



การลดข้อบกพร่องประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Leak Defect Reduction of Hard Disk Drives

สุธินันท์ ฤทธิทอง^{1*}, อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉิมไชย¹
Suthinan Ritthong^{1}, Angsumalin Senjuntichai¹*

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*Correspondent author: suthinan.r@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

การทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นการทดสอบอย่างหนึ่งเพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะไม่มีสิ่งแปลกปลอมหลุดเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และทำความเสียหายให้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าข้อบกพร่องที่พบบ่อยที่สุดได้แก่ รอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และรอยรั่วจาก Screw Pivot Top cover float ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบ ซิกมา ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงกระบวนการและการติดตามควบคุม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า วิธีการขันสกรู Top cover และความเข้มแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศเนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัยสำหรับปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัย โดยที่ระดับของแต่ละปัจจัยเท่ากับ 3 ระดับ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศ ในขณะที่อิทธิพลของปัจจัยหลักมีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธีการขันสกรูด้วยเครื่องจักรและความเข้มแสงที่ระดับ 600 ลักซ์ มีผลให้อัตราการรั่วไหลของอากาศต่ำสุด ผลจากการปรับระดับของปัจจัยที่เหมาะสมดังกล่าวแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ลดลงจาก 0.364 มิลลิเมตรน้ำ เป็น 0.190 มิลลิเมตรน้ำ และส่งผลให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วลดลงจาก 0.42% เป็น 0.11% คิดเป็น 73.81%

Abstract

Leak test is one of the function tests for Hard Disk Drives (HDD). It was realized that most of the leak defects are leak defects with leak defects at the Top cover and Base and leak defects from Screw Pivot Top cover float. 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, with P-values less than 0.05, are significant factors for air leak rate. 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 conditions 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%.

คำสำคัญ: การทดสอบรอยรั่ว ซิกซ์ ซิกมา ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Keywords: Leak test, Six sigma, Hard Disk Drives

1. บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในตลาดโลกมีทิศทางการเติบโตที่ต่อเนื่อง และประเทศไทยเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่รายหนึ่งของโลก ธุรกิจฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการแข่งขันกันสูงทั้งในด้านเทคโนโลยีการผลิต ราคา คุณภาพและการส่งมอบให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้ผู้ผลิตแต่ละรายให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่ดีที่สุดให้กับลูกค้าด้วยความรวดเร็วและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ต้องผลิตสินค้าที่ดีที่สุดให้กับลูกค้าแล้ว ผู้ผลิตยังต้องพยายามหาแนวทางปรับปรุงและลดต้นทุนการผลิตลง อีกทั้งยังต้องทำให้ของเสียในกระบวนการผลิตมีปริมาณน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถทำกำไรและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไปด้วย ซึ่งการลดของเสียในกระบวนการผลิตถือว่าเป็นวิธีการลดต้นทุนอย่างหนึ่งที่ผู้ผลิตสามารถทำได้ กระบวนการทดสอบรอยรั่วเป็นการทดสอบอย่างหนึ่งในขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลังจากทำการประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้วเพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีสิ่งแปลกปลอมหลุดเข้าไปทำให้เกิดความเสียหายกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุหลักและทำการแก้ปัญหาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยประยุกต์ใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา โดยแนวคิดของซิกซ์ ซิกมามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

ซิกซ์ ซิกมา คือ การใช้หลักสถิติในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยใช้ควบคู่กับการบริหารโครงการ และเน้นผลสำเร็จในรูปของมูลค่าการลดต้นทุน

จากการดำเนินโครงการ ถือเป็นเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) และกลยุทธ์การจัดการธุรกิจ (Business Strategy) (1) โดยกระบวนการซิกซ์ ซิกมาประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) ระบุนิยามปัญหา (Define)
- 2) ระบุวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measurement)
- 3) ระบุวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis)
- 4) ระบุปรับปรุงกระบวนการ (Improvement)
- 5) ระบุติดตามควบคุมกระบวนการ (Control)

กรอบการทำงานของกระบวนการซิกซ์ ซิกมานั้นคือการพยายามหาจุดบกพร่องหรือสาเหตุและทำการควบคุมให้ถูกต้อง ในการนำกระบวนการซิกซ์ ซิกมาไปปรับใช้อย่างต่อเนื่องสามารถทำให้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลงได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมาเป็นการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสีย โดยนำข้อมูลทางสถิติมาช่วยในการตัดสินใจและหาแนวทางแก้ไข โดยมุ่งเน้นที่การปรับปรุงสมรรถนะของกระบวนการอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน จะเห็นได้จากการนำแนวคิดการผลิตแบบซิกซ์ ซิกมา ไปใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ดังเช่นงานวิจัยเรื่อง Defect Reduction of Signal Writing Process in Hard Disk Drive by Lean Six Sigma (2), Bit Error Rate Improvement for Hard Disk Drive (3) หรือ Spiral Defect Reduction of Hard Disk Drive Media (4) รวมถึงการประยุกต์ใช้แนวคิดนี้ในหน่วยงานอื่นๆ (5) ที่นอกเหนือจากหน่วยงานผลิต

เครื่องมือทางสถิติที่มีการนำมาใช้ในขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอนของแนวคิดซิกซ์ ซิกมาเพื่อระบุสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไข ได้แก่ กฎ 80/20 ของพารेटโต ซึ่งอธิบาย

ถึงสิ่งที่สำคัญหรือมีประโยชน์จะมีอยู่เป็นจำนวนที่น้อยกว่าสิ่งที่ไม่สำคัญหรือไม่มีประโยชน์ที่มีจำนวนมากกว่าในอัตราส่วน 20 ต่อ 80 มาใช้ในการกำหนดปัญหา โดยนำสาเหตุของปัญหาที่มีอัตราส่วน 80 มาหาแนวทางแก้ไขต่อไป หรือการตรวจสอบความสามารถในการวัดของกระบวนการ โดยพิจารณาความแม่นยำและความเที่ยงของเครื่องมือวัดจาก ค่า %GR&R (Gage Repeatability and Reproducibility) ซึ่งค่า %GR&R ที่สามารถยอมรับระบบการวัดได้ต้องมีค่าน้อยกว่า 10% รวมถึงการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Hypothesis Testing) เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ และการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหาแนวทางแก้ไข สำหรับการติดตามควบคุมกระบวนการ มีการจัดทำแผนการควบคุมโดยใช้เครื่องมือคุณภาพที่เหมาะสม เช่น แผนภูมิควบคุมต่างๆ ในการตรวจติดตาม และควบคุมปัจจัยนำเข้า เพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง (6)

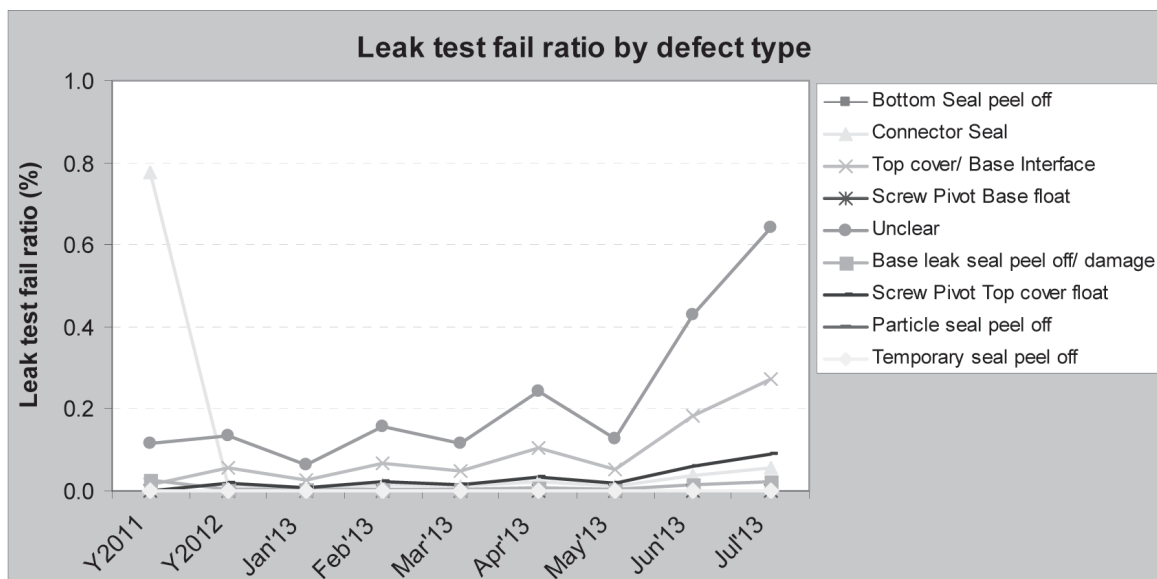
3. การดำเนินงานและผลการวิจัย

3.1 ระยະนิยามปัญหา

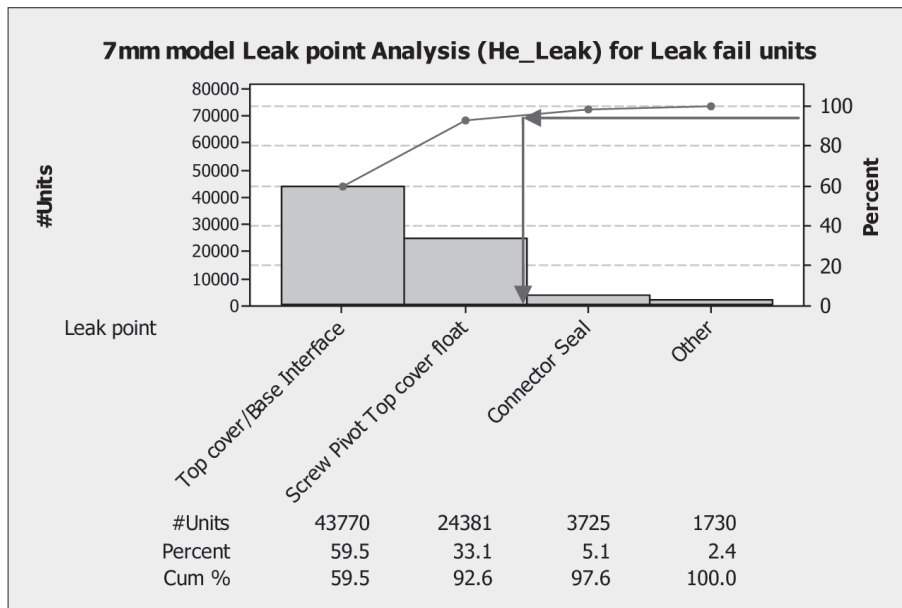
จากการเข้าไปศึกษาสภาพการทำงานภายในโรงงานกรณีศึกษาและวิเคราะห์ของเสียประเภทรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในเดือนกรกฎาคม 2554-เดือนกรกฎาคม 2556 พบว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ความหนา

7 มิลลิเมตร มีของเสียประเภทรอยรั่วในอัตราส่วนที่สูงคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียรวม 6,154,934 บาท และของเสียประเภทนี้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม 2555 – เดือนกรกฎาคม 2556 ดังรูปที่ 1

และเมื่อนำของเสียประเภทรอยรั่วในระยะเวลาดังกล่าวมาวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีวัดความดันอากาศ พบว่าลักษณะการรั่วประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน (Unclear) มีอัตราส่วนสูงถึง 59.1% รองลงมาเป็นประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 25.2% ประเภทรอยรั่วจาก Screw Pivot Top cover float คิดเป็นอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 8.3% จากของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ได้มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์หารอยรั่วด้วยวิธีการตรวจจับการรั่วด้วยก๊าซฮีเลียมซึ่งเป็นกระบวนการทดสอบรอยรั่วในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกหลุดรอดเข้าไปทำความเสียหายให้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยการนำก๊าซฮีเลียมมาช่วยในการหาอัตราการรั่วของอากาศ (7, 8) ทำให้สามารถหาจุดที่ก๊าซรั่วไหลแล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการรั่วไหลและนำมาปรับปรุงเพื่อลดอัตราการรั่วไหลของก๊าซ (9) พบว่าเป็นลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base เท่ากับ 58% และรอยรั่วจาก Screw Pivot Top cover float เท่ากับ 42% ของของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนทั้งหมด ซึ่งเมื่อนำลักษณะการรั่วที่ได้กล่าวมาแล้วมาทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1. อัตราส่วนของเสียประเภทต่างๆ ของการทดสอบรอยรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



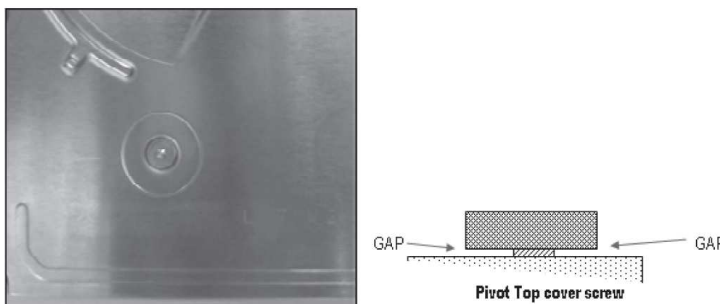
รูปที่ 2. อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วแยกตามลักษณะการรั่ว

พบว่ารอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มีอัตราส่วนมากที่สุด คิดเป็น 59.5% รองลงมาเป็นรอยรั่วจาก Screw Pivot Top cover float 33.1% รอยรั่วที่ยางป้องกันการรั่วของจุดเชื่อมต่อ (Connector seal) 5.1% และประเภทอื่นๆ 2.4% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแผนภาพพาเรโตและอาศัยกฎ 80/20 ของพาเรโต พบว่าลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base ดังรูปที่ 3 และรอยรั่วจาก Pivot Top cover screw float ดังรูปที่ 4 มีอัตราส่วนรวมกันเป็น 92.6% ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกของเสีย 2 ลักษณะนี้มาทำการลดของเสียประเภทรอยรั่ว



รูปที่ 3. ลักษณะรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base



รูปที่ 4. ลักษณะรอยรั่วจาก Pivot Top cover screw float

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าถ้ามีอัตราส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่น้อยยิ่งดีแสดงถึงกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ดี ทำให้เกิดของเสียน้อย ซึ่งทางบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์แบบพิกัดด้านเดียวคือ ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านสูง มีค่าเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรน้ำ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าว และค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์พบว่าเมื่ออัตราส่วนของเสียประเภทรอยร้าวสูง จะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีค่าสูงขึ้นด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.2 ระยะเวลาวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์ระบบการวัดทำเพื่อให้มั่นใจในเสถียรภาพของระบบการวัด โดยทำการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวที่ใช้ในการทดสอบรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้ง 3 เครื่อง โดยวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) และความสามารถในการให้ผลซ้ำ (Reproducibility) ด้วยโปรแกรม Minitab โดยวิธี ANOVA และนำค่า %GR&R มาวิเคราะห์ โดยอ้างอิงเกณฑ์ของ AIAG (The Automotive Industry Action Group) (10) ดังตารางที่ 1

ค่า Number of Distinct Catagories (ndc) มาตรฐานกำหนดให้ค่า ndc ที่ได้ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 5 แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการประเมินความผันแปรของกระบวนการได้

ตารางที่ 1. เกณฑ์ในการประเมินระบบการวัด

%GR&R	ความหมายในการยอมรับ
$\%GR\&R < 10\%$	สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้
$10\% \leq \%GR\&R < 30\%$	อาจจะยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งที่ประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ
$\%GR\&R \geq 30\%$	ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้ มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

จากการวิเคราะห์ความผันแปรของเครื่องทดสอบรอยร้าวทั้ง 3 เครื่อง พบว่าเครื่องทดสอบรอยร้าวทั้ง 3 เครื่องมีค่า %GR&R เท่ากับ 17.87%, 22.17% และ 25.05% ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 30% ซึ่งอาจจะยอมรับความสามารถของระบบการวัดนี้ได้ และเมื่อพิจารณาค่า ndc พบว่าเครื่องทดสอบรอยร้าวทั้ง 3 เครื่องมีค่า ndc เท่ากับ 7, 6 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและเท่ากับ 5 แสดงว่าระบบการวัดนี้สามารถจำแนกข้อมูลของกระบวนการได้ตามข้อกำหนด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดของเครื่องทดสอบรอยร้าวทั้ง 3 เครื่องอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

จากนั้นนำแผนภาพแสดงสาเหตุและผลมาช่วยในการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการทำให้เกิด

ของเสียจากการทดสอบรอยร้าว พบว่าปัญหาทั้งสองลักษณะมีสาเหตุของปัญหาแบบเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นหมวดหมู่ได้ดังนี้

- 1) สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร คือ Fixture มีการกำหนดตำแหน่ง Top cover ไม่ดี
- 2) สาเหตุที่เกิดจากคน คือ พนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติงาน
- 3) สาเหตุที่เกิดจากวิธีการ คือ วิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว ทำให้ Top cover เยื้องในขณะขันสกรู
- 4) สาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม คือ ความสว่างของพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ

จากสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อของเสียประเภท

รอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และของเสียดึงประเภทรอยร้าวจาก Pivot Top cover screw float นำมาสู่การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อลักษณะของเสียดึงกล่าว เพื่อถ่วงน้ำหนักปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศจริงๆ และนำสาเหตุที่ถูกพิจารณาและค่าคะแนน Risk Priority Number (RPN) ซึ่งเป็นผลคูณของคะแนนระหว่างโอกาสในการเกิดสาเหตุและความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องมาเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5 และจากกฎ 80/20 ของพาเรโต พบว่ามี 3 ปัจจัยนำเข้าสู่ส่งผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าว คือ Fixture, วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน แต่เนื่องจากปัจจัย Fixture จะต้องใช้กับวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวเท่านั้น จึงได้มีการออกแบบ Fixture แบบใหม่ สำหรับวิธีการขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวและใช้เครื่องจักรขันสกรู Top cover พร้อมกันครั้งละ 6 ตัว จึงนำปัจจัย Fixture และวิธีการขันสกรู Top cover มารวมกันเป็นปัจจัยวิธีการขันสกรู Top cover ดังนั้นสรุปปัจจัยที่จะนำไปวิเคราะห์ในระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มีด้วยกัน 2 ปัจจัย คือ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

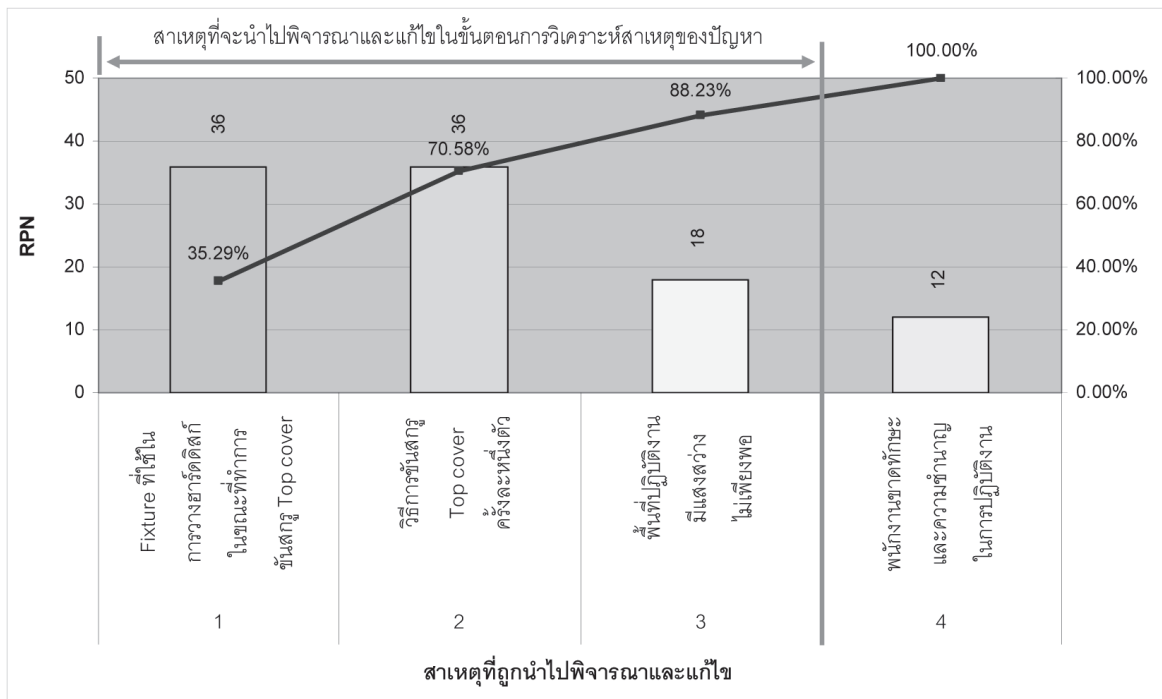
3. 3 ระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

หลังจากทำการถ่วงน้ำหนักปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่ออัตราการร้าวไหลของอากาศในระยะเวลาวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาแล้ว ในระยะนี้จะทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยนำเข้าที่สนใจนั้นมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อของเสียดึงประเภทรอยร้าวทั้งสองจริงหรือไม่

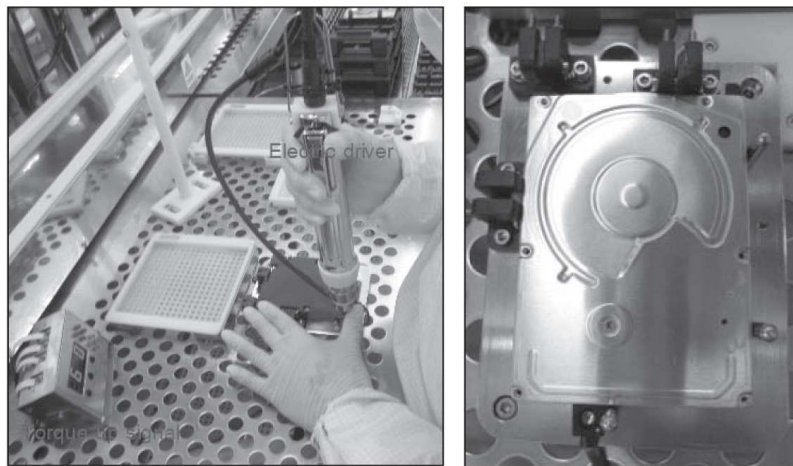
ปัจจัยนำเข้าที่เลือกมาทำการทดสอบสมมติฐานมี 2 ปัจจัยคือ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยทำการกำหนดระดับของปัจจัยเป็น 2 ระดับคือ

- 1) วิธีการขันสกรู Top cover กำหนดเป็น 2 ระดับ คือ การขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัว ด้วย Fixture แบบปัจจุบัน และการขันสกรู Top cover พร้อมกันครั้งละ 6 ตัว ด้วยเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7
- 2) แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานกำหนดเป็น 2 ระดับ คือ ค่าความเข้มแสง 600 ลักซ์ และ 700 ลักซ์

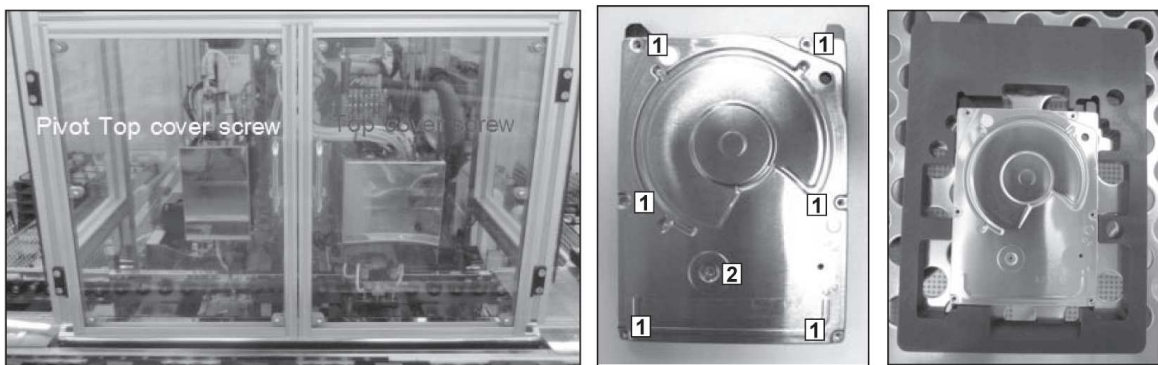
การทดสอบสมมติฐาน โดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม (2-Sample Z Test) ทำเพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม



รูปที่ 5. แผนภาพพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่มีผลกระทบต่อลักษณะรอยร้าวที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base และลักษณะรอยร้าวจาก Pivot Top cover screw float



รูปที่ 6. วิธีการขันสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัว ด้วย Fixture แบบปัจจุบัน



รูปที่ 7. วิธีการขันสกรู Top cover พร้อมกันครึ่งละ 6 ตัวและ Fixture ด้วยเครื่องจักร

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยนำเข้าที่ทำการศึกษา

ลำดับ	ปัจจัย	Z-test	P-value	สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน
1	วิธีการขันสกรู Top cover	2.65	0.008	มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศอย่างมีนัยสำคัญ
2	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน	2.45	0.014	มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศอย่างมีนัยสำคัญ

มีความแตกต่างกันหรือไม่ และจะนำปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญไปทำการทดลอง ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงในตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยวิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงนำปัจจัยทั้งสองไปออกแบบการทดลองในระยะเวลาการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

3.4 ระยะเวลาปรับปรุงกระบวนการ

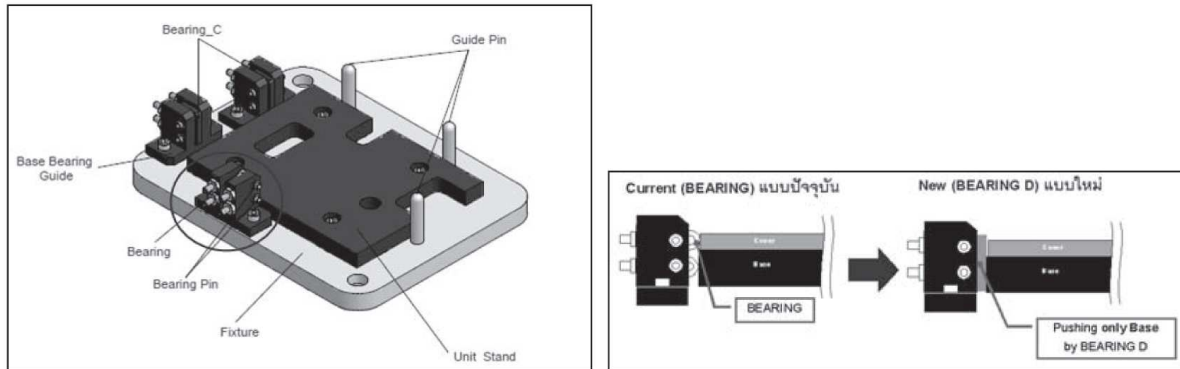
จากปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศนำไปสู่การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย โดยกำหนดให้ระดับของแต่ละปัจจัยเท่ากับ 3 ระดับ ดังนี้

- 1) วิธีการขันสกรู Top cover กำหนดเป็น 3 ระดับ คือ การขันสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัว ด้วย Fixture แบบปัจจุบัน, การขันสกรู Top cover ครึ่งละหนึ่งตัว ด้วย Fixture

แบบใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 8 และการขันสกรู Top cover พร้อมกันครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร

2) แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน กำหนดเป็น 3 ระดับ คือ ค่าความเข้มแสง 600, 650 และ 700 ลักซ์ เมทริกซ์การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัยแสดงดังรูปที่ 9 และผลการทดลองแบบพหุปัจจัยแสดงดังรูปที่ 10

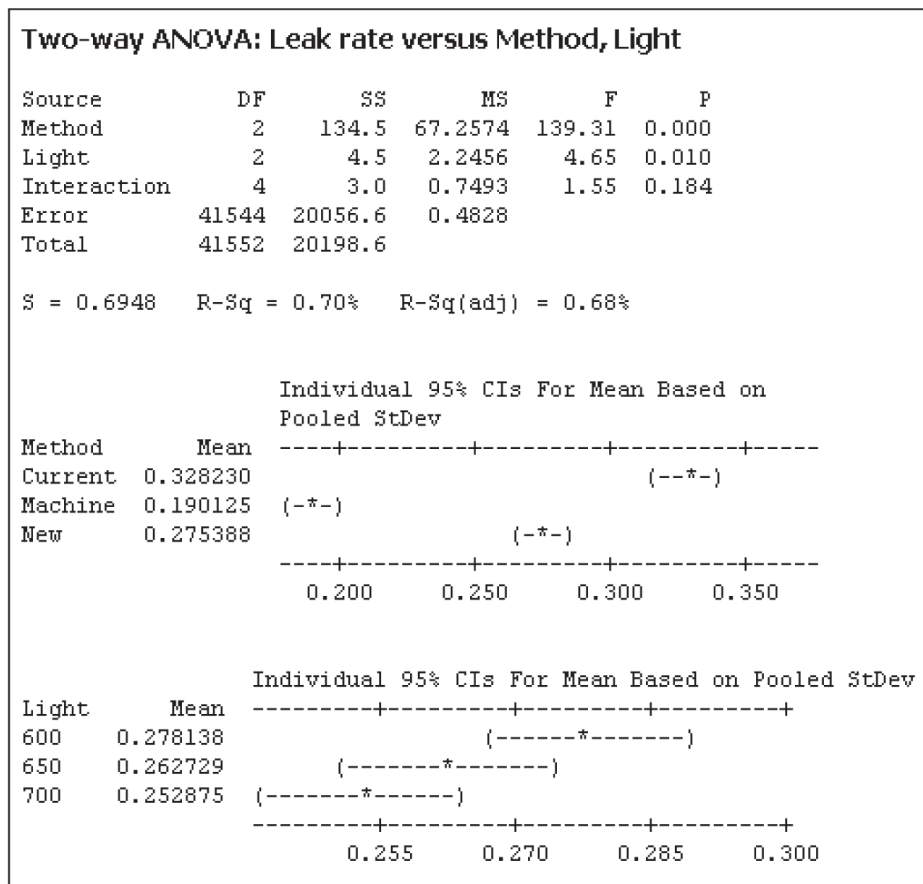
จากผลการทดลองแบบพหุปัจจัยพบว่าปัจจัยหลัก ได้แก่ วิธีการขันสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงถึงว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปัจจัยหลักมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศแต่อิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยซึ่งมีค่า P-value มากกว่า 0.05 ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตรา



รูปที่ 8. Fixture สำหรับขันสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวแบบปัจจุบันและแบบใหม่

		ค่าความสว่างของพื้นที่ปฏิบัติงานที่ตำแหน่ง การขันสกรู Top cover (Lux)		
		600	650	700
วิธีการขันสกรู 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 9. เมทริกซ์การออกแบบการทดลองแบบพหุปัจจัย



รูปที่ 10. ผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab

การรั่วไหลของอากาศ ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงนำปัจจัยหลักทั้งสองปัจจัยมาทำการทดสอบสมมติฐานด้วย 2-Sample Z Test โดยทำการทดสอบที่ระดับของปัจจัยต่างๆ ครั้งละหนึ่งคู่ผลการทดสอบสมมติฐานและค่า P-value ในตารางที่ 3 พบว่าวิธีการชั้นสกรู Top cover มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับของปัจจัย ในขณะที่แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานระหว่าง 600 และ 700 มีผลต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการออกแบบการทดลองสามารถกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยดังนี้

1. วิธีการชั้นสกรู Top cover จะใช้วิธีการชั้นสกรู Top cover พร้อมกันครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร และวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่ที่ทำให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์น้อยที่สุด และรองลงมาตามลำดับ

2. แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานจะใช้ค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 600 ลักซ์ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover พร้อมกันครั้งละ 6 ตัวด้วยเครื่องจักร และค่าความเข้มแสงของพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 700 ลักซ์ สำหรับวิธีการชั้นสกรู Top cover ครั้งละหนึ่งตัวด้วย Fixture แบบใหม่ ซึ่งให้ค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์น้อยที่สุด

3.5 ระยะเวลาติดตามควบคุม

ในระยะเวลาติดตามควบคุมจะนำระดับของปัจจัยที่เหมาะสมมาทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลว่าของเสียประเภทรอยร้าวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หรือไม่ จากการทดสอบและยืนยันผลพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศมีค่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ภายหลังจากปรับปรุงกระบวนการด้วยระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมแล้ว ส่งผลให้กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

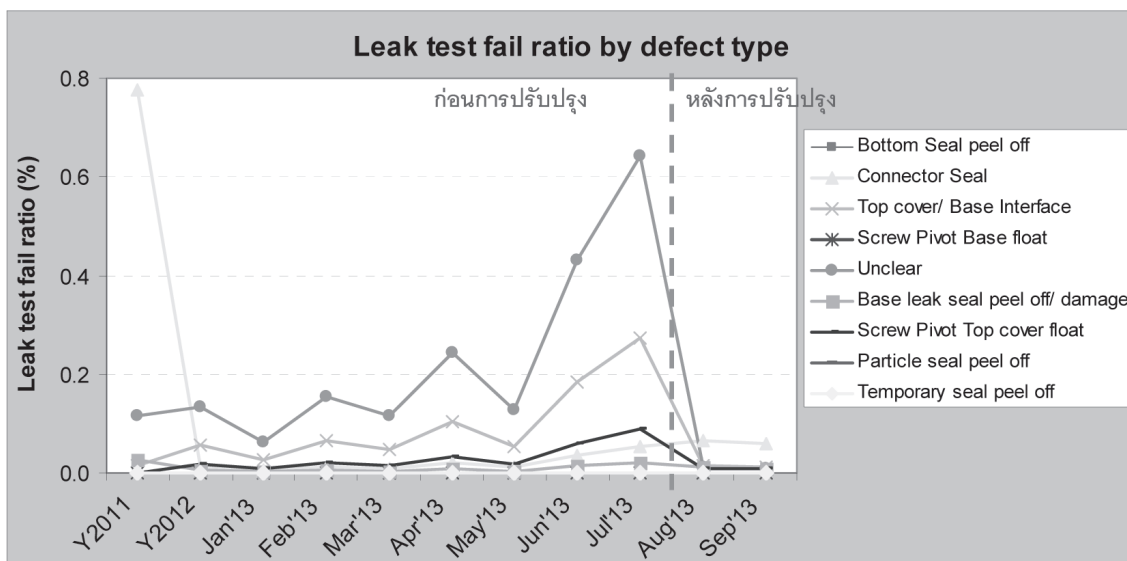
ตารางที่ 3. สรุปผลการออกแบบการทดลองแบบสุ่มวิธีที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลำดับ	ปัจจัย	ระดับของปัจจัยที่ทดสอบ		Z-test	P-value	สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน
		ระดับที่ 1	ระดับที่ 2			
1	วิธีการขันสกรู Top cover	Fixture แบบปัจจุบัน	Fixture แบบใหม่	5.21	<0.005	อัตราการรั่วไหลของอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
		Fixture แบบปัจจุบัน	เครื่องจักร	16.18	<0.005	อัตราการรั่วไหลของอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
		Fixture แบบใหม่	เครื่องจักร	14.72	<0.005	อัตราการรั่วไหลของอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
2	แสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน	600 ลักซ์	650 ลักซ์	1.74	0.082	อัตราการรั่วไหลของอากาศไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
		600 ลักซ์	700 ลักซ์	3.04	0.002	อัตราการรั่วไหลของอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
		650 ลักซ์	700 ลักซ์	1.24	0.215	อัตราการรั่วไหลของอากาศไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์อัตราส่วนของเสียเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.42% และหลังจากปรับปรุงกระบวนการแล้วมีค่าลดลงเป็น 0.11% ซึ่งลดลงจากเดิมคิดเป็น 73.81% โดยที่สามารถแยกอัตราส่วนของเสียตามลักษณะการรั่วได้ดังแสดงในรูปที่ 11

จากรูปที่ 11 พบว่าของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจน ประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ

Base และประเภทรอยรั่วจาก Pivot Top cover screw float มีอัตราส่วนลดลงภายหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยของเสียประเภทรอยรั่วที่ไม่ชัดเจนมีอัตราส่วนเฉลี่ยลดลงจาก 0.22% เป็น 0.01% ของเสียประเภทรอยรั่วที่รอยต่อระหว่าง Top cover และ Base มีอัตราส่วนเฉลี่ยลดลงจาก 0.09% เป็น 0.01% และของเสียประเภทรอยรั่วจาก Pivot Top cover screw float มีอัตราส่วนเฉลี่ยลดลงจาก 0.03% เป็น 0.01%



รูปที่ 11. อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วแยกตามลักษณะการรั่วก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ตารางที่ 4. ผลการทดสอบรอยรั่วเพื่อทดสอบยืนยันผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

กระบวนการ	ระดับของปัจจัย		Leak rate (mmH ₂ O)	
	วิธีการชั้นสกรู Top cover	ค่าความสว่างในพื้นที่ ปฏิบัติงาน (ลักซ์)	Mean	StDev
ก่อนปรับปรุง	ชั้นสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบปัจจุบัน	600	0.364	1.100
หลังปรับปรุง	(สภาวะที่ 1) ชั้นสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบใหม่	700	0.267	0.190
	(สภาวะที่ 2) ชั้นสกรู Top cover ด้วย Machine	600	0.190	0.144

4. สรุป

จากการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อันเนื่องมาจากการรั่วของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยปรับปรุงค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์พบว่า วิธีการชั้นสกรู Top cover และแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการรั่วไหลของอากาศ ผลจากการปรับระดับของปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วไหลของอากาศมีค่าลดลงจาก 0.364 mmH₂O เป็น 0.267 mmH₂O ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วย Fixture แบบใหม่ที่ค่าความเข้มแสง 700 ลักซ์ และลดลงเป็น 0.190 mmH₂O ด้วยวิธีการชั้นสกรู Top cover ด้วยเครื่องจักร ที่ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ปฏิบัติงานเท่ากับ 600 ลักซ์ และส่งผลให้อัตราส่วนของเสียประเภทรอยรั่วรวมลดลงจาก 0.42% เป็น 0.11% คิดเป็น 73.81% และทำให้มูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากของเสียประเภทรอยรั่วลดลงจาก 115,127 บาทต่อเดือน เป็น 19,655 บาทต่อเดือน คิดเป็น 82.93% อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาที่ให้โอกาสในการทำการทดลองและรวบรวมข้อมูลจากสถานปฏิบัติงานจริงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้วิทยานิพนธ์สำเร็จ ล่วงเป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Lertpreechakamol W. Quality control using the six sigma method in Innovex (Thailand) company limited [MBA thesis]. Chiang Mai: Chiang Mai University; 2008. Thai.
- (2) Suwannarit K. Defect reduction of signal writing process in hard disk drive by lean six sigma [MIE thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2010. Thai.
- (3) Damrongvanich A, Senjuntichai A. Bit error rate improvement of hard disk drive. Advanced Materials Res. 2013;740: 670-675.
- (4) Pongtrairat A, Senjuntichai A. Spiral defect reduction of hard disk drive media. Applied Mechanics and Materials. 2013;421: 93-98.
- (5) Kwak YH, Anbari FT. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. Technovation. 2006;26(5-6): 708-715.
- (6) Khumsanit W. Improvement of parameter setting for plastic injection molding process in case of multi-defect types [MIE thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2008. Thai.

- (7) Wang GL, Wang LY, Dong LJ, Huang Z. Study on leak rate formula and criterion for helium mass spectrometer fine leak test. Proceedings of the 8th International Conference of Electronic Packaging Technology; 2007 Aug 14-17; Shanghai, China. 2007.
- (8) Chang YS, Jeong JU, Kim YJ, Hwang SS, Kim HP. Enhancement of leak rate estimation model for corroded cracked thin tubes. *Int J Pressure Vessels and Piping*. 2010;87(1): 52-57.
- (9) Takahashi Y. Evaluation of leak-before-break assessment methodology for pipes with a circumferential through-wall crack. *Int J Pressure Vessels and Piping*. 2002;79(6): 385-392.
- (10) Abbas A, Nour B. Evaluating measurement and process capabilities by GR&R with four quality measures. *Measurement*. 2010;43(6): 842-851.