที่บกพร่องและผลกระทบที่เกิดจากการเกิดข้อบกพร่อง

- **แผนภูมิกระบวนการ (Process Charts)**

แผนภูมิกระบวนการ เป็นเครื่องมือที่ใช้อธิบายรายละเอียดของขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยละเอียด ช่วยให้มองเห็นภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ต้นจนจบ และนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น

- **แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram)**

ใช้ในการหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปสาเหตุหลักของปัญหาจะมาจาก 6 สาเหตุด้วยกัน คือ วัตถุดิบ เครื่องจักร คน วิธีการทำงาน การวัด และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เมื่อได้สาเหตุหลักแล้ว จึงทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุย่อยๆ ที่เกิดจากสาเหตุหลักดังกล่าวต่อไป

- **การวิเคราะห์ระบบการวัด**

การวิเคราะห์ระบบการวัด โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของการวัดได้ 2 แบบ คือ

1. ความเที่ยง (Accuracy) โดยพิจารณาจาก

- ความเอนเอียง (Bias) คือ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ และค่าอ้างอิง
- ความเสถียรภาพ (Stability) คือ ความผันแปรโดยรวมของระบบการวัดที่ได้จากการวัดชิ้นงานมาสเตอร์ชิ้นหนึ่งตลอดเวลาหนึ่งว่ายังคงมีความผันแปรเท่าเดิมหรือไม่
- ความเป็นเส้นตรง (Linearity) คือ การที่ค่าไบอัสของระบบการวัดมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดย่านการวัดของระบบการวัด

2. ความแม่นยำ (Precision) โดยพิจารณาจาก

- ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) คือ ความผันแปรของระบบการวัด เมื่อทำการวัดซ้ำหลายๆครั้ง บนชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือวัดและพนักงานเดียวกัน
- ความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) คือ ความผันแปรของค่าเฉลี่ยจากการวัดของงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือวัดเดียวกัน โดยต่างพนักงานกัน

- **การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (FMEA)**

โดยทั่วไปการแบ่งประเภท FMEA จะมีการแบ่งตามสิ่งที่มีผลกระทบต่อ FMEA ไปใช้วิเคราะห์ความล้มเหลว ซึ่งตามข้อกำหนดของ ISO/TS 16949 จะแบ่งประเภทของ FMEA ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) FMEA ด้านการออกแบบ (Design FMEA : DFMEA) จะทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อพิจารณาคูณสมบัติของผลิตภัณฑ์ว่าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและสามารถผลิตได้ตามเป้าหมายหรือไม่

2) FMEA ด้านกระบวนการ (Process FMEA : PFMEA) จะทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิต เพื่อให้แน่ใจว่าได้มีการพิจารณาถึงข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมด รวมทั้งสาเหตุและกลไกในการเกิดที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต

โดยมีขั้นตอนในการทำ FMEA ดังนี้

- 1) ศึกษากระบวนการผลิตโดยละเอียด
- 2) กำหนดระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (S = Severity)
- 3) กำหนดคะแนนความถี่ของสาเหตุของการเกิดความเสียหาย (O = Occurrence)
- 4) กำหนดคะแนนวิธีการตรวจสอบการเกิดความเสียหายในปัจจุบัน (D = Detectability)
- 5) วิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน และทำการให้คะแนนตามที่ได้กำหนดไว้
- 6) คำนวณค่า Risk Priority Number (RPN)
- 7) เลือกสาเหตุที่มีค่าคะแนน RPN สูง มาทำการปรับปรุงแก้ไข

2.3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis)

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จะถูกทำเมื่อทราบสาเหตุที่ต้องทำการแก้ไขแล้ว โดยกำหนดค่าวิกฤตของคุณภาพ สร้างสมมติฐานที่สนใจ และทำการทดสอบ โดยใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ การทดสอบสมมติฐาน

- **การทดสอบสมมติฐาน**

การทดสอบสมมติฐาน หมายถึง การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มตัวอย่างว่ามีค่าตามที่คาดไว้หรือไม่ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นหนึ่งที่กำหนด โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 1) ตั้งสมมติฐานทางสถิติ โดยทำการตั้งสมมติฐาน 2 ประเภท ดังนี้
 - สมมติฐานว่าง (Null hypothesis หรือ H_0) หมายถึง สมมติฐานที่คาดว่าจะเกิด
 - สมมติฐานแย้ง (Alternative hypothesis หรือ H_a หรือ H_1) หมายถึง สมมติฐานทางเลือก หรือสมมติฐานที่ตรงกันข้าม
- 2) กำหนดค่าความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน 2 ประเภท คือ
 - ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (type I error หรือ α) หมายถึง ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 ในขณะที่ H_0 เป็นจริง
 - ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 (type II error หรือ β) หมายถึง ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับ H_0 ในขณะที่ H_0 ไม่เป็นจริง
- 3) ทำการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบแบบสองข้าง (two-tailed test) คือ การทดสอบสมมติฐานที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับหรือไม่เท่ากับ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยกำหนดค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ ในงานวิจัยนี้ ใช้ค่าสถิติทดสอบซี (Z) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$Z = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

โดย $\overline{X}_1, \overline{X}_2$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2
 S_1^2, S_2^2 คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2
 n_1, n_2 คือ ขนาดตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$n = \frac{\sigma^2}{\Delta^2} (Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

โดย	n	คือ ขนาดชิ้นงานตัวอย่าง
	$Z_{\alpha/2}$	เท่ากับ 1.96 โดยที่กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 5\%$
	Z_{β}	เท่ากับ 1.282 โดยที่กำหนดความน่าจะเป็นสำหรับความผิดพลาดในการยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักไม่เป็นจริง หรือ $\beta = 0.1$
	Δ	คือ ความคลาดเคลื่อนในการทดสอบสมมติฐาน
	σ^2	คือ ความแปรปรวนของประชากร

4) คำนวณค่าสถิติทดสอบ

5) กำหนดระดับนัยสำคัญ (significance level) โดยทั่วไปกำหนดที่ 95%

6) กำหนดเขตปฏิเสธสมมติฐาน (critical region) คือ เขตที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นเขตวิกฤติ ซึ่งหากค่าสถิติทดสอบที่ตกอยู่ในเขตนี้จะปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้

7) สรุปผลการทดสอบ โดยการนำค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับเขตวิกฤติ หากค่าที่ได้อยู่นอกเขตวิกฤติแสดงว่ายอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่หากค่าที่ได้อยู่ในเขตวิกฤติแสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.3.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improvement)

ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ เป็นขั้นตอนการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีเครื่องมือทางสถิติที่นำมาใช้ออกแบบการทดลอง คือ Two-way Analysis of Variance

- Two-way Analysis of Variance (Two-way ANOVA)

เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีที่มีตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป และตัวแปรตาม 1 ตัวแปร มีลักษณะเฉพาะดังต่อไปนี้

- 1) มีตัวแปรทรีทเมนต์ 1 ตัว โดยมีระดับของตัวแปรทรีทเมนต์ตั้งแต่สองขึ้นไป ($a > 2$)
- 2) มีการจัดกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม (block) โดยแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะคือ ความแปรปรวนภายในกลุ่มมีน้อยกว่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และมีจำนวนหน่วยทดลองในแต่ละกลุ่มเท่ากัน
- 3) สุ่มระดับของตัวแปรทรีทเมนต์ ให้กับหน่วยทดลองในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นกลุ่มหนึ่ง ๆ จะได้รับทรีทเมนต์ทุกระดับ

- การตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (ปารเมศ ชูติมา, 2545)

การแยกเอาความแปรผันในค่าสังเกตออกจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการทดสอบสมมติฐาน ในกรณีที่ไม่มี ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของระดับอ้างอิงกับสมมติฐานบางประการ โดยเฉพาะสมมติฐานที่ว่า ค่าสังเกตจะต้องอธิบายได้โดยแบบจำลองดังนี้

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

โดยค่าความผิดพลาดจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยที่เท่ากับ ศูนย์ และค่าความแปรปรวนต้องมีค่าคงตัวแต่ไม่ทราบค่า ถ้าสมมติฐานเหล่านี้เป็นจริง กระบวนการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ จะเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ไม่มี ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับที่ถูกต้อง

ในทางปฏิบัติ สมมติฐานที่กล่าวถึงมักไม่เป็นเช่นนั้น โดยที่เราสามารถตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานว่าเป็นจริงหรือไม่ได้จากการตรวจสอบค่าส่วนตกค้าง (Residual, ε_{ij}) สำหรับค่าสังเกต j ที่ระดับ i ดังสมการที่ 2.4 ค่าส่วนตกค้างจะมีค่าเป็น

$$\varepsilon_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_{ij} \quad \text{สมการที่ 2.4}$$

โดยที่ \hat{y}_{ij} คือ ค่าประมาณของค่าสังเกต y_{ij} ซึ่งหาได้จากสมการที่ 2.5 ทำให้ทราบว่า ค่าประมาณของค่าสังเกตใดๆ ในระดับที่ i คือ ค่าเฉลี่ยของระดับนั้นๆ นั่นเอง

$$\begin{aligned} \hat{y}_{ij} &= \hat{\mu} + \hat{\tau}_i \\ &= \bar{y}_{..} + (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) \\ &= \bar{y}_{i.} \end{aligned} \quad \text{สมการที่ 2.5}$$

การตรวจสอบส่วนตักข้างควรทำก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทุกครั้ง ซึ่งมีการตรวจสอบสมมติฐาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) การตรวจสอบว่าค่าส่วนตักข้างมีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ โดยที่ Normal Probability Plot ของค่าส่วนตักข้างจะต้องเป็นเส้นตรง

2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตักข้างตามลำดับเวลา โดยการกระจายของค่าส่วนตักข้างไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมีรูปแบบใดๆ ควรมีการกระจายของข้อมูลแบบไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน

3) การตรวจสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตักข้างกับค่าที่ฟิต โดยกราฟต้องมีการกระจายตัวแบบสุ่ม คืออยู่เหนือและใต้เส้นกึ่งกลางเท่านั้น

2.3.5 การติดตามควบคุม (Control)

ขั้นตอนการติดตามควบคุม โดยทำการกำหนดแผนควบคุม ปรับปรุงมาตรฐานการทำงาน และติดตามเฝ้าดูกระบวนการให้อยู่ในขอบเขตที่ควบคุม เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่ย้อนกลับไปเกิดปัญหาเดิมซ้ำอีก

- **แผนภูมิควบคุม Xbar-R**

แผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิที่ใช้เพื่อตรวจสอบค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมคุณภาพว่าเกิดความแปรผันเกินจากขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งหากพบว่าเป็นจากขอบเขตที่กำหนดไว้ ผู้วิเคราะห์จะต้องหาสาเหตุของความแปรผัน และดำเนินการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้นกับผลิตภัณฑ์

แผนภูมิควบคุม Xbar-R เหมาะสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งมีลักษณะการรวบรวมข้อมูลโดยการสุ่มจากกลุ่มย่อย (Subgroup) โดยในแต่ละกลุ่มย่อยจะสุ่มตัวอย่างกลุ่มละ n ชิ้น หลังจากนั้นคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มย่อยเพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้นี้เป็นตัวแทนค่าข้อมูลของแต่ละกลุ่มย่อยนั้นๆ ถ้า \bar{X} มีการแจกแจงปกติ ภายใต้ขอบเขตของคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.73% สามารถหาขอบเขตควบคุมบน (Upper control limit) เส้นศูนย์กลาง (Central line) และขอบเขตควบคุมล่าง (Lower control limit) ได้ดังสมการที่ 2.6

$$CL = \bar{\bar{X}}$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3S$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - 3S$$

สมการที่ 2.6

โดย	CL	=	เส้นศูนย์กลาง
	UCL	=	ขอบเขตควบคุมบน
	LCL	=	ขอบเขตควบคุมล่าง
	$\bar{\bar{X}}$	=	ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดของประชากร
	S	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในปัจจุบันแนวคิดการผลิตแบบซิกมา ซิกมาได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนและมูลค่าความสูญเสีย ปรับปรุงและควบคุมกระบวนการไม่ให้เกิดซ้ำขึ้นได้อีก ซึ่งทำให้ในหลายๆองค์กรได้นำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการบริการ ด้วยขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอนและเครื่องมือทางสถิติที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการผลิตแบบซิกมา ซิกมา เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสีย โดยนำข้อมูลทางสถิติมาช่วยในการตัดสินใจและหาแนวทางแก้ไข โดยมุ่งเน้นที่การปรับปรุงสมรรถนะ (Capability) ของกระบวนการ โดยแนวคิดซิกมา ซิกมามีการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน (DMAIC) ดังนี้

1. Define Phase คือ ขั้นตอนในการระบุปัญหา กำหนดขอบเขตของงานวิจัย และระบุระยะเวลา
2. Measurement Phase คือ ขั้นตอนในการตรวจวัดค่า รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาที่สนใจ และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. Analysis Phase คือ ขั้นตอนในการนำข้อมูลที่ได้จากการวัดและการเก็บข้อมูล มาทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลตัวเลข เป็นข้อมูลเชิงสถิติ ให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา

4. Improve Phase เป็นขั้นตอนสำคัญในการหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่ถูกต้อง โดยมีรูปแบบที่แตกต่างจากการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีอื่นๆ คือ มีแผนการคัดเลือก การฝึกอบรมและระยะเวลาการฝึกอบรมที่แน่นอนตายตัว

5. Control Phase เป็นขั้นตอนการควบคุมติดตามผลเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้

มีการนำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา ไปใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และอีกหลากหลายอุตสาหกรรม ตัวอย่างการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการช่วยลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น กันตา สุวรรณฤทธิ และณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย (กันตา สุวรรณฤทธิ และณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 2554) ได้นำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการศึกษาวิจัยตามแนวคิดของลีน ซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน ดังนี้ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการตามลำดับ ซึ่งเมื่อได้ศึกษาวิจัยตามแนวคิดของลีน ซิกซ์ ซิกมาแล้ว ได้มีการกำหนดมาตรฐานการทำงานให้กับพนักงาน จากนั้นได้มีการติดตามให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว พบว่า สามารถลดของเสียประเภท Drive exceeded time limit ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ส่วนบุคคล รุ่นชาสด้าลงได้ 39,346 DPPM และส่งผลให้ DPPM ของของเสียรวมบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ส่วนบุคคล รุ่นชาสด้าลดลง 45,420 DPPM

ชัยพันธ์ พัทติกุล (ชัยพันธ์ พัทติกุล, 2552) ได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาช่วยในการลดของเสียจากการส่งมอบฐานรองรับมอเตอร์ โดยทำการแก้ปัญหาด้านคุณภาพเพื่อลดของเสียจากกระบวนการประกอบฐานรองรับมอเตอร์ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องประเภทประเภท Open Circuit และ Hi-pot ซึ่งมีปริมาณของเสียอยู่ที่ 1,157 DPPM แต่เมื่อนำแนวทางซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอนมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดอัตราส่วนของเสียโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรม ในการออกแบบการทดลองและทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ และจัดทำเป็นมาตรฐาน พบว่าอัตราส่วนของเสียลดลงมาอยู่ที่ 257 DPPM (ลดลง 78 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนต้นทุนที่สามารถลดได้จะมีค่าเท่ากับ 64,732 บาทต่อยอดการผลิตชิ้นงานหนึ่งล้านชิ้นหรือ 12,946 บาทต่อเดือนต่อยอดการผลิตหนึ่งล้านชิ้น

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล และคณะ (เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล และคณะ, 2552) ได้นำหลักการซิกซ์ ซิกมา มาช่วยในการลดของเสียการเกิดฝุ่นบนแผ่นดิสก์โค้ดซีศูนย์ในสายการ

ประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยนำเครื่องมือทางสถิติ (พาเรโตไดอะแกรม) มาช่วยในการกำหนด ปัญหาที่จะศึกษา การตรวจสอบความสามารถในการวัดของพนักงาน (Attribute R&R) การวิเคราะห์แผนภาพรวมของสายการประกอบหลักการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Process Mapping) การแจกแจงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (The Input/Output Worksheet) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยเมตริกซ์เหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการประเมินสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น (FMEA) ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ ทำให้ได้สาเหตุของปัญหาที่สนใจออกมา 7 ตัว จากนั้นนำสาเหตุของปัญหามา คัดเลือกในขั้นตอนการหาสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไข ทำให้เหลือปัญหาที่ต้องทำการ ทดลองเก็บข้อมูล 5 ตัว ในขั้นตอนการดำเนินการแก้ไขปัญหาก็ได้มีการทดสอบสมมติฐานด้วยการ ทดสอบสัดส่วน พบว่า เครื่องมือ Disk centering tool V02 สามารถลดการเกิดฝุ่นบนแผ่นดิสก์ ได้ดีที่สุดใน 23.58% เหลือ 17.53% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และได้มีการนำ p-chart มาใช้ ในขั้นตอนการควบคุมสัดส่วนของเสียของการเกิดฝุ่นในไดซ์ซีศูนย์ การนำหลักการซิกซ์ ซิกมา มาช่วย ในการลดจำนวนของเสียนี้ ทำให้สามารถพบปัญหาของสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากได้ทำการ วิเคราะห์และประเมินสาเหตุที่เกี่ยวข้องของทุกปัจจัยตลอดจนทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างตรงจุด ทำให้ สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ประมาณ 148,282 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี

นอกจากจะใช้แนวคิดนี้ในการลดของเสียที่เกิดขึ้นแล้วยังสามารถใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพ ของสินค้าได้ด้วย เช่น ชิต เหล่าวัฒนา และ ญัฐพงศ์ วุฒิกกร (ชิต เหล่าวัฒนา และ ญัฐพงศ์ วุฒิกกร, 2544) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพระบบการวัดความสั้นสะเทือนของสปินเดิลมอเตอร์โดยผ่าน แนวทางซิกซ์ ซิกมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายและความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ผลิต ซึ่งได้ทำการศึกษาผ่านโมเดลซีต้า 18 แอลพี พบว่ากระบวนการวัดนี้ยังขาดคุณสมบัติเชิง เส้นตรงและคุณสมบัติความแม่นยำ โดยมีเบร้งเป็นส่วนประกอบหลักที่มีผลต่อปัญหาดังกล่าว จากที่ได้ยกตัวอย่างมาเป็นการนำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมาไปใช้ในการแก้ปัญหาใน อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แต่ก็ยังมีอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานอื่นๆ ที่ได้นำแนวคิดนี้ไปใช้ในการ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วย (Young and Frank, 2006) เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมของใช้อุปโภคบริโภค หรือใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของฟังก์ชัน อื่นๆในหน่วยงาน ไม่เพียงแต่ฝ่ายการผลิตเท่านั้น ตัวอย่างการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มา ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ คือ วราภรณ์ ขำสนิท (วราภรณ์ ขำสนิท, 2551) ได้ประยุกต์ แนวคิดซิกซ์ ซิกมาเข้ามาใช้ในการปรับปรุงการขึ้นรูปพลาสติก เพื่อลดต้นทุนของเสียรวมที่เกิดจาก ข้อบกพร่องชนิดครีป และข้อบกพร่องชนิดฉีดไม่เต็มแม่พิมพ์โดยดำเนินการวิจัยทั้ง 5 ขั้นตอน ทำ

ให้ได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ต้นทุนของเสียรวมที่การจากข้อบกพร่องทั้งสองชนิดมีค่าต่ำที่สุด จากนั้นจึงจัดทำแผนการควบคุมโดยใช้เครื่องมือคุณภาพที่เหมาะสมในการตรวจติดตามและควบคุมปัจจัยนำเข้าเพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดข้อบกพร่องทั้งสองชนิดมากที่สุด คือ ความดันฉีด ความเร็วฉีด และระยะย้ายสภาวะการฉีดที่ทำให้ต้นทุนของเสียรวมของทั้งสองข้อบกพร่องมีค่าต่ำที่สุด คือ ความดันฉีด 55.6 เมกกะปาสคาล ความเร็วฉีด 62.9 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะย้าย 5.3 มิลลิเมตร จากสภาวะการฉีดดังกล่าวสามารถลดต้นทุนของเสียรวมของทั้งสองข้อบกพร่องจากเดิม 0.3194 บาทต่อชิ้น เหลือ 0.0293 บาทต่อชิ้น

อีกทั้งยังมีผู้ที่ทำการศึกษาถึงประโยชน์ของการนำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่างๆ ภายในองค์กร ซึ่งเมื่อได้ตระหนักถึงอุปสรรคและข้อบกพร่องของแนวคิดซิกซ์ ซิกมา แล้วทำการปรับปรุงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประสบความสำเร็จของการใช้งานแนวคิดซิกซ์ ซิกมา จะพบว่า แนวคิดนี้ช่วยปรับปรุงกระบวนการจัดการ และประสิทธิภาพในการจัดการได้อย่างดีทีเดียว

กระบวนการทดสอบรอยรั่วนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปท่อโลหะหรือท่อส่งก๊าซ เพื่อตรวจหารอยรั่วของท่อซึ่งเป็นขั้นตอนในการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าจะต้องไม่รั่ว แตกหักหรือเสียหาย ก่อนส่งมอบให้ลูกค้า เช่นเดียวกับกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่จะต้องมีการทดสอบรอยรั่วเพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกหลุดรอดเข้าไปทำความเสียหายให้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

สำหรับกระบวนการทดสอบรอยรั่ว ได้มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการรั่วของอากาศโดยใช้ก๊าซฮีเลียมมาช่วยในการหาอัตราการรั่วของอากาศ เนื่องจากก๊าซฮีเลียมเป็นก๊าซเฉื่อยและมีโมเลกุลเล็กกว่าอากาศมาก จึงทำให้สามารถตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซต่อผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าอากาศ จากนั้นจึงนำค่าการรั่วไหลของฮีเลียมที่ได้มาเปรียบเทียบแล้วหาออกมาเป็นค่าการรั่วไหลของอากาศของผลิตภัณฑ์ที่เราสนใจ (Wang et al., 2007) ซึ่งทำให้เราสามารถหาจุดที่ก๊าซรั่วไหลแล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการรั่วไหลต่อไปได้ นอกจากนี้ Y.S. Chang และคณะ (Y.S. Chang et al., 2009) ได้นำการตรวจจับการรั่วไหลด้วยก๊าซฮีเลียมมาเปรียบเทียบอัตราการรั่วไหลซึ่งสามารถนำมาประเมินความสมบูรณ์ของโครงสร้าง ซึ่งสามารถช่วยให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จากงานวิจัยทั้งสองนี้ผู้ศึกษาจึงได้นำหลักการหารอยรั่วโดยใช้ก๊าซฮีเลียมมาทำการหาสาเหตุของการรั่วในของเสียประเภทรอยรั่วที่หาไม่เจอ ที่มีอัตราส่วนการเกิดมากที่สุดเพื่อนำไปทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อไป

สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อการรั่วรั่วมีได้หลากหลาย ซึ่งมีผู้ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการรั่วแล้วนำมาปรับปรุงเพื่อลดอัตราการรั่วไหลของก๊าซ ดังเช่น Yukio Takahashi (Yukio Takahashi, 2002) ได้ทำการศึกษาการรั่วไหลของก๊าซในท่อส่งก๊าซซึ่งจะนำไปถึงการแตกของท่อส่งก๊าซในภายหลัง พบว่าพื้นที่เปิดที่มีการแตกของท่อส่งก๊าซจะส่งผลต่ออัตราการรั่วไหล ซึ่งการแตกของท่อส่งก๊าซนี้เป็นผลมาจากการรั่วของผนังท่อ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงวิธีการแก้ปัญหาโดยแบ่งวิธีการแก้ปัญหาออกเป็น 2 แนวทางด้วยกัน จากนั้นทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการแก้ปัญหา พบว่า แรงกระทำต่อท่อส่งก๊าซที่มากเกินไปจะทำให้เกิดรอยแตกขนาดปานกลางถึงใหญ่มากซึ่งขึ้นอยู่กับแรงกระทำที่ใส่เข้าไปในขณะนั้น จากการศึกษาทำให้สามารถปรับปรุงเพื่อลดอัตราการรั่วไหลของก๊าซ โดยทำการควบคุมแรงกระทำต่อท่อส่งก๊าซไม่ให้มากเกินไปข้อกำหนดที่ทำการศึกษา สำหรับ Youn-Won Park และ Yeon-Ki Chung (Youn-Won Park and Yeon-Ki Chung, 1999) ได้ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมการรั่วก่อนที่จะเกิดการแตกหักของเตา CANDU เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงของเสียในหลอดความดันที่ไม่แน่นอน โดยทำการประเมินถึงความสามารถในการตรวจจับสนการรั่วและความสามารถในการหาตำแหน่งการรั่ว แล้วทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อให้มีของเสียในหลอดความดันน้อยที่สุด

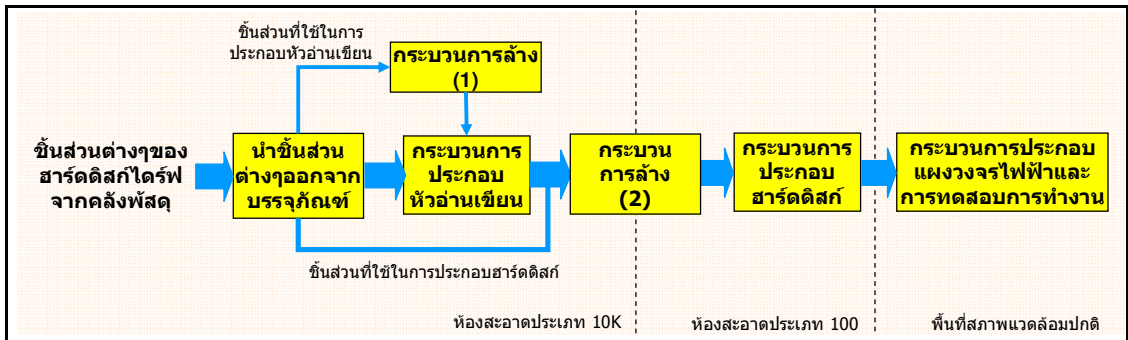
บทที่ 3 การนิยามปัญหา

3.1 บทนำ

ระยะการนิยามปัญหา เป็นขั้นตอนแรกที่จะทำเพื่อนำไปสู่การกำหนดขอบเขตและทิศทางของงานวิจัยตามแนวคิดซิกซ์ ซิกมา โดยทำการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และระยะเวลาดำเนินการ จากนั้นทำการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อทำหน้าที่กำกับดูแลงานในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทดสอบบรอยรั้วของฮาร์ดดิสก์และดำเนินการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

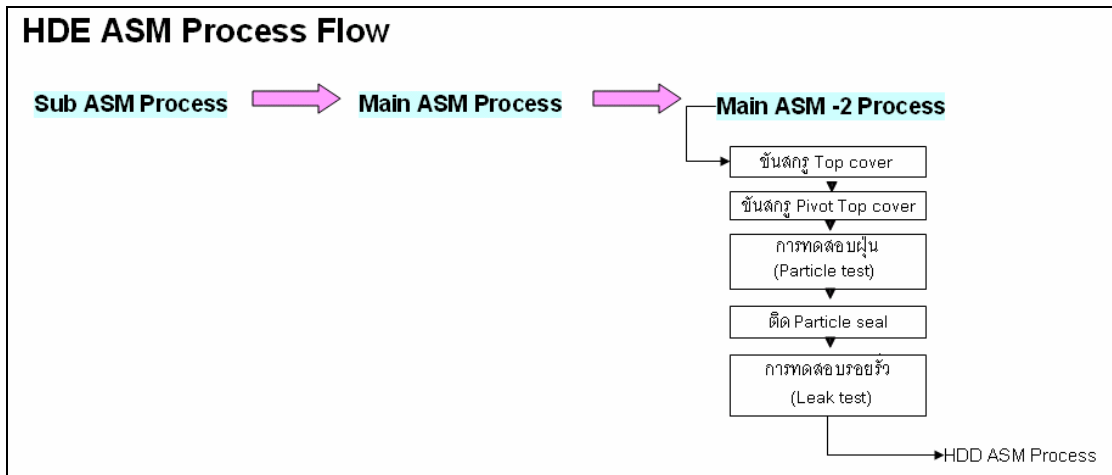
3.2 การศึกษากระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ การผลิตหัวอ่านเขียน การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์เอ็นโคสเซอร์ และการประกอบแผงวงจรไฟฟ้าเข้ากับฮาร์ดดิสก์เอ็นโคสเซอร์เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และการทดสอบการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



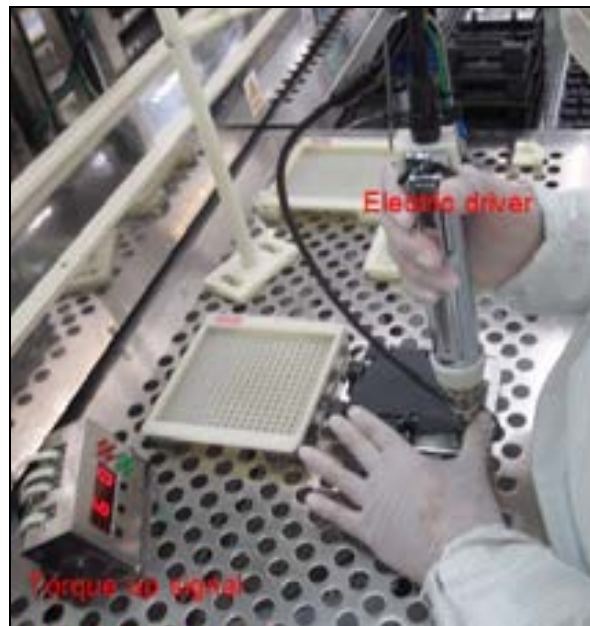
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

กระบวนการทดสอบบรอยรั้วเป็นการทดสอบอย่างหนึ่งในขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์หลังจากทำการประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์แล้ว เพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะไม่มีฝุ่นอนุภาคที่เป็นสารประกอบทางเคมี (สารไอออนิก) หรือสิ่งสกปรกหลุดเข้าไปทำความเสียหายในการเขียนและอ่านสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างหัวอ่านเขียนและแผ่นดิสก์ได้ ซึ่งกระบวนการทดสอบบรอยรั้วจะถูกทำการทดสอบในขั้นตอนกระบวนการผลิตในส่วนขอ Main ASM-2 ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ในห้องสะอาดของโรงงานกรณีศึกษา

1. ขั้นตอนการขันสกรู Top cover พนักงานจะทำการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว จำนวน 6 ตัว ด้วย Electric driver ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการขันสกรู Top cover

2. ขั้นตอนการขันสกรู Pivot top cover พนักงานจะทำการขันสกรู Pivot Top cover จำนวน 1 ตัว ด้วยเครื่องขันสกรู ดังแสดงในรูปที่ 3.4



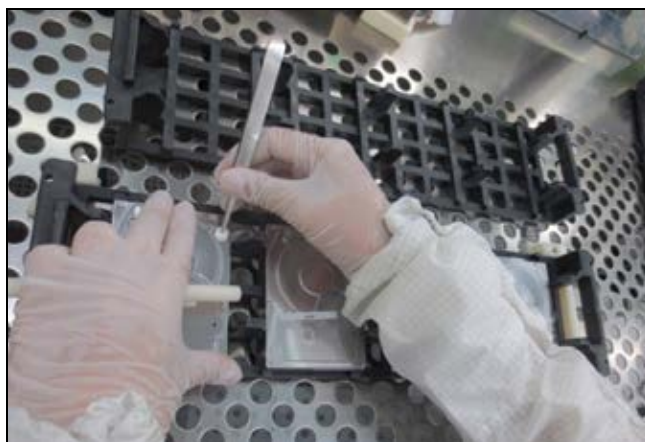
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการขันสกรู Pivot Top cover

3. ขั้นตอนการทดสอบฝุ่น พนักงานจะนำฮาร์ดดิสก์เข้าเครื่องทดสอบฝุ่นครั้งละ 1 ชิ้นงาน ผลการทดสอบฝุ่นจะแสดงเป็นผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทดสอบฝุ่น

4. ขั้นตอนการติด Particle seal พนักงานจะนำฮาร์ดดิสก์ที่ผ่านการทดสอบฝุ่นแล้ว มาทำการติด Particle seal ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการติด Particle seal

5. ขั้นตอนการทดสอบรอยรั่ว พนักงานจะนำฮาร์ดดิสก์ที่ผ่านการติด Particle seal แล้ว มาเข้าเครื่องทดสอบรอยรั่ว ผลการทดสอบรอยรั่วจะแสดงเป็นผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



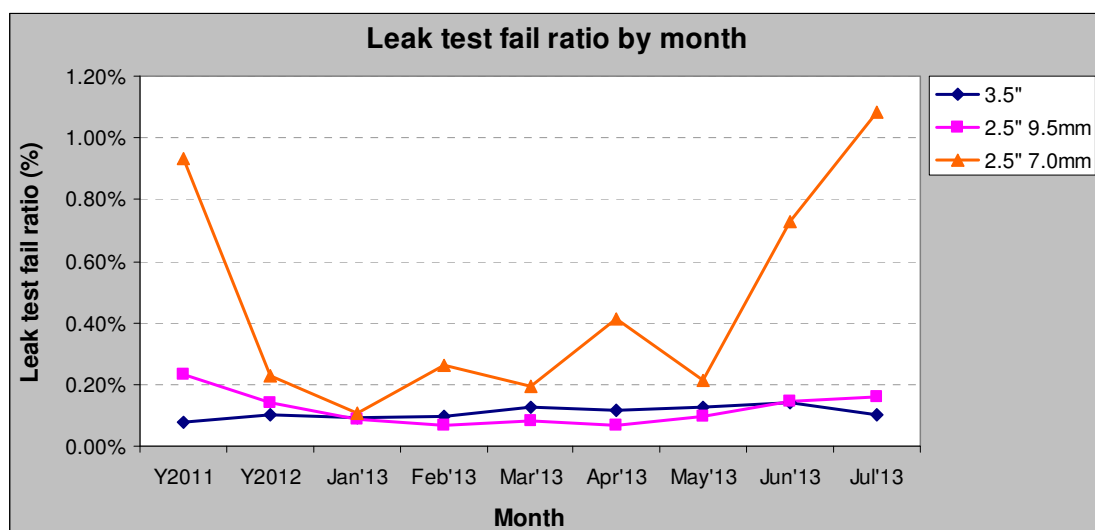
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการทดสอบรอยรั่ว

3.3 สภาพของปัญหาในปัจจุบัน

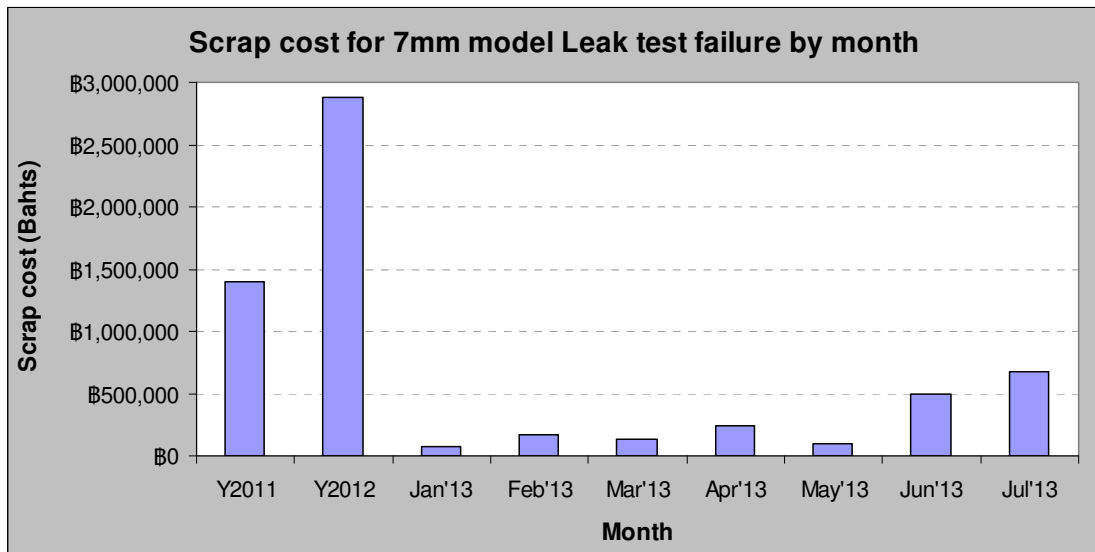
ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นนอกจากจะมีการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้ว ยังต้องมีการทดสอบการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ว่าสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ กระบวนการทดสอบบรยรั่วเป็นการทดสอบอย่างหนึ่งในขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์หลังจากทำการประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์แล้ว เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีสิ่งแปลกปลอมหลุดเข้าไปทำให้เกิดความเสียหายกับฮาร์ดดิสก์ได้

จากการวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ในโรงงานกรณีศึกษา ในเดือนกรกฎาคม 2554 - กรกฎาคม 2556 พบว่าของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร มีอัตราส่วนสูงที่สุด โดยมีอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.42% และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม 2555 – กรกฎาคม 2556 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยของเสียดังกล่าวก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียรวม 6,154,934 บาท ในเดือนกรกฎาคม 2554 - กรกฎาคม 2556 หรือคิดเป็นความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 115,127 บาท ดังแสดงในรูปที่ 3.9

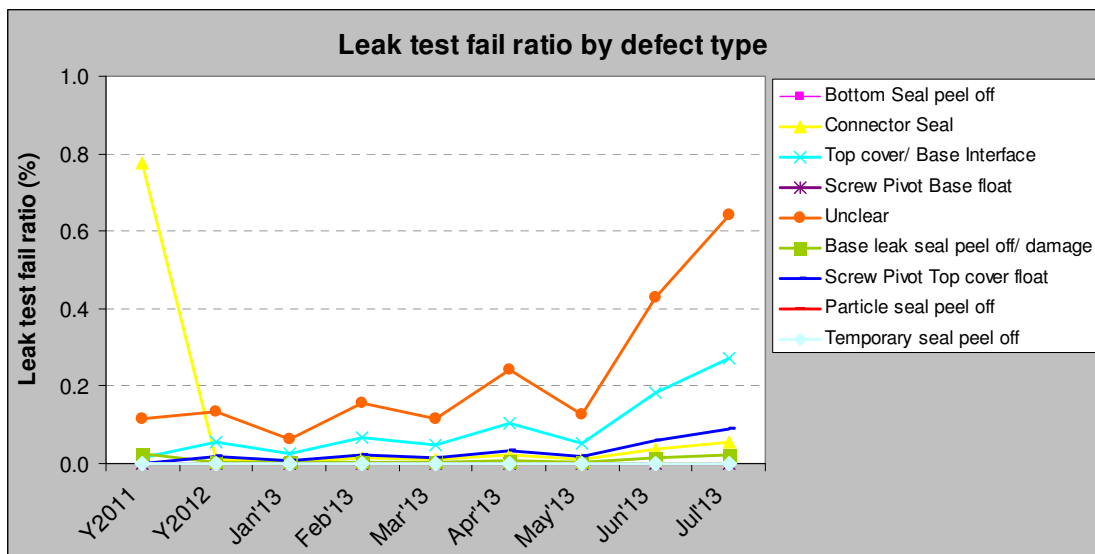
และเมื่อนำของเสียประเภทรอยรั่วมาวิเคราะห์หาลักษณะการรั่ว พบว่าของเสียบางประเภท เช่น ประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน (Unclear) ประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม 2555 – กรกฎาคม 2556 ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.8 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว



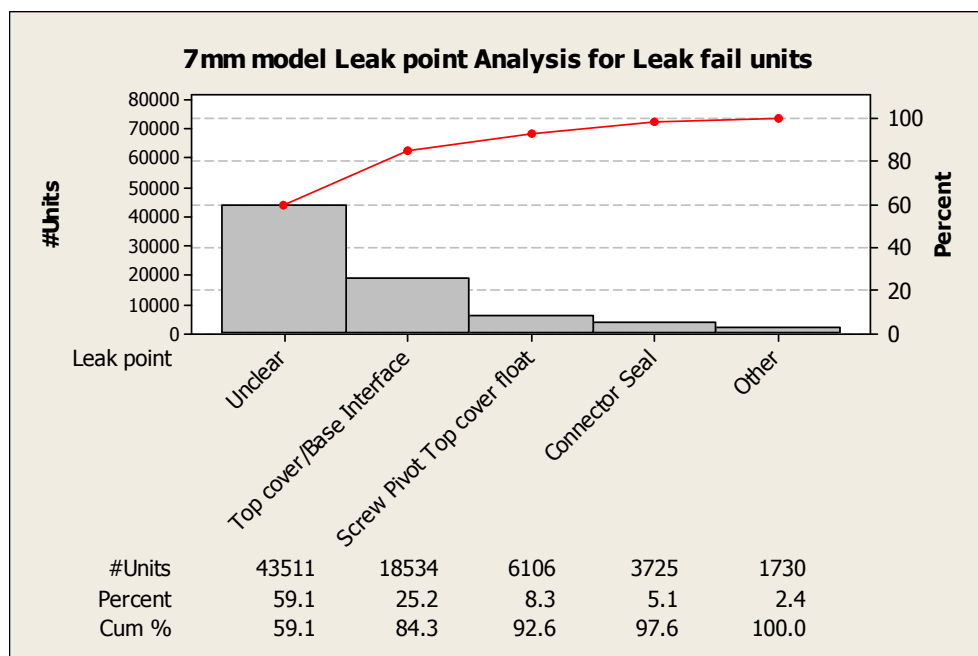
รูปที่ 3.9 มูลค่าความสูญเสียในแต่ละเดือนของของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์



รูปที่ 3.10 อัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ ของการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์

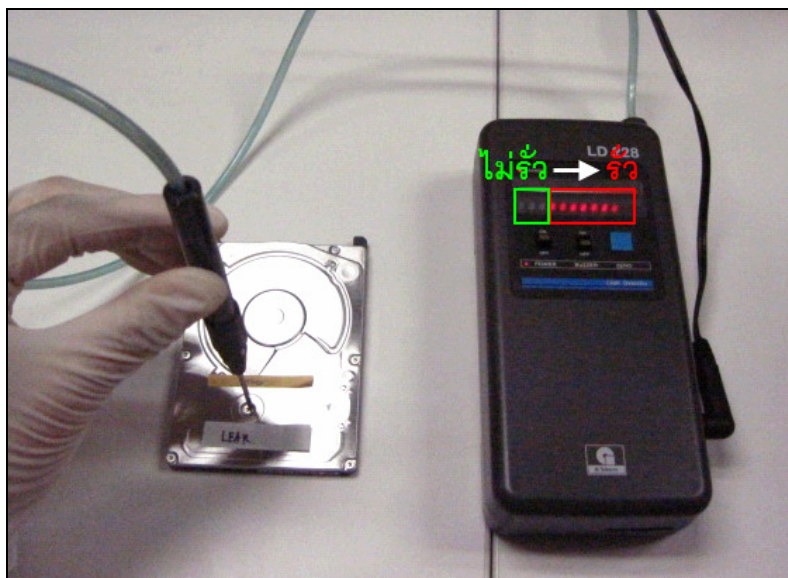
เมื่อนำของเสียประเภทรอยรั่วในเดือนมกราคม 2555 - กรกฎาคม 2556 จากการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีวัดความดันอากาศมาพิจารณา พบว่าลักษณะการรั่วประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนมีอัตราส่วนมากที่สุด โดยคิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 59.1% ของจำนวนของเสียประเภทรอยรั่ว รองลงมาเป็นประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 25.2% ประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 8.3% รอยรั่วที่ยางป้องกันการรั่วของจุดเชื่อมต่อ (Connector seal) คิดเป็น

อัตราส่วนของเสียเท่ากับ 5.1% และประเภทอื่นๆ ซึ่งประกอบไปด้วยประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วด้านล่างของเบสหลอดลอก (Bottom seal peel off) ประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Base float ประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วด้านเบสหลอดลอกหรือเสียหาย (Base Leak seal peel off / damage) ประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวปิดรูที่ใช้ทดสอบปริมาณฝุ่นป้องกันการรั่วหลอดลอก (Particle seal peel off) และประเภทรอยรั่วจากกระดาษกาวป้องกันการรั่วแบบชั่วคราวหลอดลอก (Temporary seal peel off) คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 2.4% ของจำนวนของเสียประเภทรอยรั่วตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนภาพพาเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ จากกระบวนการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์

จากของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนที่ไม่สามารถระบุรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์หารอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการวัดความดันอากาศได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำการวิเคราะห์หารอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการตรวจจบบการรั่วด้วยก๊าซฮีเลียม เข้ามาช่วยในการหารอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ โดยทำการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ จากนั้นนำเครื่องตรวจจบบการรั่วของก๊าซฮีเลียมมาวิเคราะห์หารอยรั่ว ดังแสดงในรูปที่ 3.12 โดยไฟสีเขียวหมายถึงไม่มีการรั่วไหลของก๊าซฮีเลียม และไฟสีแดงหมายถึงมีการรั่วไหลของก๊าซฮีเลียมในตำแหน่งนั้น

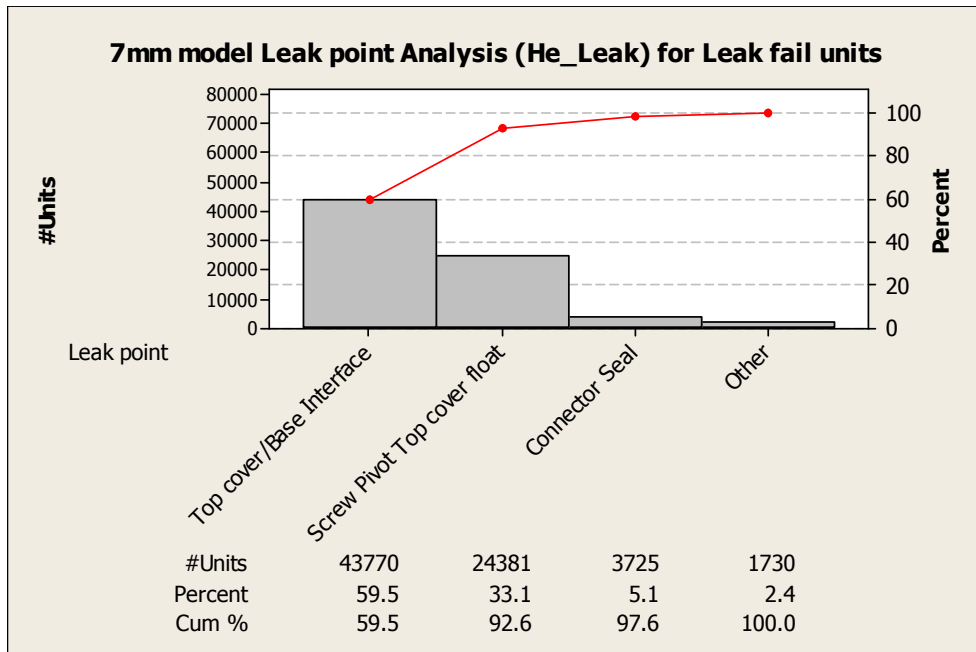


รูปที่ 3.12 การวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียม

เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียม มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เท่ากับ 72.80 บาทต่อชิ้นงาน เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ ทางผู้วิจัยจึงนำตัวอย่างของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนจำนวน 100 ชิ้นงานมาทำการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียมเพื่อเป็นตัวแทนของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน

จากการวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียมจากตัวอย่างของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนจำนวน 100 ชิ้นงาน พบว่าเป็นรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base จำนวน 58 ชิ้นงาน คิดเป็น 58% และรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float จำนวน 42 ชิ้นงาน คิดเป็น 42% ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนของเสียจากการวิเคราะห์หารอยรั่วของตัวอย่างของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียมเป็นตัวแทนของของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ดังนั้นสามารถสรุปลักษณะการรั่วของของเสียประเภทรอยรั่ว หลังจากทำการวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียมได้ดังแสดงในรูปที่ 3.13

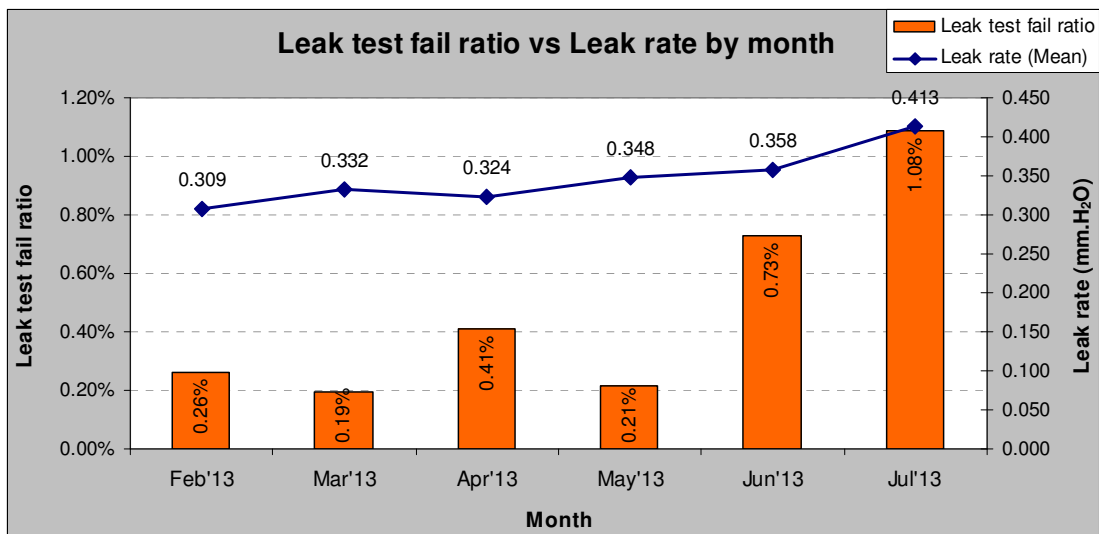
หลังจากวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ด้วยวิธีการตรวจจับสนการรั่วด้วยก้าชี่เลียม พบว่าอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มีอัตราส่วนมากที่สุด คิดเป็น 59.5% รองลงมาเป็นประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float คิดเป็น 33.1% รอยรั่วที่ยางป้องกันการรั่วของจุดเชื่อมต่อกคิดเป็น 5.1% และประเภทอื่นๆ คิดเป็น 2.4% ตามลำดับ



รูปที่ 3.13 แผนภาพพาเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วโดยการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซฮีเลียม

เมื่อพิจารณาแผนภาพพาเรโตอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ โดยแยกตามลักษณะการรั่วและอาศัยหลักการ 80:20 ของแผนภาพพาเรโต พบว่าของเสียประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float มีอัตราส่วนรวมกันเป็น 92.6% ของอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกของเสีย 2 ลักษณะนี้มาทำการลดของเสียประเภทรอยรั่วต่อไป

ดังที่ทราบกันแล้วว่าของเสียประเภทรอยรั่ว ถ้ามีอัตราส่วนของเสียที่เกิดขึ้นน้อยยิ่งดีแสดงถึงกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ที่ดี ทำให้เกิดของเสียน้อย ซึ่งทางบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์แบบพิกัดด้านเดียวคือ ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านสูง มีค่าเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรน้ำ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว และค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ในเดือนกุมภาพันธ์ - กรกฎาคม 2556 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วสูง จะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มีค่าสูงขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของเสียแพทรอยรั่วและค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

จากอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว และค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงวางแผนที่จะทำการลดปัญหาของเสียจากการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร ที่เกิดขึ้น โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ร่วมด้วย

3.4 การจัดตั้งทีมงานในการดำเนินงาน

การจัดตั้งทีมงานในการดำเนินงานนั้น ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดทีมงานจากผู้ที่มีความชำนาญในการผลิตและมีความรู้ทางเทคนิคในกระบวนการทดสอบรอยรั่ว อีกทั้งยังนำผู้เชี่ยวชาญในด้านลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์มาเข้าร่วมในทีมด้วย เพื่อช่วยในการระดมสมองด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ที่จะส่งผลให้อัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไม่ตรงกับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านสูง ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรน้ำ ซึ่งทีมงานในการดำเนินงานนี้ จะช่วยในการสนับสนุนการทดลองต่างๆ ให้บรรลุไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยทีมงานในการดำเนินงานประกอบไปด้วย

- วิศวกรฝ่ายผลิต
- วิศวกรควบคุมคุณภาพ
- วิศวกรควบคุมเครื่องจักร

- วิศวกรผลิตภัณฑ์
- ฝ่ายผลิต

3.5 สรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา

ในขั้นตอนการนิยามปัญหา ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งพบว่าของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร มีอัตราส่วนมากที่สุด คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียรวม 6,154,934 บาท ในเดือนกรกฎาคม 2554 - กรกฎาคม 2556 โดยมีลักษณะการร้าวมากที่สุดเป็นประเภทรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และประเภทรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float ตามลำดับ โดยมีอัตราส่วนของเสียรวมกันเป็น 92.6% ของอัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวทั้งหมด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ อันเนื่องมาจากการร้าวของฮาร์ดดิสก์โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

บทที่ 4

การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

4.1 บทนำ

ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา จะทำหลังจากที่ได้กำหนดปัญหาและขอบเขตต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาลงแล้ว โดยนำเครื่องมือทางคุณภาพและสถิติคือ แผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัด การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตโดยละเอียด และนำหลักการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นมาช่วยพิจารณาเลือกสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อ

4.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA)

การวิเคราะห์ระบบการวัดทำเพื่อให้มั่นใจในเสถียรภาพของระบบการวัด ด้วยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยทำการวัดทั้งความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัด

ระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษา มีลักษณะเป็นการประเมินผลด้วยข้อมูลผันแปร (Variable data) คือ ทำการประเมินผลโดยวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ

ความแม่นยำ (Accuracy) ตรวจสอบโดยเปรียบเทียบค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศที่ได้จากเครื่องทดสอบรอยรั่วกับค่าอ้างอิง

ความเที่ยง (Precision) ตรวจสอบโดยเปรียบเทียบผลการตรวจสอบซ้ำของเครื่องทดสอบรอยรั่วและพนักงานคนนั้นๆ

โดยใช้เกณฑ์ในการกำหนดขนาดชิ้นงานตัวอย่าง และจำนวนการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงาน (Fasser and Brettner, 1992) ดังตารางที่ 4.1

ในการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่ว โดยวิเคราะห์อัตราการรั่วไหลของอากาศ กำหนดให้มีจำนวนผู้ทดสอบ 3 คน จำนวนอุปกรณ์วัด (เครื่องทดสอบรอยรั่ว) 3 เครื่อง ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่น้อยที่สุดที่ต้องทำการวัดเท่ากับ 10 ชิ้น และจำนวนการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงานเท่ากับ 2 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ขนาดชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการทดสอบด้วยข้อมูลผันแปร

จำนวนผู้ทดสอบ (พนักงานวัด)	จำนวนอุปกรณ์วัด	จำนวนชิ้นงาน ที่น้อยที่สุด	จำนวนการวัดซ้ำ ในแต่ละชิ้นงาน
1	1	10	5
1	2	15	3
2	1	15	3
2	2	10	2
1 หรือ 2	3 หรือ มากกว่า	10	2
3 หรือ มากกว่า	1 หรือ 2	10	2
3 หรือ มากกว่า	3 หรือ มากกว่า	10	2

4.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าว

การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดแบบข้อมูลผันแปร เป็นการประเมินระบบการวัดว่ามีความแม่นยำและความเที่ยงพอหรือไม่ โดยแบ่งการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงออกเป็น การวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) และการวิเคราะห์ความสามารถในการให้ผลซ้ำ (Reproducibility) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกพนักงานที่มีทักษะและได้รับการฝึกอบรมในการทดสอบการร้าวไหลของอากาศมาเป็นอย่างดี จำนวน 3 คน
2. คัดเลือกชิ้นงานตัวอย่างอย่างสุ่ม จำนวน 10 ชิ้นงาน โดยชิ้นงานนั้นมีอัตราการร้าวไหลของอากาศกระจายอยู่ในข้อกำหนดเฉพาะ และออกนอกค่ากำหนดเฉพาะ และครอบคลุมตลอดย่านการวัด
3. วัดอัตราการร้าวไหลของอากาศของชิ้นงานตัวอย่าง โดยนำชิ้นงานตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบรอยร้าวซึ่งมีทั้งหมด 3 เครื่องอย่างสุ่มทั้ง 10 ชิ้นงาน และบันทึกค่า
4. ทำการวัดซ้ำทั้งหมด 2 ครั้งแบบสุ่มหมายเลขชิ้นงานตัวอย่างและบันทึกค่า
5. นำข้อมูลที่บันทึกไว้ มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab โดยวิธี ANOVA และนำค่า %GR&R มาวิเคราะห์ โดยอ้างอิงเกณฑ์ของ AIAG (The Automotive Industry Action Group) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์ในการประเมินระบบการวัด

ค่า Gage R&R	ความหมายในการยอมรับ
P/T และ $P/TV < 10\%$	สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้
$10\% \leq P/T$ และ $P/TV < 30\%$	อาจจะยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งที่ประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ
P/T และ $P/TV \geq 30\%$	ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้ มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศของชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 10 ชิ้น โดยเครื่องทดสอบรอยรั่ว 3 เครื่อง พนักงานวัด 3 คน โดยทำการวัดซ้ำทั้งหมด 2 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.3, 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศ โดยเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1

ชิ้นงาน ตัวอย่าง	อัตราการรั่วไหลของอากาศ (mmH ₂ O)					
	พนักงาน A		พนักงาน B		พนักงาน C	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1
3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
7	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
10	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศ โดยเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2

ชิ้นงาน ตัวอย่าง	อัตราการรั่วไหลของอากาศ (mmH ₂ O)					
	พนักงาน A		พนักงาน B		พนักงาน C	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6
2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2
3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0
4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
6	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1
7	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศ โดยเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3

ชิ้นงาน ตัวอย่าง	อัตราการรั่วไหลของอากาศ (mmH ₂ O)					
	พนักงาน A		พนักงาน B		พนักงาน C	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
2	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3
3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3
6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
7	0.1	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3
8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6
9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
10	0.8	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1

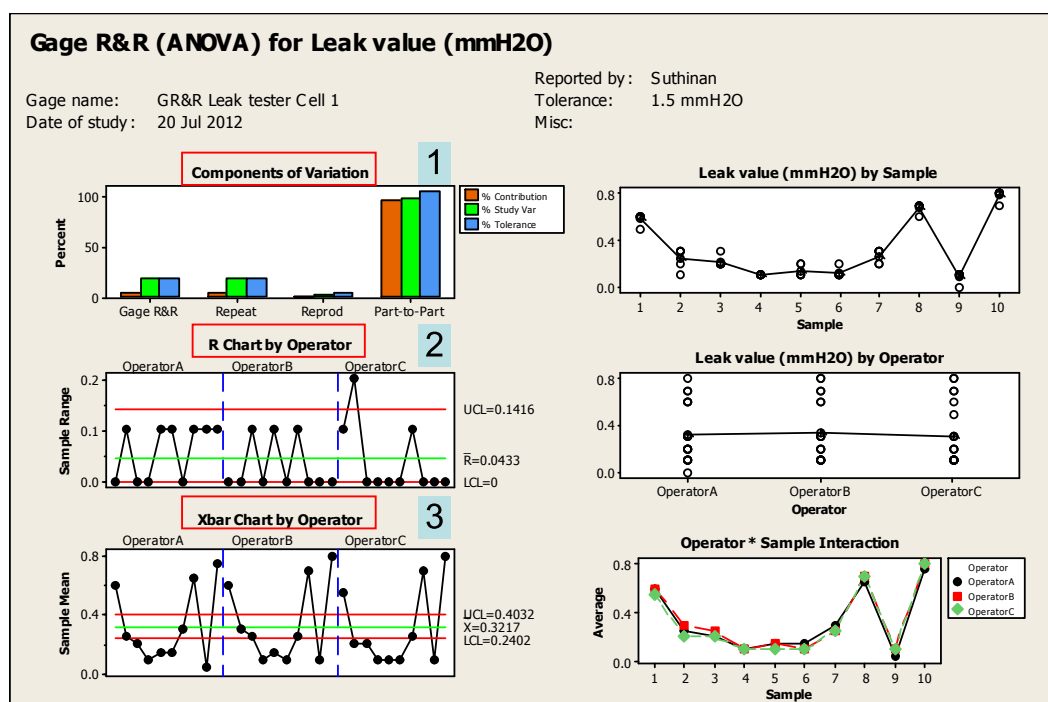
ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1 โดยโปรแกรม Minitab แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1 พบว่า

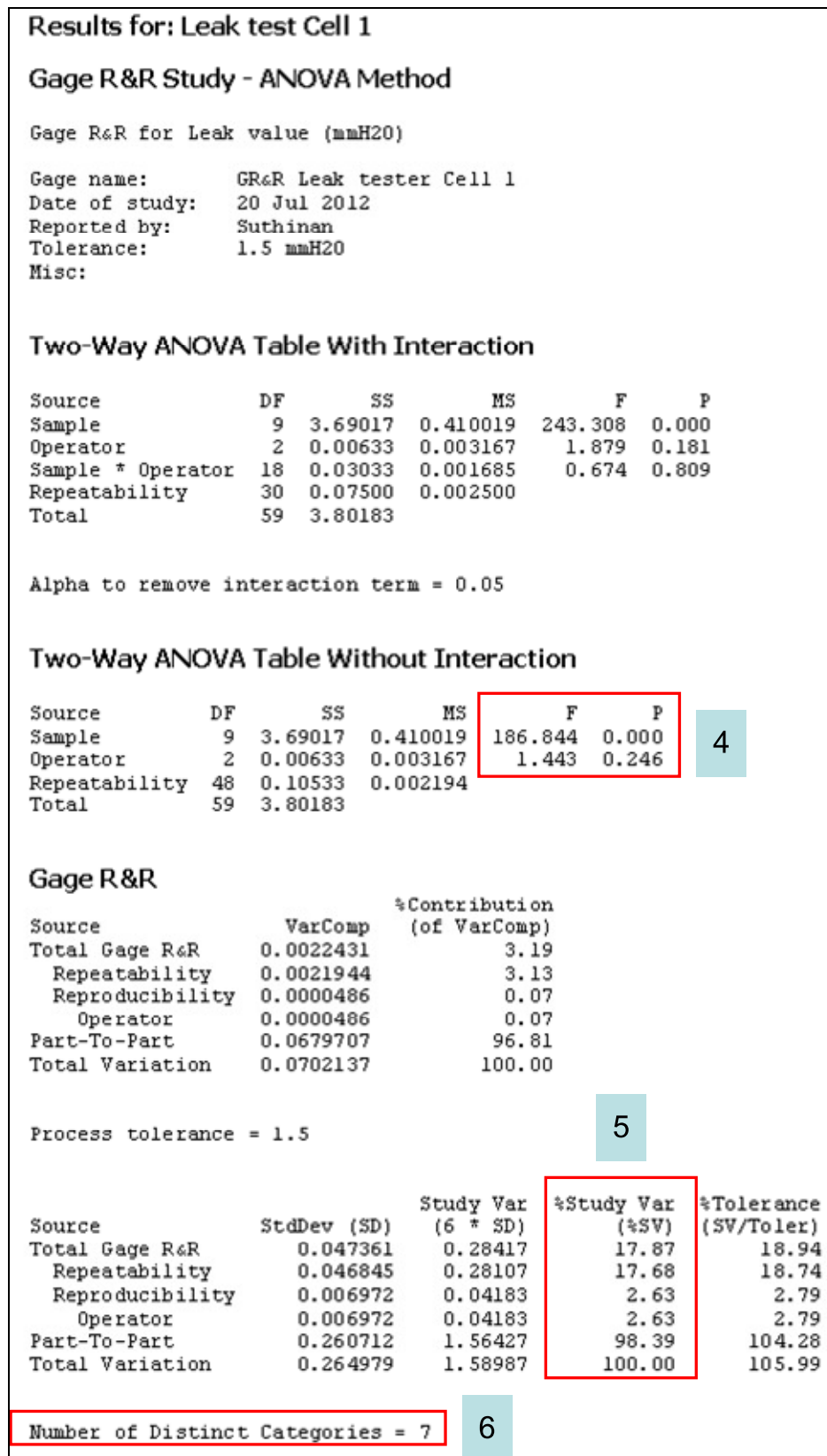
1. จากกราฟ Components of Variation พบว่า ค่าความแปรปรวนส่วนใหญ่ของระบบการวัดนี้มาจากความแตกต่างของลักษณะชิ้นงานตัวอย่าง (Part to Part) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 96.81% มากกว่าค่าความแปรปรวนจากระบบการวัดของเครื่องมือ (Total Gage R&R) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.19%

2. จากแผนภูมิควบคุมพิสัย (R-Chart) พบว่าพนักงาน C มีลักษณะการวัดไม่สม่ำเสมอสำหรับชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 ซึ่งมีพิสัยของข้อมูลเกินขอบเขตบน (Upper Control limit, UCL) ของการควบคุมทางสถิติ ซึ่งเกิดจากการที่พนักงาน C วางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งจึงทำให้อัตราการรั่วไหลของอากาศที่วัดได้ออกมาคลาดเคลื่อน

3. จากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (Xbar-Chart) พบว่าค่าเฉลี่ยของชิ้นงานตัวอย่างเกือบทุกจุดอยู่นอกขอบเขตการควบคุมทั้งขอบเขตบนและขอบเขตล่าง (Lower Control limit, LCL) แสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้สามารถบอกความแตกต่างของชิ้นงานตัวอย่างได้



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 1 (2)

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA with interaction เพื่อพิจารณาสาเหตุของความแปรปรวน โดยทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงาน (Sample*Operator)

H_0 : อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value = 0.809 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงตัดอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานออก แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA without interaction และทำการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.2 ชิ้นงานตัวอย่าง (Sample)

H_0 : ชิ้นงานตัวอย่างไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : ชิ้นงานตัวอย่างมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value < 0.0005 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า ชิ้นงานตัวอย่างมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 พนักงาน (Operator)

H_0 : พนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : พนักงานมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value = 0.246 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า พนักงานไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ค่าความผันแปรเมื่อเทียบกับความผันแปรโดยรวมของกระบวนการ (Study Variation, %SV หรือ Precision to Total Variation ratio, P/TV) โดยที่ความผันแปรโดยรวมของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 100% พบว่ามีค่าความผันแปรที่มาจากกระบวนการวัด 17.87% โดยมาจากค่าความผันแปรจากความสามารถในการวัดซ้ำ 17.68% และค่าความผันแปรจากความสามารถในการให้ผลซ้ำ 2.63% จากค่าความผันแปรของระบบการวัดที่มีอยู่ระหว่าง 10% ถึง 30% แสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้มีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะยอมรับได้

6. ค่า Number of Distinct Categories หรือ ndc เท่ากับ 7 ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานที่ 5 แสดงถึงว่า ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดนี้สามารถประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการวัดได้ โดยที่สามารถแยกกลุ่มของข้อมูลที่วัดได้ออกเป็น 7 กลุ่มที่มีความแตกต่างกัน

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2

ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.3 และ

4.4

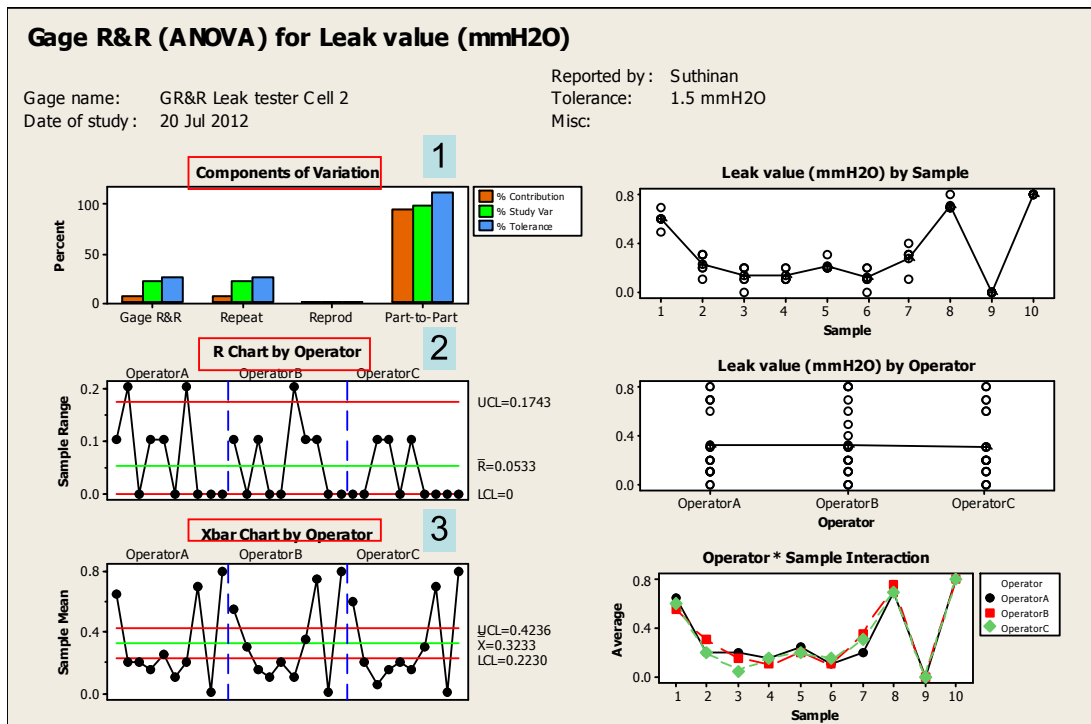
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่

2 พบว่า

1. จากกราฟ Components of Variation พบว่า ค่าความแปรปรวนส่วนใหญ่ของระบบการวัดนี้มาจากความแตกต่างของลักษณะชิ้นงานตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 95.09% มากกว่าค่าความแปรปรวนจากระบบการวัดของเครื่องมือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.91%

2. จากแผนภูมิควบคุมพิสัย พบว่า พนักงาน A และ B มีลักษณะการวัดไม่สม่ำเสมอสำหรับชิ้นงานตัวอย่างที่ 2, 6 และ 7 ซึ่งมีพิสัยของข้อมูลเกินขอบเขตบนของการควบคุมทางสถิติ ซึ่งเกิดจากการที่พนักงาน A และ B วางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งจึงทำให้อัตราการรั่วไหลของอากาศที่วัดได้ออกมาคลาดเคลื่อน

3. จากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย พบว่า ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานตัวอย่างเกือบทุกจุดอยู่นอกขอบเขตการควบคุมทั้งขอบเขตบนและขอบเขตล่างแสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้สามารถบอกความแตกต่างของชิ้นงานตัวอย่างได้



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2

Results for: Leak test Cell 2

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Leak value (mmH20)

Gage name: GR&R Leak tester Cell 2
Date of study: 20 Jul 2012
Reported by: Suthinan
Tolerance: 1.5 mmH20
Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Sample	9	4.19400	0.466000	103.556	0.000
Operator	2	0.00233	0.001167	0.259	0.774
Sample * Operator	18	0.08100	0.004500	1.227	0.302
Repeatability	30	0.11000	0.003667		
Total	59	4.38733			

Alpha to remove interaction term = 0.05

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Sample	9	4.19400	0.466000	117.110	0.000
Operator	2	0.00233	0.001167	0.293	0.747
Repeatability	48	0.19100	0.003979		
Total	59	4.38733			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0039792	4.91
Repeatability	0.0039792	4.91
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operator	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0770035	95.09
Total Variation	0.0809826	100.00

Process tolerance = 1.5

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.063081	0.37848	22.17	25.23
Repeatability	0.063081	0.37848	22.17	25.23
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Operator	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Part-To-Part	0.277495	1.66497	97.51	111.00
Total Variation	0.284574	1.70745	100.00	113.83

Number of Distinct Categories = 6

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2 (2)

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA with interaction เพื่อพิจารณาสาเหตุของความแปรปรวน โดยทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงาน (Sample*Operator)

H_0 : อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value = 0.302 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงตัดอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานออก แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA without interaction และทำการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.2 ชิ้นงานตัวอย่าง (Sample)

H_0 : ชิ้นงานตัวอย่างไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : ชิ้นงานตัวอย่างมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value < 0.0005 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า ชิ้นงานตัวอย่างมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 พนักงาน (Operator)

H_0 : พนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : พนักงานมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value = 0.747 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า พนักงานไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ค่าความผันแปรเมื่อเทียบกับความผันแปรโดยรวมของกระบวนการ (%SV หรือ P/TV) โดยที่ความผันแปรโดยรวมของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 100% พบว่ามีค่าความผันแปรที่มาจากระบบการวัด 22.17% โดยมาจากค่าความผันแปรจากความสามารถในการวัดซ้ำ 22.17% และค่าความผันแปรจากความสามารถในการให้ผลซ้ำ 0% จากค่าความผันแปรของระบบการวัดที่มีอยู่ระหว่าง 10% ถึง 30% แสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้มีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะยอมรับได้

6. ค่า Number of Distinct Categories เท่ากับ 6 ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานที่ 5 แสดงถึงว่า ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดนี้สามารถประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการวัดได้ โดยที่สามารถแยกกลุ่มของข้อมูลที่วัดได้ออกเป็น 6 กลุ่มที่มีความแตกต่างกัน

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3

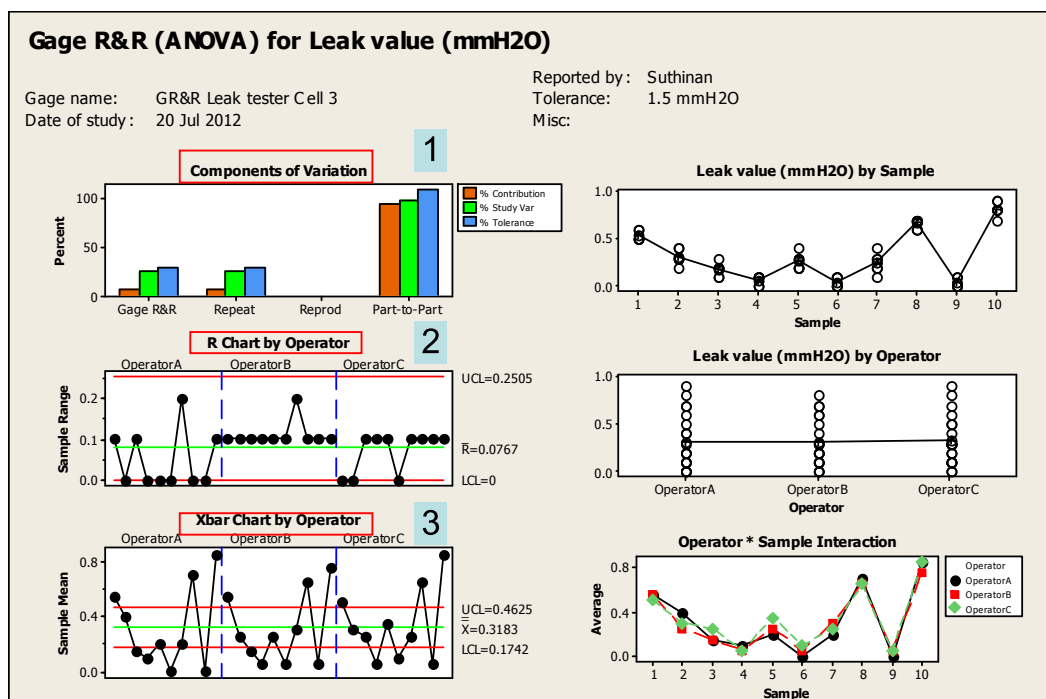
ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3 แสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 2 พบว่า

1. จากกราฟ Components of Variation พบว่า ค่าความแปรปรวนส่วนใหญ่ของระบบการวัดนี้มาจากความแตกต่างของลักษณะชิ้นงานตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93.73% มากกว่าค่าความแปรปรวนจากระบบการวัดของเครื่องมือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.27%

2. จากแผนภูมิควบคุมพิสัย พบว่า มีพิสัยของข้อมูลอยู่ในขอบเขตของการควบคุมทางสถิติ แสดงถึงการวัดในแต่ละครั้งของเครื่องมือวัดและพนักงานมีค่าใกล้เคียงกัน หรือ มีความสามารถในการวัดซ้ำที่ดี

3. จากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย พบว่า ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานตัวอย่างเกือบทุกจุดอยู่นอกขอบเขตการควบคุมทั้งขอบเขตบนและขอบเขตล่างแสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้สามารถบอกความแตกต่างของชิ้นงานตัวอย่างได้



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3

Results for: Leak test Cell 3

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Leak value (mmH20)

Gage name: GR&R Leak tester Cell 3
Date of study: 20 Jul 2012
Reported by: Suthinan
Tolerance: 1.5 mmH20
Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Sample	9	3.94817	0.438685	81.1267	0.000
Operator	2	0.00933	0.004667	0.8630	0.439
Sample * Operator	18	0.09733	0.005407	1.2016	0.319
Repeatability	30	0.13500	0.004500		
Total	59	4.18983			

Alpha to remove interaction term = 0.05

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Sample	9	3.94817	0.438685	90.6322	0.000
Operator	2	0.00933	0.004667	0.9641	0.389
Repeatability	48	0.23233	0.004840		
Total	59	4.18983			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0048403	6.27
Repeatability	0.0048403	6.27
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operator	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0723075	93.73
Total Variation	0.0771478	100.00

Process tolerance = 1.5

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.069572	0.41743	25.05	27.83
Repeatability	0.069572	0.41743	25.05	27.83
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Operator	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Part-To-Part	0.268901	1.61340	96.81	107.56
Total Variation	0.277755	1.66653	100.00	111.10

Number of Distinct Categories = 5

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยรั่วเครื่องที่ 3 (2)

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA with interaction เพื่อพิจารณาสาเหตุของความแปรปรวน โดยทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงาน (Sample*Operator)

H_0 : อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value = 0.319 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงตัดอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานตัวอย่างและพนักงานออก แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA without interaction และทำการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.2 ชิ้นงานตัวอย่าง (Sample)

H_0 : ชิ้นงานตัวอย่างไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : ชิ้นงานตัวอย่างมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value < 0.0005 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า ชิ้นงานตัวอย่างมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 พนักงาน (Operator)

H_0 : พนักงานไม่มีผลต่อความแปรปรวน

H_1 : พนักงานมีผลต่อความแปรปรวน

จากตาราง ANOVA ค่า P value = 0.389 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 และสามารถสรุปได้ว่า พนักงานไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ค่าความผันแปรเมื่อเทียบกับความผันแปรโดยรวมของกระบวนการ (%SV หรือ P/TV) โดยที่ความผันแปรโดยรวมของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 100% พบว่ามีค่าความผันแปรที่มาจากระบบการวัด 25.05% โดยมาจากค่าความผันแปรจากความสามารถในการวัดซ้ำ 25.05% และค่าความผันแปรจากความสามารถในการให้ผลซ้ำ 0% จากค่าความผันแปรของระบบการวัดที่มีอยู่ระหว่าง 10% ถึง 30% แสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้มีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะยอมรับได้

6. ค่า Number of Distinct Categories เท่ากับ 5 ซึ่งเท่ากับค่ามาตรฐาน แสดงถึงว่า ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดนี้สามารถประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการวัดได้ โดยที่สามารถแยกกลุ่มของข้อมูลที่วัดได้ออกเป็น 5 กลุ่มที่มีความแตกต่างกัน

สรุปการวิเคราะห์ความมั่นคงและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวที่ใช้การวิเคราะห์แบบข้อมูลผันแปร พบว่าเครื่องทดสอบรอยร้าวมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่อาจจะยอมรับได้ โดยจะทำการฝึกอบรมวิธีการวัดของพนักงานเกี่ยวกับตำแหน่งของการวางชิ้นงานตัวอย่างใหม่ เพื่อให้ระบบการวัดมีความมั่นคงและความเที่ยงเพิ่มมากขึ้น

4.4 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา (Key Process Input Variable, KPIV)

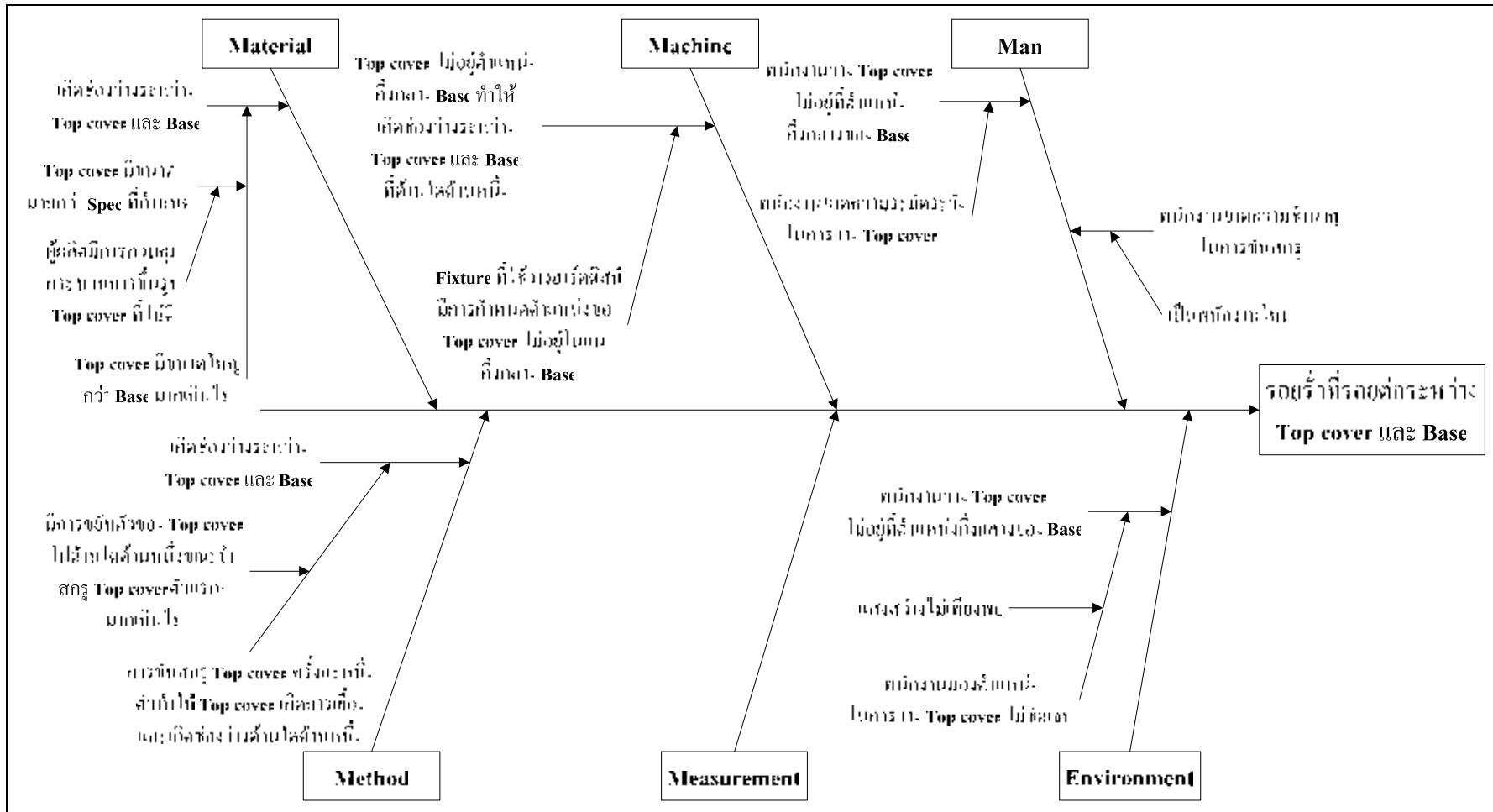
จากการระดมสมอง เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการทำให้เกิดของเสียจากการทดสอบรอยร้าวโดยนำแผนภาพแสดงสาเหตุและผล มาช่วยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างผล และ สาเหตุ หรือปัจจัยนำเข้าที่เกี่ยวข้อง เพื่อระบุถึงสาเหตุที่เป็นรากเหง้า (root cause) ของปัญหา โดยแบ่งหมวดหมู่ของสาเหตุของปัญหาออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)
2. ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)
3. ปัจจัยที่เกิดจากคน (Man)
4. ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการ (Method)
5. ปัจจัยที่เกิดจากการวัด (Measurement)
6. ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อม (Environment)

จากลักษณะการร้าวของฮาร์ดดิสก์ สามารถแบ่งการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะการร้าวของฮาร์ดดิสก์ออกได้เป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ ลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float

4.4.1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base

ปัญหาลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base นั้นมีสาเหตุที่เป็นไปได้หลายสาเหตุ แบ่งเป็นหมวดหมู่ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base

จากแผนภาพพบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base สามารถเป็นไปได้ทั้ง 5 หมวดหมู่ ดังนี้

1. สาเหตุที่เกิดจากวัสดุดิบ

ปัญหาลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base อันเนื่องมาจากวัสดุดิบ คือ ผู้ผลิตมีการควบคุมกระบวนการขึ้นรูป Top cover ที่ไม่ดี ทำให้มีขนาดมากกว่าข้อกำหนด จึงส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่าง Top cover และ Base ขึ้นเมื่อทำการประกอบชิ้นส่วนทั้งสองเข้าด้วยกัน จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยร้าวที่รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนทั้งสอง ดังนั้นจึงได้นำ Top cover จากชิ้นงานที่มีลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base ไปทำการวัด พบว่า Top cover มีขนาดเข้าใกล้ข้อกำหนดด้านบวก แต่ไม่เกินข้อกำหนด ซึ่งไม่สามารถสรุปได้ว่าขนาดของ Top cover ส่งผลให้เกิดลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base

2. สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร

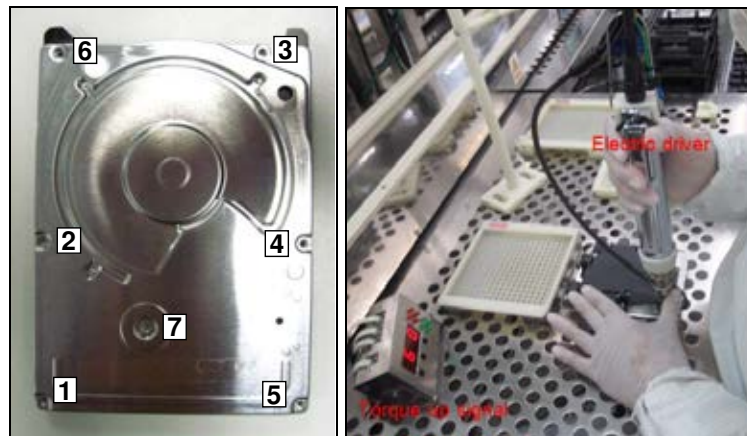
สาเหตุอันเนื่องมาจากเครื่องจักร คือ Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover มีการกำหนดตำแหน่งของ Top cover ไม่อยู่ในแนวกึ่งกลางของ Base ส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่าง Top cover และ Base ขึ้น จึงทำให้เกิดรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์

3. สาเหตุที่เกิดจากคน

สาเหตุอันเนื่องมาจากคน อาจเกิดได้จากพนักงานขาดทักษะและความชำนาญ และขาดความระมัดระวังในการวาง Top cover ลงบน Base ทำให้ Top cover มีตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง ในขณะที่ขันสกรู และทำให้รอยร้าวเกิดขึ้น

4. สาเหตุที่เกิดจากวิธีการ

สาเหตุอันเนื่องมาจากวิธีการ อาจเกิดมาจากวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งทำให้ Top cover เกิดการขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างที่ทำการขันสกรูตัวแรกๆ มากเกินไป จึงทำให้ Top cover เกิดการเอียง และส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์เกิดรอยร้าว หรืออาจเกิดมาจากลำดับในการขันสกรู Top cover ที่ทำให้ Top cover ขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างขันสกรูตัวแรกๆ แต่เนื่องจาก ไม่สามารถทำการเปลี่ยนลำดับการขันสกรู Top cover ได้ เนื่องจากได้มีการทำข้อตกลงในด้านข้อกำหนดเฉพาะ และการออกแบบผลิตภัณฑ์กับลูกค้าแล้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถทำการเปลี่ยนลำดับการขันสกรู Top cover ได้



รูปที่ 4.8 วิธีการขันสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัวและลำดับในการขันสกรู Top cover ด้วยคน

5. สาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม

สาเหตุอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม อาจเกิดมาจากการที่พื้นที่ปฏิบัติงานมีแสงสว่างไม่เพียงพอ ส่งผลให้พนักงานมองตำแหน่งในการวาง Top cover ไม่ชัดเจน ทำให้วาง Top cover ไม่อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของ Base และทำให้เกิดรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์

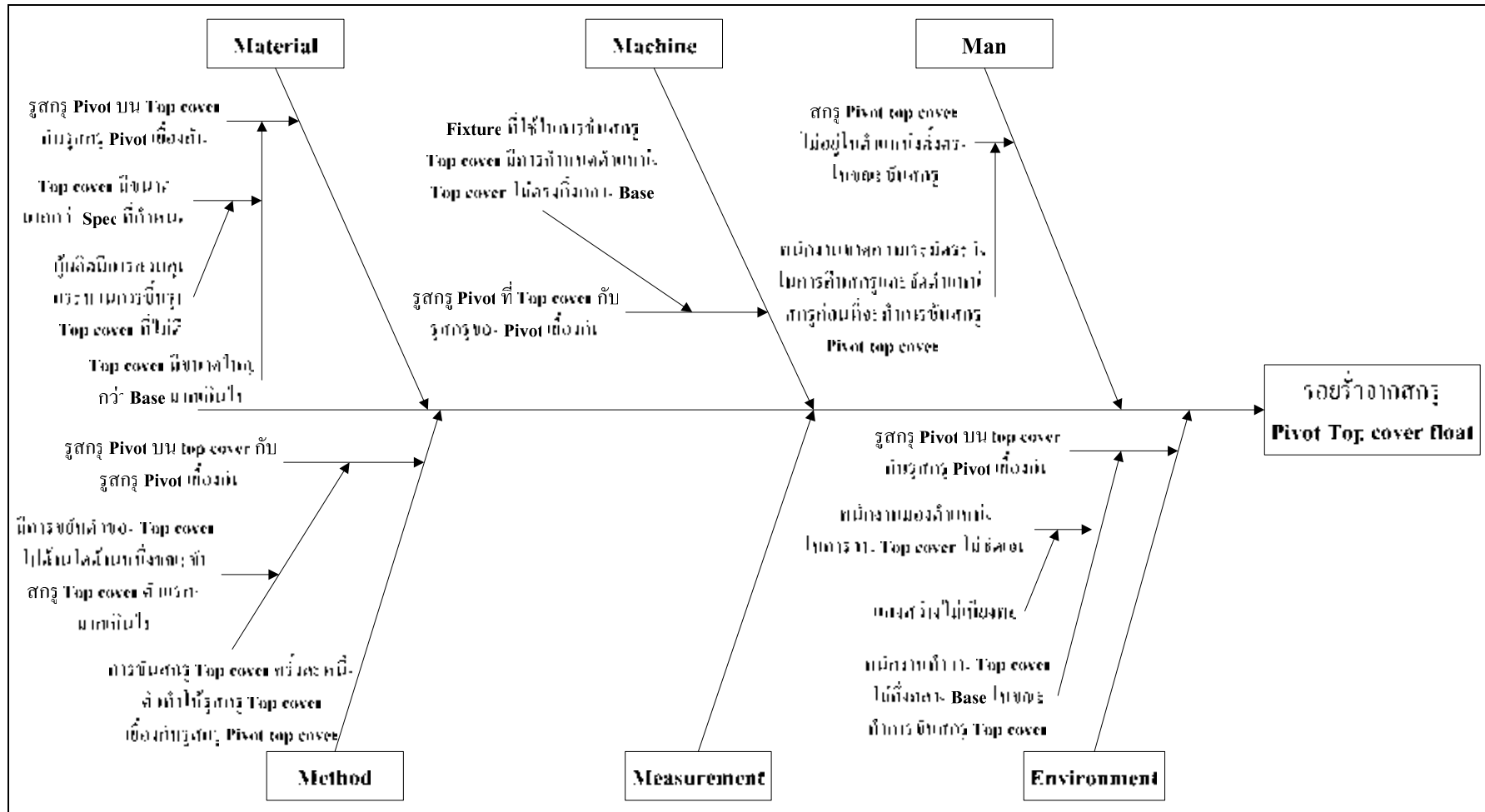
4.4.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float

ปัญหาลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float นั้นมีสาเหตุที่เป็นไปได้หลายสาเหตุ แบ่งเป็นหมวดหมู่ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

จากแผนภาพพบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float สามารถเป็นไปได้อันทั้ง 5 หมวดหมู่ ดังนี้

1. สาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบ

ปัญหาลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float อันเนื่องมาจากวัตถุดิบ คือ ผู้ผลิตมีการควบคุมกระบวนการผลิต Top cover ที่ไม่ดี โดยมีขนาดมากกว่าข้อกำหนด จึงส่งผลให้รูสกรู Pivot บน Top cover มีตำแหน่งเยื้องกับรูสกรู Pivot ทำให้เมื่อทำการขันสกรู Pivot แล้วเกิดสกรู Pivot Top cover float จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยร้าว ดังนั้นจึงได้นำ Top cover จากชิ้นงานที่มีลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot top cover float ไปทำการวัด พบว่า Top cover มีขนาดเข้าใกล้ข้อกำหนดด้านบวก แต่ไม่เกินข้อกำหนด ซึ่งไม่สามารถสรุปได้ว่าขนาดของ Top cover ส่งผลให้เกิดลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot top cover float



รูปที่ 4.9 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float

2. สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร

สาเหตุอันเนื่องมาจากเครื่องจักร คือ Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover มีการกำหนดตำแหน่ง Top cover ไม่ตรงกึ่งกลาง Base ในขณะขันสกรู Top cover จึงทำให้รูสกรู Pivot บน Top cover มีตำแหน่งเยื้องกับรูสกรู Pivot ดังนั้นเมื่อทำการขันสกรู Pivot แล้วจึงเกิดสกรู Pivot Top cover float เป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยร้าว

3. สาเหตุที่เกิดจากคน

สาเหตุอันเนื่องมาจากคน อาจเกิดได้จากพนักงานขาดทักษะและความชำนาญ และขาดความระมัดระวังในการคืบสกรู Pivot top cover และจัดตำแหน่งสกรูก่อนที่จะทำการขันสกรู Pivot top cover จึงทำให้สกรู Pivot top cover ไม่อยู่ในตำแหน่งที่ตั้งตรงในขณะที่ทำการขันสกรู Pivot top cover จึงทำให้สกรู Pivot top cover float และทำให้รอยร้าวเกิดขึ้น

4. สาเหตุที่เกิดจากวิธีการ

สาเหตุอันเนื่องมาจากวิธีการ อาจเกิดมาจากวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว จึงทำให้ Top cover เกิดการขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างที่ทำการขันสกรู Top cover ตัวแรกๆมากเกินไป จึงทำให้รูสกรู Pivot บน Top cover เกิดการเยื้อง ไม่ตรงตำแหน่งกับรูสกรู Pivot ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ส่งผลให้ในขณะที่ทำการขันสกรู Pivot top cover จึงทำให้สกรู Pivot top cover ไม่สามารถขันลงไปนรูสกรู Pivot ได้ จึงทำให้สกรู Pivot Top cover float และทำให้เกิดรอยร้าวขึ้น



รูปที่ 4.10 รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot

5. สาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม

สาเหตุอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม อาจเกิดมาจากการทำงานที่พื้นที่ปฏิบัติงานมีแสงสว่างไม่เพียงพอ ทำให้พนักงานมองตำแหน่งในการวาง Top cover ไม่ชัดเจน ส่งผลให้พนักงานวาง Top cover ไม่อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของ Base และทำให้เกิดสกรู Pivot Top cover float และเกิดรอยร้าวขึ้น

4.5 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

เนื่องจากรอยร้าวทั้งสองลักษณะมีความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (Severity, S) เท่ากัน คือ เมื่อเกิดรอยร้าวขึ้น ชิ้นงานจะเป็นของเสียเหมือนกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้เกณฑ์การให้คะแนนในด้านโอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence, O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection, D) ของ FMEA มาช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่องจากนั้นจะนำองค์ประกอบทั้งสองมาคูณกันเป็นคะแนน RPN (Risk Priority Number) แล้วนำมาเรียงลำดับจากมากไปน้อย เพื่อกลั่นกรองปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์จริงๆ จากนั้นนำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาที่วิเคราะห์ได้ไปทดสอบสมมติฐานต่อไป โดยทำการศึกษาระบวนการผลิตโดยละเอียด จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิต โดยฮาร์ดดิสก์มีกระบวนการผลิตในห้องสะอาดดังที่กล่าวไปแล้ว ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2

ทั้งนี้ทีมงานที่รับผิดชอบในการลดของเสียประเภทรอยร้าวของบริษัทกรณีศึกษา ได้มีการกำหนดให้คะแนนค่า O และ D โดยมีเกณฑ์ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดสาเหตุ (O)

โอกาสในการพบความล้มเหลว	เกณฑ์ : เหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุ	ระดับ
สูงมาก	จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ต่อพันชิ้นงาน หรือมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 10 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	10
สูง	จำนวน 50 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 20 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	9
	จำนวน 20 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 50 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	8
	จำนวน 10 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 100 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	7

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดสาเหตุ (O) (ต่อ)

โอกาสในการพบ ความล้มเหลว	เกณฑ์ : เหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุ	ระดับ
ปานกลาง	จำนวน 2 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 500 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	6
	จำนวน 0.5 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 2,000 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	5
	จำนวน 0.1 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 10,000 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	4
ต่ำ	จำนวน 0.01 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 100,000 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	3
	จำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001 ต่อพันชิ้นงาน หรือ 1 ใน 1,000,000 ของจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตทั้งหมด	2
ต่ำมาก	ความล้มเหลวถูกกำจัดโดยการป้องกันและควบคุม	1

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D)

โอกาสสำหรับ การตรวจพบ	เกณฑ์ : การตรวจพบโดยการควบคุม การดำเนินการ	ระดับ	ความเป็นไปได้ ของการตรวจพบ
ไม่มีโอกาสตรวจ พบปัญหา	ไม่มีการควบคุมการดำเนินการในปัจจุบัน : ไม่สามารถตรวจพบความบกพร่อง หรือ ไม่มี การวิเคราะห์ประเด็นปัญหา	10	เกือบจะเป็นไป ไม่ได้
ไม่มีทางที่จะ ตรวจพบปัญหา ที่ระดับใดๆ	รูปแบบของความบกพร่อง และ/หรือ กรณี ของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นยากที่จะสามารถ ตรวจพบประเด็นปัญหา	9	ห่างไกลมาก
ตรวจพบปัญหา ภายหลังจากการ ดำเนินการ	รูปแบบของความบกพร่องตรวจพบได้ ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น โดยผ่าน การใช้ประสาทสัมผัส (หมายถึง สายตา หรือ การได้ยินเสียง) ในการตรวจสอบ จากทางผู้ ปฏิบัติการ (Visual Check)	8	ค่อนข้างห่างไกล

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D) (ต่อ)

โอกาสสำหรับการตรวจพบ	เกณฑ์ : การตรวจพบโดยการควบคุมการดำเนินการ	ระดับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจพบ
มีการตรวจพบปัญหาที่สาเหตุ	รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ในระหว่างการดำเนินการผลิตโดยผ่านการใช้ประสาทสัมผัส (หมายถึง สายตา หรือ การได้ยินเสียง : Visual Check) ในการตรวจสอบ หรือมีการใช้เครื่องมือวัดประเภท Attribute Gauging อาทิเช่น Go/No-Go Gauge จากทางผู้ปฏิบัติการ	7	ต่ำมาก
ตรวจพบปัญหาภายหลังจากการดำเนินการ	รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น โดยผ่านการใช้ Variable Gauge หรือ มีการตรวจสอบในกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องมือวัดประเภท Attribute Gauging อาทิเช่น Go/No-Go Gauge จากทางผู้ปฏิบัติการ	6	ต่ำ
มีการตรวจพบปัญหาที่สาเหตุ	รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น โดยผ่านการใช้ Variable Gauge หรือ มีการตรวจสอบในกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องมือวัดประเภท Attribute Gauging อาทิเช่น Go/No-Go Gauge จากทางผู้ปฏิบัติการ (ในขั้นตอนการใช้ Gauge ตรวจสอบในกระบวนการ จะกำหนดให้มีการดำเนินการในขั้นตอนของการทำ Job Setup หรือ first piece check ด้วย)	5	ปานกลาง

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D) (ต่อ)

โอกาสสำหรับการตรวจพบ	เกณฑ์ : การตรวจพบโดยการควบคุมการดำเนินการ	ระดับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจพบ
ตรวจพบปัญหาภายหลังจากการดำเนินการ	รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น โดยผ่านเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตรวจพบประเด็นความบกพร่อง และสามารถที่จะหยุดชิ้นส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้เพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียเข้าสู่กระบวนการถัดไป	4	ค่อนข้างสูง
มีการตรวจพบปัญหาที่สาเหตุ	รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ในระหว่างกระบวนการผลิตโดยผ่านเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตรวจพบประเด็นความบกพร่อง และสามารถที่จะหยุดชิ้นส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้เพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียเข้าสู่กระบวนการถัดไป	3	สูง
มีระบบในการตรวจจับความบกพร่องที่เกิดขึ้น	ข้อผิดพลาดสามารถตรวจพบได้ในระหว่างกระบวนการผลิต โดยผ่านเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตรวจพบประเด็นความบกพร่อง และสามารถป้องกันข้อขัดข้องของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นได้ในช่วงต้นของการทำงาน	2	สูงมาก
มีระบบในการป้องกันความผิดพลาด	ข้อผิดพลาดได้รับการป้องกันแล้ว จากการออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต หรือจากกระบวนการในการออกแบบผลิตภัณฑ์; ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สอดคล้องไม่สามารถผลิตได้เนื่องมาจากมีการนำเทคนิคทางด้าน (Error-proofed หรือ Poka-Yoke) ไปใช้ในขั้นตอนของการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการ	1	ค่อนข้างแน่นอน

สรุปสาเหตุที่ควบคุมได้และถูกนำไปพิจารณาแก้ไข ของลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float

หมวดหมู่	สาเหตุที่ควบคุมได้และถูกนำไปพิจารณาแก้ไข
ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร	1. Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover
ปัจจัยที่เกิดจากคน	2. พนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน
ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการ	3. วิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว
ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อม	4. พื้นที่ปฏิบัติงานมีแสงสว่างไม่เพียงพอ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float แสดงดังตารางที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float สามารถนำสาเหตุที่ถูกพิจารณาแก้ไขและค่าคะแนน RPN มาเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12

จากแนวโน้มของสาเหตุของลักษณะรอยร้าวทั้งสอง พบว่าลักษณะรอยร้าวทั้งสองมีสาเหตุของปัญหา ค่าคะแนน RPN และลำดับในการเกิดสาเหตุของปัญหาแบบเดียวกัน คือ Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover, วิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว, แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ และพนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน เรียงตามลำดับ ซึ่งสามารถนำสาเหตุของปัญหาของรอยร้าวทั้งสองลักษณะ ค่าคะแนน RPN มาสรุปเพื่อเรียงลำดับความสำคัญได้ ดังตารางที่ 4.13 จากนั้นนำแนวโน้มของสาเหตุที่ถูกพิจารณาแก้ไขและค่าคะแนน RPN มาทำเป็นแผนภาพพาเรโต เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float และนำสาเหตุของปัญหาที่มีค่าคะแนน RPN คิดเป็น 80% ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมดไปวิเคราะห์ให้ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base

กระบวนการ: Main ASM-2

คณะทำงาน: วิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรควบคุมคุณภาพ, วิศวกรควบคุมเครื่องจักร, ฝ่ายผลิต

หน้าที่ของกระบวนการ	ข้อ	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุ/ กลไก	O	การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน	D	RPN
การทดสอบรอยร้าว	1	ชิ้นงานมีรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base	Top cover เยื้อง จากการที่พนักงานวาง Top cover ไม่กึ่งกลางชิ้นงาน เนื่องจากพนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน	2	-	6	12
			Top cover เยื้อง จากการที่พนักงานวาง Top cover ไม่กึ่งกลางชิ้นงาน เนื่องจากแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ	3	-	6	18
			Top cover เยื้อง จากการที่ Fixture ดัน Top cover ให้อยู่ในตำแหน่งไม่กึ่งกลางชิ้นงาน	6	-	6	36
			Top cover เยื้อง จากการที่ Top cover เกิดการขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างที่ทำการขันสกรูตัวแรกๆ มากเกินไป	6	-	6	36

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float

กระบวนการ: Main ASM-2

คณะทำงาน: วิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรควบคุมคุณภาพ, วิศวกรควบคุมเครื่องจักร, ฝ่ายผลิต

หน้าที่ของกระบวนการ	ข้อ	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุ/ กลไก	O	การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน	D	RPN
การทดสอบรอยรั่ว	1	ชิ้นงานมีรอยรั่วที่สกรู Pivot top cover	พนักงานขาดความระมัดระวังในการคืบสกรูและจัดตำแหน่งสกรูก่อนที่จะทำการขันสกรู Pivot top cover	2	-	6	12
			รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot จากการที่พนักงานวาง Top cover ไม่กึ่งกลางชิ้นงาน เนื่องจากแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ	3	-	6	18
			รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot จากการที่ Fixture ที่ใช้ในการขันสกรู Top cover ดัน Top cover ให้อยู่ในตำแหน่งไม่กึ่งกลางชิ้นงานในขณะที่ขันสกรู Top cover	6	-	6	36
			รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot จากการที่ Top cover เกิดการขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างที่ทำการขันสกรู Top cover ตัวแรกๆ มากเกินไป	6	-	6	36

ตารางที่ 4.11 สาเหตุที่ถูกลำดับไปพิจารณาแก้ไขและคะแนน RPN ของลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base

ลำดับ	แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก	RPN
1	Top cover เยื้อง จากการที่ Fixture ดัน Top cover ให้อยู่ในตำแหน่งไม่กึ่งกลางชิ้นงาน	36
2	Top cover เยื้อง จากการที่ Top cover เกิดการขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างที่ทำการขึ้นสกรูตัวแรกๆ มากเกินไป	36
3	Top cover เยื้อง จากการที่พนักงานวาง Top cover ไม่กึ่งกลางชิ้นงาน เนื่องจากแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ	18
4	Top cover เยื้อง จากการที่พนักงานวาง Top cover ไม่กึ่งกลางชิ้นงาน เนื่องจากพนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน	12

ตารางที่ 4.12 สาเหตุที่ถูกลำดับไปพิจารณาแก้ไขและคะแนน RPN ของลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float

ลำดับ	แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก	RPN
1	รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot จากการที่ Fixture ที่ใช้ในการขึ้นสกรู Top cover ดัน Top cover ให้อยู่ในตำแหน่งไม่กึ่งกลางชิ้นงานในขณะขึ้นสกรู Top cover	36
2	รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot จากการที่ Top cover เกิดการขยับตัวไปด้านใดด้านหนึ่งในระหว่างที่ทำการขึ้นสกรู Top cover ตัวแรกๆ มากเกินไป	36
3	รูสกรู Pivot บน Top cover เยื้องกับรูสกรู Pivot จากการที่พนักงานวาง Top cover ไม่กึ่งกลางชิ้นงาน เนื่องจากแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ	18
4	พนักงานขาดความระมัดระวังในการคีบสกรูและจัดตำแหน่งสกรูก่อนที่จะทำการขึ้นสกรู Pivot top cover	12

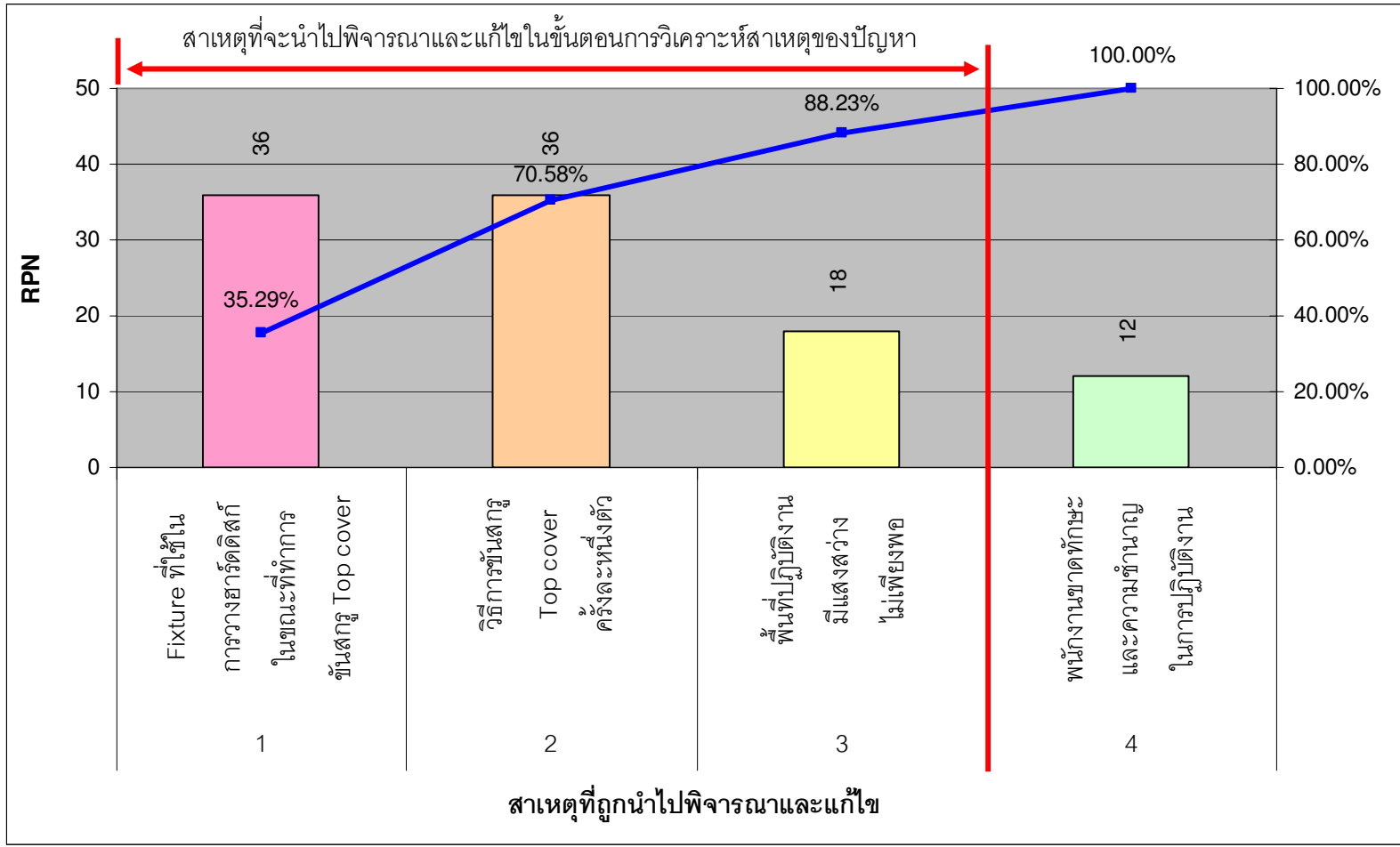
ตารางที่ 4.13 สาเหตุที่ถูกนำไปพิจารณาแก้ไข, คะแนน RPN และ %Cumulative เรียงลำดับตามความสำคัญของลักษณะรอยร้าวทั้งสอง

ลำดับที่	สาเหตุที่ถูกนำไปพิจารณาแก้ไข	คะแนน RPN	%Cumulative
1	Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover	36	35.29%
2	วิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว	36	70.58%
3	พื้นที่ปฏิบัติงานมีแสงสว่างไม่เพียงพอ	18	88.23%
4	พนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน	12	100.00%

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float และได้นำสาเหตุที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวดังกล่าวมาเรียงลำดับจากค่าคะแนน RPN ด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่ามีสาเหตุที่สำคัญที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไปในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป 3 สาเหตุ คิดเป็น 88.23% ของสาเหตุรวมทั้งหมด

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเป็นปัจจัยนำเข้าไปศึกษาต่อในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทั้งหมด 2 สาเหตุด้วยกัน คือ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน เนื่องจากสาเหตุที่เกิดจาก Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover จะใช้กับวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วยคนเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบ Fixture แบบใหม่เพื่อใช้แก้ปัญหา Top cover เนื่องจากการที่ Fixture แบบปัจจุบันดัน Top cover ให้อยู่ในตำแหน่งไม่กึ่งกลางชิ้นงาน สำหรับสาเหตุจากวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว ที่ก่อให้เกิดปัญหา Top cover เกิดการขยับตัวจากการที่ขันสกรูตัวแรกๆ มากเกินไป ผู้วิจัยได้นำเครื่องจักรที่ใช้ในการขันสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวมาปรับใช้สำหรับขันสกรู Top cover กับฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว 7 มิลลิเมตร ซึ่งต้องใช้ Fixture สำหรับชิ้นงานที่ขันสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักรโดยเฉพาะ ดังนั้นจึงนำสาเหตุทั้งสองนี้มารวมกันเป็นปัจจัย วิธีการขันสกรู Top cover

สำหรับปัจจัยแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน โรงงานกรณีศึกษาได้มีการกำหนดเกณฑ์ค่าความเข้มแสงไว้ที่ มากกว่าหรือเท่ากับ 600 ลักซ์ โดยมีตำแหน่งของโคมไฟในพื้นที่ปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 แผนภาพพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

จากที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า แสงสว่างที่ไม่เพียงพอทำให้พนักงานมองตำแหน่งในการวางสกรู Top cover ไม่ชัดเจน และทำให้วาง Top cover ไม่อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของ Base ส่งผลให้เกิดรอยร้าวขึ้น และเมื่อพิจารณาแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานในปัจจุบันซึ่งเป็นการทำงานที่มีความละเอียดสูง โดยการวัดความเข้มแสง พบว่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานมีค่าเท่ากับ 600 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานเทียบเคียงความเข้มแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน (กระทรวงแรงงาน, 2549) ที่กำหนดค่าความเข้มแสงสำหรับการใช้สายตากับงานละเอียดสูงไว้ที่ 800 ลักซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำปัจจัยแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป สรุปปัจจัยนำเข้าไปจะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 มาตรฐานเทียบเคียงความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน

การใช้สายตาตามลักษณะงาน	ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)	ตัวอย่าง
งานละเอียดสูงมากเป็นพิเศษ	2400 หรือมากกว่า	<ul style="list-style-type: none"> - การตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก - การทำเครื่องประดับและทำนาฬิกาในกระบวนการที่มีขนาดเล็ก - การถักถุงเท้า เสื้อผ้าที่มีสีเข้ม รวมทั้งการซ่อมแซมสินค้าที่มีสีเข้ม

ตารางที่ 4.14 มาตรฐานเทียบเคียงความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน (ต่อ)

การใช้สายตาตามลักษณะงาน	ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)	ตัวอย่าง
งานละเอียดสูงมาก	1600	<ul style="list-style-type: none"> - งานละเอียดที่ต้องทำบนโต๊ะหรือ - การซ่อมแซมสินค้าสิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีอ่อน - การตรวจสอบและตกแต่งชิ้นส่วนของสินค้า สิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีเข้ม - การวัดระยะความยาวขั้นสุดท้าย
งานละเอียดสูง	1200	<ul style="list-style-type: none"> - การตรวจสอบการตัดเย็บเสื้อผ้าด้วยมือ - การตรวจสอบและการตกแต่งชิ้นส่วนสินค้าสิ่งทอ สิ่งถักหรือเสื้อผ้าที่มีสีอ่อนขั้นสุดท้ายด้วยมือ - การแบ่งเกรดและเทียบสีของหนังที่มีสีเข้ม - การเทียบสีในงานย้อมผ้า
	800	<ul style="list-style-type: none"> - การระบายสี ฟันสี และตกแต่งชิ้นงานที่ละเอียดมากเป็นพิเศษ - การเทียบสีที่ระบายชิ้นงาน - งานย้อมสี - งานละเอียดที่ทำบนโต๊ะและที่เครื่องจักร การตรวจสอบงานละเอียด
งานละเอียดปานกลาง	600	<ul style="list-style-type: none"> - การทำงานสำนักงานที่มีสีติดกันน้อย - งานวาดภาพหรือเขียนแบบระบายสี ฟันสี และตกแต่งสิ่งานที่ละเอียด - งานพิสูจน์อักษร - การตรวจสอบขั้นสุดท้ายในโรงงานผลิตรถยนต์ - งานบันทึกข้อมูลทางจอภาพ
งานละเอียดน้อย	400	<ul style="list-style-type: none"> - งานขนาดปานกลางที่ทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร - งานประจำในสำนักงาน เช่น การพิมพ์ การจัดเก็บแฟ้มหรือการเขียน - การตรวจสอบงานที่มีขนาดปานกลาง - การประกอบรถยนต์และตัวถัง - การทำงานไม้อย่างละเอียดบนโต๊ะหรือที่เครื่องจักร - การประดิษฐ์หรือแบ่งขนาดโครงสร้างเหล็ก - งานสอบถาม หรืองานประชาสัมพันธ์
	300	<ul style="list-style-type: none"> - การเขียนหรืออ่านกระดานดำหรือแผ่นชาร์ทในห้องเรียน - งานรับและจ่ายเสื้อผ้า - งานร้านขายยา - การทำงานไม้ชิ้นงานขนาดปานกลางซึ่งทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร - งานบรรจุน้ำลงขวดหรือกระป๋อง - งานทากาว เจาะรูและเย็บเล่มหนังสือ - งานเตรียมอาหาร ปรุงอาหาร และล้างจาน
งานละเอียดน้อยมาก	200	<ul style="list-style-type: none"> - งานหยาบที่ทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร การตรวจงานหยาบด้วยสายตา การนับ หรือการตรวจเช็คสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ในห้องเก็บของ

ตารางที่ 4.15 ปัจจัยนำเข้าที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป

ลำดับที่	ประเภทของสาเหตุ	ปัจจัย
1	Method	วิธีการขันสกรู Top cover
2	Environment	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

4.6 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

4.6.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อให้มั่นใจในเสถียรภาพของระบบการวัด โดยวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวของโรงงานกรณีศึกษาทั้ง 3 เครื่อง โดยทดสอบอัตราการร้าวไหลของอากาศแล้ววิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการให้ผลซ้ำของเครื่องทดสอบรอยร้าวพบว่า เครื่องทดสอบรอยร้าวทั้ง 3 เครื่องมีค่าความแปรปรวนที่มาจากระบบการวัดน้อยกว่า 10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และมีค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่มาจากระบบการวัดมากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 30% แสดงถึงว่า ระบบการวัดนี้มีความแม่นยำในเกณฑ์มาตรฐานที่อาจจะยอมรับได้ แต่ต้องทำการฝึกอบรมวิธีการวัดของพนักงานเกี่ยวกับตำแหน่งของการวางชิ้นงานตัวอย่างใหม่ จึงจะทำให้ระบบการวัดมีความแม่นยำและความเที่ยงเพิ่มมากขึ้น

4.6.2 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา

การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดของเสียจากการทดสอบรอยร้าว โดยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล โดยแบ่งการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะการร้าวของฮาร์ดดิสก์ออกเป็น สาเหตุของปัญหาลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และสาเหตุของปัญหาลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float พบว่า ปัญหาทั้งสองลักษณะมีสาเหตุของปัญหาแบบเดียวกัน โดยแบ่งหมวดหมู่ของสาเหตุของปัญหาทั้งสอง ดังนี้ สาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบจากการที่ Top cover มีขนาดมากกว่าข้อกำหนด สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร จากการที่ Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู Top cover มีการกำหนดตำแหน่ง Top cover ไม่ตรงกึ่งกลาง Base ในขณะที่ขันสกรู Top cover สาเหตุที่เกิดจากคน จากการที่พนักงานขาดทักษะความชำนาญ และความระมัดระวังในการวาง Top cover ลงบน Base และพนักงานขาดทักษะความชำนาญ และความระมัดระวังในการคืบสกรู Pivot top cover และจัดตำแหน่งสกรูก่อนที่จะทำการขันสกรู Pivot top cover สาเหตุที่เกิดจากวิธีการ จากการที่มีวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว และสาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม จากการที่พื้นที่ปฏิบัติงานมีแสงสว่างไม่เพียงพอ

4.6.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float โดยนำสาเหตุที่สามารถควบคุมได้มาพิจารณา และนำปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float มาเรียงลำดับจากคะแนน RPN ด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่า มีปัจจัยที่สำคัญที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทั้งหมด 2 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. วิธีการขันสกรู Top cover
2. แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

บทที่ 5

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

5.1 บทนำ

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าจากวิธีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float จากขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา มาทำการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยนำเข้าที่สนใจนั้นมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float หรือไม่ จากนั้นจึงจะนำเอาปัจจัยนำเข้าที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญไปวิเคราะห์โดยวิธีการออกแบบการทดลองต่อในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถลดของเสียลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float และลดค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ต่อไป

5.2 ปัจจัยนำเข้าที่จะนำมาศึกษาและทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น

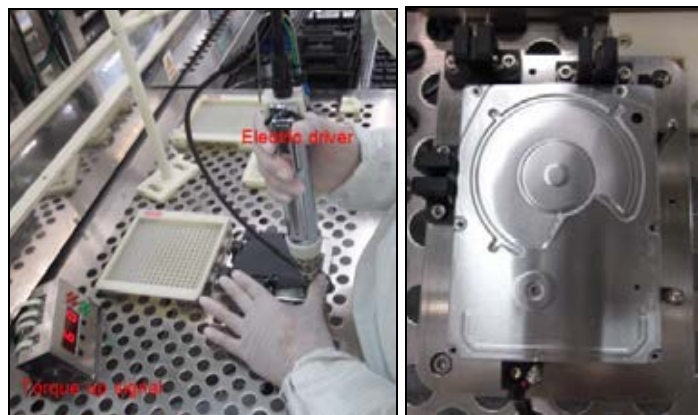
จากการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float ในขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา พบว่ามีปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำมาทำการศึกษาและทดสอบสมมติฐานทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่

1. วิธีการขันสกรู Top cover
2. แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

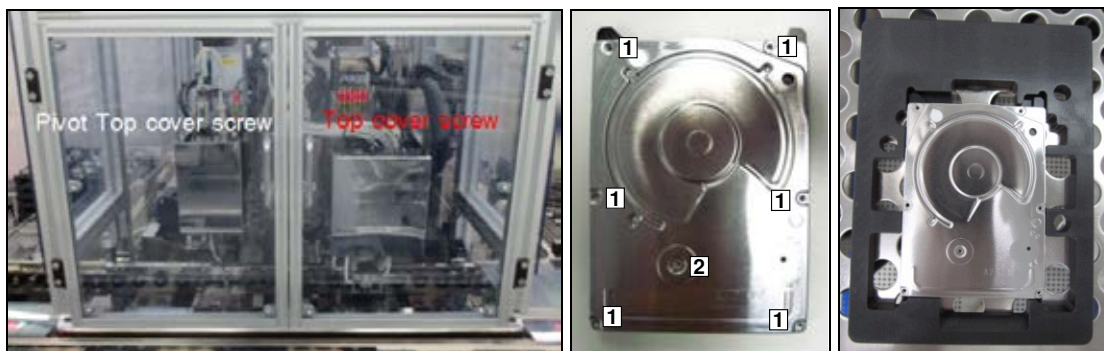
จากนั้นทำการกำหนดระดับของปัจจัย ในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดระดับของปัจจัยออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-) และระดับสูง (+) เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float อย่างแท้จริง โดยมีวิธีในการทดสอบสมมติฐานของแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และ ลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float

ลำดับ ที่	ประเภทของ สาเหตุ	ปัจจัย	ลักษณะ ของปัจจัย	วิธีการทดสอบสมมติฐาน
1	Method	วิธีการขันสกรู Top cover	ควบคุมได้	กำหนดระดับของปัจจัยเป็น 2 ระดับ คือ การขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดย ใช้ Fixture แบบปัจจุบัน และการขันสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้เครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2
2	Environment	แสงสว่างใน พื้นที่ ปฏิบัติงาน	ควบคุมได้	กำหนดระดับของปัจจัยเป็น 2 ระดับ คือ ค่าความเข้มแสง 600 ลักซ์ และ 700 ลักซ์ ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างในพื้นที่ ปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4



รูปที่ 5.1 วิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน

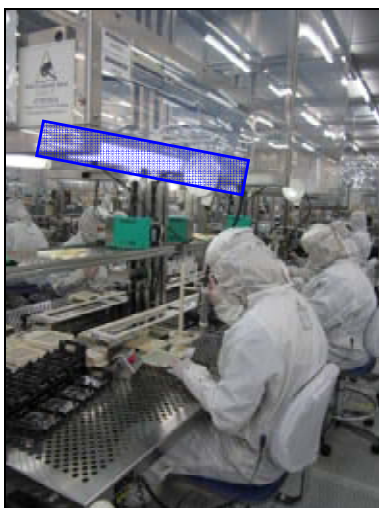


รูปที่ 5.2 วิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวและ Fixture โดยใช้เครื่องจักร



รูปที่ 5.3 พื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเข้มแสง 600 ลักซ์ (โคมไฟส่องสว่างอยู่บนเพดาน)

เนื่องจากโคมไฟส่องสว่างของพื้นที่ปฏิบัติงานอยู่ในระดับที่สูงเกินไป จึงทำให้ค่าความเข้มแสงน้อย ดังนั้นจึงทำการติดโคมไฟส่องสว่างที่สถานีงานเพิ่ม 1 ดวง เพื่อเพิ่มค่าความเข้มแสงที่พื้นที่ปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 พื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเข้มแสง 700 ลักซ์
(ติดโคมไฟส่องสว่างที่สถานีงานเพิ่ม 1 ดวง)

5.3 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น ว่าปัจจัยนำเข้าที่นำมาทำการศึกษา มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float หรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม (2-Sample Z Test) ทำเพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันหรือไม่ และจะนำปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญไปทำการทดลอง เพื่อปรับปรุงในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

5.3.1 การกำหนดขนาดชิ้นงานตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

การหาขนาดชิ้นงานตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของประชากรที่ 2 กลุ่ม สามารถหาได้จากสมการที่ 5.1

$$n = \frac{\sigma^2}{\Delta^2} (Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \quad \text{สมการที่ 5.1}$$

กำหนดให้	n	คือ ขนาดชิ้นงานตัวอย่าง
	$Z_{\alpha/2}$	เท่ากับ 1.96 โดยที่กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 5\%$
	Z_{β}	เท่ากับ 1.282 โดยที่กำหนดความน่าจะเป็นสำหรับความผิดพลาดในการยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักไม่เป็นจริง หรือ $\beta = 0.1$
	Δ	คือ ความคลาดเคลื่อนในการทดสอบสมมติฐาน กำหนดให้เท่ากับ 0.065 มิลลิเมตรน้ำ
	σ^2	คือ ความแปรปรวนของประชากร เท่ากับ $(0.450592)^2$ (จากรูปที่ 4.7)

แทนค่าในสมการที่ 5.1 ได้ขนาดชิ้นงานตัวอย่างเท่ากับ

$$n = \frac{(0.450592)^2}{(0.065)^2} (1.96 + 1.282)^2 \approx 505 \text{ ชิ้นงานตัวอย่าง}$$

จากผลการคำนวณหาขนาดชิ้นงานตัวอย่าง พบว่าขนาดชิ้นงานตัวอย่างอย่างน้อยที่ต้องใช้ในการทดลองแต่ละครั้งเพื่อทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น คือ 505 ชิ้น ดังนั้นผู้วิจัยจะใช้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 505 ชิ้นงานในการทดสอบสมมติฐาน โดยจะทำการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลองเท่ากับ 1 ครั้ง เนื่องจากต้องการประหยัดวัสดุและเวลาที่ใช้ในการทดลอง

5.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. คัดเลือกพนักงานที่มีทักษะและได้รับการฝึกอบรมในการขึ้นสกรู Top cover สกรู Pivot Top cover และทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์มาเป็นอย่างดี ซึ่งจะใช้พนักงานคนเดียวกันในการผลิตฮาร์ดดิสก์เพื่อลดปัจจัยเกี่ยวกับความแตกต่างของทักษะของพนักงาน

2. ทำการผลิตฮาร์ดดิสก์ ซึ่งใช้ชิ้นส่วนใหม่ทั้งหมดในการผลิต เพื่อลดปัจจัยเกี่ยวกับความแตกต่างของชิ้นส่วนที่นำมาผลิต โดยในแต่ละการทดลองจะมีการนำเข้าปัจจัยนำเข้าที่จะนำมาศึกษาและทดสอบสมมติฐานการทดลองครั้งละปัจจัย และมีการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้าที่ทำการทดสอบสมมติฐานในขณะที่ปัจจัยนำเข้าอื่นๆ มีระดับของปัจจัยคงที่ และมีจำนวนฮาร์ดดิสก์ที่จะผลิตในแต่ละการทดลองเท่ากับ 505 ชิ้นงาน

3. นำฮาร์ดดิสก์ที่ผ่านการขึ้นสกรู Top cover, สกรู Pivot Pop cover และการทดสอบฝุ่นแล้วเข้าเครื่องทดสอบรอยร้าว และบันทึกค่าอัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ในแต่ละชิ้นงาน

4. วิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

5.4 การทดสอบสมมติฐานของวิธีการขึ้นสกรู Top cover

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการขึ้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี มีค่าแตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้	μ_1	แทน	ค่าเฉลี่ยของอัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการขึ้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน
	μ_2	แทน	ค่าเฉลี่ยของอัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการขึ้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้เครื่องจักร

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad (\text{หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน})$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \quad (\text{หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน})$$

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือ ค่าสถิติทดสอบซี (Z) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่

5.2

$$Z = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad \text{สมการที่ 5.2}$$

กำหนดให้ $\overline{X}_1, \overline{X}_2$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2
 S_1^2, S_2^2 คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2
 n_1, n_2 คือ ขนาดตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2

โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ของวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี แสดงในรูปที่ 5.5

z-Test: Two Sample for Means		
	Current Fixture	Machine
Mean	0.365322772	0.235267327
Known Variance	1.2092	0.0108
Observations	505	505
Hypothesized Mean Difference	0	
z	2.646027265	
P(Z<=z) two-tail	0.008144325	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ 5.5 ผลการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบทีเท่ากับ 2.65 ซึ่งมีความมากกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value เท่ากับ 0.008 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าวิธีการชั้นสกรู Top cover มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.5 การทดสอบสมมติฐานของแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้	μ_1	แทน	ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover เท่ากับ 600 ลักซ์
	μ_2	แทน	ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover เท่ากับ 700 ลักซ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าไม่แตกต่างกัน)

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าแตกต่างกัน)

ผลการทดสอบทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือค่าสถิติทดสอบที โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า แสดงในรูปที่ 5.6

z-Test: Two Sample for Means		
	600 Lux	700 Lux
Mean	0.343621782	0.228661386
Known Variance	1.0299	0.0818
Observations	505	505
Hypothesized Mean Difference	0	
z	2.450192113	
P(Z<=z) two-tail	0.014278001	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ 5.6 ผลการทดสอบสมมติฐานของค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบซึ่งเท่ากับ 2.45 ซึ่งมีความมากกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value เท่ากับ 0.014 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าแตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.6 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float ด้วยวิธี 2-Sample Z Test โดยโปรแกรม Microsoft Excel สามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานได้ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยนำเข้าที่ทำการศึกษา

ลำดับ	ปัจจัย	วิธีการทดสอบสมมติฐาน	Z-test	P-value	สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน
1	วิธีการขึ้นสกู Top cover	กำหนดระดับของปัจจัยเป็น 2 ระดับ คือ การขึ้นสกู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน และการขึ้นสกู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้เครื่องจักร	2.65	0.008	มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์อย่างมีนัยสำคัญ
2	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน	กำหนดระดับของปัจจัยเป็น 2 ระดับ คือ ค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกู Top cover เท่ากับ 600 ลักซ์ และ 700 ลักซ์	2.45	0.014	มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์อย่างมีนัยสำคัญ

และจากการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น สามารถสรุปปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกู Pivot Top cover float ที่จะนำไปศึกษาต่อในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยรั่วจากสกู Pivot Top cover float

ลำดับ	ปัจจัย	หน่วย	ประเภทของข้อมูล
1	วิธีการขึ้นสกู Top cover	-	Qualitative
2	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน	ลักซ์	Quantitative

บทที่ 6 การปรับปรุงกระบวนการ

6.1 บทนำ

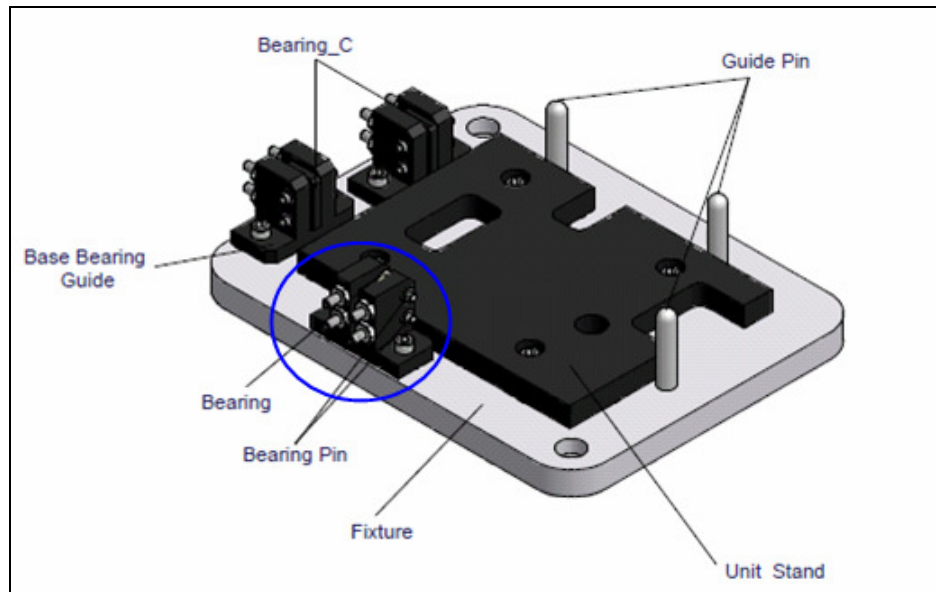
การปรับปรุงกระบวนการ เป็นขั้นตอนที่จะนำปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float อย่างมีนัยสำคัญมาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้สัดส่วนของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ลดลงมากที่สุด และลดค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

6.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

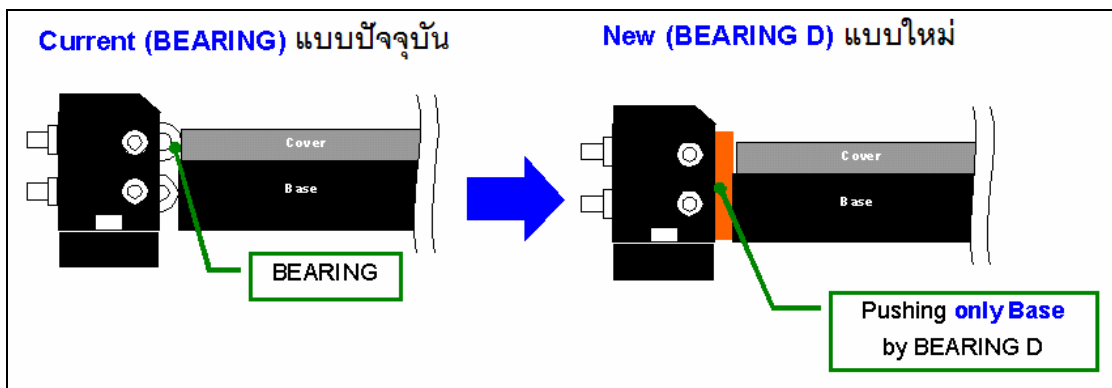
จากการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้นในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบว่ามีปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float ทั้งหมด 2 ปัจจัยคือ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยกำหนดให้แต่ละปัจจัยประกอบไปด้วย 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) ระดับกลาง (0) และระดับสูง (+1) ดังแสดงในตารางที่ 6.1 และ Fixture ที่ใช้ในการขันสกรู Top cover แสดงในรูปที่ 6.1, 6.2 และ 6.3

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจากสกรู Pivot Top cover float

ลำดับ	ปัจจัยนำเข้า	หน่วย	ระดับของปัจจัย		
			ต่ำ (-1)	กลาง (0)	สูง (+1)
1	วิธีการขันสกรู Top cover (Method)	-	Fixture แบบปัจจุบัน	Fixture แบบใหม่	เครื่องจักร
2	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน (Light)	ลักซ์	600	650	700



รูปที่ 6.1 Fixture สำหรับชั้นสกรู Top cover ด้วยคน



รูปที่ 6.2 Fixture สำหรับชั้นสกรู Top cover แบบปัจจุบันและแบบใหม่ด้วยคน



รูปที่ 6.3 Fixture สำหรับชั้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร

6.3 ตัวแปรตอบสนอง

งานวิจัยนี้มีตัวแปรตอบสนองคือค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ โดยถ้าฮาร์ดดิสก์มีค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศยิ่งน้อยยิ่งดี นั่นคือสามารถมั่นใจได้ว่าจะไม่มีสิ่งสกปรกหลุดเข้าไปทำความเสียหายให้กับฮาร์ดดิสก์ได้

6.4 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้นำการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของ 2 ปัจจัยที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น มาทำการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดในการออกแบบการทดลองดังนี้

6.4.1 จำนวนการทดลอง

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัยแบบสามระดับ มีปัจจัยนำเข้าที่นำมาทำการทดลอง 2 ปัจจัย โดยกำหนดให้ที่แต่ละระดับของปัจจัยเป็นระดับต่ำ (-1) ระดับกลาง (0) และระดับสูง (+1) ดังนั้นจำนวนการทดลองจะเท่ากับ 9 การทดลอง (3×3 การทดลอง)

6.4.2 จำนวนชิ้นงานตัวอย่างในแต่ละการทดลอง

จำนวนชิ้นงานตัวอย่างในแต่ละการทดลองแบบพหุปัจจัยนี้ สามารถหาได้จากโปรแกรม Minitab โดยกำหนดให้ อำนาจในการทดสอบเท่ากับ 90% หรือ 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนในการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ 0.19265 มิลลิเมตรน้ำ โดยมีค่าความแปรปรวนของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ จากการสุ่มตัวอย่างในกระบวนการปัจจุบันในขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาเท่ากับ $(0.450592)^2$ ได้จำนวนชิ้นงานตัวอย่างเท่ากับ 4,616 ชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่

6.4

Power and Sample Size					
General Full Factorial Design					
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.450592					
Factors: 2 Number of levels: 3, 3					
Include terms in the model up through order: 2 Not including blocks in model.					
Maximum Difference	Reps	Total Runs	Target Power	Actual Power	
0.019265	4616	41544	0.9	0.900050	

รูปที่ 6.4 จำนวนชิ้นงานตัวอย่างในการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย

6.5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Two-way ANOVA

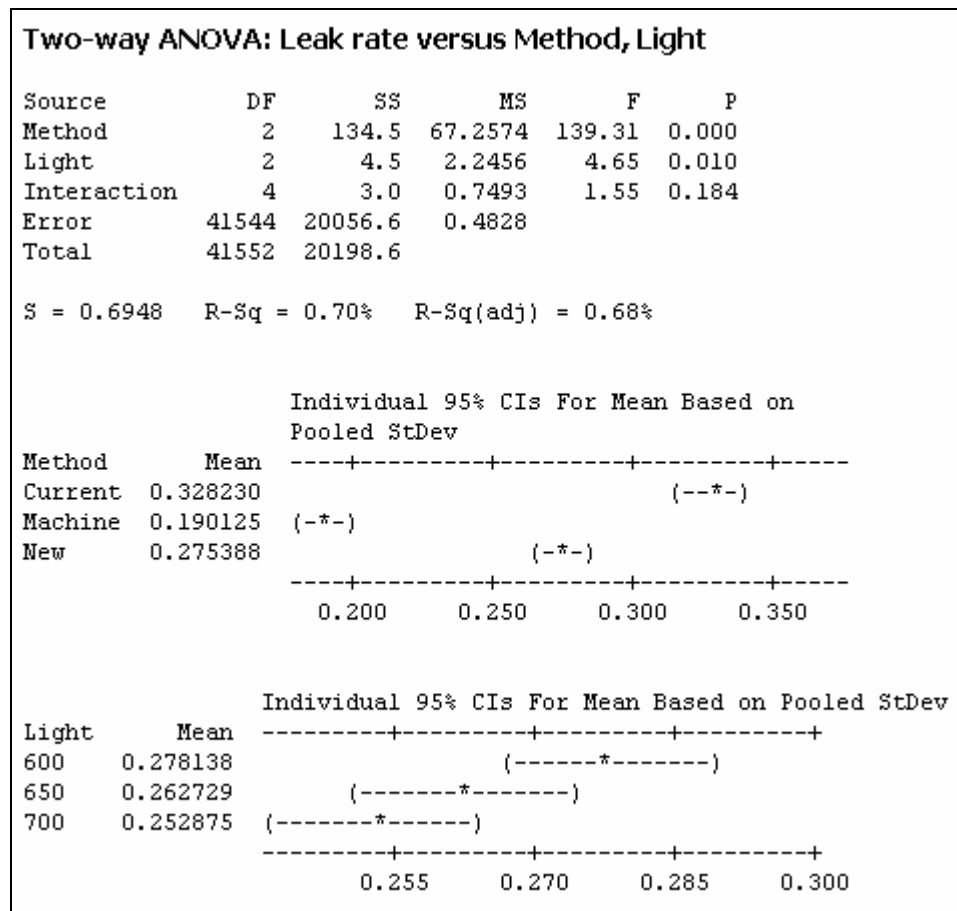
จากการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัยแบบสามระดับ ของปัจจัยนำเข้า 2 ปัจจัย โดยมีขนาดชิ้นงานตัวอย่าง 4,617 ชิ้นงานตัวอย่างแสดงดังเมทริกซ์ในรูปที่ 6.5

		ค่าความสว่างของพื้นที่ปฏิบัติงานที่ตำแหน่ง การขึ้นสกรู Top cover (Lux)		
		600	650	700
วิธีการขึ้นสกรู Top cover	Current Fixture	4,617 ชิ้นงาน	4,617 ชิ้นงาน	4,617 ชิ้นงาน
	New Fixture	4,617 ชิ้นงาน	4,617 ชิ้นงาน	4,617 ชิ้นงาน
	Machine	4,617 ชิ้นงาน	4,617 ชิ้นงาน	4,617 ชิ้นงาน

รูปที่ 6.5 เมทริกซ์การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย

6.5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Two-way ANOVA

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยการวิเคราะห์ Two-way ANOVA ใช้เมื่อตัวแปรตอบสนองกับปัจจัยนำเข้ามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองของค่าอัตราความเร็วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธี Two-way ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab แสดงดังรูปที่ 6.6

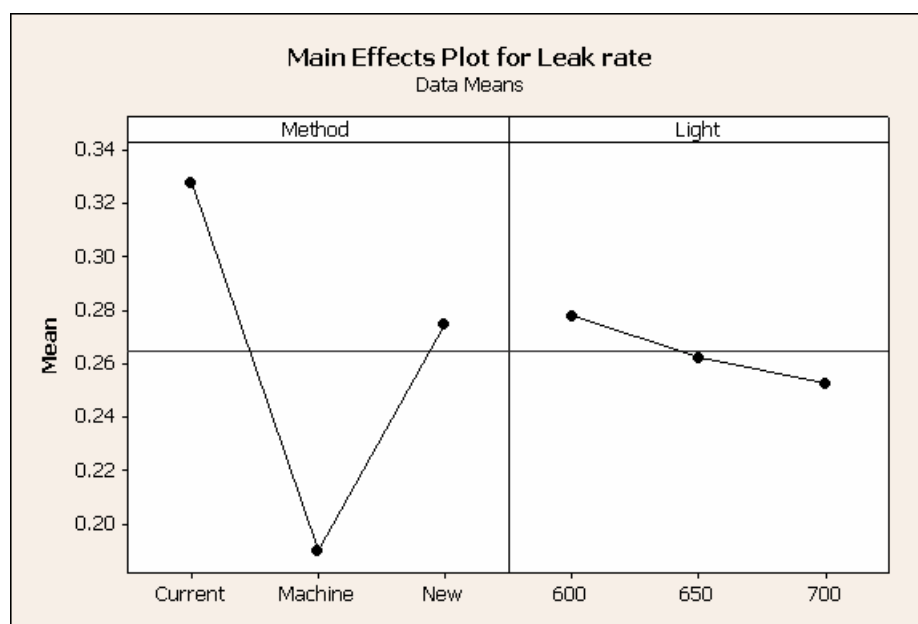


รูปที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab

จากผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVA ของค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ เมื่อพิจารณาความมีนัยสำคัญของอิทธิพลของปัจจัยหลักและอิทธิพลร่วมของปัจจัย พบว่า อิทธิพลของปัจจัยหลัก Method มีค่า P-value น้อยกว่า 0.005 และ Light มีค่า P-value เท่ากับ 0.010 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 และอิทธิพลร่วมของปัจจัย Method และ Light มีค่า P-value เท่ากับ 0.184 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลัก Method และ Light มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ และอิทธิพลร่วมของปัจจัย Method และ Light ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

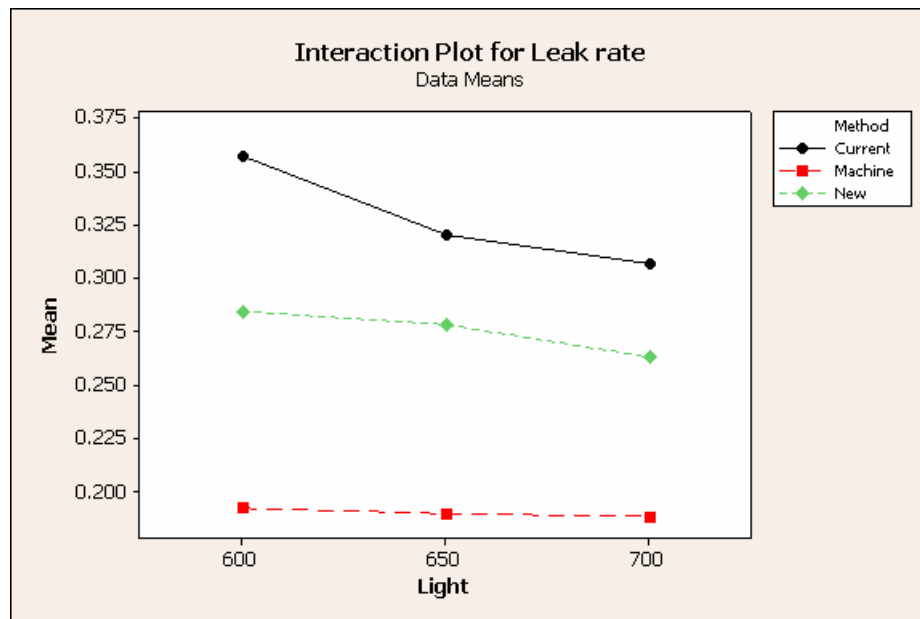
และเมื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลัก ดังแสดงในรูปที่ 6.7 พบว่า วิธีการขนส่ง Top cover โดยใช้เครื่องจักร จะให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์น้อยที่สุด และวิธีการขนส่ง Top cover ด้วย Fixture แบบปัจจุบันด้วยคนจะให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มากที่สุด

สำหรับแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานพบว่าที่ค่าความเข้มแสง 700 ลักซ์ จะให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์น้อยที่สุด และที่ 600 ลักซ์ จะให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มากที่สุด



รูปที่ 6.7 ผลของปัจจัยหลักที่มีต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัย Method และ Light ดังแสดงในรูปที่ 6.8 พบว่า สำหรับวิธีการขันสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบปัจจุบันและแบบใหม่ด้วยคน ค่าความเข้มแสงมีผลต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ โดยที่ค่าความเข้มแสง 700 ลักซ์ ทั้งสองวิธีให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ต่ำที่สุด ในขณะที่ค่าความเข้มแสง 600 ลักซ์ ทั้งสองวิธีให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศสูงที่สุด ดังนั้น วิธีการขันสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบปัจจุบันและแบบใหม่ด้วยคน ควรเลือกใช้ค่าความเข้มแสงที่ 700 ลักซ์ในพื้นที่ปฏิบัติงาน สำหรับวิธีการขันสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร พบว่า วิธีนี้ให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ต่ำที่สุด โดยค่าความเข้มแสงไม่มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มากนัก ดังนั้น สำหรับวิธีการขันสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร สามารถใช้ค่าความเข้มแสงที่ 600 ลักซ์ได้



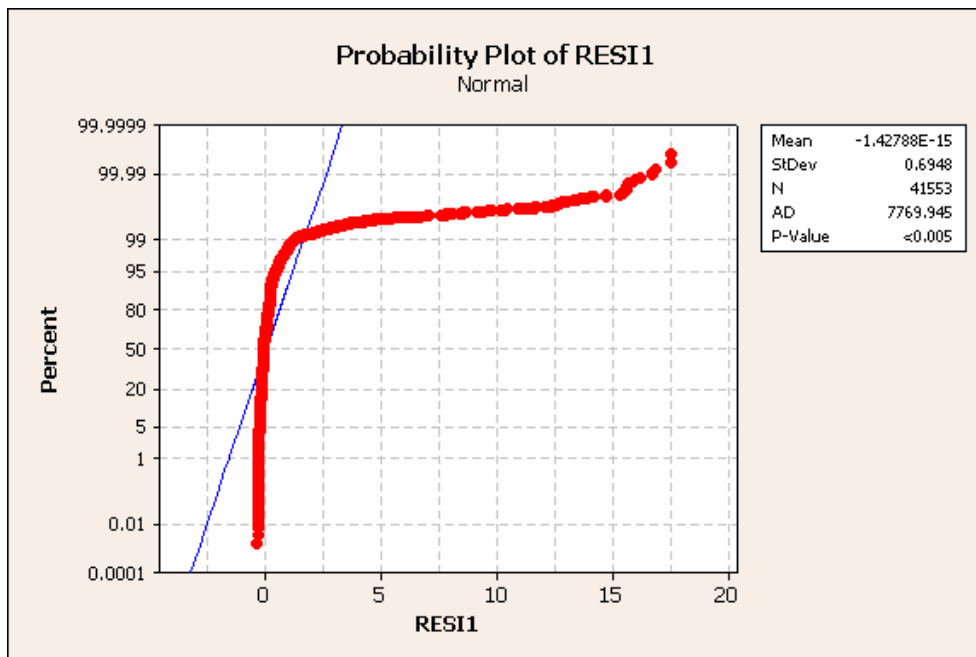
รูปที่ 6.8 ผลของปัจจัยร่วมที่มีต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

6.5.2 การตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง

การตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง โดยทำการทดสอบว่าค่าส่วนตกค้าง (Residual, ε_{ij}) มีการกระจายตัวแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกันด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งถ้าข้อมูลมีความถูกต้องดังที่กล่าวไว้แล้ว ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองสามารถนำไปใช้ได้ ผลการตรวจสอบแสดงดังนี้

1. การทดสอบการกระจายตัวแบบปกติ

การทดสอบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์นั้น โดยการพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง และทดสอบสมมติฐานว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติด้วยค่าสถิติทดสอบ Anderson-Darling (AD) ดังแสดงในรูปที่ 6.9

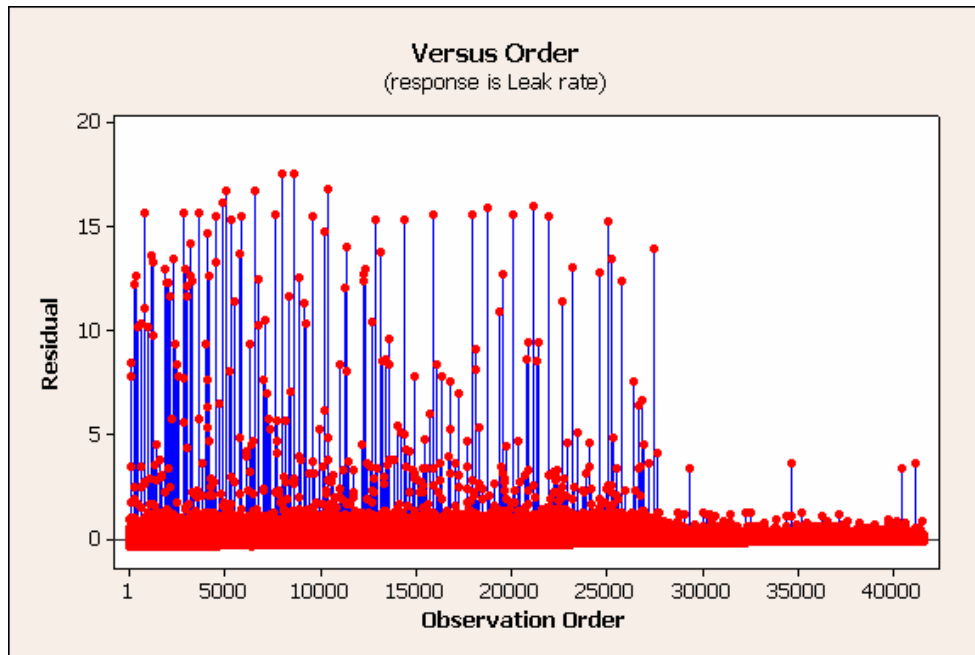


รูปที่ 6.9 ผลการทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าตกค้างด้วยโปรแกรม Minitab

จากกราฟความน่าจะเป็นพบว่าค่าตกส่วนค้างมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ คือการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างไม่อยู่รอบๆเส้นตรง ค่าสถิติทดสอบ AD มีค่าเท่ากับ 7769.945 ซึ่งมากกว่า 0.05 แต่ค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.005 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงถึงว่าสามารถปฏิเสธได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ

2. การทดสอบความเป็นอิสระ

การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระนั้น สามารถตรวจสอบได้โดยการพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล โดยการกระจายของค่าส่วนตกค้างไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมีรูปแบบใดๆ หรือควรมีการกระจายของข้อมูลแบบไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 6.10

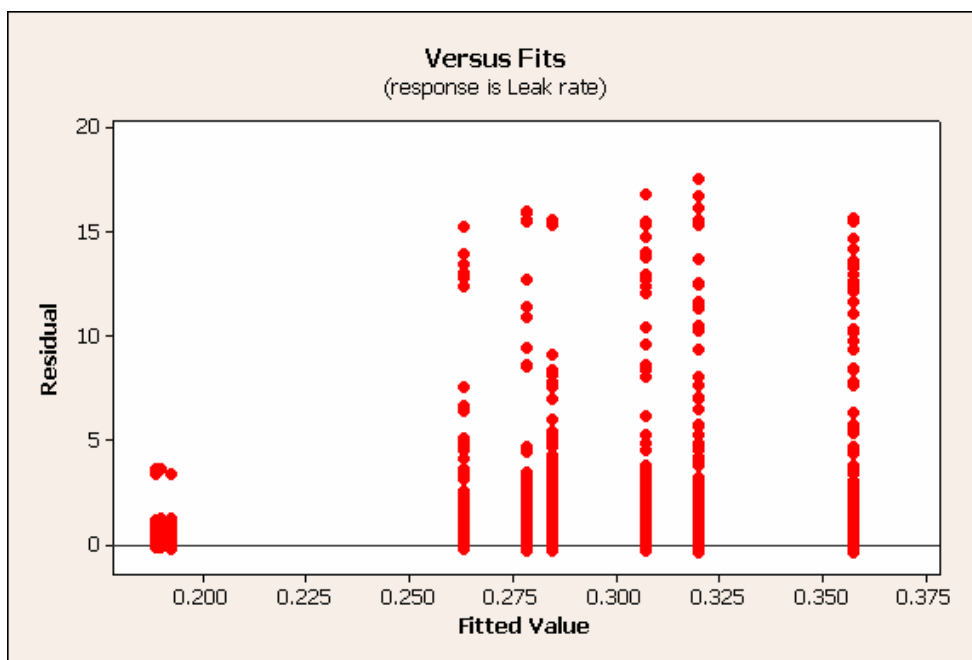


รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล

จากกราฟการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง พบว่า ค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวในรูปแบบที่เป็นอิสระต่อกัน หรือมีการกระจายของข้อมูลแบบไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันตรงตามสมมติฐาน

3. การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน

การทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนนั้น เป็นการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ฟิต (Fitted value) โดยกราฟต้องมีการกระจายตัวแบบสุ่ม คืออยู่เหนือและใต้เส้นกึ่งกลางเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ฟิตของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

จากกราฟการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ฟิต พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ฟิตของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ มีการกระจายตัวแบบไม่เป็นอิสระ มีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มของค่าส่วนตกค้างอยู่เหนือเส้นกึ่งกลาง ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีเสถียรภาพของความแปรปรวน หรือค่าส่วนตกค้างมีความแปรปรวนไม่คงที่ไม่ตรงตามสมมติฐาน

จากการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง พบว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ในการออกแบบการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ คือ ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลในขั้นตอนต่อไปได้

จากการวิเคราะห์ความเพียงพอของแบบจำลอง พบว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ และมีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ และจากผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVA พบว่าปัจจัยหลัก Method และ Light มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ และอิทธิพลร่วมของปัจจัย Method และ Light ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ดังนั้น ผู้ทำการวิจัยจึงขอแนะนำปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ คือ การออกแบบการทดลองที่พยายามควบคุม

ปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้วิจัยไม่สนใจศึกษาแต่เป็นปัจจัยรบกวนที่ส่งผลต่อผลการทดลองด้วย และทำการทดลองเพียง 1 ปัจจัย ที่ระดับของปัจจัยต่างๆ ครั้งละหนึ่งคู่ เพื่อทดสอบว่าที่ระดับของปัจจัยนำเข้าต่างกันจะส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศหรือไม่

6.6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ 2-Sample Z test

1. การทดสอบสมมติฐานระหว่างวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน และการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบใหม่ สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้ μ_1 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน μ_2 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบใหม่ สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad (\text{หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน})$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \quad (\text{หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน})$$

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือ ค่าสถิติทดสอบซี โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ของวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี แสดงในรูปที่ 6.12

z-Test: Two Sample for Means		
	Current Fixture	New Fixture
Mean	0.328229514	0.275387986
Known Variance	0.9841	0.44
Observations	13851	13851
Hypothesized Mean Difference	0	
z	5.211295336	
P(Z<=z) two-tail	1.88E-07	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ 6.12 ผลการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบซีเท่ากับ 5.21 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value น้อยกว่า 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าวิธีการชั้นสกรู Top cover มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากวิธีการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชั้นสกรู Top cover ข้างต้นได้นำมาใช้ทดสอบกับวิธีการชั้นสกรู Top cover ที่ระดับของปัจจัยอื่นๆ และปัจจัยแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานที่ระดับของปัจจัยต่างๆ ว่าส่งผลกระทบต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์หรือไม่ ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน และการสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน แสดงในตารางที่ 6.2

จากผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยวิธีการชั้นสกรู Top cover และ แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน พบว่า วิธีการชั้นสกรู Top cover มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับของปัจจัยต่างๆ และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานมีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่ระดับของปัจจัย 700 ลักซ์ เท่านั้น แต่ที่ระดับของปัจจัย 650 ลักซ์ แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยนำเข้าที่ระดับต่างๆ

ลำดับ	ปัจจัย	ระดับของปัจจัยที่ทดสอบ		Z-test	P-value	สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน
		ระดับที่ 1	ระดับที่ 2			
1	วิธีการชั้น สกรู Top cover	Fixture แบบ ปัจจุบัน	Fixture แบบใหม่	5.21	<0.005	มีผลต่ออัตราการ รั่วไหลของอากาศของ ฮาร์ดดิสก์อย่างมี นัยสำคัญ
		Fixture แบบ ปัจจุบัน	เครื่องจักร	16.18	<0.005	มีผลต่ออัตราการ รั่วไหลของอากาศของ ฮาร์ดดิสก์อย่างมี นัยสำคัญ
		Fixture แบบ ปัจจุบัน	เครื่องจักร	14.72	<0.005	มีผลต่ออัตราการ รั่วไหลของอากาศของ ฮาร์ดดิสก์อย่างมี นัยสำคัญ
2	แสงสว่าง ในพื้นที่ ปฏิบัติงาน	600 ลักซ์	650 ลักซ์	1.74	0.082	ไม่มีผลต่ออัตราการ รั่วไหลของอากาศของ ฮาร์ดดิสก์อย่างมี นัยสำคัญ
		600 ลักซ์	700 ลักซ์	3.04	0.002	มีผลต่ออัตราการ รั่วไหลของอากาศของ ฮาร์ดดิสก์อย่างมี นัยสำคัญ
		650 ลักซ์	700 ลักซ์	1.24	0.215	ไม่มีผลต่ออัตราการ รั่วไหลของอากาศของ ฮาร์ดดิสก์อย่างมี นัยสำคัญ

6.7 สภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

การหาสภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์จะทำการพิจารณาทั้งอิทธิพลของปัจจัยหลักและอิทธิพลของปัจจัยร่วมร่วมกัน เนื่องจากผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองพบว่า ปัจจัยหลักมีผลต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์อย่างมีนัยสำคัญ แต่อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศอย่างมีนัยสำคัญ และบริษัทกรณีศึกษามีวิธีการชั้นสกรู Top cover 2 วิธีด้วยกัน คือ การชั้นสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture และ การชั้นสกรู Top cover ครึ่งละ 6 ตัว โดยใช้เครื่องจักร ดังที่กล่าวไปแล้วในบทก่อนหน้านี้ แต่เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีข้อจำกัดในเรื่องจำนวน เครื่องจักร ที่ใช้ในการชั้นสกรู Top cover มีไม่เพียงพอต่อจำนวนฮาร์ดดิสก์ที่ต้องการผลิตในแต่ละวัน จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้งสองแบบ ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยออกเป็น 2 สภาวะด้วยกัน ดังนี้

1. วิธีการชั้นสกรู Top cover จะใช้วิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร และวิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่ ที่ให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์น้อยที่สุด และรองลงมาตามลำดับ

2. แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน จะใช้ค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 600 ลักซ์ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร และค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 700 ลักซ์ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่ ซึ่งให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์น้อยที่สุด ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างสำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ต่าง แสดงในรูปที่ 6.13 และ 6.14



รูปที่ 6.13 ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างที่มีค่าความเข้มแสง 600 ลักซ์



รูปที่ 6.14 ตำแหน่งของโคมไฟส่องสว่างที่มีค่าความเข้มแสง 700 ลักซ์

สรุประดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมต่อค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	หน่วย	ระดับที่เหมาะสม
1	วิธีการชั้นสกรู Top cover (Method)	-	วิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร
		-	วิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่ง ตัวด้วย Fixture แบบใหม่
2	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน (Light)	ลักซ์	600 (สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร)
		ลักซ์	700 (สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่)

บทที่ 7

การติดตามควบคุม

7.1 บทนำ

ขั้นตอนการติดตามควบคุม เป็นขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมและติดตามผล จากการปรับปรุงระดับของปัจจัยนำเข้าที่ได้จากขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ และให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่ย้อนกลับไปเกิดปัญหาเดิมซ้ำอีก โดยจัดทำแผนการควบคุมคุณภาพ และกำหนดการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน เพื่อติดตามและควบคุมปัจจัยเหล่านั้น

7.2 การทดสอบเพื่อยืนยันผล

ในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ ได้นำปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญไปออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ ซึ่งผลจากการออกแบบการทดลองเป็นเพียงข้อสรุปจากการทดลองเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องนำระดับของปัจจัยที่เหมาะสมมาทำการทดสอบ เพื่อยืนยันผลว่าของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ และค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หรือไม่ โดยมีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ปรับระดับของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยที่ได้จากขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการดังตารางที่ 6.3 ดังนี้

ปัจจัยที่ 1

- วิธีการขึ้นสกรู Top cover คือ ขึ้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร
- วิธีการขึ้นสกรู Top cover คือ ขึ้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่

ปัจจัยที่ 2

- ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงาน เท่ากับ 600 ลักซ์ (สำหรับวิธีการขึ้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร)
- ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงาน เท่ากับ 700 ลักซ์ (สำหรับวิธีการขึ้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่)

2. จำนวนฮาร์ดดิสก์ที่ทำการผลิตอ้างอิงจากการหาขนาดชิ้นงานตัวอย่างในบทที่ 5 หัวข้อ 5.3.1 โดยมีจำนวนฮาร์ดดิสก์ที่จะทำการผลิตเพื่อทดสอบยืนยันผลเท่ากับ 505 ชิ้นงาน
3. นำฮาร์ดดิสก์ที่ผลิตด้วยกระบวนการวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้งสองวิธีที่มีค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 600 ลักซ์ (สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร) และ 700 ลักซ์ (สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่) ไปทดสอบรอยรั่ว และบันทึกค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์
4. เปรียบเทียบอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว และค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

7.3 การวิเคราะห์การทดสอบยืนยันผล

จากการทดสอบเพื่อยืนยันผลด้วยการปรับระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทั้ง 2 ปัจจัย ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 7.2 แล้วทำการทดสอบยืนยันผลจากชิ้นงานตัวอย่าง 505 ชิ้นงาน โดยมีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ผลการทดสอบรอยรั่วเพื่อทดสอบยืนยันผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

กระบวนการ	ระดับของปัจจัย		Leak rate (mmH ₂ O)	
	วิธีการชั้นสกรู Top cover	ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงาน (ลักซ์)	Mean	StDev
ก่อนปรับปรุง	ชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบปัจจุบัน	600	0.364	1.100
หลังปรับปรุง	(สภาวะที่ 1) ชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่	700	0.267	0.190
	(สภาวะที่ 2) ชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร	600	0.190	0.144

จากผลการทดสอบรอยรั่ว เพื่อทดสอบยืนยันผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มีค่าลดลงจาก 0.364 มิลลิเมตรน้ำ เป็น 0.267 มิลลิเมตรน้ำ ในสภาวะที่ 1 และเป็น 0.190 มิลลิเมตรน้ำ ในสภาวะที่ 2 โดยมีค่าความแปรปรวนของค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ลดลง จาก 1.100 มิลลิเมตรน้ำ เป็น 0.190 มิลลิเมตรน้ำ ในสภาวะที่ 1 และเป็น 0.144 มิลลิเมตรน้ำ ในสภาวะที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า หลังการปรับปรุงกระบวนการด้วยระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมแล้ว ส่งผลให้กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

7.4 การติดตามผลการทดลอง

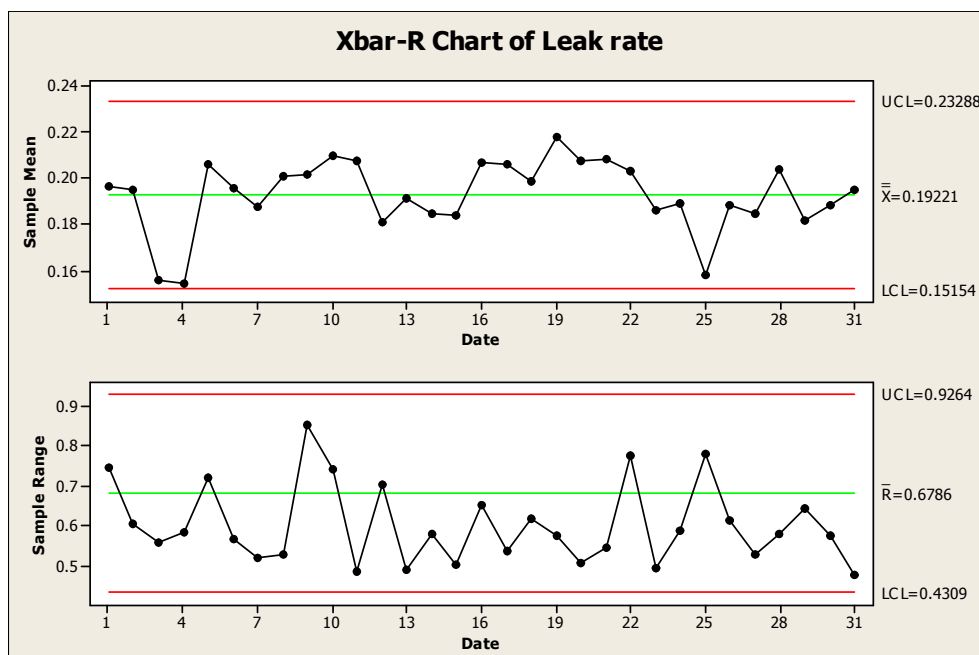
จากระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมที่ทำให้อัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มีค่าลดลง และค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่ลดลง คือ วิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่ ที่ค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 700 ลักซ์ และวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร ที่ค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 600 ลักซ์ นำมาเป็นค่ารับตั้งการทำงานในกระบวนการชั้นสกรู Top cover เพื่อทำการติดตามผลการทดลองด้วยแผนภูมิควบคุม Xbar-R ดังแสดงในรูปที่ 7.1 เป็นเวลา 31 วัน ด้วยจำนวนข้อมูล 3,100 ข้อมูล โดยมี

$$CL = \bar{\bar{X}} = 0.19221$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3S = 0.23288$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - 3S = 0.15154$$

โดย	CL	=	เส้นศูนย์กลาง
	UCL	=	ขอบเขตควบคุมบน
	LCL	=	ขอบเขตควบคุมล่าง
	$\bar{\bar{X}}$	=	ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดของประชากร
	S	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.01356



รูปที่ 7.1 แผนภูมิ Xbar-R ของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

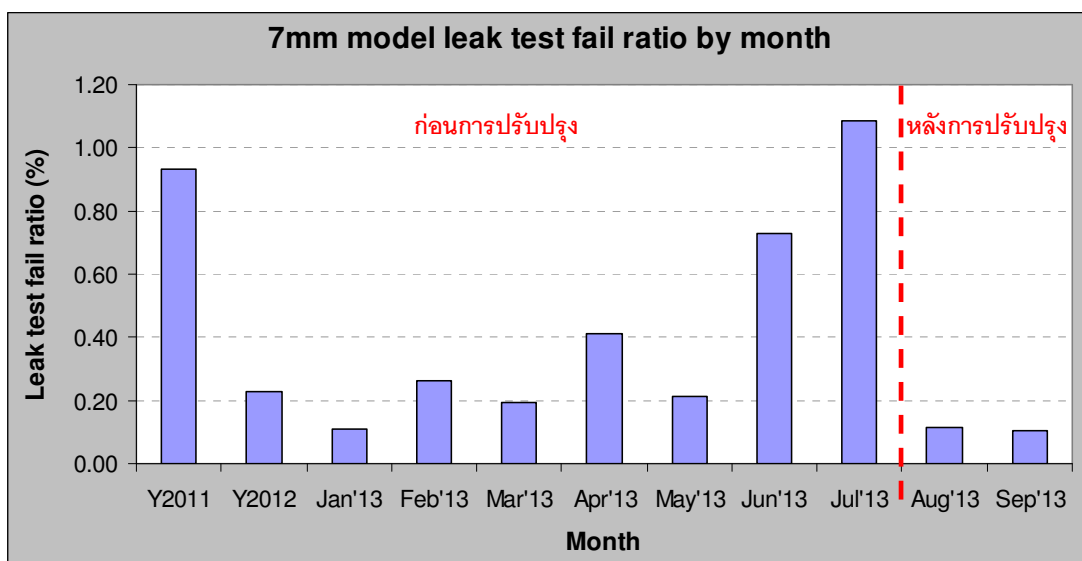
เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุม Xbar-R พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มีค่าเท่ากับ 0.19221 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำค่าปัจจุบันที่เหมาะสมที่ทำการทดลองมาเป็นค่าปรับตั้งในการทำงานในกระบวนการขั้นสูง Top cover เพื่อให้ของเสียประเภทรอยรั่วลดลงมากที่สุด

7.5 ผลหลังการปรับปรุงระดับของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

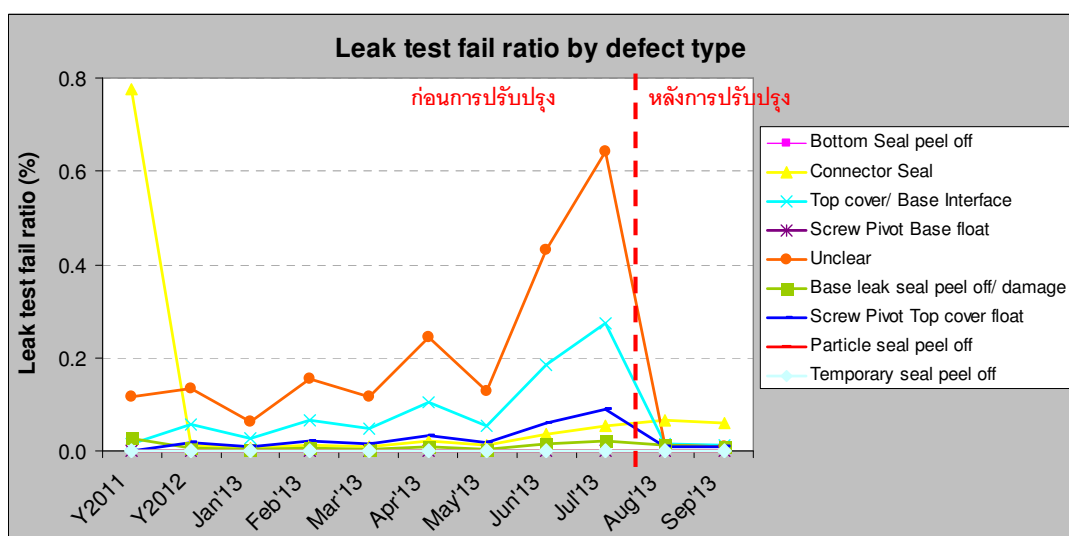
7.5.1 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว

เมื่อทำการพิจารณาของเสียประเภทรอยรั่วที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการที่ส่งผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ดังแสดงในรูปที่ 7.2 พบว่าอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.42% และหลังจากปรับปรุงกระบวนการแล้วทำให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วมีค่าลดลงเป็น 0.11% ซึ่งลดลงจากเดิมคิดเป็น 73.81% โดยที่สามารถแยกอัตราส่วนของเสียตามลักษณะการรั่วได้ดังรูปที่ 7.3 จากรูปพบว่าของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float มีอัตราส่วนลดลงภายหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนมีอัตราส่วนเฉลี่ยลดลงจาก 0.22% เป็น 0.01% ของเสียประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มีอัตราส่วนเฉลี่ยลดลงจาก

0.09% เป็น 0.01% และของเสียประเภทรอยรั่วจากสกรู Pivot Top cover float มีอัตราส่วนเฉลี่ยลดลงจาก 0.03% เป็น 0.01% และเมื่อทำการทดสอบสมมติฐานของอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วก่อนและหลังจากการปรับปรุงกระบวนการด้วยวิธี 2-Proportion test ดังแสดงในรูปที่ 7.4 พบว่าผลการทดสอบสมมติฐานมีค่า P-value น้อยกว่า 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงกระบวนการมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 7.2 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ



รูปที่ 7.3 อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วแยกตามลักษณะการรั่ว ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

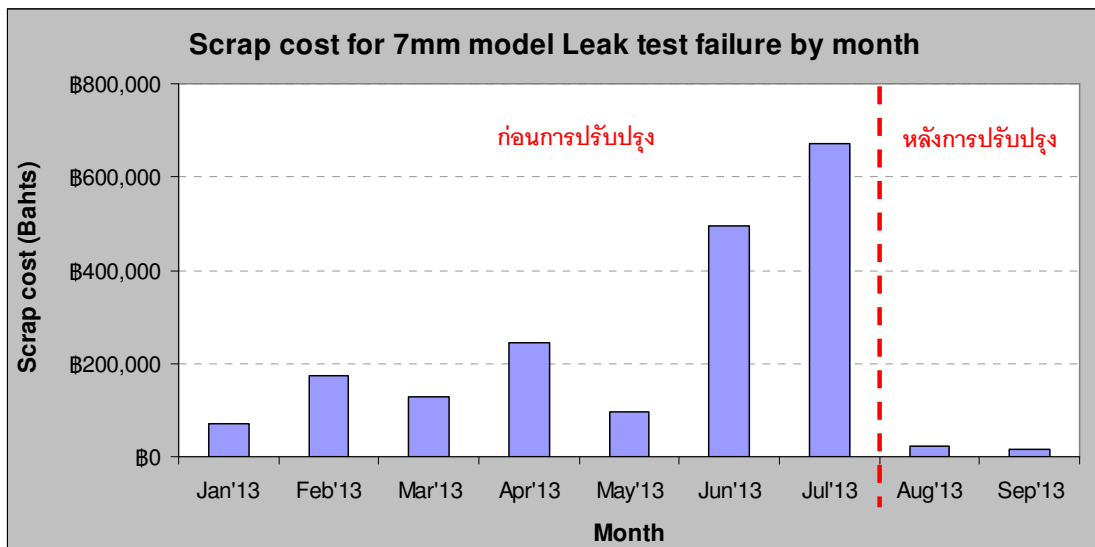
Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	1989	483454	0.004114
2	535	465887	0.001148

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.00296580
 95% CI for difference: (0.00276083, 0.00317077)
 Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 28.36 **P-Value = 0.000**

รูปที่ 7.4 ผลการทดสอบสมมติฐานของอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่ว
ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

7.5.2 มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรอยรั่ว

เมื่อทำการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรอยรั่วก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 7.5 พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือนมีค่าเท่ากับ 115,127 บาท และภายหลังจากการปรับปรุงกระบวนการแล้วมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรอยรั่วเฉลี่ยต่อเดือนลดลงเป็น 19,655 บาท ซึ่งมีมูลค่าลดลงจากเดิมคิดเป็น 82.93%



รูปที่ 7.5 มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรอยรั่วก่อนและหลังการปรับปรุง
กระบวนการ

7.6 แผนควบคุมระดับของปัจจัยนำเข้า

การกำหนดแผนควบคุมระดับของปัจจัยนำเข้า จะช่วยควบคุมและรักษาเสถียรภาพของกระบวนการขั้นสูง Top cover ที่ทำให้อัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไม่เกิดความผันแปรจนส่งผลกระทบต่อของเสียประเภทรอยร้าว โดยมีการตั้งค่าและควบคุมปัจจัยนำเข้าดังนี้

1. ออกเอกสาร PCN (Process Change Notice) เพื่อทำการเปลี่ยน Fixture ในการขั้นสูง Top cover เป็น Fixture แบบใหม่ทั้งหมด เอกสาร PCN แสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 เอกสาร PCN สำหรับเปลี่ยน Fixture ในการขั้นสูง Top cover แบบใหม่

2. กำหนดค่าความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ด้วยวิธีการขึ้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่ เท่ากับ 700±50 ลักซ์ เนื่องจากในการทดสอบ สมมติฐานพบว่า ที่ค่าความเข้มแสง 650 ลักซ์ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของ อากาศของฮาร์ดดิสก์ ดังนั้นจึงกำหนดค่าเผื่อของค่าความเข้มแสงไว้ที่ ±50 ลักซ์ และกำหนดค่า ความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ด้วยวิธีการขึ้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วย เครื่องจักร เท่ากับ 600 ลักซ์ เนื่องจากค่าความเข้มแสงไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการขึ้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร จึงกำหนดไว้ที่ค่าความเข้มแสงเท่ากับ 600 ลักซ์ เพื่อเป็นการประหยัด ค่าไฟฟ้า และกำหนดให้มีการตรวจสอบค่าความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ทุก เดือน โดยไปบันทึกการตรวจสอบพารามิเตอร์แสดงในรูปที่ 7.7

STATION NO.														
ใบตรวจเช็คการทำความสะอาดอุปกรณ์/เครื่องใช้การทำงานประจำเดือน			หน่วยงาน :			เอกสารเลขที่ : F-MTC-HDE-xxx								
ชื่อเรื่อง : การตรวจเช็คประจำเดือนของตำแหน่ง Top cover screw fastening			วันที่ทำการตรวจเช็ค : ทุกเดือน			ผู้ทำการตรวจเช็ค : พนักงาน (Operator)			วันที่ออกใช้ : 1 Sep 2013					
วันที่ตรวจเช็ค			จุดที่ต้องตรวจเช็ค/ค่าความสะอาด			ขอบเขตในการตรวจเช็ค/ค่าความสะอาด			วิธีการตรวจสอบอุปกรณ์					
ลำดับ	เวลา	ผู้ปฏิบัติงาน	รายการที่ต้องตรวจเช็ค/ค่าความสะอาด			รายละเอียดในการตรวจเช็ค/ค่าความสะอาด			ข้อบกพร่องที่พบ/สิ่งผิดปกติ					
1	ทุกเดือน	พนักงาน	Top cover screw fastening			1. ค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงาน			ตรวจสอบด้วยเครื่อง Lux meter					
						700 ± 50 Lux (Conveyor) 600 Lux (Machine)			ค่าพบปัญหาในแจ้งหัวหน้างาน					
รายการที่ต้องตรวจเช็คทั้งหมด						ระยะเวลาที่ตรวจเช็ค : ทุกเดือน								
ผู้สั่งงาน/ทำการตรวจเช็คแล้ว						ผู้ทำการตรวจ :			ตรวจสอบอย่างถูกต้อง (ปกติ)					
คำติชม/ข้อแนะนำให้ใส่หมายเลขในแจ้งซ่อม/ในช่องหมายเหตุ						(ตัวอักษร)			เดือน : <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 12					
ถ้าเป็นวันหยุดหรือไม่มีการทำงานในวันนั้น ๆ ให้ใส่เครื่องหมาย "N/A" ลงในช่องว่าง														
Station	เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	หมายเหตุ
Station#1	Lux													
	ชื่อ													
Station#2	Lux													
	ชื่อ													
Station#3	Lux													
	ชื่อ													
Station#4	Lux													
	ชื่อ													

รูปที่ 7.7 ไปบันทึกการตรวจสอบค่าความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover

3. กำหนดให้มีการทบทวนการฝึกอบรมพนักงานทุกๆ 6 เดือน เพื่อย้ำเตือนทักษะที่ถูกต้อง ในการปฏิบัติงานให้พนักงาน โดยมีการกำหนดระยะเวลาการทบทวนการฝึกอบรมในใบรับรองการ ปฏิบัติงานในตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ให้กับพนักงาน แสดงในรูปที่ 7.8

HGST (THAILAND) LIMITED			
CERTIFICATE BADGE			
NAME : นันทพร	SURNAME : เนตรสุวรรณ		
S/N : 2003529	HIRING DATE : 01/09/1999		
PROCESS	MODEL	CERTIFIED BY	CERTIFIED DATE
Top cover screw fastening	2.5" All	Niramol Ch.	1/8/2013 - 31/1/2014
..... / /
..... / /
..... / /
Training			

รูปที่ 7.8 ใบรับรองการปฏิบัติงานของพนักงาน

นอกจากมีการกำหนดการตั้งค่าและควบคุมปัจจัยนำเข้าต่างๆแล้ว เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและควบคุมปัจจัยนำเข้าให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ จึงมีการจัดทำแผนการควบคุมกระบวนการ (Control plan) ในการทดสอบบรอยรั่ว ดังแสดงในตารางที่ 7.2 ซึ่งมีการกำหนดค่าความเข้มแสงในตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover เป็นพารามิเตอร์ในการควบคุม โดยที่มีสเปกในการควบคุมเท่ากับ 600 ลักซ์ สำหรับวิธีการขึ้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร และ 700 ± 50 ลักซ์ สำหรับวิธีการขึ้นสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบใหม่ด้วยคน โดยที่ความถี่ในการตรวจสอบเป็นทุกเดือน และผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบคือ ฝ่ายผลิต โดยมีหน้าที่ทำการตรวจสอบค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงานให้ตรงตามข้อกำหนด จากนั้นทำการบันทึกค่าความเข้มแสงที่ทำการตรวจสอบ ในใบบันทึกการตรวจสอบค่าความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover (รูปที่ 7.7) ซึ่งถ้าเมื่อพบว่าค่าความเข้มแสงที่ทำการตรวจสอบมีค่าไม่ตรงตามข้อกำหนด ให้ทำการแจ้งช่างเทคนิค (Technician) เพื่อทำการแก้ไขค่าความเข้มแสงให้ตรงตามข้อกำหนดและทำการบันทึกสาเหตุพร้อมทั้งวิธีการแก้ไข ในใบบันทึกการตรวจสอบค่าความเข้มแสงของตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ด้วย

ตารางที่ 7.2 แผนการควบคุมในกระบวนการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์

ลำดับ	พารามิเตอร์	สเปก	หน่วย	ความถี่	วิธีการ	ผู้รับผิดชอบ	ไบบันทึกลับคุณภาพ	การตัดสินใจและการแก้ปัญหา
1	ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงาน สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว ด้วยเครื่องจักร	600	ลักซ์	ทุกเดือน	ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ให้ตรงตามข้อกำหนด	ฝ่ายผลิต	รูปที่ 7.7	แจ้งช่างเทคนิคเพื่อทำการแก้ไข และบันทึกสาเหตุและแก้ไขพารามิเตอร์ให้ตรงตามข้อกำหนด
2	ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงาน สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่	700±50	ลักซ์	ทุกเดือน	ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ให้ตรงตามข้อกำหนด	ฝ่ายผลิต	รูปที่ 7.7	แจ้งช่างเทคนิคเพื่อทำการแก้ไข และบันทึกสาเหตุและแก้ไขพารามิเตอร์ให้ตรงตามข้อกำหนด

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

งานวิจัยนี้ได้้นำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ และขั้นตอนการติดตามควบคุมมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์โดยปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ร่วมด้วย อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนความสูญเสีย และต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

8.2 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากขั้นตอนการนิยามปัญหา เพื่อทำการกำหนดปัญหาและคัดเลือกหัวข้อที่จะทำการปรับปรุง โดยเริ่มต้นจากศึกษากระบวนการผลิต เก็บข้อมูล และจัดลำดับความสำคัญของสภาพปัญหาในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา รวมทั้งจัดตั้งทีมงานในการดำเนินงาน ซึ่งในขั้นตอนนี้พบว่าของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หน้า 7 มิลลิเมตร มีอัตราส่วนมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียรวมเท่ากับ 6,154,934 บาท ในเดือนกรกฎาคม 2554 - กรกฎาคม 2556 โดยมีลักษณะการรั่วประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มากที่สุด รองลงมาเป็นประเภทรอยรั่วจาก Screw Pivot Top cover float โดยมีอัตราส่วนของเสียรวมกันเป็น 92.6% ของอัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วทั้งหมด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์ โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์

8.3 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา เริ่มจากการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อให้มั่นใจในเสถียรภาพของระบบการวัด โดยวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยรั่ว จากผลการวิเคราะห์พบว่า เครื่องทดสอบรอยรั่วมีค่าความแปรปรวนที่มาจากกระบวนการวัด ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดซ้ำน้อยกว่า 10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่

สามารถยอมรับได้ตามการอ้างอิงจาก AIAG ดังนั้นจึงถือได้ว่าระบบการวัดนี้มีความแม่นยำและความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการทำให้เกิดของเสียจากการทดสอบรอยรั่วโดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล พบว่า ปัญหาทั้งสองลักษณะมีสาเหตุของปัญหาแบบเดียวกัน โดยแบ่งเป็นหมวดหมู่ได้ดังนี้

- สาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบ คือ Top cover มีขนาดมากกว่าข้อกำหนด
- สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร คือ Fixture ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ในขณะที่ทำการขันสกรู

Top cover มีการกำหนดตำแหน่ง Top cover ไม่ตรงกึ่งกลาง Base

- สาเหตุที่เกิดจากคน คือ พนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน
- สาเหตุที่เกิดจากวิธีการ คือ วิธีการขันสกรู Top cover ที่ไม่ดีทำให้ Top cover เยื้อง
- สาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม คือ ความสว่างของพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ

จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ของกระบวนการผลิตต่อลักษณะรอยรั่วทั้งสองโดยอ้างอิงเทคนิค FMEA และนำคะแนน RPN มาเรียงลำดับด้วยแผนภาพพาเรโต โดยใช้กฎ 80:20 พบว่า มีปัจจัยที่สำคัญที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทั้งหมด 2 ปัจจัย คือ

- 1) วิธีการขันสกรู Top cover
- 2) แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

8.4 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จะนำปัจจัยที่สำคัญที่ได้จากขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหามาทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ัยสำคัญของสาเหตุของปัญหา โดยมีปัจจัยนำเข้าที่ควบคุมได้และสามารถนำไปทดสอบสมมติฐานได้ 2 ปัจจัยคือ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยทำการกำหนดระดับของปัจจัยในการทดสอบสมมติฐานออกเป็น 2 ระดับ จากผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยนำเข้าทั้งสองปัจจัยมีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงนำปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย คือ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนถัดไป

8.5 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ จะนำปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์มาทำการออกแบบการทดลอง เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่

ทำให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ลดลงมากที่สุด ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย โดยกำหนดระดับของปัจจัยเป็น 3 ระดับ จากผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย พบว่าปัจจัยหลัก วิธีการชั้นสกรู Top cover และ แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศ แต่อิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัย ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศ ดังนั้น ผู้ทำการวิจัยจึงนำปัจจัยหลักทั้งสองปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ โดยทำการทดสอบที่ระดับของปัจจัยต่างๆ ครั้งละหนึ่งคู่การทดลอง จากผลการออกแบบการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ พบว่า วิธีการชั้นสกรู Top cover มีผลต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับของปัจจัยต่างๆ และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานมีผลต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่ระดับของปัจจัย 600 และ 700 ลักซ์ เท่านั้น แต่ที่ระดับของปัจจัย 650 ลักซ์ แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แต่เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีข้อจำกัดในเรื่องจำนวน เครื่องจักร ที่ใช้ในการชั้นสกรู Top cover มีไม่เพียงพอต่อจำนวนฮาร์ดดิสก์ที่ต้องการผลิตในแต่ละวัน จึงสามารถกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยออกเป็น 2 สภาวะด้วยกัน ดังนี้

- 1) วิธีการชั้นสกรู Top cover คือ วิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร และวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบใหม่
- 2) แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานที่ระดับ 600 ลักซ์ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร และค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 700 ลักซ์ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่

8.6 บทสรุปขั้นตอนการติดตามควบคุม

ขั้นตอนการติดตามควบคุมเป็นขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัยนี้ จากผลการทดสอบและยืนยันผลโดยการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ไว้ที่ระดับที่เหมาะสมพบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการร้าวไหลของอากาศมีค่าลดลงจาก 0.364 มิลลิเมตรน้ำ เป็น 0.267 มิลลิเมตรน้ำ ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบใหม่ ที่ค่าความเข้มแสง 700 ลักซ์ และลดลงเป็น 0.190 มิลลิเมตรน้ำ ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร ที่ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 600 ลักซ์

เมื่อทำการวิเคราะห์อัตราส่วนของเสีย เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ พบว่า อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวเฉื่อยมีค่าลดลงจากอัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวเฉื่อย ก่อนการปรับปรุงกระบวนการเท่ากับ 0.42% เป็นอัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวเฉื่อยหลังการปรับปรุงกระบวนการเท่ากับ 0.11% ซึ่งลดลงจากเดิมคิดเป็น 73.81% และเมื่อเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรอยร้าวเฉื่อยต่อเดือน พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการ มูลค่าความสูญเสียเฉื่อยต่อเดือนเป็น 115,127 บาท และภายหลังจากการปรับปรุงกระบวนการ แล้วมูลค่าความสูญเสียเฉื่อยต่อเดือนลดลงเป็น 19,655 บาท ซึ่งมีมูลค่าลดลงจากเดิมคิดเป็น 82.93%

8.7 ข้อจำกัดในการทดลอง

1. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 7 มิลลิเมตร และทำการศึกษาของเสียประเภทรอยร้าว ที่มีลักษณะการร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และรอยร้าวจาก Screw Pivot Top cover float เท่านั้น

2. งานวิจัยนี้ไม่สามารถปรับปรุงกระบวนการ ด้วยระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดเพียงแบบเดียวได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวน เครื่องจักร ที่ใช้ในการขึ้นสกรู Top cover มีไม่เพียงพอต่อจำนวนฮาร์ดดิสก์ที่ต้องการผลิตในแต่ละวัน

3. ลำดับในการขึ้นสกรู Top cover เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้ จึงไม่สามารถนำมาทำการทดลองในงานวิจัยนี้ได้

8.8 ข้อเสนอแนะ

1. ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาของเสียประเภทรอยร้าวของผลิตภัณฑ์รุ่นงานอื่นได้

2. จากการศึกษาวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยร้าวพบว่ายังมีลักษณะการร้าวแบบอื่นๆด้วย ถ้าทำการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียประเภทรอยร้าวลักษณะอื่นๆได้ จะช่วยทำให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวและมูลค่าความสูญเสียลดลงได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กันตา สุวรรณฤทธิ์ และณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย. 2554. การลดของเสียในกระบวนการเขียน
สัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยใช้แนวคิดลีน ชิเกะ ชิเกมา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์. 13
(มีนาคม 2554): 47-60.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น.
- เกษม พิพัฒน์ปัญญาคุณ และคณะ. 2552. การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
กรณีศึกษา: สายการประกอบ Hard Disk Enclosure (HDE). ภาควิชาวิศวกรรม
อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชัยพันธ์ พัทธกุล. 2552. การลดของเสียจากการส่งมอบฐานรองรับมอเตอร์โดยใช้แนวทางชิเกะ
ชิเกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชา
วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชิต เหล่าวัฒนา และณัฐพงศ์ วุฒิกกร. 2544. การปรับปรุงคุณภาพระบบการวัดความสั้นสะเทือน
ของสปินเดิลมอเตอร์โดยผ่านแนวทางชิเกะชิเกมา. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 24
(กันยายน-ธันวาคม 2544): 247-267.
- จิตติมา จินตนาวัน. 2554. ครึ่งศตวรรษฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ กับเส้นทางในอนาคต [ออนไลน์].
แหล่งที่มา: <http://www.eng.chula.ac.th/newsletter/index.php?q=node/227>,
[19 เมษายน 2554].
- นภัตสวงค์ โจรจนโรวรรณ. 2554. การควบคุมคุณภาพ (Quality control). กรุงเทพมหานคร : คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (เอกสารไม่
ตีพิมพ์)

ปารเมศ ชูติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลำปาง แสงจันทร์. 2554. การควบคุมคุณภาพ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.lampang.cmustat.com/QC_Book/Lesson%206.pdf, [28 มกราคม 2554].

วรรษัย เยาวภาณี. 2552. การควบคุมคุณภาพทางสถิติ. กรุงเทพมหานคร : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

วราภรณ์ ขำสนิท. 2551. การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการฉีดพลาสติกกรณีที่มีข้อบกพร่องหลายชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันเพ็ญ มูลครบุรี. 2554. การวิเคราะห์การรบกวนจากความผิดพลาดในการแสดงผลซ้ำเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตของชุดหัวอ่านเขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิกุมิ เลิศปริชาทกมล. 2551. การควบคุมคุณภาพโดยวิธีซีกซ์ซิกมาของบริษัทอินโนเวทซ์ (ประเทศไทย) จำกัด. การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริภัทร เบญจวารี. 2554. SIX SIGMA. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ie.eng.chula.ac.th/2544/senior43/096/basic_knowledge.htm, [10 กันยายน 2554]

ภาษาอังกฤษ

HITACHI Global Storage Technologies Ltd. 2010. MFG SPEC FOR 2.5" LEAK, PARTICLE TEST. Japan. (Mimeographed)

Wang G., Wang L., Dong L., and Huang Z. 2007. Study on Leak Rate Formula and Criterion for Helium Mass Spectrometer Fine Leak Test. Beijing Keytone Electronic Relay Corporation, and The 40th Research Institute of CECT.

Youn-Won Park and Yeon-Ki Chung. 1999. Leak-before-break assessment of CANDU pressure tube considering leak detection capability. Korea Institute of Nuclear Safety, South Korea.

Young H.K., and Frank T.A. 2006. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. The George Washington University.

Y.S. Chang, J.U. Jeong, Y.J. Kim, S.S. Hwang and H.P. Kim. 2009. Enhancement of leak rate estimation model for corroded cracked thin tubes. Sungkyunkwan University.

Yukio Takahashi. 2002. Evaluation of leak-before-break assessment methodology for pipes with a circumferential through-wall crack. Part III: estimation of crack opening area. Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan.

ภาคผนวก

การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่ระดับของ
ปัจจัยต่างๆ

ก.1 การทดสอบสมมติฐานระหว่างวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน และการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้ เครื่องจักร สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้ μ_1 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบปัจจุบัน

μ_2 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้ เครื่องจักร

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน)

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน)

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือค่าสถิติทดสอบซี โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ของวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี แสดงในรูปที่ ก.1

z-Test: Two Sample for Means		
	Current Fixture	Machine
Mean	0.328229514	0.190125406
Known Variance	0.9841	0.0246
Observations	13851	13851
Hypothesized Mean Difference	0	
z	16.18326521	
P(Z<=z) two-tail	0	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ ก.1 ผลการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบที่เท่ากับ 16.18 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value น้อยกว่า 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าวิธีการชั้นสกรู Top cover มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ก.2 การทดสอบสมมติฐานระหว่างวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบใหม่ และการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้ เครื่องจักร

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้	μ_1	แทน	ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว โดยใช้ Fixture แบบใหม่
	μ_2	แทน	ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละ 6 ตัว โดยใช้ เครื่องจักร

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน)

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน)

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือค่าสถิติทดสอบที โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ของวิธีการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 วิธี แสดงในรูปที่ ก.2

z-Test: Two Sample for Means		
	New Fixture	Machine
Mean	0.275387986	0.190125406
Known Variance	0.44	0.0246
Observations	13851	13851
Hypothesized Mean Difference	0	
z	14.72174984	
P(Z<=z) two-tail		0
z Critical two-tail		1.959963985

รูปที่ ก.2 ผลการทดสอบสมมติฐานของวิธีการชั้นสกู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบซีเท่ากับ 14.72 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value น้อยกว่า 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธีการชั้นสกู Top cover ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าวิธีการชั้นสกู Top cover มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ก.3 การทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกู Top cover เท่ากับ 600 ลักซ์ และ 650 ลักซ์

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้ μ_1 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความสว่างที่ตำแหน่งการชั้นสกู Top cover เท่ากับ 600 ลักซ์

μ_2 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความสว่างที่ตำแหน่งการชั้นสกู Top cover เท่ากับ 650 ลักซ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าไม่แตกต่างกัน)

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าแตกต่างกัน)

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือค่าสถิติทดสอบซี โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า แสดงในรูปที่ ก.3

z-Test: Two Sample for Means		
	600 Lux	650 Lux
Mean	0.278138185	0.262729478
Known Variance	0.5817	0.502
Observations	13851	13851
Hypothesized Mean Difference	0	
z	1.742016337	
P(Z<=z) two-tail	0.081505586	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ ก.3 ผลการทดสอบสมมติฐานของค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบซีเท่ากับ 1.74 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value เท่ากับ 0.08 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าไม่แตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ก.4 การทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover เท่ากับ 600 ลักซ์ และ 700 ลักซ์

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้ μ_1 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความสว่างที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover เท่ากับ 600 ลักซ์

μ_2 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความสว่างที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover เท่ากับ 700 ลักซ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าไม่แตกต่างกัน)

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าแตกต่างกัน)

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือค่าสถิติทดสอบซี โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชั้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า แสดงในรูปที่ ก.4

z-Test: Two Sample for Means		
	600 Lux	700 Lux
Mean	0.278138185	0.252875244
Known Variance	0.5817	0.3744
Observations	13851	13851
Hypothesized Mean Difference	0	
z	3.04069471	
P(Z<=z) two-tail	0.00236033	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ ก.4 ผลการทดสอบสมมติฐานของค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบซีเท่ากับ 3.04 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value เท่ากับ 0.002 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าแตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ก.5 การทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover เท่ากับ 650 ลักซ์ และ 700 ลักซ์

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า มีค่าไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับทดสอบในทางสถิติ

กำหนดให้ μ_1 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความสว่างที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover เท่ากับ 650 ลักซ์

μ_2 แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความสว่างที่ตำแหน่งการขึ้นสกรู Top cover เท่ากับ 700 ลักซ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าไม่แตกต่างกัน)

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ (หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าแตกต่างกัน)

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 2-Sample Z Test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคือค่าสถิติทดสอบซี โดยผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่า แสดงในรูปที่ ก.5

z-Test: Two Sample for Means		
	650 Lux	700 Lux
Mean	0.262729478	0.252875244
Known Variance	0.502	0.3744
Observations	13851	13851
Hypothesized Mean Difference	0	
z	1.238831577	
P(Z<=z) two-tail	0.215407877	
z Critical two-tail	1.959963985	

รูปที่ ก.5 ผลการทดสอบสมมติฐานของค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover

ด้วยวิธี 2-Sample Z Test

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าสถิติทดสอบซีเท่ากับ 1.24 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $Z_{critical}$ เท่ากับ 1.96 และค่า P-value เท่ากับ 0.215 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ที่มีค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover ทั้ง 2 ค่ามีค่าไม่แตกต่างกัน หรืออาจสรุปได้ว่าค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งการชันสกรู Top cover ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ – ชื่อสกุล	นางสาวสุธินันท์ ฤทธิทอง
วัน เดือน ปี เกิด	12 ตุลาคม 2528
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ที่อยู่ปัจจุบัน	100 หมู่ 9 ตำบลพยุหะ อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ 60130
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	วิศวกรฝ่ายผลิต โรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2550 วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยี พอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่