การลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา

นางสาวกันตา สุวรรณฤทธิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECT REDUCTION OF SIGNAL WRITING PROCESS IN HARD DISK DRIVE BY LEAN SIX SIGMA

Miss Kanta Suwannarit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา
โดย	นางสาวกันตา สุวรรณฤทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กันตา สุวรรณฤทธิ์ : การลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา. (DEFECT REDUCTION OF SIGNAL WRITING PROCESS IN HARD DISK DRIVE BY LEAN SIX SIGMA) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 239 หน้า.

งานวิจัยนี้ดำเนินการภายในโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากการสำรวจพบว่ากระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า มีปัญหาของเสียเกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 85,125 DPPM

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อหาสาเหตุหลักของปัญหาของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า โดยมุ่งเน้นที่ของเสียประเภท Drive exceeded time limit ซึ่งเป็นของเสียที่มีจำนวนสูงสุดอันดับแรก และพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสียโดยประยุกต์ใช้แนวทางลีน ซิกซ์ ซิกมา

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการตามลำดับ ระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา พบว่าสาเหตุหลักที่จะนำไปหาวิธีการแก้ไขได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การปรับตั้งค่าความดันในการเติมอัดก๊าซฮีเลียม กิจกรรมและระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่ไม่เกิดประโยชน์ ผลจากการออกแบบการทดลองทำให้ทราบถึงค่าของการปรับตั้งปัจจัย ได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรู 1,200 rpm แรงในการขันสกรู 4 in.lb. และค่าความดันในการเติมก๊าซฮีเลียม 1.2 atm. ส่วนกิจกรรมที่ไม่เกิดประโยชน์ ได้ประยุกต์ใช้ระบบคัมบังและแนวคิด ECRS เพื่อลดกิจกรรมที่ส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตนาน จากนั้นทำการควบคุมกระบวนการ กำหนดมาตรฐานการทำงานจากค่าที่ได้จากการทดลอง และมีการติดตามให้พนักงานทำตามมาตรฐานนั้นๆ ผลที่ได้จากการปรับปรุงของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณ พบว่า สามารถลดจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้าลงได้ 39,346 DPPM และส่งผลให้ DPPM ของของเสียรวมบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้าลดลง 45,420 DPPM

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....กันตา สุวรรณฤทธิ์.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่ออ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2553.....

##5171403421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : DEFECT REDUCTION / LEAN SIX SIGMA / KANBAN SYSTEM / ECRS CONCEPT

KANTA SUWANNARIT : DEFECT REDUCTION OF SIGNAL WRITING PROCESS IN HARD DISK DRIVE BY LEAN SIX SIGMA. ADVISOR : ASST.PROF. NATCHA THAWESAENGSAKULTHAI, Ph.D., 239 pp.

This research was carried out in hard disk drive manufacturer. The preliminary survey indicated that the signal writing process of 2.5" Shasta product had high defects with 85,125 DPPM.

The research aims to find the root causes of defect in signal writing process and reduce the 'drive exceeded time limit' defect which causes high fallout in the 2.5" Shasta product. Lean Six Sigma method is used as a process tools in this research.

The methodology consists five phases which are define phase, measurement phase, analyze phase, improve phase and control phase. The result of the process is to determine KPIVs that significantly effect to drive exceeded time limit failure in signal writing process. Three KPIVs (screw driving speed, screw torque and helium pressure) have been used to perform and experiment. The result from Design of Experiment (DOE) is found that the appropriate screw driving speed is 1,200 rpm., screw torque is 4 in.lb. and helium pressure is 1.2 atm. Non-value added activity of the quality problem in signal writing process used Kanban system and ECRS to improve all the key process input to reduce drive exceeded time limit defect. Finally, the new process by standard practice and control in the acceptance level was developed as process control system. The data of drive exceeded time limit and overall defects on 2.5" Shasta product after improving the process show 39,346 DPPM and 45,420 DPPM improvement.

Department.....Industrial Engineering.....
Field of Study.....Industrial Engineering.....
Academic Year.....2010.....

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ทางทฤษฎีต่างๆ หลักการ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดจนแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ความกรุณาในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ประโยชน์และความดีอันพึงเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา พี่น้อง เพื่อนนิสิต และเพื่อนร่วมงานที่คอยให้การสนับสนุนในทุกด้าน พร้อมทั้งให้ความเข้าใจและเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 1
1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 4
1.3 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 11
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 25
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย 25
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 25
1.7 ระยะเวลาในการทำงานวิจัย 28
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 31
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 31

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
2.1 แนวคิดการผลิตแบบลีน แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และทฤษฎีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 33
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือ เทคนิค และวิธีการที่ใช้ในงานวิจัย 47
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 72

บทที่ 3 เฟส I ระยะศึกษาเพื่อนิยามปัญหา 87
3.1 ทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงาน 87
3.2 กระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา 88
3.3 การนิยามถึงของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail 102
3.4 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาศึกษา 102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.5 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน 107
3.6 สรุประยะศึกษาเพื่อนิยามปัญหา 108

บทที่ 4 เฟส II ระยะศึกษาระบบการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา 109
4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) 109
4.2 สรุปผลขั้นตอนระยะศึกษาระบบการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา 118

บทที่ 5 เฟส III ระยะการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา 119
5.1 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Cause and effect matrix) 119
5.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) 130
5.3 สรุปผลระยะการวิเคราะห์เพื่อสาเหตุของปัญหา 138

บทที่ 6 เฟส IV ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 140
6.1 วิธีการแก้ปัญหาแต่ละสาเหตุ 140
6.2 การออกแบบการทดลอง 144
6.3 การสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติโดยใช้แนวคิดลีน 171
6.4 การนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ 180
6.5 สรุปผลระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 186

บทที่ 7 เฟส V ระยะควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง 187
7.1 ข้อมูลหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ 187
7.2 การประเมินผล 191
7.3 สรุปผลระยะควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง 192

บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 193
8.1 สรุปผลการวิจัย 193
8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย 203

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

8.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย 203
8.4 ข้อเสนอแนะ 203

รายการอ้างอิง 205

ภาคผนวก 209

ภาคผนวก ก 210

ภาคผนวก ข 216

ภาคผนวก ค 227

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 239

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 การเข้ามาของผู้ประกอบการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรายใหญ่ในประเทศไทย 2

ตารางที่ 1.2 อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปี พ.ศ. 2552 2

ตารางที่ 1.3 ปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษาและแนวทางการแก้ไข 14

ตารางที่ 1.4 การให้คะแนนของทีมงานที่แสดงถึงความรุนแรงของปัญหาที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข 15

ตารางที่ 1.5 จำนวนของเสีย จำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเปอร์เซ็นต์ของเสียของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 18

ตารางที่ 1.6 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ในการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นชาสต้า ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 19

ตารางที่ 1.7 สาเหตุทั้งหมดที่ส่งผลต่อของเสีย Drive exceeded time limit fail บนกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 22

ตารางที่ 1.8 ระยะเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอน 29

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปข้อมูลที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย 72

ตารางที่ 2.2 ชื่อผู้แต่งในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 73

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในโรงงานกรณีศึกษา 103

ตารางที่ 3.2 ค่า r และค่า P-value ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของเสียรวมกับจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit ของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 3.3 ค่า r และค่า P-value ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail กับจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า 106
ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด 110
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของการตรวจวัดระบบการวัดครั้งที่ 1 111
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัดของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ข้อมูลจริงจาก Minitab 112
ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของการตรวจวัดระบบการวัดครั้งที่ 2 115
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัดของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ข้อมูลจริงจาก Minitab 116
ตารางที่ 5.1 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อ Drive exceeded time limit fail 120
ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) 127
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ FMEA สำหรับกระบวนเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 132
ตารางที่ 5.4 สาเหตุของปัญหาและค่า RPN 135
ตารางที่ 6.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k 147
ตารางที่ 6.2 ค่าอำนาจของการทดสอบและขนาดตัวอย่างจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม MINITAB 151
ตารางที่ 6.3 แผนและลำดับการทดลองที่สร้างจากโปรแกรม MINITAB 152
ตารางที่ 6.4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการทดลอง 157

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 6.5 การประมาณค่าผลกระทบและสัมประสิทธิ์ของการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 165

ตารางที่ 6.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 165

ตารางที่ 6.7 ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยเพื่อให้มีค่าปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้ามากที่สุด 170

ตารางที่ 6.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองการถดถอยในโปรแกรม Minitab 171

ตารางที่ 6.9 แผนการดำเนินงานแก้ปัญหาของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 181

ตารางที่ 7.1 ผลของการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ 191

ตารางที่ 8.1 ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ในงานวิจัย 195

ตารางที่ 8.2 ผลการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ 201

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) 211

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB 216

ตารางที่ ข.2 ค่าความน่าจะเป็นสะสมและค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในการสร้าง Normal probability plot 222

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 อัตราผลผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปี พ.ศ. 2552 3

รูปที่ 1.2 ชุดประกอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly; HSA) 5

รูปที่ 1.3 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) 5

รูปที่ 1.4 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (3.5” Hard disk drive) 6

รูปที่ 1.5 ภาพรวมกระบวนการผลิตทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษา 9

รูปที่ 1.6 รายละเอียดกระบวนการผลิตทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษา 10

รูปที่ 1.7 ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 13

รูปที่ 1.8 กระบวนการผลิต อินพุต และเอาต์พุตของโรงงานกรณีศึกษา 16

รูปที่ 1.9 กราฟจำนวนการผลิต ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 18

รูปที่ 1.10 กราฟสัดส่วนระหว่างจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและของเสียของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 19

รูปที่ 1.11 กราฟจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จำนวนของเสีย และจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ของผลิตภัณฑ์รุ่นซาสต้า 20

รูปที่ 1.12 แผนภาพพาเรโตจำนวนของเสียแต่ละประเภทในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 21

รูปที่ 1.13 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แสดงสาเหตุที่ส่งผลต่อของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail 24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 2.1 ขอบเขตของการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
รูปที่ 2.2 แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน 34
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับด้านเวลา และองค์ประกอบของเวลานำ 36
รูปที่ 2.4 แผนภูมิอำนาจของซิกซ์ ซิกมา และแนวคิดแบบลีน 40
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนในการปรับปรุงกระบวนการตามแนวคิดซิกซ์ ซิกมา 42
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 46
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างใบตรวจสอบแสดงการตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุในการผลิต 48
รูปที่ 2.8 หลักการพาเรโต 48
รูปที่ 2.9 องค์ประกอบผังแสดงเหตุและผล 51
รูปที่ 2.10 กราฟแท่ง 51
รูปที่ 2.11 กราฟเส้น 52
รูปที่ 2.12 กราฟวงกลม 52
รูปที่ 2.13 กราฟใยแมงมุม 52
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม 54
รูปที่ 2.15 เกณฑ์การเลือกใช้แผนภูมิควบคุม 55
รูปที่ 2.16 ฮิสโตแกรมแบบปกติ 57
รูปที่ 2.17 ฮิสโตแกรมแบบแยกเป็นเกาะ 57
รูปที่ 2.18 ฮิสโตแกรมแบบระฆังคู่ 57
รูปที่ 2.19 ฮิสโตแกรมแบบฟันปลา 58
รูปที่ 2.20 ฮิสโตแกรมแบบหน้าผา 58
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย (Scatter diagram) 59
รูปที่ 2.22 การกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวกชัดเจนและแบบบวกไม่ชัดเจน 60
รูปที่ 2.23 การกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบชัดเจนและแบบลบไม่ชัดเจน 60
รูปที่ 2.24 การเพิ่มหรือลดค่าของ X อาจทำให้ค่า Y เป็นไปได้ทั้งเพิ่มและลด 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 2.25 แผนภูมิอธิบายความคิดแบบ Why-Why analysis 62
รูปที่ 2.26 องค์ประกอบของระบบวัด 64
รูปที่ 2.27 ผลกระทบต่อการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์ 64
รูปที่ 2.28 ภาพรวมของการศึกษาระบบการวัด 65
รูปที่ 2.29 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ 68
รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) 88
รูปที่ 3.2 พนักงานวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ 89
รูปที่ 3.3 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเลื่อนไปบนสายพานหน้าเครื่องเพื่อเข้าสู่เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ 89
รูปที่ 3.4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software) 92
รูปที่ 3.5 เครื่องที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Helium charge chamber) 93
รูปที่ 3.6 แผนภูมิการไหลของกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) 94
รูปที่ 3.7 สถานีงานที่ใช้ในการติดซีล (Seal install) 95
รูปที่ 3.8 แผนภูมิการไหลของกระบวนการติดซีล (Seal install) 96
รูปที่ 3.9 สถานีงานที่ทำการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing) 97
รูปที่ 3.10 แผนภูมิการไหลของกระบวนการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing) 98
รูปที่ 3.11 แผนภูมิการไหลของกระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler) 100
รูปที่ 3.12 กระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) ของโรงงานกรณีศึกษา 101
รูปที่ 3.13 วิธีการติดซีล (Seal install) 101
รูปที่ 3.14 กระบวนการติดซีล (Seal install) ของโรงงานกรณีศึกษา 101
รูปที่ 3.15 กระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler) บนเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ของโรงงานกรณีศึกษา 102
รูปที่ 3.16 ความต้องการทางการตลาด 103

หน้า

รูปที่ 3.17 กราฟจำนวนต่างๆ ในแต่ละเดือนของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 104
รูปที่ 3.18 แผนภาพการกระจายระหว่างจำนวนของเสียรวมกับจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit ของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 105
รูปที่ 3.19 แผนภาพการกระจายระหว่างจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail กับจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 106
รูปที่ 3.20 ความสามารถของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นซาสต้า 107
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดครั้งที่ 1 114
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดครั้งที่ 2 117
รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัญหา Drive exceeded time limit 125
รูปที่ 5.2 แผนภูมิพาเรโต้เรียงลำดับปัจจัยต่างๆ จากการวิเคราะห์ด้วย Cause and effect matrix 129
รูปที่ 5.3 แผนภูมิพาเรโต้จัดลำดับความสำคัญของค่า RPN 136
รูปที่ 5.4 การจัดกลุ่มปัจจัยนำเข้าของปัญหา Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 138
รูปที่ 6.1 แผนผังต้นไม้ในการแก้ปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit fail บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 140
รูปที่ 6.2 แผนผังกลุ่มเชื่อมโยงแสดงวิธีการแก้ปัญหา Drive exceeded time limit fail บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า 144
รูปที่ 6.3 โปรแกรมเพื่อควบคุมค่าความเร็วรอบในการขันสกรู 145
รูปที่ 6.4 โปรแกรมเพื่อควบคุมค่าแรงในการขันสกรู 146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 6.5 HDA รุ่นซาสต้า ซึ่งประกอบชิ้นส่วนภายในมาครบทุกชิ้นส่วน 147
รูปที่ 6.6 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) รุ่นซาสต้า 148
รูปที่ 6.7 สกรูสำหรับขันบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) 148
รูปที่ 6.8 แผ่นวงจร PCBA 148
รูปที่ 6.9 สกรูสำหรับขันบนแผ่นวงจร PCBA และ Gasket 149
รูปที่ 6.10 ซีล 149
รูปที่ 6.11 Normal probability plot ของส่วนตกค้างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 162
รูปที่ 6.12 แผนภาพการกระจายระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการเก็บข้อมูล 163
รูปที่ 6.13 แผนภาพการกระจายระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต 164
รูปที่ 6.14 Normal probability plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 165
รูปที่ 6.15 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 166
รูปที่ 6.16 ผลหลักของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง 168
รูปที่ 6.17 ผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง 169
รูปที่ 6.18 แผนภูมิขั้นตอนในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ 173
รูปที่ 6.19 หน้าจอ (Monitor) เพื่อใช้เป็นสัญญาณบอกว่าตู้ทดสอบกำลังจะเขียนและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จแล้ว 176
รูปที่ 6.20 สัญญาณไฟกระพริบเพื่อใช้เป็นสัญญาณบอกว่าตู้ทดสอบกำลังจะเขียนและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จแล้ว 176
รูปที่ 6.21 ตัวอย่างแผนผังโรงงานแบบใหม่จากทีม เพื่อช่วยลดระยะทางในการขนส่ง 178
รูปที่ 6.22 แผนภูมิขั้นตอนการจัดทำระเบียบวิธีปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ 179

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 6.23 แผนการแก้ไขและป้องกันเมื่อเกิดสภาวะออกนอกการควบคุม.....185

รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมของอาการเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า.....187

รูปที่ 7.2 กราฟจำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า ก่อนและหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ.....188

รูปที่ 7.3 กราฟจำนวน DPPM ของเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า ก่อนและหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ.....189

รูปที่ 7.4 แผนภูมิขั้นตอนในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ หลังจากนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้.....190

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดรายได้จากการส่งออกให้กับประเทศไทยถึง 15,551 ล้านเหรียญสหรัฐ และก่อให้เกิดการจ้างงานกว่าล้านคน นอกจากนั้นยังมีการสร้างมูลค่าเพิ่มในประเทศสูงถึงร้อยละ 35-40 (สำนักบริการส่งออก 2 กรมส่งเสริมการส่งออก, 2552) และเป็นอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มที่จะเติบโตอย่างก้าวกระโดดตามการเจริญเติบโตของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ ที่ต้องมีหน่วยเก็บข้อมูล เช่น กล้องถ่ายรูป โทรศัพท์มือถือ และเครื่องบันทึกวีดีโอแบบดิจิตอล เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2552 อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในช่วงครึ่งปีแรกเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ดัชนีผลผลิตปรับตัวลดลงร้อยละ 15.04 ในช่วงไตรมาส 1/2552 จากตลาดส่งออกหลักที่มีคำสั่งซื้อลดลงตามภาวะเศรษฐกิจโลกที่ชะลอตัวลง อย่างไรก็ตามดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในไตรมาส 2/2552 ปรับตัวลดลงร้อยละ 3.62 ซึ่งเป็นการปรับตัวลดลงในอัตราที่ชะลอตัวลงจากเมื่อไตรมาส 1/2552 เนื่องจากมีแรงสนับสนุนมาจากความต้องการสินค้าในกลุ่ม Smart phone และ Net book ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเพื่อมาทดแทนสินค้าคงคลังที่ลดลงหลังจากที่ชะลอคำสั่งซื้อในช่วงก่อนหน้า รวมถึงจะมีการผลิตสินค้าใหม่ที่จะออกมาเพื่อตอบสนองตลาดระดับบนหรือเฉพาะกลุ่ม เช่น iPhone 3G เป็นต้น

แนวโน้มการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในช่วงไตรมาสที่ 3 และ 4/2552 คาดว่าจะมีการปรับตัวดีขึ้นจากช่วง 6 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2552 ซึ่งในไตรมาสที่ 3 มีการผลิตปรับตัวลดลงแต่อยู่ในอัตราที่น้อยลง โดยปรับตัวลดลงร้อยละ 2.0 และจะมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นในช่วงไตรมาสที่ 4 ประมาณการว่าจะปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.13 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ส่วนหนึ่งมาจากในช่วงไตรมาสที่ 4/2551 มีการปรับตัวลดลงมาอย่างมากจากภาวะเศรษฐกิจที่ชะลอตัว (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2552)

สำหรับผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ส่งออกที่สำคัญของไทย ได้แก่ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและชิ้นส่วน โดยในปี พ.ศ. 2548 ที่ผ่านมาประเทศไทยได้ก้าวขึ้นมาเป็นผู้ผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอันดับหนึ่งของโลกเป็นปีแรก โดยมีส่วนแบ่งถึงร้อยละ 42 ของตลาดโลก การที่การผลิตและส่งออกจากประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรายใหญ่ของโลกถึง 4 บริษัท คือ

Seagate, Hitachi Global Storage Technology (HGST), Western Digital (WD) และ Fujitsu/Toshiba ได้เข้ามาตั้งฐานการผลิตอยู่ในประเทศไทย โดยเฉพาะภายหลังรัฐบาลประกาศให้มีการส่งเสริมการลงทุนเป็นการเฉพาะสำหรับกิจการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟภายในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2547 บริษัทเหล่านี้ต่างขยายกำลังการผลิตจนทำให้ประเทศไทยถูกจัดว่าเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่สำคัญของโลกอีกประเทศหนึ่ง นอกเหนือจากสิงคโปร์ มาเลเซีย และจีน ข้อมูลแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การเข้ามาของผู้ประกอบการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรายใหญ่ในประเทศไทย

บริษัทผู้ประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ปีที่ (พ.ศ.) เข้ามาลงทุนในประเทศไทย
Seagate	2526
Fujitsu/Toshiba	2537
Western Digital	2545
Hitachi Global Storage Technology	2546 (รวมกับ IBM)

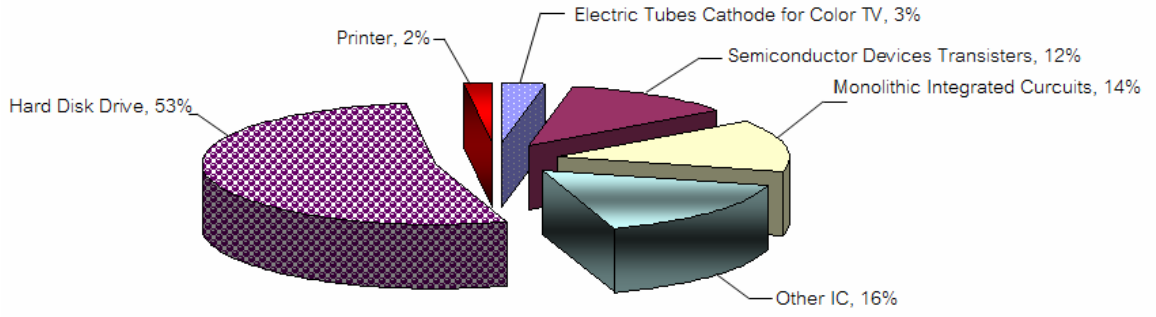
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการการลงทุน (BOI)

ภาวะอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปี พ.ศ. 2552 การผลิตคาดว่าจะปรับตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 1 ชิ้นส่วน IC ประมาณการว่าปรับตัวลดลงร้อยละ 4 ส่วน Semiconductor ปรับตัวลดลงร้อยละ 1 สอดคล้องกับสถานการณ์ชิ้นส่วน Semiconductor ในตลาดโลกที่ปรับตัวลดลง ขณะที่ส่วนประกอบหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ดังแสดงในตารางที่ 1.2 และรูปที่ 1.1 อัตราผลผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 1.2 อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปี พ.ศ. 2552

ผลิตภัณฑ์	อัตราการขยายตัว (ร้อยละ) ปี พ.ศ. 2552
อิเล็กทรอนิกส์	1
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	1
IC	-4
Semiconductor	-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 อัตราผลผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปี พ.ศ. 2552

จากการประมาณการของอุตสาหกรรมคาดว่าในปี พ.ศ. 2553 จะมีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวน 545 ล้านชิ้น คิดเป็นมูลค่าประมาณ 27.4 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผลิตในประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 80 ส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูง (ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี, 2551)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟยังต้องเผชิญกับปัญหาต่างๆ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้ ได้แก่

ด้านเทคโนโลยีการผลิต เนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเครื่องจักรที่ทันสมัยได้เอง เช่น เครื่องประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เครื่องประกอบแผงวงจรควบคุม เครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นต้น และไม่มีทีมที่ดูแลในด้านการวิจัย ค้นคว้า และพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์ (Research development) เพื่อเพิ่มศักยภาพสินค้าให้ทันสมัยและเป็นที่ยอมรับจึงต้องอาศัยการนำเข้าเครื่องจักรและเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้โรงงานผลิตส่วนใหญ่มีต้นทุนการผลิตสูงจากการลงทุนด้านเทคโนโลยีและเครื่องจักร

การขาดแคลนแหล่งวัตถุดิบการผลิตที่สำคัญภายในประเทศ เนื่องจากอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการผลิต ทำให้ผู้ผลิตวัตถุดิบภายในประเทศมีความรู้ไม่เพียงพอในการผลิต และคุณภาพยังไม่ได้มาตรฐาน จึงต้องพึ่งพาการจัดซื้อจากผู้ผลิตวัตถุดิบภายนอกประเทศ

ด้านการแข่งขันในตลาดโลก ถึงแม้อุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในประเทศไทยจะมีแนวโน้มที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ต้องเผชิญกับการแข่งขันอย่างสูงในตลาดโลกไม่ว่าจะเป็นประเทศสิงคโปร์ จีน และมาเลเซีย ซึ่งประเทศเหล่านี้ต่างพยายามดึงอุตสาหกรรมให้เข้าไปลงทุนในประเทศของตน โดยการสนับสนุนทั้งในรูปแบบของการให้ทุนสนับสนุนสำหรับการอบรมและวิจัย การให้สิทธิประโยชน์ทางด้านภาษี ดังนั้นหากประเทศไทยต้องการคงความเป็นอันดับหนึ่งในการส่งออก

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโลกนอกจากการส่งเสริมทางนโยบายของทางภาครัฐแล้ว ยังจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตลง โดยการลดต้นทุนการผลิตลงยังต้องคงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพดีดังเดิม

ต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากการผลิตต้องใช้เทคโนโลยี ความชำนาญ และความแม่นยำในการผลิตสูง ทำให้มีโอกาสผิดพลาดและเกิดของเสียจากการผลิตจำนวนมาก ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น อีกทั้งต้นทุนของสินค้าในส่วนของการขนส่งวัตถุดิบจากต่างประเทศ และขนส่งสินค้าให้ลูกค้าต่างประเทศ

จากปัญหาทั้งหมดจำเป็นที่ผู้ประกอบการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องปรับตัว เพื่อให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูง โดยพยายามหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งระมัดระวังการผลิตเพื่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยในการลดต้นทุน เนื่องจากผู้ผลิตไม่สามารถเพิ่มราคาขายสินค้าให้สูงขึ้นได้

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาได้ก่อตั้งขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2545 ด้วยการขยายธุรกิจในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของบริษัทที่มีสำนักงานใหญ่ที่เลคฟอเรส รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการเข้าซื้อกิจการบางส่วนของบริษัทฟูจิสึ (ประเทศไทย) ซึ่งตั้งอยู่ ณ เขตนิคมอุตสาหกรรมนวนคร อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เพื่อเพิ่มศักยภาพและพัฒนาระบบการจัดการธุรกิจให้สามารถแข่งขันได้ในระดับผู้นำของโลก ในปลายปี พ.ศ. 2546 บริษัทสำนักงานใหญ่ในสหรัฐอเมริกาได้ตัดสินใจเข้าซื้อกิจการทั้งหมดของบริษัทรีท ไรท์ทั่วโลก ซึ่งเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีการผลิตหัวอ่านเขียนคอมพิวเตอร์ เพื่อดำเนินการผลิตหัวอ่านเขียนป้อนให้แก่บริษัทในเครือ และเพื่อประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟคุณภาพสูง ปัจจุบันในประเทศไทยมีบุคลากรทั้งหมดประมาณ 34,000 คน บริษัทกรณีศึกษาเป็นฐานการผลิตที่ใหญ่ที่สุดของภูมิภาคเอเชีย และได้ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างสูงในฐานะผู้นำทางด้านเทคโนโลยีและระบบการผลิตที่ทันสมัย ผู้บริหารระดับสูงได้ให้ความสำคัญอย่างจริงจังและต่อเนื่องในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง มีการนำแนวความคิดเรื่องการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous improvement) มาประยุกต์ใช้ภายในบริษัท เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและราคาที่แข่งขันได้ในตลาดโลก

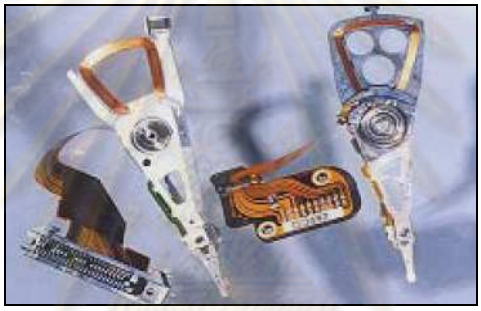
ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษากำลังเผชิญปัญหาจากสภาพเศรษฐกิจและการแข่งขันที่รุนแรงในหลายๆ ด้านของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ได้แก่ ต้นทุนการผลิตสูงอันเนื่องมาจากราคาวัตถุดิบ

ที่ปรับตัวสูงขึ้น เทคโนโลยีในการผลิต กระบวนการผลิตที่ไม่ได้คุณภาพ รวมถึงราคาขายของสินค้าที่ไม่สามารถปรับราคาสูงขึ้นได้เนื่องจากมีคู่แข่งเป็นจำนวนมาก

1.2.1 **ผลิตภัณฑ์**

ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา คือ

1) ชุดประกอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly; HSA) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทางบริษัทผลิตและจำหน่ายเอง รวมทั้งยังส่งขายบริษัทอื่นๆ ในต่างประเทศอีกด้วย โดยอัตราส่วนของการผลิตเพื่อใช้ภายในบริษัทเองกับส่งขายต่างประเทศอยู่ในอัตราส่วน 70:30 ตัวอย่างหัวอ่านเขียนสำเร็จของโรงงานกรณีศึกษาแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ชุดประกอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly; HSA)

2) ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและตั้งโต๊ะ (2.5” and 3.5” Hard disk drive) เป็นผลิตภัณฑ์หลักของทางบริษัทที่ผลิตเพื่อจำหน่ายให้ลูกค้าต่างประเทศเท่านั้น เช่น DELL, HP, Sony, Lenovo และ IBM เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษาแสดงในรูปที่ 1.3 และ 1.4

รูปที่ 1.3 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive)

รูปที่ 1.4 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (3.5” Hard disk drive)

1.2.2 กระบวนการผลิต

ลักษณะการผลิตสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาจะเป็นการผลิตเพื่อเก็บเป็นสต๊อก (Made to stock) ระบบการผลิตจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1) การผลิตภายในห้องควบคุมกระแสไฟฟ้าและฝุ่น (Clean room) เป็นการประกอบชิ้นส่วนภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ชิ้นส่วนที่สำคัญ คือ แผ่นจานแม่เหล็ก หัวอ่านเขียนซึ่งทำหน้าที่เขียนหรืออ่านข้อมูลบนแผ่นจานแม่เหล็ก การประกอบชิ้นส่วนภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำภายในห้องควบคุมกระแสไฟฟ้าและฝุ่น เนื่องจากฝุ่นที่ติดเข้าไปภายในชิ้นงานจะเข้าไปแทรกในช่องว่างระหว่างหัวอ่านเขียนกับแผ่นจานแม่เหล็ก เมื่อหัวอ่านเขียนเคลื่อนที่ก็จะลากถูฝุ่นไปบนผิวแผ่นจานแม่เหล็ก ทำให้สารแม่เหล็กที่เคลือบผิวเป็นรอยขีดข่วนเสียหาย และไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

2) การทดสอบและบรรจุภัณฑ์ (Back end) เป็นการประกอบแผงวงจรควบคุม (Printed Circuit Board; PCB) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและสื่อสารกับส่วนอื่นๆ ของระบบคอมพิวเตอร์ ในกระบวนการส่วนนี้จะทำการทดสอบการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่าสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าหรือไม่ จากนั้นจะทำการบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งให้ลูกค้า

กระบวนการผลิตทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 1.5 และ 1.6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- กระบวนการรับชิ้นส่วน (Part retrieval) เป็นขั้นตอนรับชิ้นส่วนนำเข้า เช่น แผ่นจานแม่เหล็ก ตัวถังฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ หัวอ่านเขียน และแผงวงจรควบคุม เป็นต้น แล้วนำเข้าไปเก็บในสโตร์ พนักงานที่ทำหน้าที่รับชิ้นส่วนต้องควบคุมให้ชิ้นส่วนเข้าตรงตามเวลาที่กำหนด ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนที่รับเข้ามามีจำนวนถูกต้อง และบรรจุภัณฑ์อยู่ในสภาพที่ดี ขั้นตอนในกระบวนการนี้ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนนำเข้า

- กระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วน (Part cleaning) เป็นการทำความสะอาดชิ้นส่วนนำเข้าด้วยประจุไอออน เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีฝุ่นและสิ่งปนเปื้อนติดกับชิ้นส่วนเข้าไปภายในห้องควบคุมกระแสไฟฟ้าและฝุ่น กระบวนการนี้ไม่ได้ทำกับชิ้นส่วนนำเข้าทุกประเภท เนื่องจากชิ้นส่วนบางประเภทได้ผ่านการทำความสะอาดมาจากบริษัทผู้จัดส่งชิ้นส่วน (Supplier) แล้ว

- กระบวนการจัดชิ้นส่วน (Part kitting) ขั้นตอนนี้จะรับชิ้นส่วนที่ผ่านการทำความสะอาดจัดลงในภาชนะบรรจุให้ถูกต้อง เพื่อเตรียมจัดส่งเข้าสู่กระบวนการผลิต จากนั้นทำการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนพร้อมภาชนะบรรจุจากบริเวณที่จัดเตรียมไปสู่สายการผลิต

- กระบวนการประกอบชิ้นส่วน (Part assembly) เป็นขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เริ่มตั้งแต่การประกอบตัวกรองฝุ่น (Breather filter) เข้ากับตัวฝาฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) เพื่อเตรียมไว้ใช้ในขั้นตอนสุดท้ายของการประกอบ การประกอบเริ่มจากการนำแผ่นจานแม่เหล็กมาทำการเขียนสัญญาณ เมื่อผ่านการเขียนสัญญาณก็จะนำมาประกอบเป็นชั้นเข้ากับแกนหมุนซึ่งอยู่ภายในตัวถังฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แต่ละชั้นของแผ่นจานแม่เหล็กจะมีการกันกระแทก โดยหัวอ่านเขียนซึ่งติดตั้งอยู่ทั้งสองฝั่งของแผ่นจานแม่เหล็ก หัวอ่านเขียนนี้จะถูกจับยึดโดยแขนกลที่มีความแม่นยำสูงซึ่งทำหน้าที่ควบคุมให้หัวอ่านเขียนเคลื่อนที่ไปตามส่วนต่างๆ บนแผ่นจานแม่เหล็กอย่างถูกต้อง หลังจากประกอบชิ้นส่วนภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จเรียบร้อย ก็ทำการปิดฝาที่ได้เตรียมไว้ตั้งแต่ขั้นตอนแรกเข้ากับตัวถังฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

- กระบวนการตรวจสอบ (Quality control) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบและคัดเลือกของเสีย ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในลักษณะภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น รอยขีดข่วน สี และวัสดุแปลกปลอม เป็นต้น และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่ต้องใช้การทดสอบ เช่น แรงในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ และการทดสอบรอยรั่วของตัวถังฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นต้น กระบวนการนี้เป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะส่งออกมาภายนอกห้องควบคุมกระแสไฟฟ้าและฝุ่น

- กระบวนการประกอบแผงวงจรควบคุม (PCB assembly) กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนแรกของส่วนการทดสอบและบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนนี้จะทำการประกอบแผงวงจรควบคุมเข้ากับตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ถูกส่งออกมาจากห้องควบคุมกระแสไฟฟ้าและฝุ่น โดยใช้สกรูเป็นตัวยึดประกอบ

- กระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ (Signal writing) เป็นขั้นตอนการเขียนสัญญาณแม่เหล็กลงบนแผ่นจานแม่เหล็กจนเต็มหน้าแผ่นจาน พร้อมทั้งทำการทดสอบไปด้วย

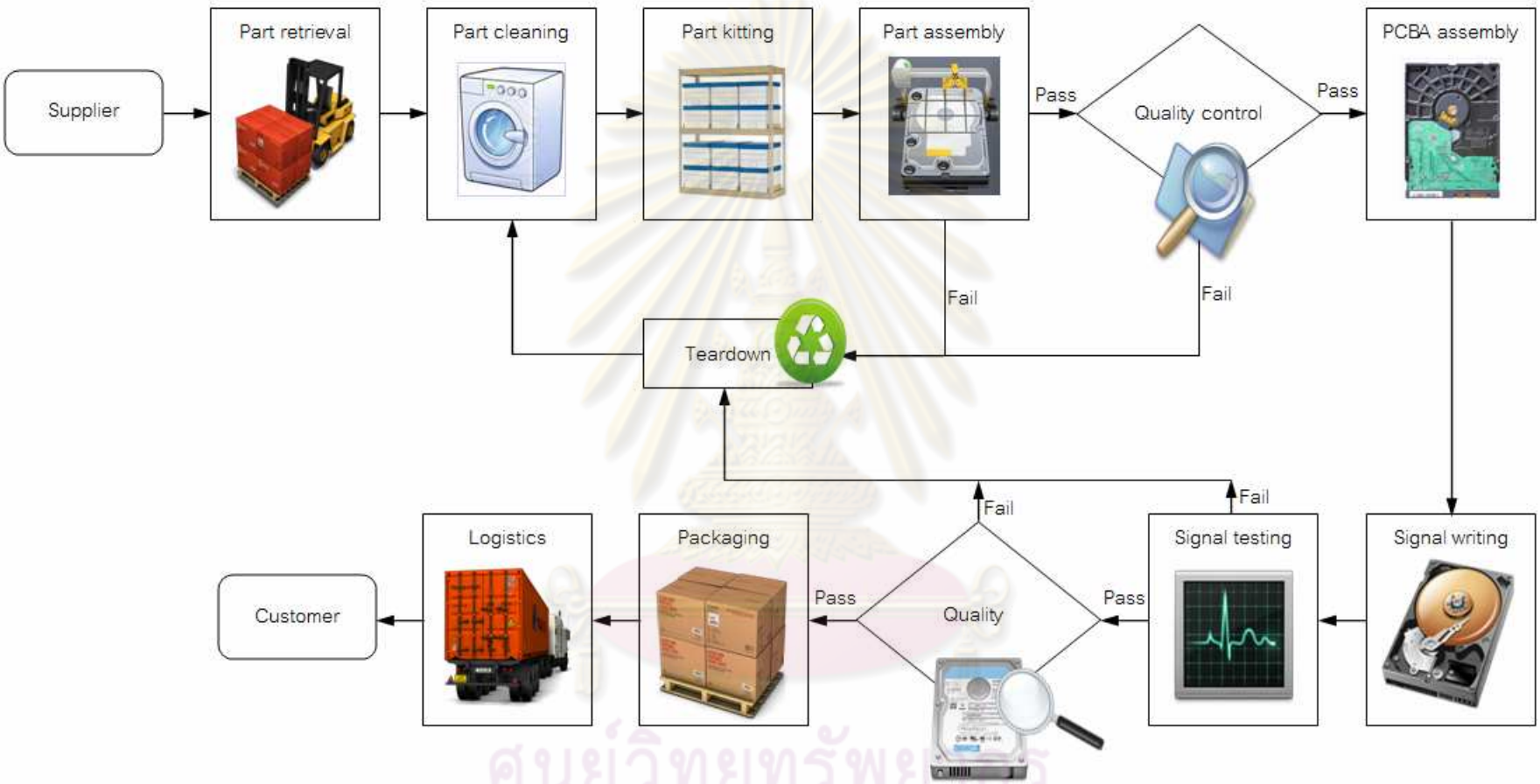
- กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Signal testing) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพการอ่านและเขียนสัญญาณบนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อดูว่ามีประสิทธิภาพถูกต้อง ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าหรือมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือไม่ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบจะต้องถูกนำไปแก้ไขงานใหม่

- กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Quality assurance) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยแบ่งเป็นข้อบกพร่องที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่ต้องใช้การทดสอบ เช่น ประสิทธิภาพการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รอยรั่ว เป็นต้น และข้อบกพร่องภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การแตกหัก รอยขีดข่วน และวัสดุแปลกปลอม เป็นต้น เพื่อตรวจสอบให้มั่นใจก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า

- กระบวนการบรรจุหีบห่อ (Packaging) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิต โดยนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใส่ถุง และบรรจุลงกล่องก่อนจัดส่งให้กับลูกค้า

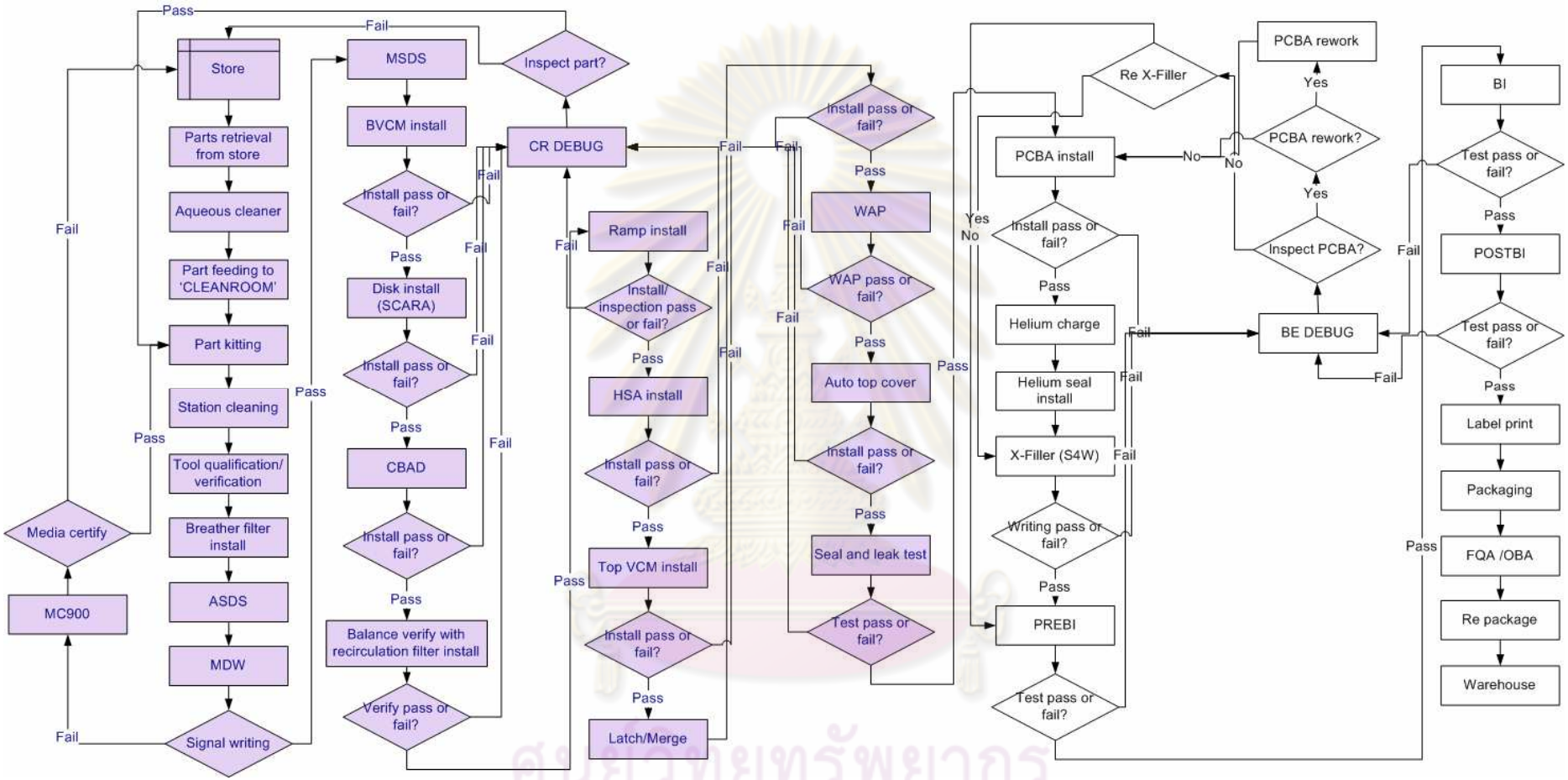
- กระบวนการขนส่ง (Logistics) เป็นการส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากโรงานไปเก็บไว้ที่คลังสินค้า และเมื่อมีคำสั่งซื้อจากลูกค้าก็จะขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปสู่ลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.5 ภาพรวมกระบวนการผลิตทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.6 รายละเอียดกระบวนการผลิตทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการเข้าไปศึกษาสภาพการทำงานภายในโรงงานกรณีศึกษาเบื้องต้น รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์พนักงานในสายการผลิต ทำให้เห็นปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ดังแสดงขั้นตอนที่พบปัญหาในรูปที่ 1.7 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เวลาหยุดของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีประมาณ 4-6% โดยเป็นการหยุดของเครื่องจักรจากการขัดข้องที่ไม่ได้วางแผนไว้ ทำให้ผลผลิตที่ได้น้อยกว่าที่วางแผน ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียทั้งในด้านต้นทุนและเวลา

2) การตรวจสอบงานระหว่างทำและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จัดเป็นความสูญเปล่าที่เกิดจากกระบวนการทำงาน ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีการตรวจสอบงานระหว่างทำในสถานีงานถึง 3 สถานีงานในกระบวนการผลิต จึงเปรียบเสมือนว่ามีการตรวจสอบถึง 300% ซึ่งส่งผลให้เกิดความสูญเสียอย่างมากทั้งในด้านต้นทุนและเวลา

3) เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณ มีประมาณ 7-9% โดยของเสียเหล่านี้จัดเป็นของเสียที่ต้องนำกลับมาผ่านกระบวนการใหม่ (Rework) อีกครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ และต้นทุนที่เกิดจากการสูญเสียเป็นจำนวนมาก

4) ภายในโรงงานมีการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ แต่ไม่มีการนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการวางแผนและปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

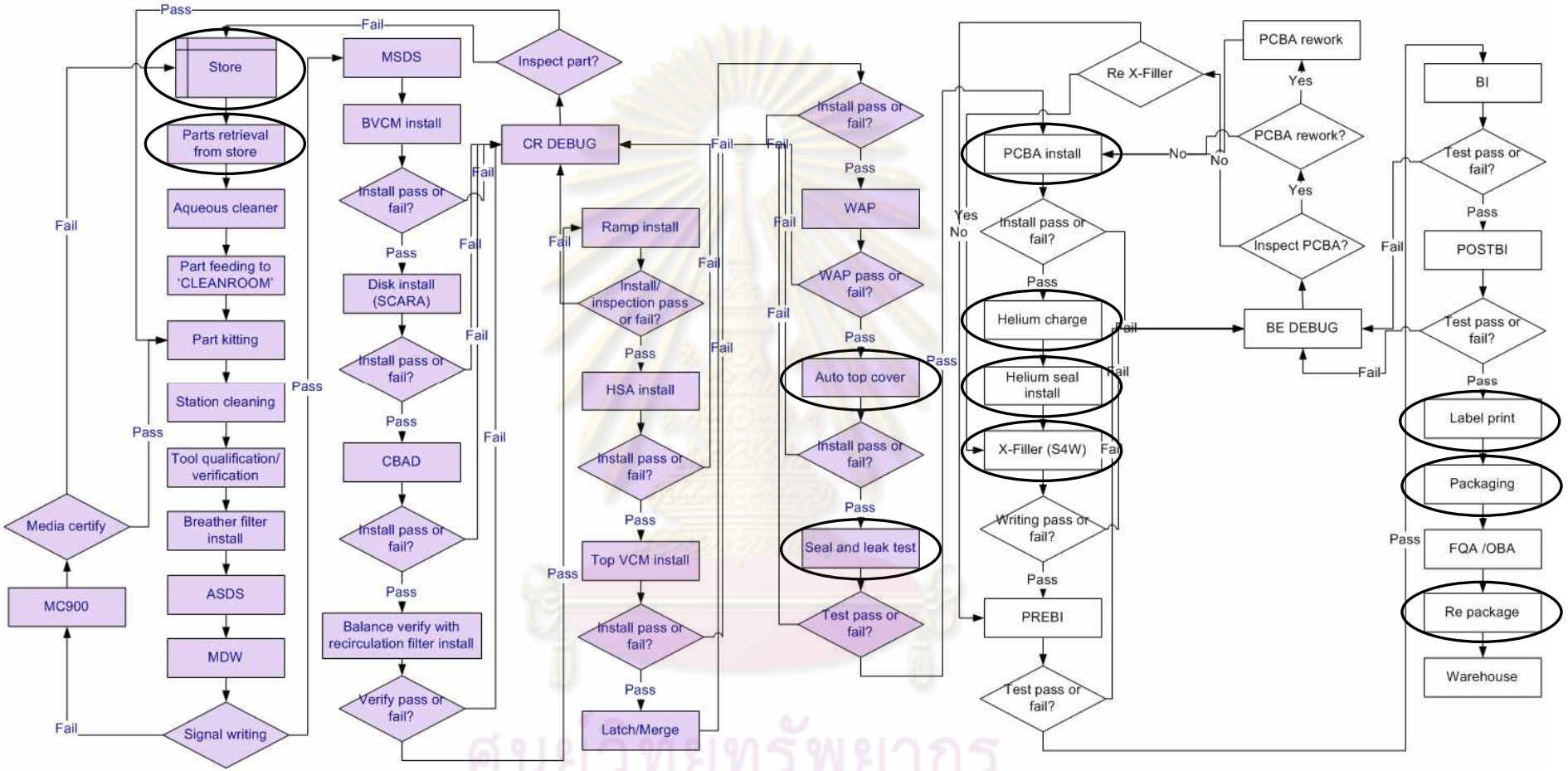
5) ความไม่แน่นอนของชิ้นส่วนนำเข้าในการผลิต เนื่องจากความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อจากลูกค้า ทำให้ทางโรงงานไม่สามารถกำหนดรอบในการสั่งซื้อชิ้นส่วนนำเข้าได้แน่นอน และช่วงเวลานำในการสั่งซื้อชิ้นส่วนบางประเภทมีเวลานาน เช่น แผ่นจานแม่เหล็ก เป็นต้น

6) การแบ่งพื้นที่ของสโตร์ไม่ชัดเจน โดยสโตร์ภายในโรงงานเป็นส่วนที่ใช้เก็บทั้งชิ้นส่วนนำเข้า และของเสียรวมกัน ทำให้เกิดความสับสนและอาจส่งผลเสียต่อความผิดพลาดในการตรวจสอบปริมาณของสิ่งเหล่านั้น

7) การกำหนดและแบ่งหน้าที่การทำงานไม่ชัดเจน ดังจะเห็นได้จากการที่มีผังองค์กรที่แสดงถึงตำแหน่งงานและความสัมพันธ์ในแต่ละฝ่ายที่ทำงานซ้อนกัน ลักษณะงานคล้ายกัน และบุคคลหลายคนต้องรับผิดชอบงานในหน้าที่ที่เหมือนๆ กัน

ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา แสดงดังรูปที่ 1.7 ภายในวงกลม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.7 ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปปัญหารวมถึงข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขได้ดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษาและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1) เวลาหยุดของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีประมาณ 4-6% จากการขัดข้องที่ไม่ได้วางแผนไว้ ทำให้ผลผลิตที่ได้น้อยกว่าที่วางแผน	นำข้อมูลการขัดข้องของเครื่องจักรมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อแก้ปัญหาภายในโรงงาน (พูลพร แสงบางปลา, 2548)
2) การตรวจสอบงานระหว่างทำและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยมีการตรวจสอบงานระหว่างทำในสถานีงานถึง 3 สถานีงานในกระบวนการผลิต จึงเปรียบเสมือนว่ามีการตรวจสอบถึง 300% จัดเป็นความสูญเปล่าที่เกิดจากกระบวนการทำงาน	พัฒนาระบบควบคุมคุณภาพขึ้นมาใช้ในกระบวนการผลิต โดยคำนึงถึงข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ของลูกค้าเป็นสำคัญ (ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551)
3) เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณ มีประมาณ 7-9% โดยของเสียเหล่านี้จัดเป็นของเสียที่ต้องนำกลับมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ (Rework) อีกครั้ง	สร้างทีมงานเพื่อการลดต้นทุนขึ้นมาอย่างชัดเจน เพื่อการช่วยกันวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสีย และแนวทางการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)
4) ภายในโรงงานมีการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ แต่ไม่มีการนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์	นำเครื่องมือของวิศวกรรมคุณภาพ เช่น เครื่องมือควบคุมคุณภาพ และเครื่องมือทางการจัดการมาใช้ในการแสดงผลข้อมูล การวิเคราะห์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)
5) เนื่องจากความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อจากลูกค้า ทำให้ทางโรงงานไม่สามารถกำหนดรอบในการสั่งซื้อชิ้นส่วนนำเข้าได้แน่นอน และช่วงเวลานำในการสั่งซื้อชิ้นส่วนบางประเภทมีเวลานาน	นำเทคนิคในการวางแผนการผลิตและการจัดตารางมาใช้ในการควบคุมการสั่งซื้อและนำเข้าชิ้นส่วนในกระบวนการผลิต (ชุมพล ศฤงคารศิริ, 2550)

ตารางที่ 1.3 ปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษาและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
6) การแบ่งพื้นที่ของสโตร์ไม่ชัดเจน โดยสโตร์ภายในโรงงานเป็นส่วนที่ใช้เก็บทั้งชิ้นส่วนนำเข้าและของเสียรวมกัน ทำให้เกิดความสับสน	จัดสัดส่วนของพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บชิ้นส่วนนำเข้าและของเสียภายในสโตร์ให้แยกจากกันอย่างชัดเจน พร้อมทั้งทำป้ายบอกประเภท (สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, 2548)
7) การกำหนดและแบ่งหน้าที่การทำงานไม่ชัดเจน ดังจะเห็นได้จากการที่มีผังองค์กรที่แสดงถึงตำแหน่งงานและความสัมพันธ์ในแต่ละฝ่ายที่ทำงานซ้อนกัน	สร้างผังองค์กรและกำหนดหน้าที่งานแต่ละตำแหน่งและความสัมพันธ์ในแต่ละฝ่ายให้ชัดเจน (บรรยงค์ โตจินดา, 2542)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทางโรงงานกรณีศึกษามีแนวทางในการแก้ปัญหาประเภทการบริหารจัดการ ซึ่งได้แก่ปัญหาตั้งแต่ข้อที่ 4) ถึงข้อที่ 7) แล้ว และกำลังดำเนินการตามแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ส่วนปัญหาทางด้านกระบวนการผลิตตั้งแต่ข้อที่ 1) ถึงข้อที่ 3) ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่มีประสิทธิภาพและยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่พบเรื้อรังได้เสร็จสิ้น ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการประชุมร่วมกับทีมงานด้านคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อทำการระดมสมอง (Brainstorming) และให้ทีมงานให้คะแนนถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข โดยมีคะแนนดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 การให้คะแนนของทีมงานที่แสดงถึงความรุนแรงของปัญหาที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข

ปัญหา	คะแนน						รวมคะแนน
	วิศวกรฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ	พนักงานฝ่ายผลิต	วิศวกรต้นทุน	วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ	ตัวแทนผู้บริหาร (ผู้จัดการฝ่ายผลิต)	
1) เวลาหยุดของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีประมาณ 4-6%	4	2	3	3	4	4	20
2) การตรวจสอบงานระหว่างทำและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยมีการตรวจสอบถึง 300%	3	3	3	2	3	3	17
3) เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณมีประมาณ 7-9%	3	5	3	5	5	5	26

หมายเหตุ : ระดับคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดย

คะแนน 1 คือ ปัญหาที่มีความสำคัญน้อย ไม่จำเป็นต้องเร่งแก้ไข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คะแนน 3 คือ ปัญหาที่มีความสำคัญปานกลาง ทำการแก้ไขเมื่อไม่มีปัญหาอื่นที่สำคัญกว่า

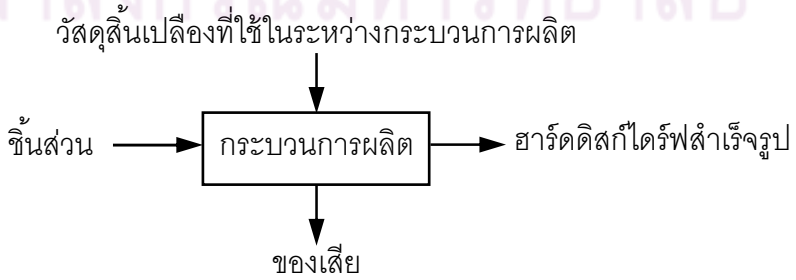
คะแนน 5 คือ ปัญหาที่มีความสำคัญมาก ต้องทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

จากตารางที่ 1.4 ทีมงานได้ให้คะแนนถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข ได้ข้อสรุปว่าปัญหาเรื่องของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณที่มีเปอร์เซ็นต์สูงถึง 7-9% ถือได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดที่โรงงานกรณีศึกษากำลังเผชิญอยู่ในสภาวะปัจจุบัน โดยมีคะแนนสูงถึง 26 คะแนน มากกว่าปัญหาเวลาหยุดของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตประมาณ 4-6% ที่มีคะแนนเป็นอันดับสองถึง 6 คะแนน เนื่องจากเป็นปัญหาเรื่องของเสียทีมงานมีความคิดเห็นที่ตรงกันว่าเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งต้นทุนในการนำผลิตภัณฑ์ไปแก้ไข (Rework) ทางผู้ดำเนินงานวิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะแก้ไขปัญหาในเรื่องนี้

การแก้ไขปัญหาของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณมีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก เนื่องจากมีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสีย 5 ขั้นตอน คือ Auto top cover, Seal and leak test, Helium charge, Helium seal install และ X-Filler (S4W) การลดของเสียให้ต่ำกว่า 7-9% นั้นมีความน่าสนใจเพราะต้องระวังเรื่องคุณสมบัติและการทำงานของผลิตภัณฑ์ด้วย รวมถึงมีตัวแปรกระบวนการ (Process parameter) ที่ใช้ในการควบคุมการเกิดของเสียจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษาและงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการนำแนวทางของซิกซ์ ซิกมา ซึ่งเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนมาใช้ในการปรับปรุงและแก้ปัญหา ส่วนการควบคุมกระบวนการโหลดงานให้ทันเวลาก่อนที่จะเจอปัญหาก๊าซฮีเลียมรั่วออกไปต่ำกว่าค่าที่กำหนด ทางผู้วิจัยเลือกที่จะนำเทคนิคลีนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา

1.3.1 การคำนวณของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเป็นกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ไปเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยหน่วยที่ใช้วัดจำนวนต่างๆ ในกระบวนการ คือจำนวน (ชิ้น)



รูปที่ 1.8 กระบวนการผลิต อินพุต และเอาต์พุตของโรงงานกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1.8 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนต่างๆ ดังนี้

จำนวนชิ้นส่วน + จำนวนวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ = จำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ + จำนวนของเสีย (1.1)

= จำนวนที่ผลิตทั้งหมด (1.2)

ซึ่งในการคำนวณหาจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย Defect Part Per Million (DPPM) นั้นเป็นการคำนวณจำนวนของเสียเทียบกับจำนวนที่ผลิตทั้งหมด ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM} = \frac{\text{จำนวนของเสีย}}{\text{จำนวนที่ผลิตทั้งหมด}} \times 1{,}000{,}000 \quad (1.3)$$

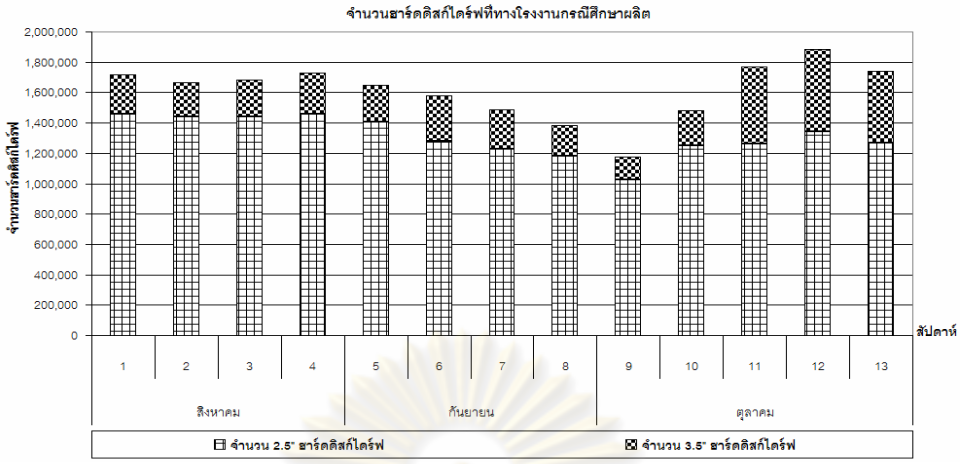
$$= \frac{\text{จำนวนของเสีย}}{\text{จำนวนชิ้นส่วน + จำนวนวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้}} \times 1{,}000{,}000 \quad (1.4)$$

$$= \frac{\text{จำนวนของเสีย}}{\text{จำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ + จำนวนของเสีย}} \times 1{,}000{,}000 \quad (1.5)$$

แต่เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษาไม่มีการเก็บข้อมูลปริมาณวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในระหว่างกระบวนการผลิต จึงทำให้การคำนวณจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ด้วยสมการที่ (1.4) ไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ของโรงงานกรณีศึกษาที่จะกล่าวถึงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะหมายถึงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ที่คำนวณโดยใช้สมการที่ (1.5)

1.3.2 ของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณของโรงงานกรณีศึกษา

จากการเข้าไปศึกษาภายในโรงงานกรณีศึกษา พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพื่อจำหน่ายให้กับลูกค้ามี 2 ประเภทคือ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) และสำหรับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (3.5” Hard disk drive) โดยมีจำนวนการผลิตดังรูปที่ 1.9

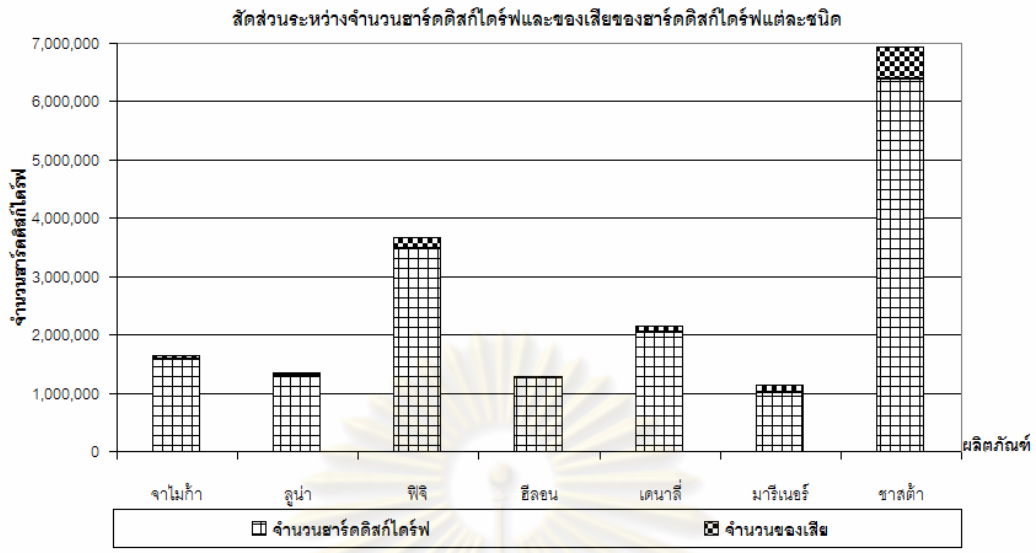


รูปที่ 1.9 กราฟจำนวนการผลิต ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

จากรูปที่ 1.9 จะเห็นว่าจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีปริมาณการผลิตที่มากกว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โดยจำนวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลคิดเป็นร้อยละ 81.44 ของการผลิตทั้งหมด ดังนั้นในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจะมุ่งพิจารณาปัญหาที่เกิดบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 1.5 จำนวนของเสีย จำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเปอร์เซ็นต์ของเสียของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

ชนิดผลิตภัณฑ์	จำนวนของเสีย	จำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	สัดส่วนของเสียเทียบกับการผลิต (DPPM)	สัดส่วนของเสียเทียบกับการผลิตทั้งหมด (DPPM)
จาไมก้า	72,743	1,573,749	46,222.75	4,265.51
ลูน่า	53,628	1,301,436	41,206.79	3,144.64
ฟิจิ	203,691	3,473,744	58,637.31	11,944.05
ฮีลอน	19,423	1,261,251	15,399.79	1,138.93
เดนาลี่	118,754	2,039,622	58,223.53	6,963.50
มารีเนอร์	131,933	1,008,356	130,839.70	7,736.30
ชาสต้า	541,069	6,395,611	84,600.05	31,727.24



รูปที่ 1.10 กราฟสัดส่วนระหว่างจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและของเสียของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

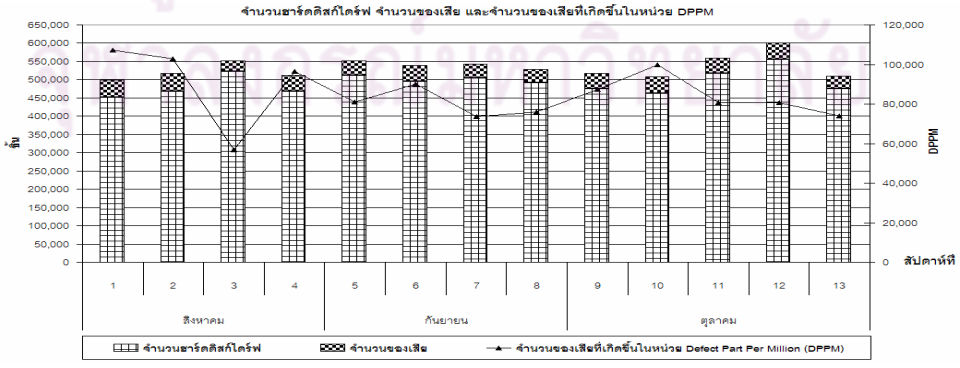
เมื่อพิจารณาสัดส่วนของเสียของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิดในตารางที่ 1.5 จะเห็นว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นมารีเนอร์มีสัดส่วนของเสียมากที่สุดเท่ากับ 130,839.70 DPPM รองลงมาคือรุ่นชาสต้าและฟิจิ มีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 84,600.05 และ 58,637.31 DPPM ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาสัดส่วนของจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผลิตทั้งหมดเทียบกับจำนวนของเสียของแต่ละผลิตภัณฑ์ในรูปที่ 1.10 จะพบว่าผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้ามีปริมาณการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและปริมาณของเสียมากที่สุดถึง 31,727.24 DPPM ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้าจะส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ของเสียโดยรวมมากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะมุ่งพิจารณาปัญหาของเสียบนผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้า

การสำรวจข้อมูลของเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลรุ่นชาสต้า ในกระบวนการเขียนสัญญาณของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่ามีข้อมูลของเสียแสดงดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ในการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รุ่นชาสต้า ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

เดือน	สัปดาห์ที่	จำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	จำนวนของเสีย	จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย Defect Part Per Million (DPPM)
สิงหาคม	1	450,701	48,303	107,173
	2	468,768	48,254	102,938
	3	522,866	29,697	56,797
	4	467,334	45,017	96,327
กันยายน	5	510,795	41,418	81,085
	6	494,742	44,507	89,960
	7	504,602	37,195	73,712
	8	491,177	37,277	75,893
ตุลาคม	9	474,846	41,510	87,418
	10	461,895	46,160	99,936
	11	517,159	41,667	80,569
	12	555,737	44,894	80,783
	13	474,989	35,170	74,044
	รวม	6,395,611	541,069	**84,600**

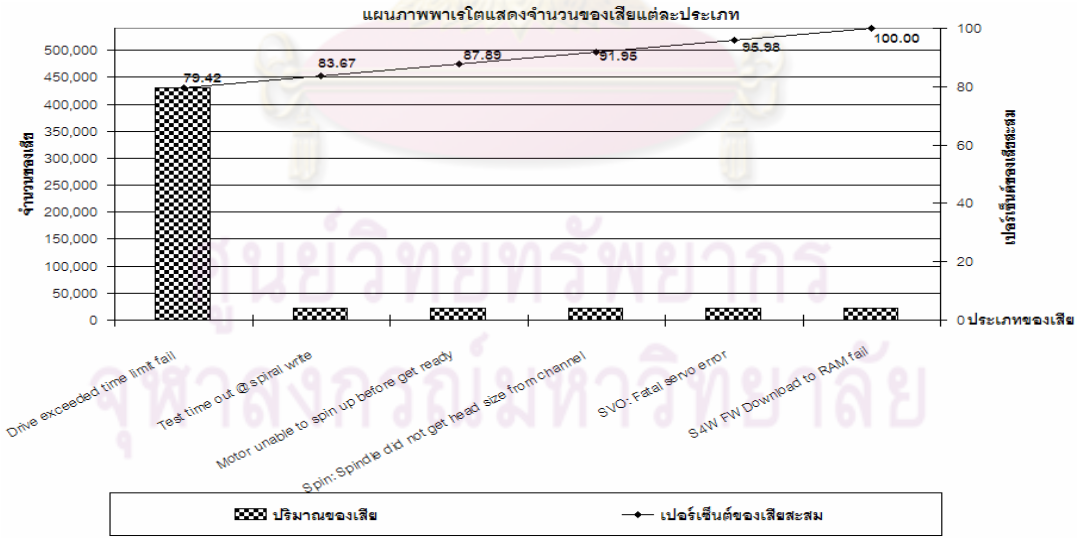
จากตารางที่ 1.6 จะเห็นว่าจากการเก็บข้อมูลจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รุ่นชาสต้าที่ผ่านการเขียนสัญญาณในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 มีจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผ่านการเขียนสัญญาณค่อนข้างต่ำ คิดเป็นจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM โดยเฉลี่ยพบว่ามีจำนวน 85,125 DPPM



รูปที่ 1.11 กราฟจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จำนวนของเสีย และจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ของผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้า

จากรูปที่ 1.11 แสดงให้เห็นว่าจำนวนของเสียมีค่าสูงในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 และมีค่าต่ำในสัปดาห์ 3 และสัปดาห์ที่ 13 โดยมีค่าเฉลี่ยและพิสัยอยู่ที่ 41,620 ชิ้นต่อสัปดาห์ และ 18,606 ชิ้น ตามลำดับ ในขณะที่กราฟของจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผลิตมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นโดยตลอดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 4 ที่มีค่าลดลง หลังจากนั้นค่อยๆ เพิ่มการผลิตจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งเป็นจุดที่กราฟมีค่าสูงที่สุด ส่วนกราฟของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ที่คำนวณจากจำนวนของเสียและจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยใช้สมการ (1.5) นั้นมีรูปแบบตรงข้ามกับกราฟของจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำการผลิต ค่าของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ใกล้เคียงกันในทุกสัปดาห์ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 3 ที่มีค่าลดลงค่อนข้างมาก

เมื่อนำข้อมูลของเสียของทุกสัปดาห์มารวมกันแล้วแยกออกตามประเภทของเสีย 6 ประเภทตามที่โรงงานกรณีศึกษาได้กำหนดไว้ ได้แก่ Drive exceeded time limit fail, SVO: Fatal servo error, Motor unable to spin up before get ready, Test time out @ spiral write, S4W FW download to RAM fail และ Spin: Spindle did not get head size from channel ซึ่งในที่นี้ใช้แผนภาพพาเรโตในการแสดงข้อมูลจำนวนของเสียรวมแต่ละประเภท โดยแกนนอนแสดงถึงประเภทของเสีย แกนตั้งทางด้านซ้ายแสดงถึงจำนวนของเสีย และแกนตั้งทางด้านขวาแสดงถึงเปอร์เซ็นต์สะสมของจำนวนของเสียประเภทนั้นเทียบกับจำนวนของเสียทุกประเภทรวมกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 แผนภาพพาเรโตจำนวนของเสียแต่ละประเภทในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

จากแผนภาพพาเรโตในรูปที่ 1.12 พบว่าของเสียมีจำนวนสูงสุด 2 อันดับแรก คือ ของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail และรองลงมาคือของเสียประเภท Test time out @

spiral write คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 79.42 และ 4.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะพิจารณาปัญหาของเสียบนกระบวนการเขียนสัญญาณประเภท Drive exceeded time limit fail เนื่องจากมีของเสียเกิดขึ้นเป็นเปอร์เซ็นต์ที่มากที่สุด โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา และแนวคิดลีนสำหรับปรับปรุงกระบวนการเขียนสัญญาณ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณของเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นที่ทำการศึกษา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการลดปริมาณของเสียประเภทอื่นต่อไป

เมื่อเรารวบรวมสาเหตุย่อยทั้งหมดที่ส่งผลต่อของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail บนกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สามารถที่จะจัดกลุ่มปัจจัยสาเหตุของสมรรถนะการเขียนสัญญาณดังตารางที่ 1.7 ดังนี้

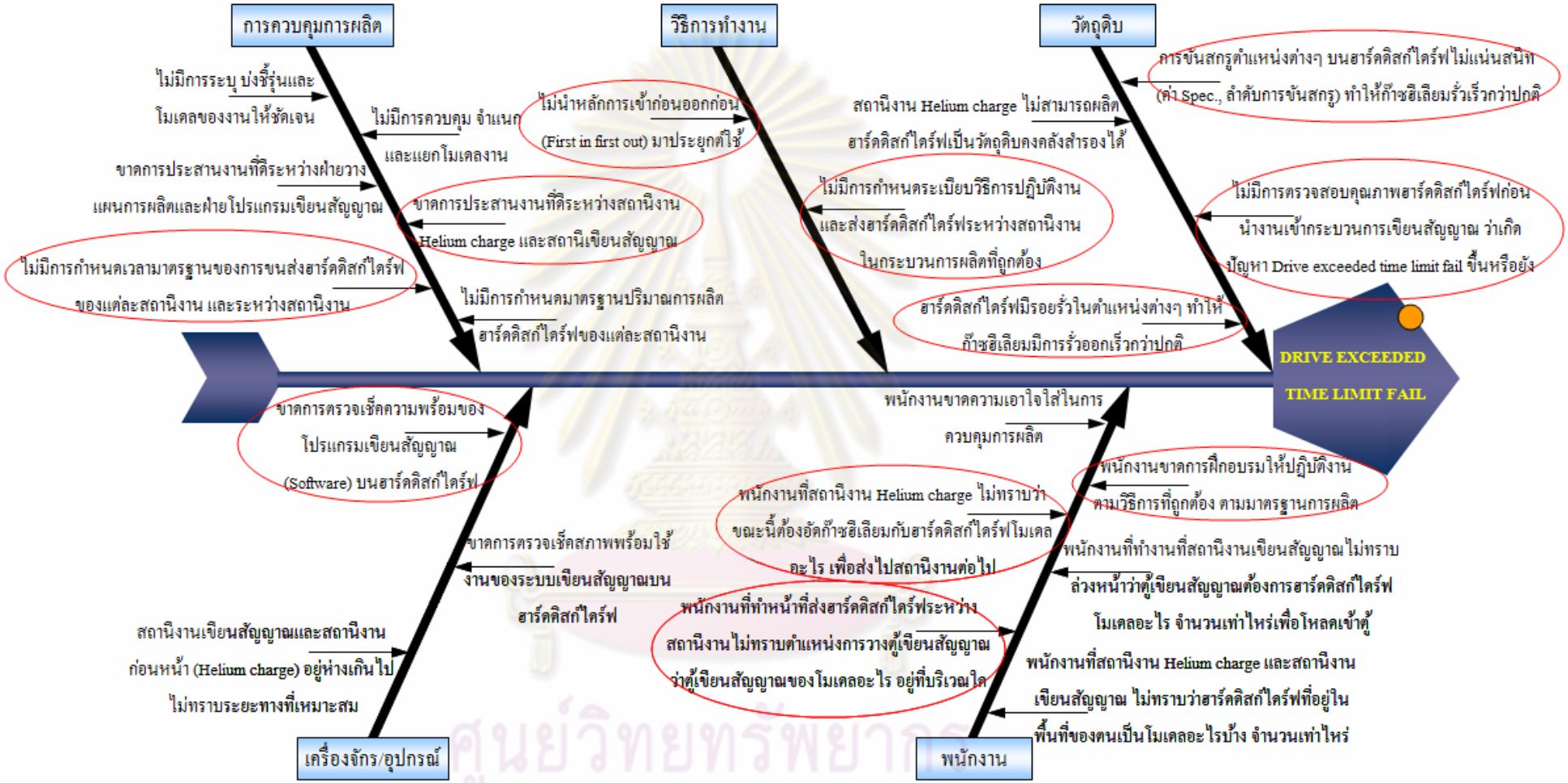
ตารางที่ 1.7 สาเหตุทั้งหมดที่ส่งผลต่อของเสีย Drive exceeded time limit fail บนกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

กลุ่มปัจจัย	ลำดับ	สาเหตุ
พนักงาน	1	พนักงานขาดความเอาใจใส่ในการควบคุมการผลิต
	2	พนักงานขาดการฝึกอบรมให้ปฏิบัติงานตามวิธีการที่ถูกต้องตามมาตรฐานการผลิต
	3	พนักงานที่สถานีงาน Helium charge ไม่ทราบว่าขณะนี้ต้องอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโมเดลอะไร เพื่อส่งไปสถานีงานต่อไป
	4	พนักงานที่ทำงานที่สถานีงานเขียนสัญญาณไม่ทราบล่วงหน้าว่าตู้เขียนสัญญาณต้องการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโมเดลอะไร จำนวนเท่าไหร่เพื่อโหลดเข้าตู้
	5	พนักงานที่ทำหน้าที่ส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างสถานีงานไม่ทราบตำแหน่งการวางตู้เขียนสัญญาณว่าตู้เขียนสัญญาณของโมเดลอะไร อยู่ที่บริเวณใด
	6	พนักงานที่สถานีงาน Helium charge และสถานีงานเขียนสัญญาณ ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ในพื้นที่ของตนเป็นโมเดลอะไรบ้าง จำนวนเท่าไหร่
เครื่องจักร/อุปกรณ์	1	ขาดการตรวจเช็คความพร้อมของโปรแกรมเขียนสัญญาณ (Software) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
	2	ขาดการตรวจเช็คสภาพพร้อมใช้งานของระบบเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ตารางที่ 1.7 สาเหตุทั้งหมดที่ส่งผลต่อของเสีย Drive exceeded time limit fail บนกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (ต่อ)

กลุ่มปัจจัย	ลำดับ	สาเหตุ
เครื่องจักร/อุปกรณ์	3	สถานีงานเขียนสัญญาณและสถานีงานก่อนหน้า (Helium charge) อยู่ห่างเกินไป ไม่ทราบระยะทางที่เหมาะสม
วัตถุดิบ	1	ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณ ว่าเกิดปัญหา Drive exceeded time limit fail ขึ้นหรือยัง
	2	สถานีงาน Helium charge ไม่สามารถผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นวัตถุดิบคงคลังสำรองได้
	3	ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีการรั่วออกเร็วกว่าปกติ
	4	การขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท (ค่า Spec., ลำดับการขันสกรู) ทำให้ก๊าซฮีเลียมรั่วเร็วกว่าปกติ
วิธีการทำงาน	1	ไม่มีการกำหนดระเบียบวิธีการปฏิบัติงานและส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างสถานีงานในกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง
	2	ไม่นำหลักการเข้าก่อนออกก่อน (First in first out) มาประยุกต์ใช้ในการทำงาน
การควบคุมการผลิต	1	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานปริมาณการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของแต่ละสถานีงาน
	2	ไม่มีการกำหนดเวลามาตรฐานของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของแต่ละสถานีงานและระหว่างสถานีงาน
	3	ขาดการประสานงานที่ดีระหว่างสถานีงาน Helium charge และสถานีเขียนสัญญาณ
	4	ขาดการประสานงานที่ดีระหว่างฝ่ายวางแผนการผลิตและฝ่ายโปรแกรมเขียนสัญญาณ (Software)
	5	ไม่มีการควบคุม จำแนกและแยกโมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
	6	ไม่มีการระบุ บ่งชี้รุ่นและโมเดลของงานให้ชัดเจน

ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) ได้ดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แสดงสาเหตุที่ส่งผลต่อของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาจากแผนผังเหตุและผลในรูปที่ 1.13 จะเห็นว่าสาเหตุที่ส่งผลต่อของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail สามารถแบ่งกลุ่มปัจจัยได้เป็น 5 ประเภท คือพนักงาน เครื่องจักร/อุปกรณ์ วัตถุดิบ วิธีการทำงาน และการควบคุมการผลิต โดยสาเหตุหลักของแต่ละกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อของเสียมากที่สุดจะอยู่ในเส้นวงกลม โดยรายละเอียดในการหาสาเหตุจะแสดงต่อไปในเฟสที่ 3 ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis; A) โดยปัจจัยเหล่านี้จะเป็นปัจจัยที่มุ่งเน้นเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาในงานวิจัย

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา โดยการดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

1) เพื่อลดของเสียจากสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2) สร้างคู่มือในการปฏิบัติงานเพื่อลดจำนวนของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณ

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ ได้แก่

1) ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาเรื่องของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นซาสต้า ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา เพียงประเภทเดียวเท่านั้น

2) การวิเคราะห์ปัญหาจะประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์แบบลีนและซิกซ์ ซิกมา เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและแนะแนวทางในการแก้ปัญหา

3) ตัววัดประสิทธิภาพคือ จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นก่อนทำการวิจัย ระหว่างทำการวิจัย และหลังจากทำการปรับปรุงตามแนวทางที่ได้จากการวิจัยเป็นระยะเวลา 3 เดือน

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 เฟสหลัก ได้แก่

เฟส I ระยะการกำหนดปัญหา (Define; D)

ระยะนี้เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการดำเนินงานวิจัย เป็นการเข้าไปสำรวจและศึกษาปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในโรงงานกรณีศึกษา แล้วทำการคัดเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดมาพิจารณา ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพ ทฤษฎีลีน (Lean) ทฤษฎีซิกซ์ ซิกมา (Six sigma) และกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อเป็นพื้นฐานในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพ ทฤษฎีลีน ทฤษฎีซิกซ์ ซิกมา และกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษาสำหรับนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

2) จัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของโรงงาน ซึ่งประกอบไปด้วย วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ พนักงานฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ และวิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน รวมทั้งผู้วิจัย โดยผู้วิจัยมีหน้าที่หลักในการติดต่อประสานงาน เสนอแนะแนวความคิดและสรุปข้อมูลที่ได้จากการระดมสมองของสมาชิกในทีม

3) ศึกษากระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเขียนสัญญาณ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า โดยเข้าไปศึกษาในกระบวนการจริง และสอบถามข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการที่อยู่ในสายการผลิต และสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการเพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของการดำเนินการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รวมทั้งรายละเอียดการทำงานในแต่ละส่วน

4) ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณ โดยการพูดคุยกับพนักงานในกระบวนการเขียนสัญญาณ การเข้าไปสังเกตของผู้วิจัย รวมถึงการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเขียนสัญญาณของโรงงานมาวิเคราะห์ โดยใช้กราฟในการแสดงข้อมูลปริมาณต่างๆ เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพและช่วยในการแปลความหมายของข้อมูล และแผนภาพพาเรโตสำหรับแสดงข้อมูลปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของเสียที่พิจารณา

เฟส II การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure; M)

ระยะนี้เป็นการเข้าไปสำรวจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา แล้วทำการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นก่อนทำการวิจัย ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

5) สร้างเครื่องมือเพื่อวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา โดยสร้างแบบบันทึกในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาของเสียที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้น Key Process Input Variables (KPIVs) และ Key Process Output Variable (KPOV) ที่ชัดเจนซึ่งจะทำให้ทราบว่าปัญหาของเสียเกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์

6) วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge Repeatability and Reproducibility)

7) สรุปสถานการณ์ปัจจุบัน (Baseline Performance) ของปัญหาของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เฟส III ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis; A)

ระยะนี้เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า โดยมีขั้นตอนดังนี้

8) วิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาโดยการระดมสมองภายในทีมงานเพื่อให้ได้ข้อมูลสาเหตุของปัญหาของเสียของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษามากที่สุด โดยให้ทีมงานแต่ละคนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ และสร้างเป็นแผนผังเหตุและผล

9) หาข้อสรุปถึงสาเหตุหลักของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น โดยใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น DOE เป็นต้น

10) วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่สำคัญที่ต้องนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

เฟส IV ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve; I)

ระยะนี้เป็นขั้นตอนต่อจากการหาสาเหตุของปัญหา โดยเป็นการระดมสมองเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

11) รวบรวมแนวทางการแก้ไขปัญหา จากการระดมสมองของทีมงาน กำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12) ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียมากที่สุด และปรับปัจจัยที่มีผลเพื่อให้ของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด

13) ระดมสมองภายในทีมเพื่อสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานสำหรับแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยประยุกต์ใช้เทคนิคลีนร่วมด้วย

14) วางแผนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา และดำเนินงานตามแผนงานที่ได้วางเอาไว้ภายในระยะเวลาที่กำหนด

เฟส V ระยะตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control; C)

ระยะสุดท้ายเป็นขั้นตอนการควบคุมการปฏิบัติตามแนวทางการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ดังนี้

15) จัดประชุมคณะทำงานเพื่อชี้แจงถึงผลของแนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่ทดลองใช้จริงและร่วมกันพิจารณาตัววัดที่ต้องคอยตรวจติดตาม โดยการควบคุมเพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุงหรือหลังการนำแนวทางไปใช้ และวิธีการตรวจติดตามตัววัดดังกล่าว

16) เก็บข้อมูลยืนยันผล 3 เดือนหลังทำการปรับปรุง โดยมีการกำหนดแผนควบคุม เช่น Spec., Parameter เป็นต้น

17) สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาอื่นๆ

18) จัดทำคู่มือแนวทางและรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ระยะเวลาในการทำงานวิจัย

การทำงานวิจัยแต่ละขั้นตอนมีกำหนดระยะเวลาไว้ในตารางที่ 1.8 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.8 ระยะเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาดำเนินงาน									
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
	เฟส I ระยะการกำหนดปัญหา (Define; D)										
1	ศึกษาทฤษฎีและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
2	จัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของโรงงาน										
3	ศึกษากระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา										
4	ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณ										
	เฟส II การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure; M)										
5	สร้างเครื่องมือเพื่อวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา										
6	ทำการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวัด และแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำมาใช้จริง										
	เฟส III ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis; A)										
7	ระดมสมองภายในทีมงานเพื่อให้ได้ข้อมูลสาเหตุของปัญหาของเสีย										
8	หาข้อสรุปถึงสาเหตุหลักของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น										
9	วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่สำคัญที่ต้องนำไปทำการทดลอง										
	เฟส IV ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve; I)										
10	ออกแบบการทดลอง (DOE)										
11	กำหนดตัวแปร และข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลอง										

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.8 ระยะเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอน (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาดำเนินงาน									
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
12	กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล										
13	ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียมากที่สุด และปรับปัจจัยที่มีผล										
14	ระดมสมองภายในทีมเพื่อสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานสำหรับแก้ปัญหา										
15	วางแผนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา และดำเนินงานตามแผนงาน										
	เฟส V ระยะตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control; C)										
16	จัดประชุมคณะทำงานเพื่อชี้แจงถึงผลของแนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่ทดลองใช้จริง										
17	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาอื่นๆ										
18	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์										

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1) แนวทางในการลดของเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5" Hard disk drive) รุ่นชาสต้า ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2) ระเบียบวิธีปฏิบัติงานในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อลดจำนวนของเสีย

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประโยชน์ที่มีต่องานศึกษาวิจัย และประโยชน์ที่มีต่อกรณีศึกษา ดังนี้

1) ประโยชน์ที่มีต่องานศึกษาวิจัย

- เป็นแนวทางการพัฒนาความรู้ในการลดของเสียจากกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
- เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยงานที่มีเป้าหมายหรือลักษณะปัญหาหรือกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียง
- เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจทั่วไปในการศึกษาเพิ่มเติมหรือนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นต่อไป
- เป็นการทดลองและศึกษาผลของการนำเทคนิคลีนและซิกซ์ ซิกมามาใช้ในกรณีศึกษาการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2) ประโยชน์ที่มีต่อกรณีศึกษา

- สามารถนำเทคนิคลีนและซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สามารถแนะแนวทางโดยประยุกต์ใช้เทคนิคลีนและซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงและควบคุมคุณภาพที่เหมาะสม

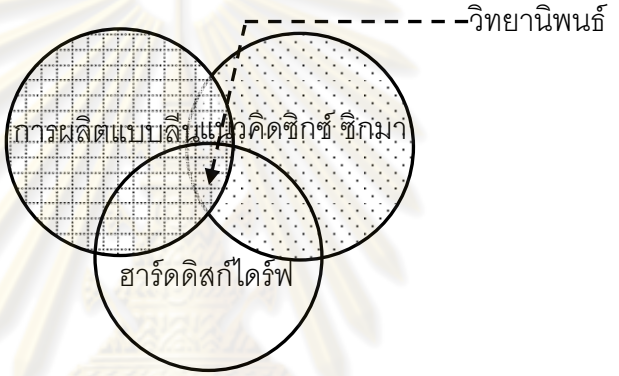
- เสนอแนะแนวทางการลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้กับโรงงานกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการทำงานวิจัย โดยขอบเขตองค์ความรู้ประกอบเข้าด้วยกัน 3 ส่วนคือ การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six sigma) และฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive; HDD) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 ขอบเขตของการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

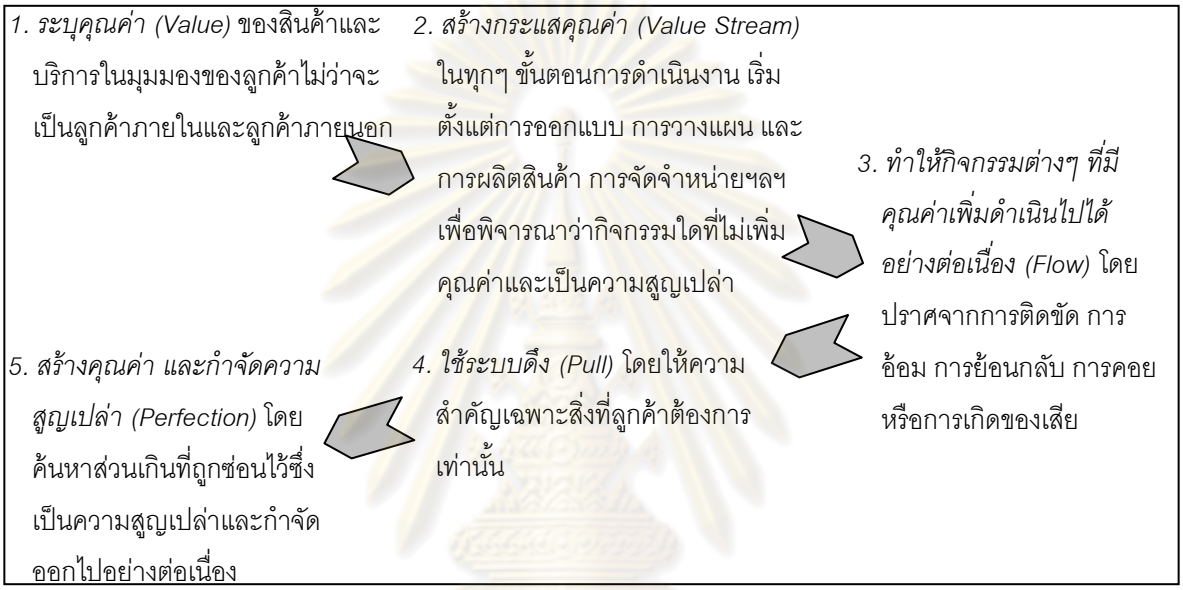
2.1 แนวคิดการผลิตแบบลีน แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และทฤษฎีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.1.1 แนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)

เป็นเครื่องมือในการจัดการกระบวนการที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถให้แก่องค์กร โดยการพิจารณาคุณค่าในการดำเนินงานเพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการของลูกค้า มุ่งสร้างคุณค่าในตัวสินค้าและบริการ และกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไรและผลลัพธ์ที่ดีทางธุรกิจในที่สุด ในขณะเดียวกันก็ให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพควบคู่ไปด้วย

คำว่า “ลีน” (Lean) ถ้าเปรียบกับองค์กรจะหมายถึง องค์กรที่ดำเนินการโดยปราศจากความสูญเสียในทุกๆ กระบวนการ มีความสามารถในการปรับตัว ตอบสนองความต้องการของตลาดได้ทันท่วงที และมีประสิทธิภาพเหนือคู่แข่งขัน

การผลิตแบบลีน คือ วิธีการที่มีระบบแบบแผนในการระบุและกำจัดความสูญเสียหรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าภายในกระแสคุณค่าของกระบวนการ โดยอาศัยการดำเนินตามจังหวะความต้องการของลูกค้าด้วยระบบดึง ทำให้เกิดสภาพการไหลอย่างต่อเนื่อง ราบเรียบ และทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างคุณค่าให้แก่ระบบอยู่เสมอ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนหลักได้ 5 ขั้นตอน ดังแผนภาพในรูปที่ 2.2 (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2549)



รูปที่ 2.2 แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน

แนวคิดการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time; JIT) หรือการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยไทอิจิ โอโนะเป็นแนวคิดที่กล่าวถึงการผลิตสิ่งที่ต้องการในปริมาณที่ต้องการ และในเวลาที่ต้องการ เป็นแนวคิดหนึ่งที่คำนึงถึงการลดความสูญเปล่า ซึ่งส่งผลถึงเวลานำที่ลดลง โดยมีองค์ประกอบหลายส่วน กล่าวคือ การมีทรัพยากรที่ยืดหยุ่น การควบคุมการผลิตด้วยบัตร การผลิตปริมาณน้อย การเตรียมการก่อนการผลิตอย่างรวดเร็ว การจัดระดับการผลิตอย่างสม่ำเสมอ คุณภาพ ณ แหล่งผลิต การบำรุงรักษาทั่วทั้งการผลิต และเครือข่ายผู้ส่งมอบ เมื่อองค์ประกอบที่กล่าวมาได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมแล้ว จะสังเกตได้ว่านอกจากจะสามารถลดเวลานำได้ แนวคิดการผลิตแบบทันเวลาพอดียังช่วยในการลดระดับพัสดุคงคลัง ปรับปรุงคุณภาพ ลดต้นทุน ลดความต้องการใช้พื้นที่ เพิ่มผลิตภาพ เพิ่มความยืดหยุ่น สร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ส่งมอบ ทำให้สามารถจัดตารางการผลิต และควบคุมกิจกรรมต่างๆ ได้ง่ายขึ้น เพิ่มกำลังการผลิต ใช้ทรัพยากรมนุษย์ได้คุ้มค่ามากขึ้น รวมถึงสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย (Russell and Taylor, 2003)

ยังมีแนวคิดที่พยายามพัฒนาระดับคุณภาพในด้านการตอบสนอง โดยคำนึงถึงเวลาเป็นหลักลักษณะเดียวกับลีน โดย Suri ในปี 1999 อธิบายถึงแนวคิดการผลิตเพื่อการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Quick Response Manufacturing; QRM) ว่าเป็นแนวความคิดที่ไม่มีการผ่อนผันในการลดเวลานำในทุกลักษณะที่อาจจะเกิดขึ้นได้ของกระบวนการ โดยเสนอแนวทางในการลดเวลานำด้วยการผลิตแบบเซลล์ (Cellular manufacturing) การคำนึงถึงกำลังการผลิต และปริมาณการผลิตในแต่ละครั้ง (Capacity and lot sizing decisions) การวางแผนวัสดุและการวางแผนการผลิต การควบคุมวัสดุ นอกจากวิธีการลดเวลานำจากกระบวนการแล้ว Suri ยังเสนอแนวคิดการจัดการสำนักงานเพื่อการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Quick Response Office Cell; Q-ROC) โดยหลักการส่วนใหญ่ยังมีลักษณะเดียวกันกับหลักการการผลิตแบบเซลล์ แต่เพิ่มเติมในส่วนของการทำงานหลายหน้าที่ของพนักงาน การฝึกอบรมข้ามสายงาน การจัดพนักงานให้เหมาะสม และวงจรการทำงานแบบปิด

1) ตัววัดประสิทธิภาพตามแนวคิดลีน

ในแนวคิดลีน ตัววัดที่สำคัญคือ เวลานำรวม (Total lead time) ซึ่งอธิบายและคำนวณได้โดยกฎของลิตเติ้ล (Little's Law) (George and Maxey, 2005)

$$\text{เวลานำรวม} = \frac{\text{จำนวนของชิ้นงานที่ยังอยู่ในกระบวนการ}}{\text{อัตราเฉลี่ยการสร้างชิ้นงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา}}$$

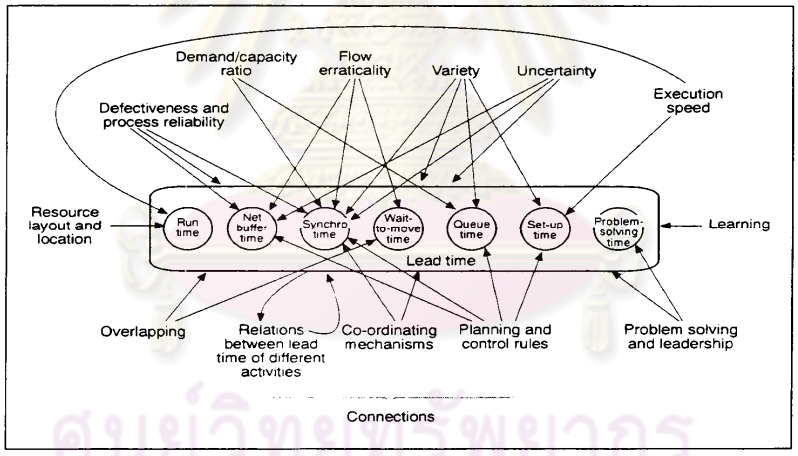
เวลานำรวม คือ เวลาที่นับเริ่มตั้งแต่ชิ้นงานเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบ ส่วนจำนวนของชิ้นงานที่ยังอยู่ในกระบวนการ (Work in Process; WIP) คือ จำนวนของชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบและยังไม่ได้ออกจากระบบ ชิ้นงานนี้อาจหมายถึง วัตถุดิบ คำสั่งซื้อ ลูกค้า รายการประกอบหรืออะไรก็ได้ และอัตราเฉลี่ยการสร้างชิ้นงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Average completion rate) คือ อัตราเฉลี่ยของการสร้างชิ้นงานเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด

2) แนวความคิดเกี่ยวกับเวลานำ (Lead time) ในการผลิต

Russell and Taylor, 2003 จำแนกเวลานำออกเป็น 4 ส่วน คือ เวลาปฏิบัติการ เวลาเคลื่อนย้าย เวลารอคอย และเวลาเตรียมการก่อนการผลิต เขายังเสนอวิธีการที่สามารถลดเวลาปฏิบัติการ โดยการลดจำนวนชิ้นส่วน และเพิ่มประสิทธิภาพ หรือความเร็วในการผลิต ลดเวลาเคลื่อนย้าย โดยจัดให้เครื่องจักรอยู่ใกล้กัน สร้างวิธีการเคลื่อนย้ายให้ง่าย และสะดวกขึ้น การจัดเส้นทางมาตรฐาน รวมถึงการกำจัดกระบวนการเคลื่อนย้าย ลดเวลารอคอย โดยวางแผนวัสดุ จัดสรร

พนักงาน และเครื่องจักร กำหนดกำลังการผลิตอย่างเพียงพอ และลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต ซึ่งมักจะเป็นปัญหาคอขวดของกระบวนการทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นส่วนที่มีปัญหาเกิดขึ้นมากที่สุด

Bartezzaghi, Spina and Verganti, 1994 ได้นำเสนอแบบจำลองเวลานำ แรงขับด้านเวลาของกระบวนการทางธุรกิจ โดยจำแนกเวลานำเป็น 7 ส่วน ได้แก่ เวลาการผลิต เวลาเตรียมการก่อนการผลิต เวลารอคอย เวลารอเพื่อเคลื่อนย้าย เวลารอจังหวะเดียวกัน เวลาแก้ไขปัญหา และเวลารอคอยระหว่างกระบวนการ และจำแนกแรงขับด้านเวลา ออกเป็น 11 ปัจจัย อันได้แก่ ความเร็วในการปฏิบัติการ ความไม่แน่นอน ความหลากหลาย การไหลที่ไม่มีกฎเกณฑ์ อัตราส่วนของความต้องการต่อกำลังการผลิต การเกิดข้อบกพร่องและความเชื่อถือได้ของกระบวนการ ผังและการจัดตำแหน่งของทรัพยากร การคาบเกี่ยวของกระบวนการ การแก้ไขปัญหาและภาวะผู้นำ การเรียนรู้ และการติดต่อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย คือ กลไกการประสานงาน กฎเกณฑ์การวางแผนและการควบคุม และความสัมพันธ์ระหว่างเวลานำของกิจกรรมที่ต่างกัน



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับด้านเวลา และองค์ประกอบของเวลานำ

แม้แนวคิดของ Bartezzaghi, Spina and Verganti, 1994 จะจำแนกเวลานำอย่างละเอียดกว่าแนวคิดของ Russell and Taylor, 2003 แต่แนวคิดในการจำแนกเวลานำออกเป็น 4 ส่วน คือ เวลาปฏิบัติการ เวลาเคลื่อนย้าย เวลารอคอย และเวลาเตรียมการก่อนการผลิต ดูจะเป็นแนวคิดที่แพร่หลาย และได้รับความนิยมมากกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางในการลดเวลานำในการผลิต

Russell and Taylor, 2003 ได้เสนอแนวคิดในการลดเวลานำ โดยจำแนกเวลานำเป็น 4 ส่วน

- **แนวทางในการลดเวลาปฏิบัติการ**

การศึกษาการทำงานเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการลดเวลาปฏิบัติการ โดยนิยามของการศึกษาการทำงาน คือ การศึกษาวิธี และการวัดผลงาน ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงานและองค์ประกอบต่างๆ เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนามาตรฐานของการทำงานและเวลาทำงาน รวมไปถึงการใช้เครื่องมือส่งเสริมจูงใจบุคคลากร นำไปสู่การเพิ่มผลผลิต (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

แนวทางที่นิยมนำมาใช้ปรับปรุงการทำงานเพื่อลดเวลาปฏิบัติการแนวทางหนึ่ง คือ หลักการของ ECRS เพื่อการปรับปรุง ซึ่งได้แก่ การกำจัด (Eliminate; E) การผสมผสาน (Combine; C) การจัดลำดับใหม่ (Rearrange; R) และการทำให้ง่าย (Simplify; S) (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

1. การกำจัด (Eliminate; E) ทำโดยการไล่หาจุดประสงค์ อันทำให้สามารถกำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกได้ รูปแบบนี้มีประสิทธิผลสูงสุดในการปรับปรุงงาน

2. การผสมผสาน (Combine; C) ทำโดยการผสมผสานองค์ประกอบของงานหลายประการเข้าด้วยกัน ช่วยให้ลดขั้นตอนของงานบางส่วนลงได้

3. การจัดลำดับใหม่ (Rearrange; R) ซึ่งการโยกย้ายสับเปลี่ยนลำดับขององค์ประกอบของงานอาจสร้างโอกาสกำจัดงานบางส่วน หรือโอกาสการผสมผสานใหม่

4. การทำให้ง่าย (Simplify; S) เมื่อพิจารณาถึงการกำจัด การผสมผสานและการจัดลำดับใหม่อย่างรอบคอบแล้ว ควรพยายามจัดการองค์ประกอบของงานส่วนที่เหลืออยู่ให้เป็นงานที่ง่ายที่สุดเท่าที่จะทำได้

นอกจากหลักการ ECRS แล้ว การใช้เครื่องมือเข้าช่วยในการทำงาน ก็สามารถลดเวลาปฏิบัติงานได้ ตัวอย่างเช่น การนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือที่ทันสมัย เข้ามาช่วยในการลดเวลา และข้อจำกัดจากการใช้หลักการ ECRS (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

- แนวทางในการลดเวลาเคลื่อนย้าย

ปัญหาของเวลาในการเคลื่อนย้ายเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางผังส่วนการผลิต ซึ่งไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การจัดส่วนงานที่มีความเกี่ยวข้องกันสูงอยู่ห่างจากกัน ทำให้การติดต่อสื่อสาร การส่งต่อข้อมูล หรือการปฏิบัติงานอื่นๆ เป็นไปได้ยาก การพยายามจัดผังส่วนให้บริการ โดยคำนึงถึงเส้นทางการบริการจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยลดเวลาในการเคลื่อนย้ายได้

หลักการสำคัญขั้นพื้นฐานสำหรับการวางผังโรงงานในอุตสาหกรรมการผลิต ประการแรกคือ ความสัมพันธ์โดยจัดหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ โดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์มากมาหาน้อย กิจกรรมใดมีความสัมพันธ์มากก็ให้อยู่ใกล้กัน ประการที่สองคือ เนื้อที่โดยพิจารณาเกี่ยวกับเนื้อที่ต่างๆ ทั้งจำนวน ชนิด และรูปร่าง หรือรูปทรงของเนื้อที่ของกิจกรรมต่างๆ ที่ได้กำหนดในผังโรงงาน และประการสุดท้ายคือ การปรับตำแหน่งที่ตั้ง โดยปรับหรือจัดตำแหน่งของกิจกรรมต่างๆ ให้ได้อย่างเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

อีกแนวทางหนึ่งที่อุตสาหกรรมการผลิตเริ่มนำเข้ามาใช้ คือ การวางผังการผลิตแบบเซลล์ ซึ่งจัดแบ่งสินค้าที่ผลิตออกเป็นหมวดหมู่ จากนั้นจึงจัดเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการผลิตสินค้าแต่ละกลุ่มไว้ในหน่วยผลิตย่อยที่เรียกว่าเซลล์ โดยการผลิตสินค้าแต่ละรายการจะสามารถดำเนินการได้จนแล้วเสร็จภายในหนึ่งเซลล์ (วันชัย ริจิรวนิช, 2541)

การวางผังการผลิตแบบเซลล์ ช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ในขณะที่สามารถควบคุมความสูญเปล่าให้เกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ การจัดอุปกรณ์และสถานีงานตามลำดับที่เอื้อต่อการไหลของวัสดุและส่วนประกอบต่างๆ ตลอดทั้งกระบวนการ ด้วยการขนส่งให้น้อยที่สุดหรือใช้เวลาน้อยที่สุด

- แนวทางในการลดเวลารอคอย

เนื่องจากในการผลิตไม่สามารถสร้างงานไว้สะสมจำนวนมากเพื่อใช้ในยามที่มีความต้องการสูง เนื่องจากจะทำให้มีปัญหาสินค้าคงคลังตามมา ประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาจึงเป็นเรื่อง ประสิทธิภาพของทรัพยากรในการให้บริการ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับเวลาในการรอคอย (Waiting time) (Zeithaml and Bitner, 2000)

เทคนิคที่นำมาใช้จึงเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของทรัพยากรในการผลิต ซึ่งมีทั้งการวางแผนทรัพยากร ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากร เพื่อให้ได้ปริมาณงานตามที่ต้องการ การจัด

สมดุลสายการทำงาน เพื่อลดรอบเวลาการทำงานให้น้อยที่สุด โดยเป็นการกระจายงานให้แต่ละหน่วยการบริการอย่างเหมาะสม เทคนิคอีกส่วนที่นำมาใช้คือการจัดตารางและลำดับการทำงาน เพื่อให้สามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ (Russell and Taylor, 2003)

- แนวทางในการลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับ Setup time คือ ลูกค้าในปัจจุบันต้องการผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายในปริมาณที่จำกัด กล่าวคือ ลูกค้ามีความคาดหวังในผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ราคาที่เหมาะสม และสามารถหาได้ในเวลารวดเร็ว นั่นหมายความว่าผู้ผลิตจะต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในปริมาณน้อย ทำให้เกิดการ Setup บ่อยครั้ง จากความจำเป็นดังกล่าว การลด Setup time จึงเป็นเรื่องที่ผู้ผลิตให้ความสนใจมากขึ้น

Setup time มักจะเป็นสาเหตุของปัญหาคอขวด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้าหลายแบบ เนื่องจากในกระบวนการผลิต จะต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักร หรือทำการตั้งค่าต่างๆ เพื่อให้ตรงกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต เทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Dies) ซึ่งคิดค้นโดย Shigeo Shingo ถูกนำมาใช้เพื่อลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต เทคนิค SMED ประกอบด้วย 4 หลักการ คือ

1. แยก Internal setup ซึ่งจะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อหยุดเครื่องจักรแล้วเท่านั้น ออกจาก External setup ซึ่งสามารถทำได้แม้ในระหว่างที่เดินเครื่องจักรอยู่ ซึ่งจากการแยก Setup ทั้ง 2 ประเภทออกจากกัน จะทำให้เราสามารถทำ External setup ในระหว่างที่เครื่องจักรยังเดินอยู่ และเมื่อเครื่องจักรหยุด สิ่งที่เหลือจะมีเพียง Internal setup เท่านั้น จากการปฏิบัติตามหลักการนี้สามารถลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิตได้ 30-50%

2. แปลง Internal setup เป็น External setup เช่นในงาน Setup บางงานที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรเดินอยู่ เช่น ใช้อุปกรณ์เสริมหรือใช้วิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ทำการ Setup ในขณะเครื่องจักรเดินอยู่ได้

3. ปรับปรุงปัจจัยที่มีผลต่อการ Setup ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เราสามารถลดเวลาที่ต้องเสียไปกับ External setup โดยการจัดบริเวณทำงานให้เหมาะสม จัดวางอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ใกล้กับบริเวณที่ใช้งาน และดูแลรักษาสภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีเสมอ

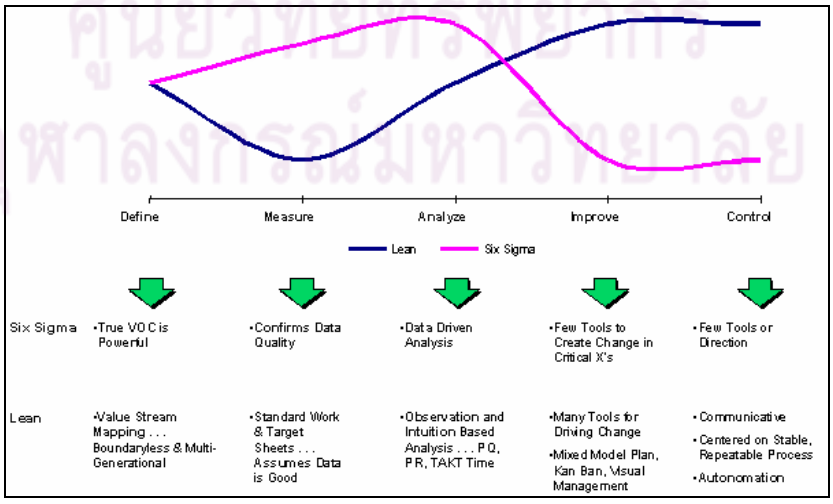
สำหรับการลดเวลาที่ต้องเสียไปกับ Internal setup อาจทำได้โดยการทำให้การตั้งค่าต่างๆ ทำได้ง่ายหรือกำจัดการปรับแต่งหากเป็นไปได้ (Russell and Taylor, 2003)

ประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการนำเอาเทคนิค SMED ไปใช้ คือ SMED เป็นเทคนิคที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แก้ไขปัญหาคอขวด ซึ่งจะเกิดจากการที่กำลังการผลิตของเครื่องจักร หรือทรัพยากรที่ใช้กิจกรรมนั้นมีไม่เพียงพอ การนำเอาเทคนิค SMED ไปใช้ในกิจกรรมที่ไม่เกิดปัญหาคอขวด ซึ่งมีกำลังการผลิตเหลือเฟือจะไม่ช่วยให้กระบวนการผลิตทั้งระบบรวดเร็วขึ้นแต่อย่างไร (Hohmann, 2003)

3) แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา (Lean six sigma)

George, 2003 เสนอแนวความคิดใหม่เกี่ยวกับลีน โดยให้คำจำกัดความว่า ลีน (Lean) คือ กลุ่มของหลักการซึ่งใช้เร่งความเร็วกระบวนการใดๆ โดยลดความสูญเปล่าทุกรูปแบบ โดยเสนอในรูปแบบการใช้ร่วมกับวิธีการซิกซ์ ซิกมา (Six sigma method)

ซึ่งในงานวิจัยของ Norman and et al., 2003 ได้นำเสนอแผนภูมิแสดงอำนาจของวิธีการซิกซ์ ซิกมา และแนวคิดแบบลีน โดยสรุปแนวคิดได้ว่า วิธีการซิกซ์ ซิกมา (Six sigma method) มีประโยชน์อย่างมากในระยะของการระบุปัญหา (Define) การวัดและเก็บข้อมูล (Measure) และการวิเคราะห์ข้อมูล (Analyse) ส่วนแนวคิดแบบลีน (Lean approach) มีประโยชน์อย่างมากในระยะของการระบุปัญหา (Define) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการซิกซ์ ซิกมา เป็นวิธีการที่อาศัยข้อมูลเป็นตัวผลักดัน ในขณะที่แนวคิดแบบลีน มีความเป็นรูปธรรมจึงสามารถผลักดันตัวเองเพื่อไปสู่ทางแก้ปัญหาได้รวดเร็วกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ผลจากการวิจัยนี้ยืนยันว่าการผสมผสานกันของ 2 วิธีการดังกล่าวทำให้เกิดแนวทางที่มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหา



รูปที่ 2.4 แผนภูมิอำนาจของซิกซ์ ซิกมา และแนวคิดแบบลีน

2.1.2 **แนวคิดซิกซ์ ซิกมา** (Six sigma)

ซิกซ์ ซิกมา คือระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ (Breyfogle, 1999)

Sigma หรือ σ เป็นอักษรกรีกโบราณ ในทางสถิติใช้แทนความหมายระดับความผันแปรของกระบวนการ หรือเรียกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

การที่จะบรรลุวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกมาจะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จุดของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ ในวิชาสถิติ ซึ่งในวิธีการทางซิกซ์ ซิกมานี้จะประยุกต์ใช้กลยุทธ์ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการ คือ การนิยามปัญหา (Define phase) การวัดสภาพของปัญหา (Measure phase) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze phase) การปรับปรุงแก้ไข (Improve phase) และการควบคุมเพื่อรักษาสภาพภายหลังการปรับปรุง (Control phase)

1) ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการตามแนวคิดซิกซ์ ซิกมา

กระบวนการมาตรฐานของซิกซ์ ซิกมาประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตนี้ มีพื้นฐานมาจากขั้นตอนที่เสนอโดย W. Edwards Deming คือ Plan, Do, Check และ Action (P-D-C-A) แต่มีข้อแตกต่างกันก็คือขั้นตอนต่างๆ ใน D-M-A-I-C เหล่านี้ไม่ได้เป็นรูปแบบที่เรียงตัวกันอย่างเส้นตรงโดยแท้จริง กล่าวคือเมื่อกลุ่มสมาชิกเริ่มทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล ฯลฯ อาจทำให้สามารถค้นพบกับปัญหาและกระบวนการต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของปัญหาที่ไม่ได้คาดคิดว่าจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต สิ่งที่ค้นพบนี้จะทำให้เราสามารถที่จะพิจารณาแก้ไขเป้าหมายของโครงการใหม่ได้ แม้ว่าการทดลองจะได้ผลลัพธ์ออกมาแล้วก็ตาม หรือหลังจากที่ทำการทดสอบผลลัพธ์แล้วก็ตาม ทางกลุ่มผู้ทดลองควรที่จะทำการวิเคราะห์ผลเพิ่มต่อไป

โดยทั่วไปกลุ่มผู้ทำการทดลองสามารถที่จะบันทึกความก้าวหน้าของโครงการโดยอ้างอิงกับวงล้อ D-M-A-I-C ได้ แต่ในแต่ละขั้นตอนจะเป็นกิจกรรมที่สามารถทำซ้ำภายในตนเองได้ โดยรายละเอียดและเครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน มีดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ขั้นตอนในการปรับปรุงกระบวนการตามแนวคิดซิกซ์ ซิกมา

การนิยามปัญหา (Define)

เป็นขั้นตอนการระบุและคัดเลือกหัวข้อเพื่อการดำเนินการตามโครงการ เป็นขั้นตอนแรกในการทำโครงการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งทำการกำหนดหัวข้อ ขอบเขต และเป้าหมายของโครงการ เพื่อให้ทราบลักษณะเฉพาะของคุณภาพสินค้าที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต โดยมีขั้นตอนการคัดเลือกโครงการ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 โครงการนั้นเป็นเรื่องที่ทำแล้วเห็นผลเร็ว และสอดคล้องกับเป้าหมายของทางบริษัท (Business Goal)

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อทำการปรับปรุงแล้วมีผลกระทบส่งผลต่อด้านต้นทุน

ขั้นตอนที่ 3 เป็นเรื่องที่มีความสำคัญขององค์กรนั้นๆ หรือเป็นกลยุทธ์ (Strategies) ขององค์กร

ขั้นตอนนี้ถือเป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นและเหตุผลที่เลือกโครงการนี้เป็นจุดเริ่มต้น โดยการพิจารณาเริ่มตนจากกระบวนการหลักและลงสู่กระบวนการย่อย โดยจุดมุ่งหมายสูงสุดคือความพึงพอใจของลูกค้า นำความต้องการของลูกค้ามากำหนดกระบวนการที่สำคัญยิ่ง (Critical process) ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงตลอดช่วงการดำเนินการ (Hayler and Nichols, 2548)

ขั้นตอนในกระบวนการนี้ได้แก่

1. จัดตั้งทีมงานในการปรับปรุงคุณภาพ

2. ระบุปัญหาที่เกิดขึ้น หรือสิ่งที่ต้องการปรับปรุง ที่มาจากการรวบรวมข้อมูลจริง ระบุความสำคัญของปัญหา พร้อมทั้งระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

3. ระบุขอบเขตของปัญหาที่เหมาะสมโดยต้องมีขอบเขตที่ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป โดยต้องสอดคล้องกับระยะเวลา

4. ศึกษากระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาเพื่อนำมาทำ Process mapping ของโครงการที่ต้องการปรับปรุง และระบุปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการดำเนินโครงการ

5. จัดทำแผนการดำเนินงาน (Montgomery, 2009)

การวัดสภาพของปัญหา (Measure)

เป็นขั้นตอนถัดจากการนิยามปัญหา ซึ่งจะทำการวัดผล ศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิจัย เพื่อให้เกิดความเข้าใจกระบวนการ ณ ปัจจุบัน โดยขั้นตอนนี้ต้องบันทึกกระบวนการ กำหนดเครื่องมือ ตำแหน่ง และวิธีการวัดสมรรถนะของกระบวนการ เพื่อนำไปสู่การเข้าใจธุรกิจและเป็นกลไกในการเชื่อมโยงไปสู่งานอื่นที่สร้างคุณค่า เป็นการกำหนดตัวชี้วัดผลิตภาพ (Productivity measures) ที่สำคัญเพื่อวัดกระบวนการ (Hayler and Nichols, 2548) โดยการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น Throughput, Cycle time, Cost และ Quality เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่ Key Process Input Variables (KPIVs) และ Key Process Output Variable (KPOV) โดยอาจมีการระบุในขั้นตอนการนิยามปัญหาและต้องทำให้ชัดเจนขึ้นในขั้นตอนนี้ การเก็บข้อมูลต้องได้รับการวางแผนการเก็บข้อมูลมาอย่างดี มีจำนวนมากเพียงพอ ครอบคลุมผู้ปฏิบัติงานและครบตามช่วงเวลาในการปฏิบัติงาน ผลการเก็บข้อมูลตรงตามจุดมุ่งหมายของโครงการ การประเมินระบบการวัด (Gauge R&R) การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้สะดวก การดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. Process Flow Chart เพื่อทำให้เห็นภาพรวมของกระบวนการที่ต้องการศึกษา จากนั้นนำไปวิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของโครงการ

2. ระบุ Key Process Input Variables (KPIVs) และ Key Process Output Variable (KPOV) ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เราทำการศึกษา

3. ระบุตัววัดความสามารถของระบบ (Measurement system capability)

4. ข้อยกเว้น (Assumption) ใดๆ ที่เกิดขึ้นต้องมีการบันทึกไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไปในอนาคต

5. แหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล ผลของข้อมูลควรเพียงพอเพื่อเห็นภาพของกระบวนการ (Montgomery, 2009)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze)

ขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากขั้นตอนการวัดสภาพของปัญหา โดยเน้นที่การปรับปรุงกระบวนการโดยการแยกตัวแปรที่มีความสำคัญที่เป็นไปได้ (ตัวแปรที่ส่งผลต่อคุณภาพให้มีความผันแปรมากที่สุด) ออกมาเพียงเล็กน้อยจากตัวแปรจำนวนมากมาย วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหลัก และในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้เองที่ทำให้สามารถทราบรายการของสาเหตุความผันแปรทั้งหมด ซึ่งจะนำไปสู่การทราบรายการของสาเหตุความผันแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพ ซึ่งเรียกสาเหตุหลักนี้ว่า Key Process Input Variables (KPIVs) ซึ่งต้องสามารถระบุให้ชัดเจนว่า อะไรคือ KPIVs ของปัญหาและต้องสามารถเชื่อมโยงกับตัวหลักของกระบวนการ หรือที่เรียกว่า Key

Process Output Variable (KPOV) ให้ได้ ในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้มีเครื่องมือที่นำมาใช้มากมาย อันได้แก่ เครื่องมือทางกราฟ (Graphical tools) เครื่องมือทางสถิติ (Statistical tools) และเครื่องมืออื่นๆ (Other tools) การตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) ผังการกระจาย (Scattering diagram) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เป็นต้น และเครื่องมือ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีส่วนสำคัญอย่างมากในการเรียงลำดับแหล่งของความผันแปร (Variability) หรือความผิดพลาด (Error) ตามผลคูณของความรุนแรง ความถี่ และโอกาสที่เกิดขึ้น หรือ Risk Priority Numbers (RPN)

สิ่งที่ควรได้จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. ระบุโอกาสในการปรับปรุงโครงการและการตั้งเป้าหมายการปรับปรุง

2. รวบรวมข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการเลือกแนวทางการปรับปรุงที่สอดคล้องกับ KPOV และเป้าหมายของการดำเนินโครงการที่ได้ตั้งไว้แต่แรก

3. ระบุปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินงาน

4. ประเมินผลการดำเนินงาน ระยะเวลาการดำเนินงาน และทรัพยากร

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)

ขั้นตอนนี้คือการปรับตั้งค่าสาเหตุหลัก (KPIVs) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นไปตามต้องการ สนับสนุนเป้าหมายของโครงการด้วยการใช้เทคนิคการออกแบบทดลอง (Design of Experiment; DOE) เป็นต้น เพื่อปรับตั้งค่าสภาวะต่างๆ ของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ โดยในขั้นตอนนี้ควรมีการทดสอบเบื้องต้นเพื่อทำให้มั่นใจว่าทางเลือกนั้นทำให้เกิดผลที่ต้องการได้จริง

สิ่งที่ควรได้จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. รวบรวมวิธีการ แนวทางในการปรับปรุงโครงการ และทางเลือกในการปรับปรุงอื่นๆ ที่เป็นไปได้

2. ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3. การวางแผนการนำผลการปรับปรุงไปใช้ให้สอดคล้องกับข้อกำหนดต่างๆ ของบริษัท

การควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบควบคุณคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่ย้อนไปมีปัญหาเหมือนเดิมอีก สามารถนำไปใช้งานได้จริง มีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน การฝึกอบรมวางแผนการตรวจติดตามอย่างเป็นระบบ

สิ่งที่ควรได้จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. แสดงข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง

2. จัดทำแผนการตรวจติดตามการนำไปปฏิบัติอย่างเป็นระบบ

3. จัดทำมาตรฐานและคู่มือในการปฏิบัติงาน

4. ระบุผลการเรียนรู้และโอกาสการปรับปรุงในโครงการต่อไป

5. ระบุประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงโครงการนี้ ที่ส่งผลหรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อโครงการอื่นๆ ได้ (Montgomery, 2009)

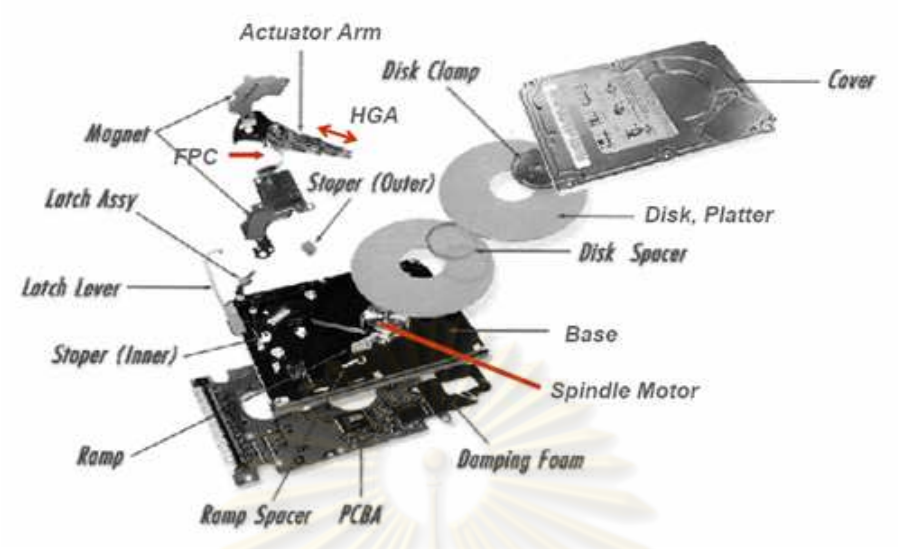
2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้แผ่นจานโลหะกลมเคลือบด้วยสารเคลือบผิวพิเศษ ที่ถูกออกแบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ในรูปแบบทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแผ่นจานแม่เหล็กสองแผ่นหรือมากกว่ามาจัดเรียงอยู่บนแกนเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า Spindle ทำให้แผ่นจานแม่เหล็กหมุนไปพร้อมๆ กัน จากการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยความเร็วต่างๆ (มีหน่วยรอบต่อนาที เช่น 3600 5400 และ 7200 รอบต่อนาที) แต่ละหน้าของจานแม่เหล็กจะมีหัวอ่านเขียนประจำเฉพาะ โดยหัวอ่านเขียนทุกหัวจะเชื่อมติดกันคล้ายหวี สามารถเคลื่อนเข้าออกระหว่างแผ่นจานแม่เหล็กต่างๆ อย่างรวดเร็ว

1) โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

โครงสร้างและการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีความแตกต่างกันที่ขนาดและความจุ โดยที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่ที่ออกมาในท้องตลาดจะเพิ่มประสิทธิภาพความจุ ความไวด้านของการค้นหาข้อมูลและพยายามลดขนาดแผ่นจานแม่เหล็ก (Disk platters) หัวอ่านเขียน (Head stack) และบันทึกให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ เช่น 1.0” หรือ 2.5” เป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เหมาะสมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบส่วนบุคคล หรือขนาด 3.5” จะเหมาะสมกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้กันโดยทั่วไปในสำนักงาน

โครงสร้างภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1. แผ่นจานแม่เหล็ก (Disk platters) ทำมาจากโลหะที่เป็นอะลูมิเนียมที่มีการขัดผิวและแม่เหล็ก (Magnetic material) ซึ่งประกอบไปด้วย CoC_2 และ CoNi ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้ในลักษณะของสนามแม่เหล็ก เทคโนโลยีของแผ่นจานแม่เหล็กจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2. ตัวถังของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Motor Base Assembly; MBA) ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์และตัวถังของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มอเตอร์จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ในการขับแผ่นจานแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยควบคุมความเร็วรอบให้หมุนได้ตามกำหนด ทั้งนี้เพื่อให้การเขียนและอ่านข้อมูลเป็นไปอย่างแม่นยำและได้ความจุข้อมูลที่มาก ตัวถังของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเป็นแผ่นโลหะหุ้มโดยรอบและไม่มีรอยรั่วเพื่อป้องกันฝุ่นผงเข้าภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สาเหตุที่ต้องป้องกันฝุ่นผงก็คือฝุ่นผงมักจะมีขนาดใหญ่พอที่จะเข้าไปแทรกช่องว่างระหว่างหัวอ่านเขียนกับแผ่นจานแม่เหล็กที่ใช้เก็บข้อมูล เมื่อหัวอ่านเขียนเคลื่อนที่ก็จะเป็นการลากถูฝุ่นผงไปบนผิวของแผ่นจานแม่เหล็ก ทำให้สารแม่เหล็กที่เคลือบผิวเป็นรอยขีดข่วนเสียหาย ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

3. หัวอ่านเขียน (Head stack) เป็นตัวอ่านเขียนข้อมูลที่ติดอยู่กับ Head arm หัวอ่านเขียนจะทำมาจากวัสดุที่สามารถกำหนดสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าได้ มีขนาดเล็กและมีคอยล์ เพื่อเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กตรงปลายหัว เมื่อทำงานจะแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นสนามแม่เหล็ก เพื่อที่จะเขียนลงไปบนแผ่นจานแม่เหล็ก และในขณะอ่านสัญญาณหัวอ่านจะวิ่งผ่านตำแหน่งที่บันทึกข้อมูลบนแผ่นจานแม่เหล็กเพื่ออ่านสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า

4. แกนหัวอ่าน (Head arm) เป็นขั้นตอนที่นำ HGA มาประกอบบนตัว Arm เพื่อให้มี HGA หลายๆ ตัวทำหน้าที่เคลื่อนที่เพื่ออ่านและเขียนข้อมูลได้พร้อมๆ กัน เนื่องจากในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะประกอบด้วยแผ่นจานแม่เหล็กหลายแผ่น โดยมีคอยล์และขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่

5. แผงวงจรควบคุม (Printed Circuit Board Assembly; PCBA) เนื่องจากการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ Controller ฉะนั้นคำสั่งต่างๆ จาก CPU จะถูกส่งผ่าน Interface card เพื่อเป็นตัวกลางในการติดต่อกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือ เทคนิค และวิธีการที่ใช้ในงานวิจัย

2.2.1 7 QC Tools ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

7 QC Tools คือ เครื่องมือคุณภาพ (Quality tools) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ช่วยในการทำความเข้าใจกับปัญหา โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ปัญหา และปรับปรุงคุณภาพและควบคุมกระบวนการ เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่างนั้นประกอบด้วย ใบตรวจสอบ (Check sheet), ฮีสโตแกรม (Histogram), แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram), ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram), กราฟ (Graph), แผนภูมิการกระจาย (Scatter diagram) และแผนภูมิควบคุม (Control chart) โดยมีรายละเอียดตามด้านล่าง

1) ใบตรวจสอบ (Check sheet)

เป็นการเก็บข้อมูลอย่างง่ายลงในแบบฟอร์มหรือตารางที่ออกแบบไว้ โดยทำเป็นรายการของขั้นตอนที่มีอยู่ในกระบวนการ เพื่อใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูล สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบหรือการแจงนับได้หลายประเภท เช่น จำนวนครั้งของสัญญาณการที่จะรับโทรศัพท์ ใบตรวจสอบสามารถนำไปใช้ร่วมกับฮีสโตแกรม เพื่อให้มองเห็นลักษณะของข้อมูลได้โดยตรง นำไปวิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุงคุณภาพและควบคุมกระบวนการ ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.7

PRODUCT ASSESSMENT CHECK SHEET

Model: Date: Evaluated by:

Item		Evaluation method	Score	Remarks
Materials with high environmental impact	Observes relevant national regulations: Observes higher industry standards: Observes higher Sony standards: High impact materials eliminated:	5 pts ☐ 7 pts ☐ 8 pts ☐ 10 pts ☐		Refer to Sony Specified Environmental Substances
Disassembly time	Reduction in time to dismantle product new model (__min) baseline model (__min)	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		60% reduction is 10 pts
Labeling of materials types	No labeling: Observes product assessment standards: All materials labeled:	0 pts ☐ 5 pts ☐ 10 pts ☐		
Recyclability	Recyclability improvement ratio where recyclability is the percentage of materials, by weight, for which recycling is feasible new model recyclability (__%) baseline (__%)	(new model – baseline model)/(100% – baseline model) x 100% = ___%		60% improvement is 10 pts
Recycled resource usage ratio	Recycled glass usage as % of total glass weight	Recycled/total = ___%		50% is 10 pts 0% is 0 pts
	Recycled plastics usage as % of total plastics weight	Recycled/total = ___%		
	Recycled paper usage as % of total paper weight	Recycled/total = ___%		100% is 10 pts
Material resource conservation	Product weight reduction ratio new model (___g) baseline model (___g)	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		50% is 10 pts 0% is 0 pts
	Product volume reduction ratio new model (___cm $)^3$ baseline model (___cm $)^3$	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		
	Parts count reduction ratio new model parts count (__) baseline model (__)	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		20% reduction is 10 pts
Product life	Initial failure rate	___%		<x% is 10 pts x + % is 0 pts
	Annual failure rate	___%		<x% is 10 pts x + % is 0 pts
Energy conservation	Energy consumption in standby mode	___Watts		0 W is 10 pts 2 + W is 0 pts
	Energy consumption during use new model (___W) baseline model (___W)	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		60% reduction is 10 pts
Packaging	Polystyrene foam usage reduction new model (___g) baseline model (___g)	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		60% reduction is 10 pts
	Packaging weight reduction ratio new model (___g) baseline model (___g)	(1 – new model/baseline model) x 100% = ___%		
	Recycled resource usage as % of weight	Recycled/total = ___%		100% is 10 pts

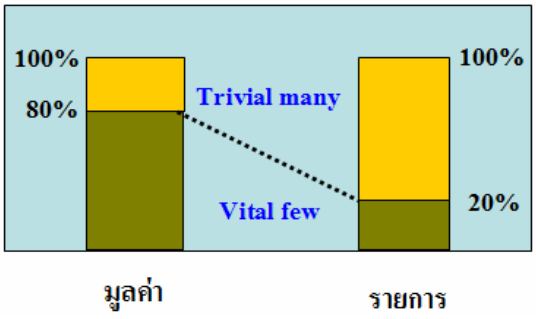
Source: Adapted from Yanagida (1995)

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างใบตรวจสอบแสดงการตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุในการผลิต

2) **แผนภูมิพาเรโต** (Pareto diagram)

แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) ได้ชื่อมาจาก Vilfredo Pareto นักเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ชาวอิตาลี ซึ่งเป็นผู้ที่คิดวิธีนี้ขึ้นมา และเผยแพร่ในปลายศตวรรษที่ 19 โดยใช้กฎ 80/20 ซึ่งมีที่มาจากการสำรวจพบว่า ในประเทศอิตาลียุคนั้น มีคนรวย 20% คนจน 80% และใน 20% นี้ครอบครองทรัพย์สิน 80% ขณะที่คน 80% ครอบครองทรัพย์สิน 20% ต่อมา ดร.จูรานนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือทางคุณภาพ

แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะคล้ายกับกราฟแท่ง หรือฮิสโตแกรม (Histogram) แตกต่างกันที่แท่งของข้อมูลตามแนวแกนนอน มีค่าลดลงตามลำดับ หลักการของแผนภูมิพาเรโต ในการปรับปรุงคุณภาพ คือการหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ (Quality function) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพ และนำมาหาค่าตัวเลข หรือร้อยละของผลกระทบนั้น จัดลำดับจากมากไปน้อย นำมาเขียนกราฟโดยให้แกนตั้งด้านซ้าย เป็นค่าจริงของผลกระทบของตัวแปร ส่วนแกนตั้งด้านขวาเป็นค่าสะสมของผลกระทบของตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 หลักการพาเรโต

จากรูปที่ 2.8 การตีความหมายแผนภาพพาเรโต จากปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหากนำปัญหามาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและความรุนแรงของปัญหา พบว่ามีสาเหตุเพียงไม่กี่ชนิดที่ทำให้เกิดความสูญเสียมาก ในขณะที่สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาเพียงเล็กน้อยจะมีสาเหตุที่หลากหลายจึงแบ่งจุดบกพร่องออกเป็น 2 ประเภทคือ

- ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก (The vital few)
- ประเภทมากชนิดแต่มีผลน้อย (The trivial many)

3) **ผังแสดงเหตุและผล** (Cause and effect diagram)

ผังแสดงเหตุและผล อาจจะเรียกย่อๆ ว่า ผังก้างปลา หรือถ้าเรียกเป็นภาษาอังกฤษอาจจะใช้ตัวย่อว่า CE Diagram ซึ่งมีนิยามปรากฏในมาตรฐานของญี่ปุ่น หรือ JIS Standards (Japanese Industrial Standards) ในมาตรฐาน JIS ได้ระบุนิยามของผังแสดงเหตุและผลไว้ดังนี้ คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพ กับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา ทำความเข้าใจผ่านการระดมสมอง ส่วนประกอบผังแสดงเหตุและผลมี 2 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา และส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็นปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยมีทั้งสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย โดยสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ที่ก้างปลาแต่ละก้าง โดยก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง ก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก ส่วนมากการกำหนดกลุ่มปัจจัยบนก้างปลาจะกำหนดโดยใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้คือ

- M Man คนงานหรือพนักงาน หรือบุคลากร
- M Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
- M Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
- M Method กระบวนการทำงาน
- Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

วิธีสร้างผังแสดงเหตุและผล

การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริงๆ นั้นไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้อย่างถูกต้องคือผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้อย่างถูกต้องเช่นกัน

ขั้นที่ 1. กำหนดลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหา (อาจจะมากกว่า 1 ลักษณะก็ได้)

ขั้นที่ 2. เลือกเอาคุณลักษณะที่เป็นปัญหามา 1 อัน แล้วเขียนลงทางขวามือของกระดาษ พร้อมตีกรอบสี่เหลี่ยม

ขั้นที่ 3. เขียนก้างปลาจากซ้ายไปขวาโดยเริ่มจากกระดูกสันหลังก่อน

ขั้นที่ 4. เขียนสาเหตุหลักๆ เติมลงบนเส้นกระดูกสันหลังทั้งบนและล่าง พร้อมกับตีกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อระบุสาเหตุหลัก

ขั้นที่ 5. ในก้างใหญ่ที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหา ให้ใส่ก้างรองลงไป ที่แต่ละปลายก้างรองให้ใส่ข้อความที่เป็นสาเหตุรอง ของแต่ละสาเหตุหลัก

ขั้นที่ 6. ในแต่ละก้างรองที่เป็นสาเหตุรอง ให้เขียนก้างย่อย ที่เข้าใจว่าจะเป็นสาเหตุย่อยๆ ของสาเหตุรองอันนั้น

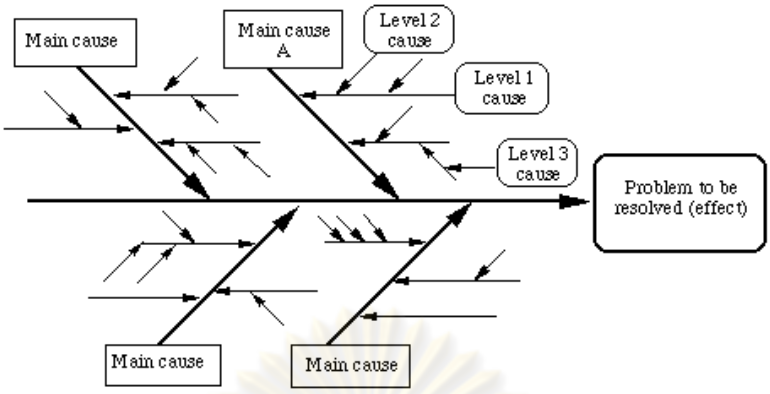
ขั้นที่ 7. พิจารณาทบทวนว่าการใส่สาเหตุต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันตามระดับชั้นถูกต้องหรือไม่ แล้วใส่ข้อมูลเพิ่มเติมให้ครบถ้วน

ข้อสังเกตในการนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้

1. ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัว เพื่อจะได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Setting priority) ก่อนนำไปปฏิบัติต่อไป ควรอาศัยข้อมูลสถิติหรือตัวเลขในการพิจารณาใส่น้ำหนักหรือให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยสาเหตุ พยายามเลี่ยงการใช้ความรู้สึกของตนเอง (ยกเว้นกรณีไม่มีข้อมูลสนับสนุนก็อาจจะอาศัยประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ)

2. ขณะใช้ผังแสดงเหตุและผล ก็ให้ทำการปรับปรุงแต่งเติมแก้ไขอย่างต่อเนื่องด้วย เพราะว่าผังก้างปลาที่เขียนครั้งแรกอาจจะไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อนำไปใช้แก้ปัญหาแล้วอาจจะได้ข้อมูลและข้อเท็จจริงมากขึ้นมาอีกมาก และอาจจะไปหักล้างความเข้าใจแต่เดิมก็ได้ การปรับปรุงไปเรื่อยๆ จึงเป็นการบันทึกผลการศึกษาค้นคว้าประกอบการแก้ไขปัญหาในการผลิตที่ดี (Kume, 2544)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

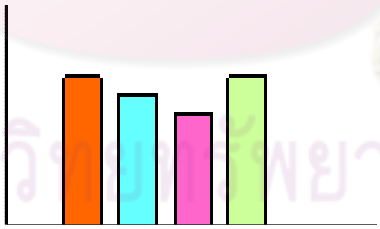


รูปที่ 2.9 องค์ประกอบผังแสดงเหตุและผล

4) **กราฟ** (Graph)

คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่

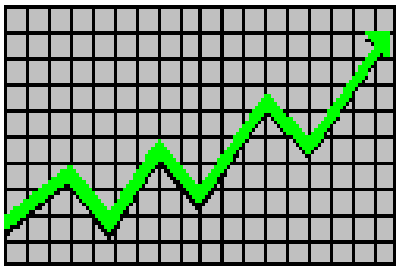
กราฟแท่ง ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยใช้การเปรียบเทียบที่พื้นที่ของกราฟ และไม่เหมาะสมที่จะใช้ดูแนวโน้มในระยะยาว แต่เหมาะสำหรับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10 แสดงกราฟแท่ง



รูปที่ 2.10 กราฟแท่ง

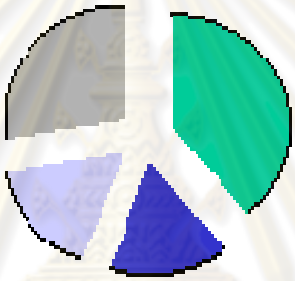
กราฟเส้น ใช้สำหรับดูแนวโน้มการพยากรณ์ในอนาคต หรือทำนายผลจากข้อมูลในอดีตได้ และใช้ในการควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.11 แสดงกราฟเส้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



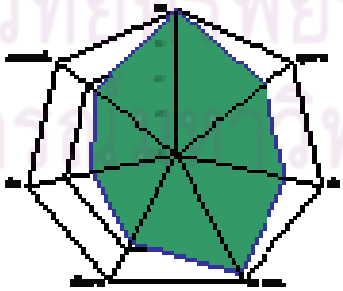
รูปที่ 2.11 กราฟเส้น

กราฟวงกลม พื้นที่ของกราฟเท่ากับ 100% แต่ละส่วนที่แบ่งออกมาจะแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนประกอบของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วนขององค์ประกอบทั้งหมด ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.12 แสดงกราฟวงกลม



รูปที่ 2.12 กราฟวงกลม

กราฟใยแมงมุม เป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของแต่ละส่วน โดยกำหนดตำแหน่งจุดลงในแต่ละเส้นแกนของกราฟ ใช้เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง หรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.13แสดงกราฟใยแมงมุม



รูปที่ 2.13 กราฟใยแมงมุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิกราฟแนวนอนที่ใช้ควบคุมการผลิต ลักษณะของแผนภูมิจะเป็นกราฟของสิ่งที่ต้องการควบคุมเขียนเทียบกับเวลา วัตถุประสงค์ของแผนภูมิควบคุมคือการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้รู้ว่า ณ เวลาใดที่มีปัญหาเรื่องคุณภาพทั้งนี้เพื่อการแก้ไขปรับปรุง การวิเคราะห์ความเสถียรภาพของแผนภูมิเพื่อการคาดการณ์นี้ นอกจากจะใช้แผนภาพพาเรโตสำหรับข้อมูลที่จำแนกประเภทแล้ว ถ้าหากข้อมูลดังกล่าวมีพียงประเภทเดียว เช่น ค่าใช้จ่ายรวม ค่าแรงดึงน้ำหนักบรรจุ เป็นต้น มีความจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิควบคุม (Control chart) กระบวนการผลิตเพื่อให้กลับสู่สภาพปกติ แผนภูมิควบคุมมีความสำคัญเป็นอย่างมากและมีลักษณะต่างๆ หลายรูปแบบแล้วแต่ลักษณะของการควบคุม แผนภูมิควบคุมแบ่งเป็น 2 ประเภท โดยจำแนกตามลักษณะการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

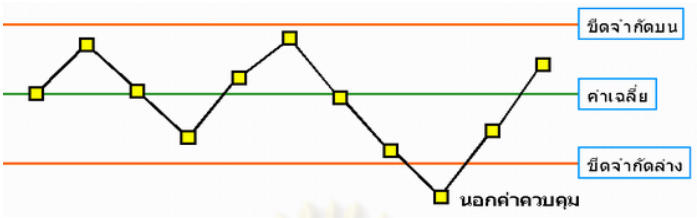
1. แผนภูมิควบคุมประเภทตัวแปร (Control chart for variable) เป็นแผนควบคุมที่ใช้สำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการชั่ง ตวง วัด เป็นค่าที่ต่อเนื่อง เช่น น้ำหนัก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง อายุการใช้งาน เป็นต้น แผนภูมิประเภทนี้ที่นิยมกันมากที่สุดมี 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X-Chart) และแผนควบคุมค่าพิสัย (R-Chart) ซึ่งแผนภูมิทั้ง 2 มักใช้ร่วมกัน ทั้งนี้ เนื่องจากเพื่อควบคุมการกระจายการผลิตและควบคุมค่าเฉลี่ย ถ้าเราพิจารณาแผนภูมิจะทราบว่า ค่าการกระจายของกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม ก็ต่อเมื่อไม่มีจุดใดของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยตกอยู่นอกการควบคุม แต่ถ้ากราฟที่ได้จากการลงจุดแล้วออกนอกเส้นควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกเหนือการควบคุม จึงต้องดำเนินการตรวจสอบถึงสาเหตุของกระบวนการต่อไป

2. แผนภูมิควบคุมประเภทลักษณะประจำ (Control chart for attribute) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการนับ เช่น จำนวนของเสียหรือชำรุด จำนวนรอยตำหนิ แผนภูมิประเภทนี้ มี 2 ชนิด คือ

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion defective control chart; P-Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวิธีนับจำนวนของเสีย หรือชิ้นงานชำรุดจากสายงานผลิต

- แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ (Control chart for the Number of defective; C-Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยใช้ในกรณีที่ควบคุมคุณภาพทำโดยการนับจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นแต่ละกลุ่ม เช่น นับจำนวนรอยตำหนิที่

เกิดขึ้นในสังกะสีแต่ละแผ่น นับจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นในแผ่นไม้อัด 20 แผ่น เป็นต้น (Kume, 2544)



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

รูปด้านบน แสดงตัวอย่างของแผนภูมิควบคุม โดยเป็นกราฟที่มีจำนวนตัวอย่างที่ผลิตเป็นแกนนอน และมีจำนวนของชิ้นงานที่มีตำหนิเป็นแกนตั้ง มีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ผลิตแล้วมีตำหนิเป็นแกนอ้างอิง เช่น สุ่มตัวอย่างที่ผลิตในแต่ละวันขึ้นมา 100 ชิ้น นำมาบันทึกลงบนกราฟทุกวันในช่วงเวลาหนึ่ง จะสามารถหาค่าช่วงของความแปรปรวน ของตัวอย่างที่มีตำหนิออกมาได้ นำมาคำนวณทางสถิติ จะสามารถหาค่าขีดจำกัดบน (UCL) และขีดจำกัดล่าง (LCL) ที่จะใช้ในแผนภูมิ ข้อมูลบนแผนภูมิบางจุด อาจจะมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าควบคุม (Control limit) ซึ่งเป็นค่าที่อยู่นอกการควบคุม (Out of control) โดยทั่วไป จะเป็นหน้าที่ของผู้จัดการฝ่ายผลิต ที่จะปรับกระบวนการผลิตให้กลับเข้าสู่ระดับเดิม หรือลดจำนวนตัวอย่างที่มีตำหนิลง โดยตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้ความแปรปรวนมีค่ามากเกินไป การทดสอบทางสถิติสามารถดูจากลักษณะของแนวโน้มข้อมูลในบางช่วงเวลา ที่อาจมีรูปที่แน่นอนบางอย่าง ที่นำมาประกอบในการปรับปรุงระบบได้ แผนภูมิควบคุมสามารถใช้ในการติดตามตรวจสอบ เพื่อดูแนวโน้มของระบบ หรือใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงในระยะยาว

ในการเลือกใช้ประเภทแผนภูมิจะต้องอาศัยการพิจารณาชนิดของข้อมูลหลังจากการรวบรวมข้อมูล โดยมีเกณฑ์ในการเลือกใช้แผนภูมิควบคุม แสดงดังรูปที่ 2.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.15 เกณฑ์การเลือกใช้แผนภูมิควบคุม

6) **ฮิสโตแกรม** (Histogram)

คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ความถี่” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ โดยเรียงลำดับจากน้อยไปมากที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง ฮิสโตแกรมเป็นลักษณะกราฟแท่งที่แสดงการแจกแจงของความผันแปร และสิ่งปกติว่ามีการกระจายตัวเป็นลักษณะใด เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ประโยชน์ของการใช้ฮีสโตแกรมเพื่อวิเคราะห์หาดูความผันแปร สาเหตุและสิ่งผิดปกติของการดำเนินการต่างๆ สิ่งปกติจากผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิเคราะห์เพื่อดูลักษณะธรรมชาติของข้อมูล

เมื่อไรจึงจะใช้แผนภาพฮิสโตแกรม

1.1 เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติ โดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน

1.2 เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุดต่ำสุด

1.3 เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process capability)

1.4 เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root cause)

1.5 เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว

1.6 เมื่อข้อมูลมีจำนวนมากๆ

วิธีการสร้างฮิสโตแกรม

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูล (ควรรวบรวมประมาณ 100 ข้อมูล)

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าสูงสุด (L) และค่าต่ำสุด (S) ของข้อมูลทั้งหมด แล้วนำมาหาค่าพิสัยของข้อมูล (R-Range) ดังสูตรด้านล่าง

$$R = L - S$$

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าจำนวนชั้น (K) ดังสูตร

$$K = \text{Square root of } (n)$$ โดย n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าความกว้างช่วงชั้น (H-Class interval) ดังสูตร

$$H = R/K$$ หรือ พิสัย / จำนวนชั้น

ขั้นตอนที่ 5 หาขอบเขตของชั้น (Boundary value)

ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก = S – หน่วยของการวัด / 2

ขีดจำกัดบนของชั้นแรก = ขีดจำกัดล่างชั้นแรก + H

ขั้นตอนที่ 6 หาขีดจำกัดล่างและขีดจำกัดบนของชั้นถัดไป

ขั้นตอนที่ 7 หาค่ากึ่งกลางของแต่ละชั้น (Median of class interval)

ค่ากึ่งกลางชั้นแรก = ผลรวมค่าขีดจำกัดชั้นแรก / 2

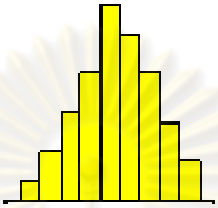
ค่ากึ่งกลางชั้นสอง = ผลรวมค่าขีดจำกัดชั้นสอง / 2

ขั้นตอนที่ 8 บันทึกข้อมูลในรูปตารางแสดงความถี่

ขั้นตอนที่ 9 สร้างกราฟฮิสโตแกรม เมื่อได้กราฟฮิสโตแกรม เราจะพบว่าฮิสโตแกรมมีลักษณะต่างๆ หลายลักษณะ ดังแสดงด้านล่าง

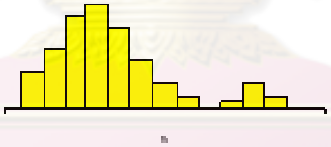
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบปกติ (Normal distribution type) รูปทรงในการกระจายตัวจะเป็นรูปทรงระฆังคว่ำ ดังรูปที่ 2.16 กล่าวคือข้อมูลจะมีความปกติของข้อมูล มีค่าค่าหนึ่งอยู่ตรงกลางและมีการกระจายตัวอย่างเป็นสมมาตรซ้ายขวา เนื่องจากความผันแปรอย่างเป็นธรรมชาติ การกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง



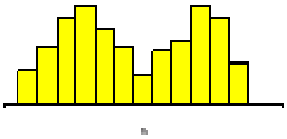
รูปที่ 2.16 ฮิสโตแกรมแบบปกติ

แบบแยกเป็นเกาะ (Detached island type) พบเมื่อกระบวนการผลิตขาดการปรับปรุง/หรือการผลิตไม่ได้ผล โดยอาจพบยอดเล็กๆ นี้ได้ทั้งทางซ้ายและทางขวาโดยอาจมีสาเหตุมาจากมีข้อมูลกระบวนการอื่นมาปะปน หรืออาจมีความผิดพลาดจากการวัด ดังแสดงในรูปที่ 2.17



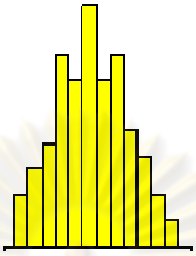
รูปที่ 2.17 ฮิสโตแกรมแบบแยกเป็นเกาะ

แบบระฆังคู่ (Double hump type) พบเมื่อนำผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักร 2 เครื่อง / 2 แบบมารวมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.18



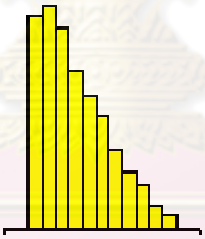
รูปที่ 2.18 ฮิสโตแกรมแบบระฆังคู่

แบบฟันปลา (Serrated type) พบเมื่อเครื่องมือวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่ามีความแตกต่างกันไป หรือเกิดเนื่องจากข้อมูลมากและน้อยมีปริมาณแตกต่างกัน เกิดได้เมื่อมีการปัดเศษค่าของแต่ละข้อมูล ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ฮิสโตแกรมแบบฟันปลา

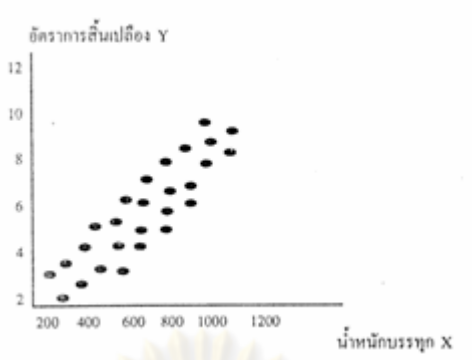
แบบหน้าผา (Cliff Type) พบเมื่อมีการตรวจสอบแบบ Total inspection เพื่อคัดของเสียออกไป มีลักษณะข้อมูลลาดไปทางขวามือหรือเรียกว่าเบ้ขวา ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ฮิสโตแกรมแบบหน้าผา

7) แผนผังการกระจาย (Scatter diagram)

คือ เครื่องมือที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ที่ได้ หรือผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริงของตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระ หรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป กับตัวแปร Y คือ ตัวแปรตาม หรือผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปร X



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย (Scatter diagram)

เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังการกระจาย

1. เมื่อต้องการจะบ่งชี้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ตัวอย่างเช่น ค่าความเหนียวของเหล็ก (ปัญหา, Y) จะมากหรือน้อย มีสาเหตุมาจากปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็ก (สาเหตุที่ 1, X_1) หรือรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนผิวเนื้อเหล็ก (สาเหตุที่ 2, X_2)

2. เมื่อต้องการจะตัดสินใจ ว่าผลกระทบ 2 ตัวซึ่งมีความสัมพันธ์กันอยู่ มีปัญหาที่เกิดจากสาเหตุเดียวกันหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของค่าความเหนียวของเหล็ก (ผลกระทบที่ 1, Y_1) และค่าความแข็งของเหล็ก (ผลกระทบที่ 2, Y_2) เกิดจากปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็ก (สาเหตุ, X)

3. เมื่อต้องการอธิบายความสัมพันธ์ก้างปลา (X) ที่ได้จากการระดมสมอง ว่ามีผลกระทบต่อหัวปลา (Y) หรือไม่ เช่น อัตราการขาดงานของคนงาน เป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่บกพร่องมีจำนวนมากขึ้น

4. เมื่อต้องการใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปร 2 ตัว ที่เราสนใจศึกษาว่าจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักหรือไม่

วิธีการสร้างแผนผังการกระจาย

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบแผ่นบันทึก เพื่อจัดเก็บข้อมูลหรือตัวแปร (X,Y) ที่ต้องการ อย่างน้อย 30 คู่ ตัวแปรที่ว่านี้อาจจะเป็นสาเหตุกับสาเหตุ (X_1, X_2) หรือสาเหตุกับปัญหา (X,Y) ก็ได้ โดยออกแบบเป็นรูปแบบตารางก่อนแล้วนำไปเขียนกราฟ หรือออกแบบเป็นรูปกราฟที่พล็อตข้อมูลได้เลย

ขั้นตอนที่ 2 เขียนกราฟของผังการกระจาย หาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของตัวแปรจากขั้นตอนที่ 1 เพื่อกำหนดสเกลบนแกนแนวนอน (แกน X) และแกนแนวตั้ง (แกน Y) ซึ่งควรเป็นตัวเลขที่ปัดเศษ และหากมีข้อมูล (X,Y) คู่ใดทับกัน ให้ทำวงกลมล้อมรอบจุดที่ทับกัน

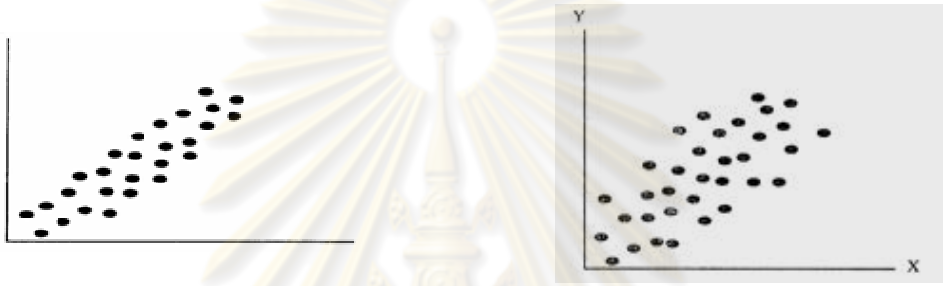
ขั้นตอนที่ 3 เขียนรายละเอียดประกอบรูปกราฟ ประกอบด้วย

- ชื่อของรูปกราฟ (เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์, กระบวนการ)
- ชื่อของแกนนอน (X) และแกนตั้ง (Y)

- ชื่อของผู้ปฏิบัติงาน ผู้เก็บข้อมูล และเครื่องจักร
- หน่วยวัดของแกนนอนและแกนตั้ง
- ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลและวันเดือนปีที่ผลิต/บริการ
- จำนวนข้อมูล (X,Y) ที่จัดเก็บ (n=?)

การอ่านแผนผังการกระจาย

1. แผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวก (Positive correlation)

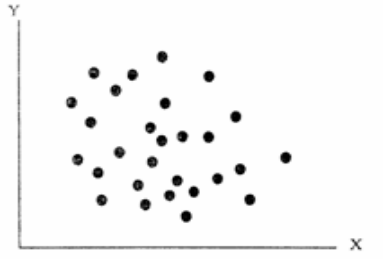


รูปที่ 2.22 การกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวกชัดเจนและแบบบวกไม่ชัดเจน

2. แผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบ (Negative correlation)

รูปที่ 2.23 การกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบชัดเจนและแบบลบไม่ชัดเจน

3. ผังการกระจายไม่มีสหสัมพันธ์ (Non-Correlation)



รูปที่ 2.24 การเพิ่มหรือลดค่าของ X อาจทำให้ค่า Y เป็นไปได้ทั้งเพิ่มและลด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 **แผนผังกระบวนการ** (Process flow chart)

แผนผังกระบวนการ คือ แผนภาพที่แสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของขั้นตอนในกระบวนการ ซึ่งจะบอกถึงลำดับของกิจกรรมแรกที่เริ่มต้นจนถึงกิจกรรมสุดท้ายตามลำดับ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาถึงกระบวนการ ทำให้สมาชิกในกลุ่มมีความเข้าใจในกระบวนการที่ทำการศึกษาโดยละเอียดและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน นอกจากนี้ประโยชน์ของผังกระบวนการจะช่วยในการประเมินความสามารถของกระบวนการในแต่ละขั้นตอน ชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนที่เป็นคอขวดของกระบวนการผลิต ชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนหรือกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่ากับผลิตภัณฑ์ (Non value added activities) ซึ่งสามารถที่จะทำการพิจารณากำจัดออกหรือทำการเปลี่ยนแปลง แก้ไข และอธิบายถึงกิจกรรมในการตรวจสอบ ทำให้การวางแผนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง ไม่เกิดข้อผิดพลาด ในผังกระบวนการจะมีการกำหนดประเภทของกิจกรรมนั้นๆ ด้วยเครื่องหมาย เช่นเดียวกับการศึกษาการทำงาน คือทำงาน (Operation; O) ขนส่งหรือขนถ่ายงาน (Transport; ⇨) รอคอย (Delay; D) ตรวจสอบงาน (Inspection; ▽) และเก็บรักษา (Storage; □) (ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา, 2547)

1) การศึกษาเวลา

ได้เสนอแนวคิดและหลักการศึกษากระบวนการทำงาน เพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีขึ้น การศึกษาวิธีการเป็นการเก็บบันทึกอย่างมีขั้นตอน และการตรวจตราอย่างถี่ถ้วนของแนวทางการทำงานที่มีอยู่แล้วและที่จะเสนอแนะขึ้นมาใหม่ การศึกษาวิธีการนี้จะนำไปสู่การพัฒนาและการประยุกต์วิธีการที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

ขั้นตอนในการศึกษาการทำงานได้แก่

1) เลือกงานที่จะทำการศึกษา (Select)

2) บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานที่เลือก (Record)

3) ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์งาน (Examine)

4) ปรับปรุง พัฒนา และกำหนดวิธีการใหม่ (Develop new method)

5) การเปรียบเทียบประเมินผลการปรับปรุงงาน (Evaluate)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) การประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน (Apply & standardization)

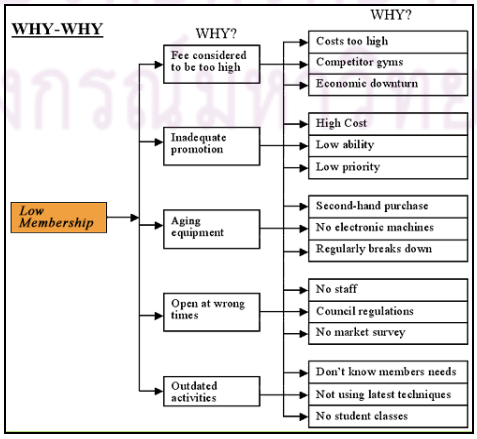
การศึกษาวิธีการทำงานจะพิจารณาประเภทของงาน โดยแยกประเภทของงานในกระบวนการผลิตเป็น 2 ประเภทคือ งานที่สร้างคุณค่า (Value adding) และงานที่ไม่สร้างคุณค่า (Non value adding)

2) การวิเคราะห์วิธีการทำงาน

การพิจารณาตรวจตราข้อมูลวิธีการทำงานที่บันทึกมาเพื่อทำการวิเคราะห์วิธีการทำงาน จะใช้เทคนิคการตั้งคำถาม เพื่อช่วยให้สามารถกำหนดแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงาน เทคนิคการตั้งคำถามนี้เรียกว่า “6W 1H” สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคำถาม ดังนี้

1) กลุ่ม What, Who, When, Where, How สำหรับการตรวจสอบเป้าหมายและขอบเขตของงานแต่ละกิจกรรม บุคคลที่ทำงานแต่ละกิจกรรม สถานที่ทำงาน ลำดับขั้นตอนการทำงานแต่ละกิจกรรม และวิธีการทำงานแต่ละกิจกรรม ต้องการรู้เกี่ยวกับอะไร (What) ใครเป็นคนรวบรวม (Who) ต้องการรวบรวมเมื่อไหร่ (When) ต้องการรวบรวมข้อมูลจากที่ไหน (Where) ทำอย่าไหร่ (How)

2) กลุ่ม Why, Which เพื่อพัฒนาแนวทางการปรับปรุง โดยตรวจสอบเหตุผลและความเหมาะสมของวิธีการทำงาน Why-Why analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอน โดยการถาม “ทำไม” จนกว่าจบค้นพบต้นตอสาเหตุของปรากฏการณ์ ทำให้กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา และใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น รูปที่ 2.25 เป็นตัวอย่างการอธิบายวิธีการวิเคราะห์ ค้นหาสาเหตุ เมื่อได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปรากฏการณ์ จึงนำมาหามาตรการในการแก้ไข (ฮิโตชิ โอกุระและคณะ, 2545)



รูปที่ 2.25 แผนภูมิอธิบายความคิดแบบ Why-Why analysis

ก่อนทำ Why-Why analysis ต้องตรวจสอบสถานที่จริงและดูสภาพงานจริง อันเป็นที่มาของปัญหา เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน และต้องทำความเข้าใจโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา อาจเขียนออกมาเป็นผังแสดงการไหลของงาน หรือภาพสเกตซ์ของส่วนที่เป็นปัญหา

แนวทางในการพิจารณาปัญหามี 2 แนวทาง คือ การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น และการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

1) การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการมองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถี่ถ้วน แล้วกำหนดหัวข้อเงื่อนไขที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ปรากฏการณ์นั้นไม่เกิดขึ้น จากนั้นลองสำรวจหัวข้อเงื่อนไขแต่ละอันโดยดูจากของจริง แล้วทำการวิเคราะห์ต่อไปเฉพาะหัวข้อที่คิดว่าผิดปกติ

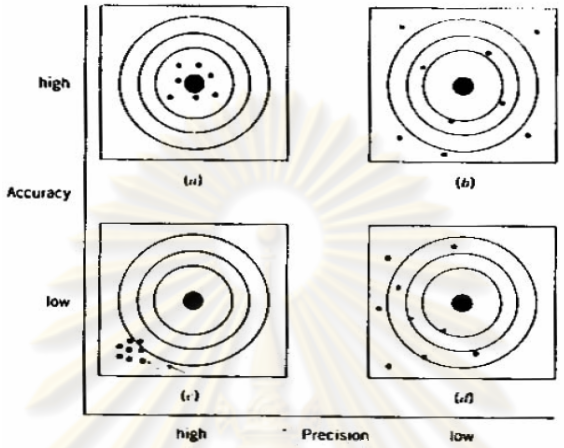
2) การมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี จะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปรากฏการณ์อย่างครบถ้วนและทำให้พบต้นตอที่แท้จริงสูงกว่า

2.2.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA)

การวัดเปรียบเสมือนบันไดขั้นแรกที่นำไปสู่การควบคุม และการปรับปรุงคุณภาพ เพราะการควบคุม และการปรับปรุงคุณภาพต้องอาศัยข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และหาสาเหตุในการแก้ปัญหา การตัดสินใจต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลสารสนเทศ (Information) ซึ่งวิเคราะห์ (Analyze) มาจากข้อมูล (Data) เพื่อช่วยในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต้องอาศัยข้อมูลที่เที่ยงตรง แม่นยำ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้ เครื่องมือวัด วิธีการวัด และผู้วัด

การวัด (Measurement) ประกอบไปด้วย ความถูกต้อง (Validity) ความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution) ความเที่ยงตรง (Precision) และความแม่นยำ (Accuracy) โดยที่ความถูกต้องเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนา “ระบบการวัด” (Measurement system) และวิธีการวัดต้องสามารถแสดงจำนวน หรือปริมาณที่ผู้ศึกษาสนใจได้ ส่วนความละเอียดของเครื่องมือวัด เช่น ถ้าต้องการวัดน้ำหนักของชิ้นงาน (Parts) ซึ่งมีความแตกต่างกันในหน่วยของกรัม (171, 175, 173 กรัม) ดังนั้นความละเอียดของเครื่องมือวัดต้องละเอียดสามารถวัดได้มากกว่าหน่วยกรัม แต่ต้องละเอียดถึงทศนิยมของกรัม เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการวัด คือวัดตัวอย่างหลายตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ค่าจากการวัดมีค่าเท่ากัน ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของวิธีวัด (Measurement method) หรือเครื่องมือวัด (Measurement devices) หรือระบบวัดจะมีความความเที่ยงตรงมากหรือน้อย พิจารณาจากขนาดของความผันแปรที่เกิดขึ้นโดยวัดวัตถุชิ้นเดียวกันหลายครั้งโดยใช้ผู้วัด วิธีวัด เครื่องมือวัด ชุดเดียวกัน ถ้าค่าจากการวัดวัตถุชิ้นเดียวกันซ้ำหลายครั้งได้ค่าใกล้เคีย

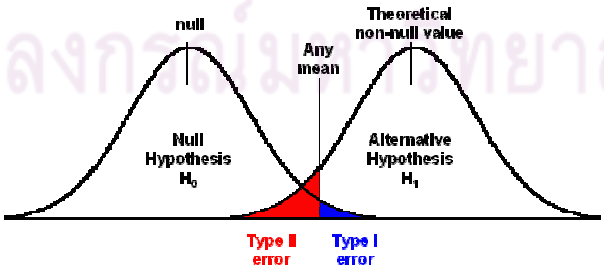
กัน (โดยไม่สนใจว่าค่านั้นจะเป็นค่าที่ถูกต้องหรือไม่) หรือขนาดของความผันแปรในการวัดซ้ำเกิดขึ้นน้อย แสดงว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงสูง ความแม่นยำ คือความสามารถของระบบวัดที่สามารถวัดได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง หรือค่าจริง หรือในกรณีที่มีการวัดซ้ำ ค่าเฉลี่ยของค่าวัดควรมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.26 องค์ประกอบของระบบวัด (สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์, 2547)

เนื่องจากการควบคุมการผลิตและการควบคุมผลิตภัณฑ์มีความเกี่ยวข้องกับระบบวัดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนของระบบวัดมีผลกระทบต่อกระบวนการเหล่านี้อย่างมาก โดยแบ่งออกเป็น

1) ผลกระทบต่อการควบคุมผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมีความน่าจะเป็นที่ผลวิเคราะห์จะอยู่ภายในข้อกำหนด ทำให้ตัดสินใจว่าสินค้านั้นดี ก่อให้เกิดความผิดพลาดชนิดที่ I (Type I error) หรือเรียกว่า ความเสี่ยงของผู้บริโภค (Customer's risk; β) ดังรูปที่ 2.27 และกรณีผลิตภัณฑ์แต่ความคลาดเคลื่อนของระบบวัด ทำให้ผลการวัดอยู่นอกจากข้อกำหนด ซึ่งในทางสถิติเรียกว่า ความผิดพลาดชนิดที่ II (Type II error) หรือเรียกว่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's risk) ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ผลกระทบต่อการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549)

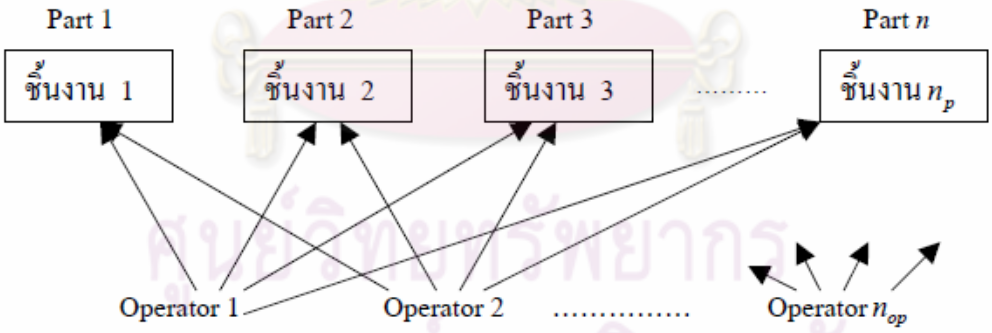
2) ผลกระทบต่อการควบคุมกระบวนการ ในการควบคุมกระบวนการ มีความจำเป็นต้องดำเนินการให้บรรลุตามเงื่อนไขดังนี้

- อยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ
- กระบวนการอยู่ตรงเป้าหมาย
- ขนาดความผันแปรที่สามารถให้การยอมรับได้

โดยการควบคุมที่มีประสิทธิภาพดี ได้แก่ แผนภูมิการควบคุมกระบวนการ (SPC chart) และดัชนีความสามารถของกระบวนการ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากระบบการวัดอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดชนิดที่ I (Type I error) นอกจากข้อมูลจากการควบคุมกระบวนการเกิดออกนอกเขตการควบคุมทั้งที่อยู่ในการควบคุม หรือสัญญาณที่ผิดพลาด (False alarm) และเกิดความผิดพลาดชนิดที่ II (Type II error) กรณีที่มีข้อมูลออกนอกการควบคุมแต่ผู้ควบคุมกระบวนการเห็นว่าอยู่ในการควบคุม

1) การศึกษาระบบการวัด (Gauge R & R measurement system)

- การศึกษาระบบการวัด เพื่อศึกษาความแม่นยำ (Precision) และความเที่ยงตรง (Precision) ของระบบการวัด
- ให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับสาเหตุของ “ความผิดพลาดจากการวัด” (Measurement errors) โดยใช้ผู้วัด (Operators) หลายคน แต่ใช้เครื่องมือและระบบการวัดเดียวกัน
- ผู้วัดแต่ละคนวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นซ้ำทั้งสิ้นจำนวน n_M ครั้งโดยใช้เครื่องมือวัด วิธีวัดวิธีเดียวกันโดยชิ้นงานที่ถูกวัดมีทั้งสิ้นจำนวน n_p ชิ้น และผู้วัดมีทั้งสิ้น n_{op} คน



รูปที่ 2.28 ภาพรวมของการศึกษาระบบการวัด (สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์, 2547)

ผู้วัดแต่ละคนวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นซ้ำทั้งสิ้น n_M ครั้งโดยใช้เครื่องมือวัด และวิธีวัดเดียวกัน

วิธีการศึกษา “Gauge repeatability and reproducibility”

1. เครื่องมือวัดควรมีการบำรุงรักษา (Maintenance) และปรับแต่ง (Calibration) เป็นประจำ

2. การติดเครื่องหมายเพื่อแสดงหมายเลขชิ้นงาน (Number the parts) ไม่ควรให้ผู้วัดรู้ว่าชิ้นงานที่กำลังวัดคือชิ้นงานหมายเลขใด เพราะอาจเกิดความลำเอียง เนื่องจากผู้วัดต้องวัดชิ้นงานซ้ำหลายครั้ง (หมายเลขชิ้นงาน 1, 2, 3,..., n_p)

3. ผู้วัดแต่ละคนจะวัดชิ้นงานทั้งหมดตาม “ลำดับแบบสุ่ม” (Random order) จนครบทุกชิ้นงานตัวอย่าง เรียกว่าครบ 1 รอบ (Cycle) (ไม่วัดเรียงตามลำดับเลข 1, 2, 3,..., n_p)

4. หลังจากวัดชิ้นงานตัวอย่างจนครบทุกชิ้นให้บันทึกค่าที่วัดได้ และเริ่มวัดตามวิธีในข้อ 3 จนครบจำนวนครั้ง หรือรอบ (Repeat the cycle) ที่ต้องการวัดซ้ำ (n_M) สำหรับแต่ละชิ้นงาน

ความสามารถของการวัดซ้ำ (Gauge repeatability)

หรือความผันแปรภายในเงื่อนไขของระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็น (Expected value) ของระบบการวัดที่ทำการวัดโดยการใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ ซึ่งโดยทั่วๆ ไป ในอุตสาหกรรมหมายถึง ความผันแปของอุปกรณ์ (Equipment Variation; EV) ทั้งนี้เพราะความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกันของระบบการวัดมักจะมีผลมาจากตัวอุปกรณ์

ความสามารถในการวัดซ้ำ โดยใช้ผู้วัดคนเดียวกัน (A fixed Operator) ใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน วัดชิ้นงานชิ้นเดียวกันซ้ำหลายครั้ง (n_M = 2 รอบ) เปรียบเทียบความสามารถของการวัดซ้ำของผู้วัดแต่ละคนโดยพิจารณาจากขนาดความผันแปร หรือค่าพิสัย

ความสามารถในการทำซ้ำ (Gauge reproducibility)

หรือความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบวัด หมายถึง ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งในอุตสาหกรรมทั่วไปมักจะหมายถึง ความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด

ความสามารถของการทำซ้ำโดยใช้ผู้วัดหลายคนเพื่อวัดชิ้นงานเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน ใช้วิธีวัดเดียวกัน (The variability due to different operators using the gage) วัดความสามารถการทำซ้ำโดยพิจารณาความผันแปร (Variation) ที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผู้วัด (จำนวนผู้วัด n_{op} คน)

การประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี คือ

- วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range method) ซึ่งเหมาะกับกรณีการทดลองในช่วงสั้นๆ และไม่มีการวัดซ้ำ ข้อดีของวิธีการนี้คือ วิเคราะห์ผลได้ง่าย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ ไม่สามารถแยกรีพีททะบิลิตีออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้

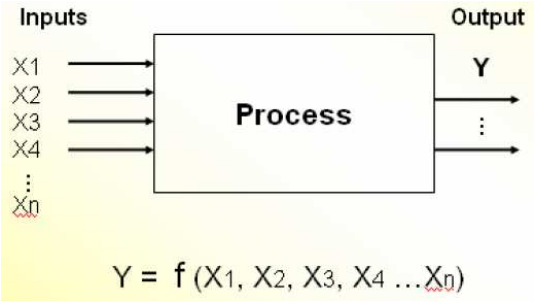
- วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and range method) ซึ่งเหมาะสมกับการทดลองซ้ำ ในแต่ละสิ่งตัวอย่างของพนักงานวัดแต่ละคน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้ แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้

- วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Varience; ANOVA) ซึ่งเหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลอง เพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ความยุ่งยากในการคำนวณจึงต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Minitab) ช่วยในการคำนวณ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549)

2.2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment; DOE)

ในทางปฏิบัติทางอุตสาหกรรม การทดลองที่ได้รับการออกแบบมาจะมีการทำงานอย่างเป็นระบบในการสืบค้นหาตัวแปรในกระบวนการ (Process variable) หรือตัวแปรของผลิตภัณฑ์ (Product variable) หลังจากที่ทำการกำหนดเงื่อนไขของกระบวนการ หรือองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงจะสามารถทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต ความน่าเชื่อถือ คุณภาพ และประสิทธิภาพ เนื่องด้วยทรัพยากรมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการทดลองแต่ละครั้งจะต้องให้สาระข้อมูลที่สำคัญที่สุด ซึ่งการทดลองที่มีการวางแผนที่ดีจะทำให้ได้สาระข้อมูลที่สำคัญและมีคุณภาพมากกว่าการทดลองที่เกิดขึ้นจากงานที่ไม่ได้รับการวางแผนมาก่อน และโดยเฉพาะการทดลองตามแผนที่วางไว้จะสามารถวิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้ดีกว่าด้วย

การออกแบบการทดลอง หรือ Design of Experiment (DOE) เป็นเครื่องมือคุณภาพที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมมานานพอสมควรแล้ว อย่างไรก็ตามเครื่องมือนี้มักไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมไทย เนื่องจากมักถูกมองว่าเป็นเครื่องมือคุณภาพชั้นสูง ใช้ยาก ผู้ใช้ต้องมีความรู้ทางสถิติชั้นสูงเป็นอย่างดี คำร่ำลือดังกล่าวอาจจะเป็นเรื่องจริงในอดีต แต่ในปัจจุบันการเรียนรู้เรื่องการออกแบบการทดลองไม่ยากอย่างที่คิด เนื่องจากมีโปรแกรมทางสถิติ (Statistical software) เกิดขึ้นทำให้สามารถคำนวณที่ซับซ้อนทางสถิติได้ การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของปัจจัยนำเข้า (Input) เข้าสู่กระบวนการผลิต (Process) และมีผลิตภัณฑ์หรือคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยนำออก (Output) โดยมีตัวแปรของกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ (Controllable input factors) ต่างๆ ได้แก่ X_1, X_2, …X_p ตัวแปรของกระบวนการที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable input factors) หรือบางครั้งเรียกว่า Noise factors ต่างๆ ได้แก่ Z_1, Z_2, …Z_k เป็นต้น



รูปที่ 2.29 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ

จุดประสงค์การออกแบบการทดลองได้แก่

1) การวัดว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลของตัวแปรตอบสนอง (Output variable; Y)

2) การวัดว่าตัวแปร X ที่ระดับใดส่งผลให้ ตัวแปรตอบสนอง (Output variable; Y) เข้าใกล้ค่าที่ต้องการมากที่สุด

3) การวัดว่าตัวแปร X ที่ระดับใดส่งผลให้ ตัวแปรตอบสนอง (Output variable; Y) เกิดความผันแปรน้อยที่สุด

4) การวัดว่าตัวแปร X ที่ระดับใดส่งผลให้ ตัวแปรของกระบวนการที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable input factors) เกิดความผันแปรต่ำที่สุด

ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต การปรับปรุงกระบวนการผลิต และทำให้ทราบว่ากระบวนการผลิตนั้นๆ มีความไว (Sensitive) หรือความทน (Robust) ต่อการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงไร

วางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ไม่สมเหตุสมผล ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงเกี่ยวข้องกับ การออกแบบการทดลองและการบันทึกข้อมูลเชิงสถิติ โดยหลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลองมี 3 ประการ คือ

- เรพลิเคชัน (Replication) คือการทำการทดลองซ้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดี คือ ทำให้ผู้ทดลองสามารถประมาณค่าความผิดพลาดในการทดลองได้ โดยตัวประมาณค่าดังกล่าวนั้นใช้เปรียบเทียบว่าการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่

- แรนดอมไมเซชัน (Randomization) คือหลักพื้นฐานในทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยวัสดุและลำดับการทดลองแต่ละครั้งเป็นไปแบบสุ่มที่มีการกรกระจายเป็นไปแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูล (หรือความผิดพลาด) จะต้องเป็นตัวแปรที่มีการเป็นไปแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง การทำการทดลองแบบนี้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้

- บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่เหมาะในการใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลองโดยบล็อกอันหนึ่งอาจหมายถึง วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดเดียวกันส่งผลให้การเปรียบเทียบการทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่สนใจได้ชัดเจนมากขึ้น

ขั้นตอนในการดำเนินการออกแบบการทดลอง

1) กำหนดปัญหา ซึ่งปัญหาที่มีขอบเขตชัดเจนจะช่วยทำให้การกำหนดตัวแปรที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถตอบคำถามได้ตามที่ต้องการ จากนั้นกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนซึ่งจะทำให้มั่นใจได้ว่าการทดลองที่จะทำนั้นสามารถตอบคำถามได้ตรง และสาระข้อมูลที่จะได้มานี้ใช้ได้จริง

2) เลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต โดยผู้ออกแบบการทดลองต้องเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ระดับ (Level) การเปลี่ยนแปลงของปัจจัย จะควบคุมปัจจัยเหล่านี้ที่จุดกำหนดอย่างไร และวัดผลตอบอย่างไร โดยหากเป้าประสงค์ในการทดลองคือการคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบที่ผู้ทดลองต้องการ ระดับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจะกว้าง และเมื่อพบว่าปัจจัยใดมีความสำคัญแล้ว ระดับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจะลดลง

3) การเลือกตัวแปรผลตอบ เนื่องมาจากการทดลองหนึ่งการทดลองอาจส่งผลต่อตัวแปรผลตอบมากกว่า 1 ตัว ดังนั้นการกำหนดตัววัดและตัวแปรผลตอบที่ต้องการจึงต้องชัดเจนก่อนการทดลอง

4) การสร้างแผนการทดลองเพื่อให้ได้สาระข้อมูลที่ถูกต้อง ในขั้นตอนนี้ควรมีการทบทวนถึงสิ่งต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง เช่น หลักการทางทฤษฎี หรือข้อมูลในอดีต ตัวอย่างเช่น คุณต้องการหาว่าปัจจัยใด หรือเงื่อนไขของกระบวนการแบบใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความแปรปรวนของกระบวนการ หรือทำการหาเงื่อนไขของกระบวนการที่ดีที่สุด

5) ทำการทดลอง โดยกระบวนการทดลองและระบบการวัดจะต้องอยู่ภายใต้การควบคุม โดยหลักทางทฤษฎีทั้งกระบวนการทดลองและระบบการวัดควรจะอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติด้วยการใช้หลักการทางการควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control; SPC) ในกรณีที่กระบวนการไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมแบบสมบูรณ์ แต่อย่างน้อยกระบวนการนั้นๆ ก็ควรที่จะ

สามารถทำซ้ำและให้ค่ากระบวนการแบบเดิม รวมทั้งต้องมีการวัดความแปรปรวนของกระบวนการ ซึ่งถ้าความแปรปรวนของกระบวนการนี้ที่ได้มามีค่ามากกว่าความแตกต่างหรืออิทธิพลที่กำลังพิจารณา ผลการทดลองที่ได้นี้อาจจะไม่ได้ประโยชน์มากนัก

6) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ คือการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาข้อสรุป

7) สรุปและข้อเสนอแนะ ผู้ทดลองต้องสรุปแนวทางการปฏิบัติ และนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น และทำการทดลองยืนยันผล เป็นการทำการทดลองซ้ำเพื่อดูว่าค่าที่วิเคราะห์ว่าเป็นค่าที่ดีที่สุดนั้น ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ดีจริงๆ หรือไม่ (Montgomery, 2009)

2.2.5 การทดสอบสมมติฐาน

เป็นวิธีในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งสามารถที่จะทดสอบในระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่นำมาพิจารณา ซึ่งตัวสถิติที่ทำการเปรียบเทียบสามารถเป็นไปได้ทั้งค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งเทียบกับค่าเฉลี่ยที่กำหนด ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่มเทียบกับค่าความแปรปรวนที่กำหนด และค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม นอกจากนี้ยังมีการทดสอบสมมติฐานของสัดส่วนของเสียอีกด้วย ซึ่งในแต่ละการทดสอบจะใช้ตัวสถิติสำหรับการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบนั้นๆ ในการตัดสินใจด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานนี้ จะดำเนินการได้ตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1) ตั้งสมมติฐานหลัก (Null hypothesis: H_0) ซึ่งอาจจะเป็นสมมติฐานแบบสองด้าน หรือสมมติฐานแบบด้านเดียว

2) ตั้งสมมติฐานรองหรือสมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis: H_a)

3) กำหนดค่าความเสี่ยง α (โดยทั่วไปจะกำหนดค่าที่ 0.05)

4) กำหนดวิธีการตัดสินใจ ด้วยการพิจารณาถึงตัวสถิติสำหรับการทดสอบ (Test statistic) ตัวพารามิเตอร์ แล้วพิจารณาถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวสถิติดังกล่าว ด้วยทฤษฎีของการแจกแจงสิ่งตัวอย่าง ซึ่งอธิบายถึงขนาดความผันแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ในระหว่างเงื่อนไขของการทดลองหรือ Reproducibility จากนั้นให้กำหนดช่วงแห่งการปฏิเสธและช่วงแห่งการยอมรับของตัวสถิติภายใต้ค่าความเสี่ยง (α) ที่กำหนด

5) ออกแบบการทดลองด้วยการกำหนดค่าขนาดของสิ่งตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) ดำเนินการทดลองภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่ได้ออกแบบไว้

7) ตัดสินใจตามวิธีการตัดสินใจที่กำหนด กล่าวคือ ถ้าหากตัวสถิติสำหรับการทดสอบที่ได้จากการคำนวณอยู่ในบริเวณแห่งการยอมรับ ให้ทำการยอมรับสมมติฐานหลัก หรือสรุปว่าไม่มีเหตุผลในการปฏิเสธสมมติฐานหลัก แต่ถ้าหากตัวสถิติสำหรับการทดสอบ อยู่ในบริเวณแห่งการปฏิเสธให้ทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก

การทดสอบสมมติฐานแบบเปรียบเทียบเป็นคู่ต่อคู่ (Paired test)

เป็นการทดสอบสมมติฐานและหาช่วงเชื่อมั่นของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกันคู่ต่อคู่ ตัวอย่างเช่น การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างระหว่างเครื่องวัด 2 เครื่องด้วยสิ่งตัวอย่างเดียวกันที่เลือกมา ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานแบบนี้จะได้ผลที่มีความแม่นยำกว่า เพราะได้ควบคุมอิทธิพลจากสาเหตุอื่นๆ ที่สามารถควบคุมได้ เช่น ชิ้นงานเดียวกันและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมือนกัน

ในการทดสอบสมมติฐานแบบด้านเดียว จะมีการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : $\mu_d = \mu_0$

H_a : $\mu_d < \mu_0$

ตัวสถิติสำหรับการทดสอบคือ

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{s_d / \sqrt{n}}$$

โดย $\bar{d}$ คือ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม

μ_0 คือ ค่าพารามิเตอร์ประมาณค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม

S_d คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง (*d*)

คำนวณหาค่า S_d โดย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (d - d)^2}{(n-1)}}$$

เปรียบเทียบค่าตัวสถิติการทดสอบที่คำนวณได้กับค่าวิกฤต (Critical value) คือ $-t_{\alpha,\upsilon}$ หรือ $t_{\alpha,\upsilon}$

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สรุปข้อมูลที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

การเกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ข้อมูลมาประยุกต์กับงานวิจัย	รายชื่อผู้แต่งในงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบลีน	การลดและขจัดความสูญเปล่า	Hines and Rich (1997), Arbos (2002), ธิษัณย์ สฤกฎ์ผล (2538), อภิชาติ ลิลิตการตกุล (2540), อัตถากรณ์ สิงห์น้อย (2540), สุรสา มหากันธา (2541), พิพัฒน์ ศรีธรรมวงศ์ (2541), ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ (2546)
	การลดเวลาหยุด	วิภาศ จิรภาศ (2543), อนิรุท พัฒนธีระ (2545)
	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	ผจญ ภักดีกุล (2532), จิรวุฒิ ทวิชศรี (2543), โกเมศ เจนอนันต์พร (2543)
การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบซิกซ์ซิกมา	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	Stecher (1999), Su et al. (2009), วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร (2544), นพดล เฟื่องขจร (2547), เทพฤทธิ์ นทีรัยไทวะ (2548)
	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	Coronado and Antony (2002), Amheiter and Maleyeff (2005), Lo, Tsai and Hsieh (2009), Das, Roy and Antony (2007), Knowles, Johnson and warwood (2007), นวลพรรณ ใจงาม (2543), ชาญชัย บวรโชคชัย (2545), อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545), ภัทรา อายุวัฒน์ (2546), ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ (2546)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ข้อมูลมาประยุกต์กับงานวิจัย	รายชื่อผู้แต่งในงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบอื่นๆ	การปรับปรุงกระบวนการ	Kwork and Tummala (1996), Lee and et al. (1999), Sadono and et al. (2002),

ตารางที่ 2.2 ชื่อผู้แต่งในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
1. Hines and Rich	1997	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการลดกิจกรรมที่ไม่เป็นประโยชน์ในกระบวนการผลิต และเพิ่มคุณค่าของสินค้าสำเร็จรูปหรือการบริการให้กับผู้บริโภคให้มีประสิทธิผล โดยนำ Process activity mapping มาเป็นเครื่องมือในการประเมินและกำจัดความสูญเปล่า ซึ่งเริ่มจากศึกษาการไหลของกระบวนการ การค้นหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการทำงาน หลังจากได้ข้อมูลก็จะใช้เทคนิค 5W 1H วิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ และใช้หลัก ECRS ในการปรับปรุง
2. Arbos	2002	การลดและขจัดความสูญเปล่า	ได้เสนอแนวคิดแบบลีนไปประยุกต์ใช้กับงานบริการในกระบวนการติดตั้งระบบโทรคมนาคม ซึ่งทำการปรับปรุงในเรื่องของการลด ปรับเปลี่ยนกระบวนการในการติดตั้งระบบโทรคมนาคม โดยพยายามจัดกระบวนการทำงานที่จากเดิมมีการจัดเรียงขั้นตอนการทำงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดรอบเวลาการทำงานที่ยาวนาน ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนเป็นการออกแบบกระบวนการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ให้สามารถทำได้ในขั้นตอนเดียวกันให้ได้มากที่สุด เพื่อให้รอบเวลาการทำงานที่สั้นที่สุด ประกอบกับการจัดตั้งทีมงานซึ่งจากเดิมจะใช้พนักงานที่มีทักษะความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านหลายๆ ทีม ซึ่งแต่ละทีมจะสามารถทำหน้าที่ในกระบวนการของตนเองได้เท่านั้น เปลี่ยนเป็นใช้ทีมงานที่มีทักษะหลายด้าน ซึ่งแต่ละทีมสามารถทำงานได้หลายกระบวนการ ทำให้มีจำนวนทีมงานลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. ธิษัณย์ สฤกฎ์ผล	2538	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าของเครื่องจักรในสายการผลิตให้กับอุตสาหกรรมผลิตกระป๋องอาหาร โดยประยุกต์วิชาทางวิศวกรรมอุตสาหการ ด้านการศึกษาการทำงาน (Work study) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากการศึกษาปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าคือ ปัญหาเครื่องจักรเสียและเครื่องจักรหยุดบ่อยๆ ซึ่งไม่ได้เกิดจากแผนที่วางไว้ แนวทางในการปรับปรุงทำโดย การทำแผนปฏิบัติการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน ทำระบบเอกสาร และจัดทำหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงาน ผลจากการวิจัยทำให้เวลาสูญเปล่าของเครื่องจักรในสายการผลิตลดลง
4. อภิชาติ ลิลิตการตกุล	2540	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการลดและขจัดความสูญเสียในอุตสาหกรรมการผลิตสบู่ โดยปัญหาของโรงงานตัวอย่างคือ เวลาการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรต่ำ ปริมาณพัสดุคงคลังในโรงงานมากอันเนื่องมาจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เทคนิคในการทำวิจัยใช้การวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิต หลังจากนั้นทำการขจัด รวบรวม สับเปลี่ยน หรือทำให้ง่าย กับขั้นตอนเทคนิคการวิเคราะห์การไหลแล้วทำการจัดตำแหน่งสถานีงานและเส้นทางการไหลใหม่ การปรับปรุงการทำงานของพนักงาน ผลจากการวิจัยทำให้ประสิทธิภาพของพนักงานและเครื่องจักรเพิ่มขึ้น
5. อัตถากรณ์ สิงห์น้อย	2540	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้เพื่อลดความบกพร่องของชิ้นส่วนและเวลาสูญเปล่าในสายการประกอบเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ โดยใช้วิธีการทางวิศวกรรมอุตสาหการเป็นเครื่องมือในการดำเนินการ เช่น การศึกษาการทำงาน เป็นต้น ซึ่งเทคนิคการศึกษาการทำงานจะช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาในด้านทรัพยากรการผลิต ซึ่งมีเครื่องจักร อุปกรณ์ กำลังคน วัตถุดิบ วิธีการทำงานหรือการบริหารงาน แล้วกำจัดสาเหตุของความสูญเสียเหล่านั้น โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการมาช่วยการดำเนินการลดความสูญเสียจากเวลาสูญเปล่าได้ เพิ่มประสิทธิภาพขึ้นและลดเวลาสูญเปล่าลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
6. สุรสา มหากันธา	2541	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยลดเวลาสูญเสียในสายการผลิตชิ้นส่วนปั๊มน้ำ -ปั๊มน้ำมันของเครื่องยนต์ การสูญเสียในสายการผลิตแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การสูญเสียที่ได้วางแผนไว้ล่วงหน้า การสูญเสียที่ไม่ได้วางแผน การสูญเสียจากการทำงานที่ไม่สมดุลและการสูญเสียจากการผลิตของเสีย จากการวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุหลักของการสูญเสียเกิดจากการทำงานที่ไม่สมดุลและการสูญเสียนอกเหนือจากการวางแผน การแก้ไขปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรหลักเพื่อแก้ปัญหาจากการทำงานที่ไม่สมดุล การลดเวลาที่ไม่ได้เกิดจากการวางแผน ผลจากการปรับปรุงลดเวลาสูญเสียจากการตรวจเช็ค การปรับแต่ง และการเปลี่ยนเครื่องมือตัด
7. พิพัฒน์ ศรีธรรมวงศ์	2541	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและประกอบรถบรรทุก ซึ่งความสูญเปล่ามาจากความแปรปรวนด้านคุณภาพระหว่างการผลิต การจัดลำดับการผลิตไม่ดี ความแปรผันในการออกแบบและการผลิต การผลิตชิ้นส่วนไม่ตรงข้อกำหนด และการบริหารที่ไม่เข้มงวด ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงโครงสร้างองค์กร ควบคุมพัสดุคงคลังด้วยเทคนิค ABC analysis การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ P และ C Control chart ควบคุมความสูญเปล่าทางด้านแรงงาน เสนอแนะมาตรฐานการทำงาน และการปรับปรุงเทคนิคการผลิต
8. ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ	2546	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบการลดและสร้างมาตรฐานการควบคุมความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ อันได้แก่ การผลิตที่มากเกินไป การรอคอย การขนส่ง กระบวนการที่ไม่เหมาะสม สินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม และข้อบกพร่องของสินค้า เพื่อนำมาใช้กับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าโดยใช้แนวทาง Process activity mapping เปรียบเทียบกับทฤษฎีความสูญเปล่า 7 ประการ พร้อมหาขั้นตอน และใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการการบริหารพัสดุคงคลัง เครื่องมือคุณภาพและระบบเอกสาร

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
9. วิภาศ จิรภาศ	2543	การลดเวลาหยุด	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการลดและควบคุมเวลาที่เครื่องจักรหลักหยุดในเวลาการผลิตขนมขบเคี้ยว จากการวิเคราะห์สาเหตุมาจากการขาดการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเหมาะสม โดยการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน เพื่อให้เครื่องจักรหลักในการผลิตสามารถเดินได้อย่างต่อเนื่องเกิดของเสียน้อยลง รวมทั้งเพิ่มความปลอดภัย เครื่องมือในการทำการวิจัยคือการนำหลักการของการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน มาเปรียบเทียบกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน ผลจากการวิจัย ได้ทำการปรับเปลี่ยนระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรจากการบำรุงรักษาเครื่องจักรภายหลังเกิดเหตุขัดข้อง มาเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
10. อนิรุท พัฒนธีระ	2545	การลดเวลาหยุด	งานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหยุดสายการประกอบรถยนต์กระบะและลดเวลาหยุดของสายการผลิตต่อปีลง จากการศึกษาปัจจัยหลักมาจากชิ้นส่วนประกอบที่ไม่ได้คุณภาพและลักษณะวิธีการทำงานของพนักงานที่บกพร่อง มาตรการที่ใช้ในการปรับปรุงสายการผลิต คือ การจัดทำเอกสารทางเทคนิคเพื่อใช้เป็นเอกสารในการตรวจสอบชิ้นงาน การใช้ Why-Why analysis เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาเทคนิค Poka Yoke เพื่อลดความผิดพลาดในการทำงาน และ Kaizen เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมในสายการประกอบ หลังจากที่นำแนวทางต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ทำให้สามารถลดเวลาการหยุดของสายการประกอบลงได้
11. ผจญ ภักดีกุล	2532	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงผลผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตตู้เย็น โดยทำการปรับปรุงระบบงานการประกอบและระบบงานการจัดส่งชิ้นส่วนหลักเข้าสายงานการประกอบ เพื่อลดความล่าช้าในการประกอบและการจัดส่งชิ้นส่วนเข้าสายงาน การดำเนินการวิจัยได้ใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน (Work study) รวมกับเทคนิคอื่นๆ หลังการวิจัยสามารถลดความล่าช้า ลดเวลาการประกอบและการขนส่งลงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
12. จิรวุฒิ ทวิชศรี	2543	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาพการผลิตและวิเคราะห์ปัญหาของโรงงานผลิตปลาบรรจุกระป๋อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากการศึกษาพบว่าโรงงานมีอัตราการผลิตต่ำ เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบ กระบวนการผลิตไม่ทันสมัย วิธีการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ มีการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรต่ำ แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาคือ การปรับปรุงด้านวัตถุดิบนำเข้า ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้นโดยตรง และเพื่อรองรับการเพิ่มของวัตถุดิบในอนาคตจึงมีการปรับปรุงด้านเครื่องจักร วิธีการผลิต แรงงานที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งการจัดผังโรงงานและการขนถ่ายวัสดุ ในการวิจัยนี้พบว่าโรงงานมีผลผลิตเพิ่มขึ้น
13. โกเมศ เจนอนันต์พร	2543	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	งานวิจัยนี้ได้เพิ่มผลิตภาพการผลิตภายในโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งมีสาเหตุมาจากคนขาดความชำนาญในการปฏิบัติหน้าที่และเวลาการสูญเสียของเครื่องจักรมีมาก การวิจัยเริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน ศึกษาปัญหาและสาเหตุ โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการแก้ไขโดยจัดให้มีการฝึกอบรมแก่พนักงานและจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เพื่อแก้ปัญหาภายในโรงงาน ทำให้สามารถลดเวลาหยุดของเครื่องจักรจากการไม่ได้วางแผนลงได้ โดยจากการปรับปรุงทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นและโอกาสทางการขายเพิ่มขึ้น
14. Stecher	1999	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	กล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electrick (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ซิกซ์ ซิกมาด้านคุณภาพ เริ่มต้นด้วยคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้ ดังนี้ พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้ ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง คัดเลือกชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน มีของเสียมากมาย มีงานที่ต้องซ่อมและชิ้นส่วนที่ต้องการตรวจสอบ ถูกตำหนิในการชำระ หรือผิดพลาดทางรายการบัญชี หรือขนส่งไม่ตรงตามเวลา รวมทั้งผลิตผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป และประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่เคยประสบความสำเร็จ

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
15. Su et al.	2009	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะปรับปรุงกระบวนการติดสารกึ่งตัวนำลงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Circuit board) ในขั้นที่เกี่ยวข้องกับการเกิด metallization ขึ้นระหว่างชั้นของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเกิดกระบวนการ Inter Metal Dielectic (IMD) ซึ่งหากกระบวนการมีปัญหาในขั้นตอนนี้จะก่อให้เกิด การรั่วของกระแสไฟฟ้า และของเสียจากกระบวนการผลิต ทีมผู้วิจัยได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ โดยสามารถลดข้อบกพร่องของชิ้นงาน (Defect Per Unit; DPU) จาก 0.045 DPU เหลือ 0.03 DPU
16. วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร	2544	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	ทำการศึกษาทฤษฎี ปรัชญา และขั้นตอนในการนำระบบซิกซ์ ซิกมามาใช้ปรับปรุงผลิตภาพ รวมถึงกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด นำไปใช้ประกอบด้วยแผนการดำเนินงาน กระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรมและเส้นทางของระบบซิกซ์ ซิกมา ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต้นทุน ที่ประหยัดได้ประมาณ $353,300 ซึ่งถือว่าประหยัดได้เกินกว่าเป้าที่วางไว้
17. นพดล เฟื่องขจร	2547	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงความพร้อมในการตอบสนองในอุตสาหกรรมทันตกรรม โดยการหาแนวทางเพื่อลดเวลาที่ผู้ป่วยใช้ในการรับบริการ และเพิ่มความพร้อมในการให้บริการข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้แนวคิดและขั้นตอนของลีน ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย การนิยามปัญหา การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข ปัญหาที่สำคัญของโรงงานกรณีศึกษา คือ การรอคอยการรักษายาวนาน สาเหตุหลักเกิดจากการจัดสรรจำนวนแพทย์ในแต่ละประเภทไม่สอดคล้องกับจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการ ซึ่งก่อให้เกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมาก จึงได้พิจารณาปรับเพิ่มและจัดสรรจำนวนชั่วโมงทำงานของทันตแพทย์ใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการเข้ารับบริการของผู้ป่วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
18. เทพฤทธิ์ นทีรัยไทวะ	2548	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ นำเสนอผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลานำของการผลิตที่ยาวนาน และหาแนวทางลดเวลานำของการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ การรวบรวมความสูญเปล่า 7 ประการ ความสูญเสียหลัก 16 ประการ รวมถึงปัญหาและสาเหตุต่างๆ ที่ส่งผลต่อเวลานำของการผลิต มาจัดทำเป็นผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดเวลานำของการผลิตที่ยาวนาน หลังจากนั้นจะนำแนวคิดเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบโตโยต้า ระบบการผลิตแบบลีน และระบบการผลิตเพื่อการตอบสนองที่รวดเร็วมาใช้ในงานวิจัย หลังการนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปใช้ พบว่าเวลานำของการผลิตลดลง 24.33% ช่วยให้ปรับปรุงด้านเวลาได้ และนอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
19. Coronado and Antony	2002	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จในการนำ Six Sigma ประยุกต์ใช้ขององค์การต่างๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ทางธุรกิจโดยการเพิ่มกำไร จากการขจัดความแปรปรวนและลดของเสียในกระบวนการรวมถึงการลดค่าใช้จ่ายทางคุณภาพ โดยการนำเอาเทคนิคและเครื่องมือทางสถิติ เช่น Motorola ได้ใช้จ่ายในการให้ความรู้และอบรมพนักงาน $170 million แต่สามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าใช้จ่ายทางคุณภาพ ได้ถึง $2.2 billions ปัจจัยได้แก่ การประกาศเจตนารมณ์และความมุ่งมั่นของผู้บริหารระดับสูง การเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กรซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของพนักงาน การติดต่อสื่อสาร การจัดโครงสร้างภายในองค์กร Citibank เน้นการทำงานเป็นทีม การทำงานข้ามสายงาน การฝึกอบรม โดยเน้น Belt system เพื่อช่วยทำให้เกิดการทำงานตามหลักการของซิกซ์ ซิกมาทั่วทั้งองค์กร การเชื่อมโยงซิกซ์ ซิกมาสู่กลยุทธ์ทางธุรกิจ การเชื่อมโยงซิกซ์ ซิกมาสู่ลูกค้า เพื่อช่วยลดช่องว่างระหว่างความคาดหวังของลูกค้ากับความสามารถของการทำงานที่ทำได้จริง การเชื่อมโยงซิกซ์ ซิกมาสู่ผู้ส่งมอบ การใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ตามหลักสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
20. Amheiter and Maleyeff	2005	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง The integration of lean management and six sigma โดยอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างองค์กรที่ใช้ระบบบริหารการผลิตแบบลีน หรือใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมา เพียงอย่างเดียว กับองค์กรที่ควบรวมการผลิตแบบลีน กับแนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมาเข้าด้วยกัน จุดมุ่งหมายของระบบการผลิตแบบลีนจะมุ่งเน้นในเรื่องของการกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการบริหารการผลิตแบบทันเวลาพอดี แต่ยังขาดการใช้ข้อมูลและเครื่องมือทางสถิติในการช่วยให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างมีระบบ ส่วนจุดมุ่งหมายของแนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมาจะมุ่งในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อน โดยอาศัยชุดเครื่องมือทางสถิติเป็นหลักสำคัญในการตัดสินใจ แต่ยังขาดการเรียนรู้ในเรื่องของการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นเมื่อควบรวมกันจะได้ระบบการผลิตที่มุ่งเน้นให้เกิดคุณค่าเพิ่มอย่างสูงสุดในกระบวนการ
21. Lo, Tsai and Hsieh	2009	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนางานขึ้นรูปเลนส์ (Injection molded lenses) โดยทำการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเลนส์ และตรวจสอบคุณภาพของเลนส์ เพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดและตรงตามความต้องการของลูกค้า
22. Das, Roy and Antony	2007	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	เป็นงานวิจัยกับอุตสาหกรรมการทอผ้า โดยทำการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องสีผ้าที่แตกต่างไปจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งปัญหานี้มีผลกระทบต่อต้นทุนของบริษัทสูงเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะทำการวิจัยปัญหานี้ได้ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตของบริษัทสูงมาก แต่เมื่อผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางการแก้ไขโดยใช้ซิกซ์ ซิกมา ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้
23. Knowles, Johnson and warwood	2007	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ผู้วิจัยได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ประเภทขนมหวานแบบเม็ด เพื่อแก้ไขปัญหาที่เม็ดของอาหารมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ที่ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับปัญหานี้เนื่องจากปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา อีกเป็นจำนวนมาก และมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทางอ้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
24. นวลพรรณ ใจงาม	2543	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางของการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกมา โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่า อัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเทียบในระดับ σ สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็น 2.91 สามารถลดค่าความเสียหาย และได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ $163,999 ภายในระยะเวลาสองไตรมาส
25. ชาญชัย บวรโชคชัย	2545	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ทำการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากค่า Pitch Static Attitude (PSA) ของแขนจับหัวอ่านโดยนำวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุมมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของ PSA และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงได้ ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 4,456 DPPM จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นประมาณ 997 DPPM ซึ่งคิดเป็น 77.63 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดลงได้ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต
26. อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว	2545	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพ โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกมาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง อันเนื่องจากข้อบกพร่องต่างๆ ระบบการดำเนินการคุณภาพ ในแต่ละขั้นตอนของการสำรวจได้ดำเนินงานตามแนวทาง 5 ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมาซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม ผลวิจัยสามารถระบุสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไข จากการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาในระยะเวลา 4 เดือนที่ผ่านมา พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง ลดลงจาก 4,400 DPPM เป็น 2,849 DPPM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
27. ภัทรา อายุวัฒน์	2546	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิก ซิกซ์มาทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ และนำวิธีการตามแนวซิก ซิกซ์มามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gramload) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง ขั้นตอนการวิจัยจะดำเนินขั้นตอนตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งหลังจากดำเนินงานวิจัยสามารถกำหนดค่าของระดับของปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าการรับน้ำหนัก กด (Gramload) ของชุดหัวอ่าน และปริมาณของเสียที่ลดได้หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต
28. ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ	2546	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากคราบสกปรก (Contamination) ของกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 245,153 DPPM ระบบการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาจะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ในแต่ละขั้นตอนของการสำรวจผลวิจัยสามารถระบุสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรม ซึ่งขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษาได้ทำการนิยามปัญหา ศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล เชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุต่างๆ และปรับปรุงเพื่อลดสัดส่วนของเสียจากคราบสกปรก สุดท้ายคือการจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา โดยทำให้มีตัวควบคุมอย่างชัดเจนในกระบวนการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
29. Kwork and Tummala	1996	การปรับปรุงกระบวนการ	ได้ศึกษาเรื่องการควบคุมคุณภาพและปรับปรุงระบบตามหลักการควบคุมคุณภาพโดยรวม แบ่งออกเป็นระดับที่ครอบคลุมถึงการป้องกัน การปรับปรุงแก้ไข การสืบค้นปัญหาต่างๆ ดังนี้ ระดับที่ 1 On-line quality control สามารถใช้งานง่ายในขั้นตอนการผลิตระดับควบคุมกระบวนการ และคุณภาพผลิตภัณฑ์ ระดับที่ 2 Off-line quality support and reviews เป็นผลกระทบระยะยาวไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงทันที ประกอบด้วยการให้ความรู้และการฝึกอบรม การศึกษาระบบการวัด การบำรุงรักษา การตรวจติดตามเทคนิคการแก้ไขปัญหาต่างๆ ระดับที่ 3 Driving force for quality improvement เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนปรับปรุงเพื่อระบุหาสาเหตุและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ประกอบด้วยการเข้าถึงความต้องการของลูกค้า การเทียบเคียงคู่แข่ง การกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (QFD) การวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (FMEA) การศึกษาความสามารถของเครื่องมือ และกระบวนการ
30. Lee and et al.	1999	การปรับปรุงกระบวนการ	ได้ทำการวิจัยเรื่อง Identifying Wastes: Application of Construction Process Analysis โดยได้ทำการศึกษาการนำเทคนิค CPA (Construction Process Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำสัญลักษณ์มาตรฐานมาแทนกิจกรรมในกระบวนการผลิต (Operation Process Chart) สามารถนำไปใช้สืบค้นพร้อมบอกจำนวนความสูญเปล่าได้อย่างมีประสิทธิผล และใช้ Process Activity Mapping เป็นเครื่องมือในการช่วยค้นหาความสูญเปล่า ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยได้อย่างมากสำหรับการสืบค้นความสูญเปล่าจากการรอคอย การขนส่ง กระบวนการที่ไม่เหมาะสม และการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม ส่วนความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป การจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น และข้อบกพร่อง เทคนิค CPA ไม่สามารถใช้กับความสูญเปล่าดังกล่าวได้อย่างเต็มที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
31. Sadono and et al.	2001	การปรับปรุงกระบวนการ	ได้ทำการวิจัยเรื่อง Value Stream Mapping from an Industrial Engineering Viewpoint โดยได้ศึกษาการนำเครื่องมือของ Value Stream Mapping (VSM) มาใช้ในการแสดงการไหลของสายธารแห่งคุณค่า (Value Streams) เพื่อที่จะช่วยในการจำแนกแยกแยะประเภทของความสูญเปล่าในกระบวนการปัจจุบัน เพื่อใช้ในการวางแผนการกำจัดความสูญเปล่า จากนั้นจะใช้ Flow Process Chart ในการค้นหา และวิเคราะห์ความสูญเปล่าของโครงสร้างหรือกิจกรรมในการผลิต

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ประกอบด้วย 3 เทคนิค คือ การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบลีน การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบอื่นๆ ในงานวิจัยส่วนใหญ่ได้นำเทคนิคการลดและขจัดความสูญเปล่าตามแนวคิดแบบลีน มาประยุกต์กับเครื่องมือเชิงคุณภาพ เช่น ขจัด รวบรวม สับเปลี่ยน และทำให้ง่าย (ECRS) การลดความสูญเปล่า 7 ประการ และ Process activity mapping เป็นต้น (Hines and Rich, 1997) จึงเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยนำมาใช้ช่วงเริ่มทำการศึกษาปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการดำเนินการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อค้นหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ของกระบวนการเขียนสัญญาณและนำแนวทางในงานวิจัยเหล่านั้นมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเขียนสัญญาณ มีงานวิจัยที่ได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงจำนวนของเสียตั้งแต่การศึกษาการทำงาน เพื่อวิเคราะห์สาเหตุความสูญเสีย แล้วดำเนินการลดความสูญเสียเหล่านั้น (อัตถากรณ์ สิงห์น้อย, 2540) นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรมการผลิต โดยมีจุดมุ่งมายหลัก เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการผลิตให้น้อยลง (Su, Chou and Chen, 2009) ลดการแก้ไขงานจากกระบวนการผลิต (Chen, Li and Cox, 2009) การเพิ่มค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะกระบวนการ (Anand et al., 2007) การปรับปรุงดังกล่าวเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยจะนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการทำงานก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหาของเสีย โดยพิจารณาในด้านทรัพยากรการผลิต ซึ่งมีเครื่องจักร อุปกรณ์ กำลังคน วัตถุดิบ วิธีการทำงานหรือการบริหารงาน งานวิจัยเล่มอื่นได้นำเทคนิคการใช้ Why-Why analysis เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเทคนิค (อนิรุท พัฒนธีระ, 2545) ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการนำเทคนิค Why-Why analysis ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา มีการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาใช้เป็น

ขั้นตอนในการปรับปรุงแผนการดำเนินงาน กระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรม (วีรพจน์ เหล่าโพธิ, 2544) การปรับปรุงดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดเกี่ยวกับการนำซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้กับปัญหาข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งไม่ได้มีข้อมูลออกมาเป็นเชิงตัวเลขที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกเล่มที่นำแนวทางการปรับปรุงแบบซิกซ์ ซิกมามาใช้กับงานบริการ ซึ่งเป็นงานที่ไม่ได้มีข้อมูลเชิงตัวเลขที่ชัดเจนเช่นกัน (นภดล เฟื่องขจร, 2547) นำซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงความพร้อมในการตอบสนองในอุตสาหกรรมทันตกรรม งานวิจัยนี้ได้ดำเนินตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือการนิยามปัญหา การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข และควบคุมให้สามารถแก้ปัญหาได้ในระยะยาว งานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลานำของการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งทางผู้วิจัยสามารถที่จะนำมาประยุกต์ในงานวิจัยของตนเองได้ โดยตัวอย่างงานวิจัยนี้ได้เสนอผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลานำในการผลิตที่ยาวนาน จากนั้นนำแนวคิดความสูญเปล่า 7 ประการ ความสูญเสียหลัก 16 ประการมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (เทพฤทธิ์ นทีรัย, 2548) งานวิจัยนี้เป็นแนวทางที่ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุเวลานำของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะนำงานเข้าสู่กระบวนการเขียนสัญญาณ และหาสาเหตุที่ส่งผลต่อเวลานำแล้วทำการปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากเวลานำที่ยาวนานของกระบวนการก่อนหน้าการเขียนสัญญาณมีผลต่อการปัญหาของเสียที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการเขียนสัญญาณ มีงานวิจัยที่นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้เพื่อลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตอยู่หลายงานวิจัยโดยแต่ละงานวิจัยจะมีแนวคิดที่แตกต่างกัน การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน (นวลพรรณ ใจงาม, 2543) งานวิจัยที่ลดของเสียที่เกิดจากค่า Pitch Static Attitude (PSA) ก็เป็นการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของ PSA และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าความแปรปรวนลดลง (ชาญชัย บวรโชคชัย, 2545) การลดของเสียในโรงงานผลิตกระป๋อง อันเนื่องจากข้อบกพร่องต่างๆ ระบบการดำเนินการคุณภาพในแต่ละขั้นตอนของการสำรวจผลวิจัยเพื่อระบุสาเหตุของปัญหาและแก้ไข (อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว, 2545) งานวิจัยที่มุ่งเน้นการเสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ และนำวิธีการตามแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต (ภัทรา อายุวัฒน์, 2546) งานวิจัยที่ปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากคราบสกปรกของกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน งานวิจัยนี้ใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรมตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษา จนนำไปสู่การจัดมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา (ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ, 2546) งานวิจัยที่นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้เหล่านี้ ล้วนเป็นแนวทางและแนวคิดให้กับผู้วิจัยมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเขียน

สัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า เพื่อช่วยให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดเอาไว้ โดยประยุกต์แนวคิดของลีนมาร่วมในงานวิจัยด้วย การที่แนวทางของซิกซ์ซิกมาเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเนื่องมาจากขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกมามีขั้นตอนเป็นลำดับที่ชัดเจน โดยเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกปัญหา (Problem selection) ข้อดีของการนำซิกซ์ ซิกมามาใช้ในการคัดเลือกปัญหา เนื่องจากซิกซ์ ซิกมาจะสนใจในปัญหาที่มีความสอดคล้องกับกลยุทธ์ของบริษัท ปริมาณทรัพยากรที่เหมาะสมต่อการแก้ปัญหา ความคุ้มค่าในการแก้ปัญหาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ซึ่งปัญหาที่พบมีจำนวนมากที่น่าสนใจ แต่ซิกซ์ ซิกมาจะช่วยในการเลือกเรื่องที่สำคัญต่อองค์กรมาทำการแก้ปัญหาก่อน การนิยามปัญหา (Define phase) ทีมผู้วิจัยต้องกำหนดขอบเขตงานวิจัยเป้าหมายงานวิจัยพื้นที่หรือกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จในเวลาที่กำหนดและเหมาะสม การวัด (Measure phase) ต้องกำหนดตัววัดที่ใช้เป็นตัวประเมินผลการทำงานวิจัยก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งงานวิจัยแต่ละเรื่องอาจใช้ตัวชี้วัดที่แตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย การวิเคราะห์ (Analysis phase) การปรับปรุง (Improve phase) และการควบคุม (Control phase) โดยแต่ละขั้นตอนจะต้องเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมมาช่วยในกระบวนการแต่ละขั้นตอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เฟส I ระยะศึกษาเพื่อนิยามปัญหา

ระยะนี้เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของงานวิจัย โดยเป็นการเข้าไปสำรวจสภาพปัญหาภายในโรงงานกรณีศึกษา หลังจากที่ได้กำหนดขอบเขตในบทที่ 1 แล้วว่าจะพิจารณาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5" Hard disk drive) รุ่นซาสต้า ซึ่งจะเริ่มต้นจากการจัดตั้งทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงาน ต่อมาจะเป็นการศึกษารายละเอียดของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา การนิยามถึงของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail และการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไข

3.1 ทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงาน

ในการแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงานจำเป็นต้องอาศัยการระดมสมองจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเป็นอย่างดี เพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลและสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สำหรับทีมงานของโรงงานกรณีศึกษาในการแก้ปัญหาของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5" Hard disk drive) รุ่นซาสต้า ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย

1) วิศวกรฝ่ายผลิต
2) วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ
3) พนักงานฝ่ายผลิต
4) วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ
5) วิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน
6) วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ
7) วิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร
8) ผู้วิจัย

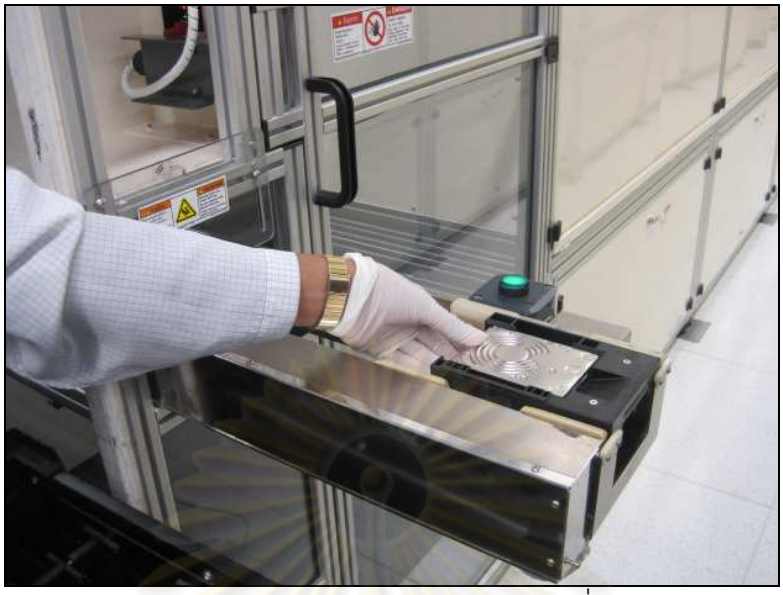
โดยสมาชิกในทีมทุกคนมีหน้าที่ในการแสดงความคิดเห็นถึงประเด็นปัญหาและข้อมูลต่างๆ ที่พิจารณาในที่ประชุม ซึ่งดำเนินการประชุมโดยวิศวกรฝ่ายผลิต และผู้วิจัยทำหน้าที่ติดต่อประสานงาน จดบันทึกการประชุม เสนอแนะความคิดเห็น นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ และสรุปข้อมูลที่ได้จากการประชุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 กระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา

เพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยจึงได้เข้าไปทำการศึกษารายละเอียดของกระบวนการในส่วนต่างๆ ทำให้ทราบว่ากระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้าของโรงงานกรณีศึกษา มีขั้นตอนไม่แตกต่างจากกระบวนการเขียนสัญญาณบนผลิตภัณฑ์สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลรุ่นอื่นๆ กล่าวคือ กระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะทำการเขียนสัญญาณบนเครื่องที่มีชื่อว่า เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ซึ่งจัดเป็นเครื่องทดสอบที่ทำงานด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ คือ พนักงานจะทำการวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ จากนั้นสายพานจะเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้ไหลไปตามสายพานหน้าเครื่อง จนไปหยุดอยู่ที่ตำแหน่งหยิบ/ วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แขนกลของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์จะจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่ด้านในตู้ทดสอบเพื่อทำการเขียนสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.1 รูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 โดยระยะเวลาที่ใช้ในการเขียนสัญญาณประมาณ 9.6 ชั่วโมงต่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหนึ่งตัว โดยเวลานี้คือเวลาที่ได้จากการพัฒนาและทดลองในห้องทดสอบทางวิศวกรรม ทั้งนี้เวลาที่ใช้จริงในการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละตัว ซึ่งมีคุณภาพเริ่มต้นไม่เหมือนกันแต่ก็จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 9.6 ชั่วโมงเท่ากับเวลาในห้องทดสอบทางวิศวกรรม

รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester)



รูปที่ 3.2 พนักงานวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์

รูปที่ 3.3 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเลื่อนไปบนสายพานหน้าเครื่องเพื่อเข้าสู่เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์

เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกแขนกลของเครื่องทดสอบจับเข้าสู่ด้านในของตู้ทดสอบแล้ว เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ก็จะเริ่มทำการเขียนและทดสอบสัญญาณไปพร้อมกัน เมื่อทำการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรือระหว่างการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้วเกิดไม่สำเร็จ มีการตรวจพบอาการเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้นมาก่อน แขนกลของเครื่องทดสอบก็จะทำการจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกมาวางบนสายพานที่ตำแหน่งหยิบ/ วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่บริเวณหน้าตู้ทดสอบ จากนั้นพนักงานจะต้องทำการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยแยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของดีที่ผ่าน

การทดสอบกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบออกจากกัน แล้วส่งไปยังกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

สำหรับกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษานั้นประกอบไปด้วยเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ทั้งหมด 23 เครื่อง ที่ใช้สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นซาสต้า

สำหรับรายละเอียดขั้นตอนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษาประกอบไปด้วยขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอนประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญและจำเป็นในการมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นขั้นตอนกระบวนการหลัก ซึ่งก็คือกระบวนการเขียนสัญญาณ กระบวนการ 5 ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีชื่อเรียกว่า การเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software) การอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) การติดซีล (Seal install) การจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing) และการเขียนสัญญาณ (HX-Filler) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software)

การเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบว่าซอฟแวร์ที่จะใช้สำหรับกระบวนการเขียนสัญญาณมีความถูกต้องสมบูรณ์ พร้อมที่ใช้ในกระบวนการเขียนสัญญาณหรือไม่ ตรวจดูว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่จะทำการเขียนสัญญาณมีซอฟแวร์ในการเขียนถูกต้องเหมาะสมกับรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือไม่ และมีการติดตั้งซอฟแวร์บนเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) เรียบร้อยก่อนที่จะทำการเขียนสัญญาณ ซึ่งหน้าที่นี้จะดำเนินการโดยวิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจสอบรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการเขียนสัญญาณอย่างละเอียดว่า เป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร ผลิตเพื่อขายให้ลูกค้าอะไร มีรายละเอียดพิเศษอะไรในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ลูกค้าต้องการหรือไม่
2. เมื่อทราบรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ทำการเขียนสัญญาณอย่างละเอียดแล้ว ตรวจสอบซอฟแวร์ที่มีอยู่ว่าถูกต้องเหมาะสมกับรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือไม่ ทำงานได้ถูกต้องและสมบูรณ์หรือไม่ โดยวิศวกรจะทำทดลองในห้องทดสอบทางวิศวกรรมให้แน่ใจก่อนที่จะนำมาใช้ในกระบวนการเขียนสัญญาณจริงในกระบวนการผลิต
3. ถ้าซอฟแวร์ที่มีอยู่ไม่เหมาะสมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต้องทำการเขียนสัญญาณ วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณจะต้องทำการพัฒนาและปรับปรุงขึ้นมาใหม่
4. เมื่อมีซอฟแวร์ที่เหมาะสมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่จะทำการเขียนสัญญาณ วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณต้องตรวจสอบกับวิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน ว่าได้กำหนดเครื่องทดสอบเอ็กคาร์

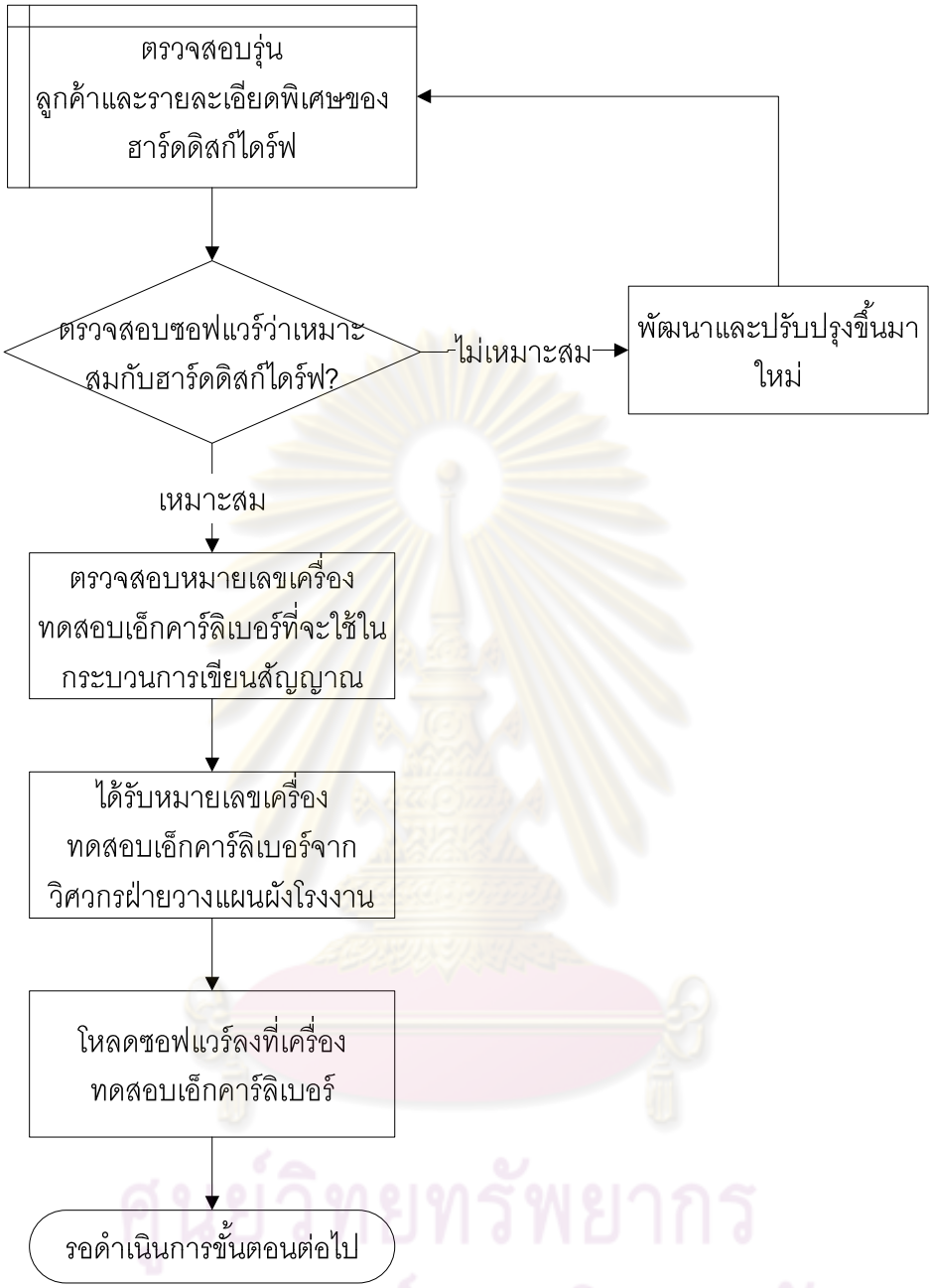
ลิเบอร์ (X-Caliber tester) หมายเลขอะไร ที่จะใช้ในกระบวนการเขียนสัญญาณของผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้า

5. เมื่อได้หมายเลขของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) มาจากวิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงานแล้ว วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณจะต้องทำการโหลดซอฟแวร์ลงในตู้ทดสอบเครื่องนั้นๆ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อม

6. รอดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

สำหรับแผนภูมิการไหลของกระบวนการเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software) ดังรูปที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software)

3.2.2 การอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge)

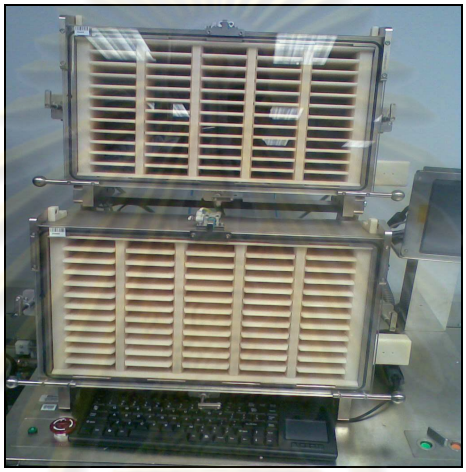
การอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) เป็นกระบวนการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยจุดประสงค์ของการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็เพื่อช่วยให้หัวอ่านเขียนซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่เขียนสัญญาณลงบนแผ่นจานแม่เหล็ก ใช้เวลาในการเขียนสัญญาณและการทดสอบภายหลังการเขียนสัญญาณน้อยลง (ลดระยะเวลาในการเขียนสัญญาณ) ขั้นตอนในกระบวนการนี้จะนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใส่ในช่องเล็กๆ ภายในตู้อัดก๊าซฮีเลียม

(Helium charge chamber) ซึ่งช่องเล็กๆ เหล่านั้นจะมีขนาดเท่ากับตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พนักงานจะต้องใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟภายในช่องเล็กๆ เหล่านั้นให้เต็มตู้ แล้วปล่อยก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในตู้ตามปริมาณที่กำหนดไว้ (Specification)

1. เติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในตู้ประมาณ 1.0 ATM

2. ดูดอากาศ (Air) ออกจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยความดันประมาณ 0.008 ATM

จากนั้นเปิดเครื่องเพื่อให้เครื่องเริ่มทำงานอัดก๊าซฮีเลียม ตัวอย่างของเครื่องที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมของโรงงานกรณีศึกษาแสดงในรูปที่ 3.5 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.5 เครื่องที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Helium charge chamber)

1. เปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียม จากนั้นพนักงานฝ่ายผลิตจะนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ใส่ในช่องเล็กๆ ภายในตู้อัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge chamber) จนเต็มทั้ง 60 ช่อง และปิดฝา

2. กดปุ่ม START เพื่อเริ่มการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

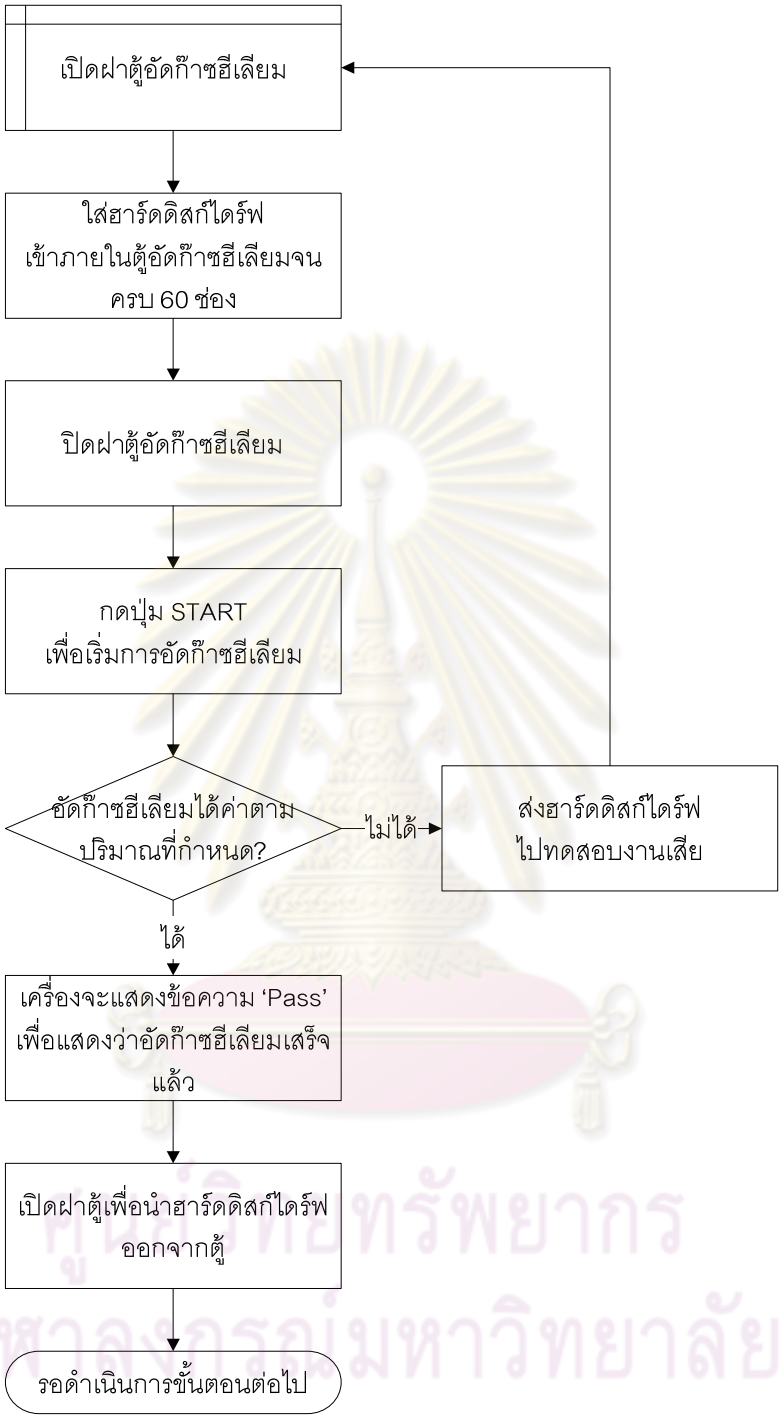
3. จากนั้นตู้อัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge chamber) จะทำการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจนได้ค่าตามปริมาณที่กำหนด

4. เมื่อทำการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จเรียบร้อย เครื่องจะแสดงข้อความ 'PASS' ให้พนักงานทราบว่าการอัดก๊าซฮีเลียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

5. เปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียม จากนั้นพนักงานฝ่ายผลิตนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากช่องเล็กๆ ภายในตู้อัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge chamber) จนหมด

6. รอดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

สำหรับแผนภูมิการไหลของกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนภูมิการไหลของกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge)

3.2.3 **การติดซีล** (Seal install)

การติดซีล (Seal install) เป็นกระบวนการนำซีลไปติดลงบนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยตำแหน่งที่ต้องทำการติดซีล ก็คือตำแหน่งที่เรียกว่า Breather filter ซึ่งตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่ใช้ในการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยวัตถุประสงค์ของการติดซีลก็เพื่อป้องกัน

ปริมาณก๊าซฮีเลียมที่อัดเข้าไปภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในขั้นตอนก่อนหน้านี้รั่วซึมออกมาจากภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสู่ภายนอก

การรั่วซึมของก๊าซฮีเลียมจนปริมาณก๊าซมีน้อยกว่าค่าตามปริมาณที่กำหนด จะส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเกิดอาการเสียในระหว่างกระบวนการเขียนสัญญาณ หรือไม่ก็ใช้ระยะเวลาในการเขียนสัญญาณมากขึ้นกว่าปกติ

ในการติดซีลพนักงานฝ่ายผลิตควรที่จะทำทันทีหลังจากที่ทำการอัดก๊าซฮีเลียมเสร็จเรียบร้อย การทิ้งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไว้เป็นเวลานานโดยไม่ทำการติดซีล จะทำให้ปริมาณก๊าซฮีเลียมจะค่อยๆ รั่วซึมออกมาภายนอก

สถานีงานที่ใช้ในการติดซีลของโรงงานกรณีศึกษาแสดงในรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 สถานีงานที่ใช้ในการติดซีล (Seal install)

โดยมีรายละเอียดการติดซีลดังรายละเอียดต่อไปนี้

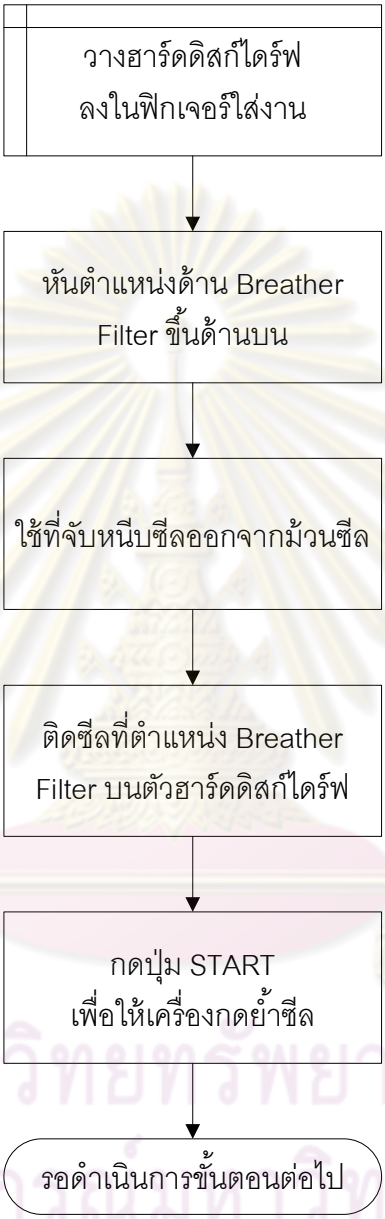
1. พนักงานวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงในฟิกเจอร์ใส่งาน (Fixture) โดยหันตำแหน่งด้าน Breather filter ขึ้นด้านบน

2. พนักงานใช้ที่หนีบจับซีลออกจากม้วนซีล จากนั้นนำซีลไปติดลงบนตำแหน่ง Breather filter บนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3. กดปุ่ม START เพื่อให้เครื่องติดซีลลงมากดทับซีลที่ติดอยู่บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอีกครั้ง เพื่อให้ซีลติดสนิท

4. รอดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

สำหรับแผนภูมิการไหลของกระบวนการติดซีล (Seal install) แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนภูมิการไหลของกระบวนการติดซีล (Seal install)

3.2.4 **การจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ** (Pairing)

การจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing) เป็นกระบวนการของระบบอัตโนมัติที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) จุดประสงค์ของการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเนื่องจากว่า ในการวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ พนักงานจะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอะไรก็ได้ (รุ่น, ลูกค้า และความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นต้น) แต่ภายในเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์จะมีช่องเล็กๆ จำนวนมากถึง 1,440 ช่อง ช่องเหล่านี้จะสามารถใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 2 ไดร์ฟต่อหนึ่งช่องในขณะที่ทำการเขียนสัญญาณ โดยเงื่อนไขของการใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปภายในช่องเล็กๆ เหล่านี้จะต้องเป็นผลิตภัณฑ์รุ่นเดียวกัน ผลิตเพื่อขายให้ลูกค้ารายเดียวกัน ความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่ากัน เนื่องจากว่าซอฟแวร์ที่ใช้ต่อหนึ่งช่องของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์จะต้องเป็นซอฟแวร์ตัวเดียวกัน เวอร์ชั่นเดียวกัน ฉะนั้นการที่แขนกลของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์จะจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปเขียนสัญญาณ แขนกลจะเลือกจับคู่แต่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เหมือนกันทุกอย่างเข้าไปไว้ภายในช่องเดียวกัน แล้วเริ่มกระบวนการเขียนสัญญาณ

ส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่พนักงานวางลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ แล้วถูกนำเข้าไปภายในเครื่องแต่ยังไม่สามารถจับคู่กับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวอื่นได้ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นจะต้องรออยู่ในช่องเล็กๆ จนกว่าจะสามารถจับคู่กับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวอื่นได้ จึงจะเริ่มกระบวนการเขียนสัญญาณ

สถานีงานที่ทำการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษาแสดงในรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 สถานีงานที่ทำการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing)

โดยมีรายละเอียดการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์

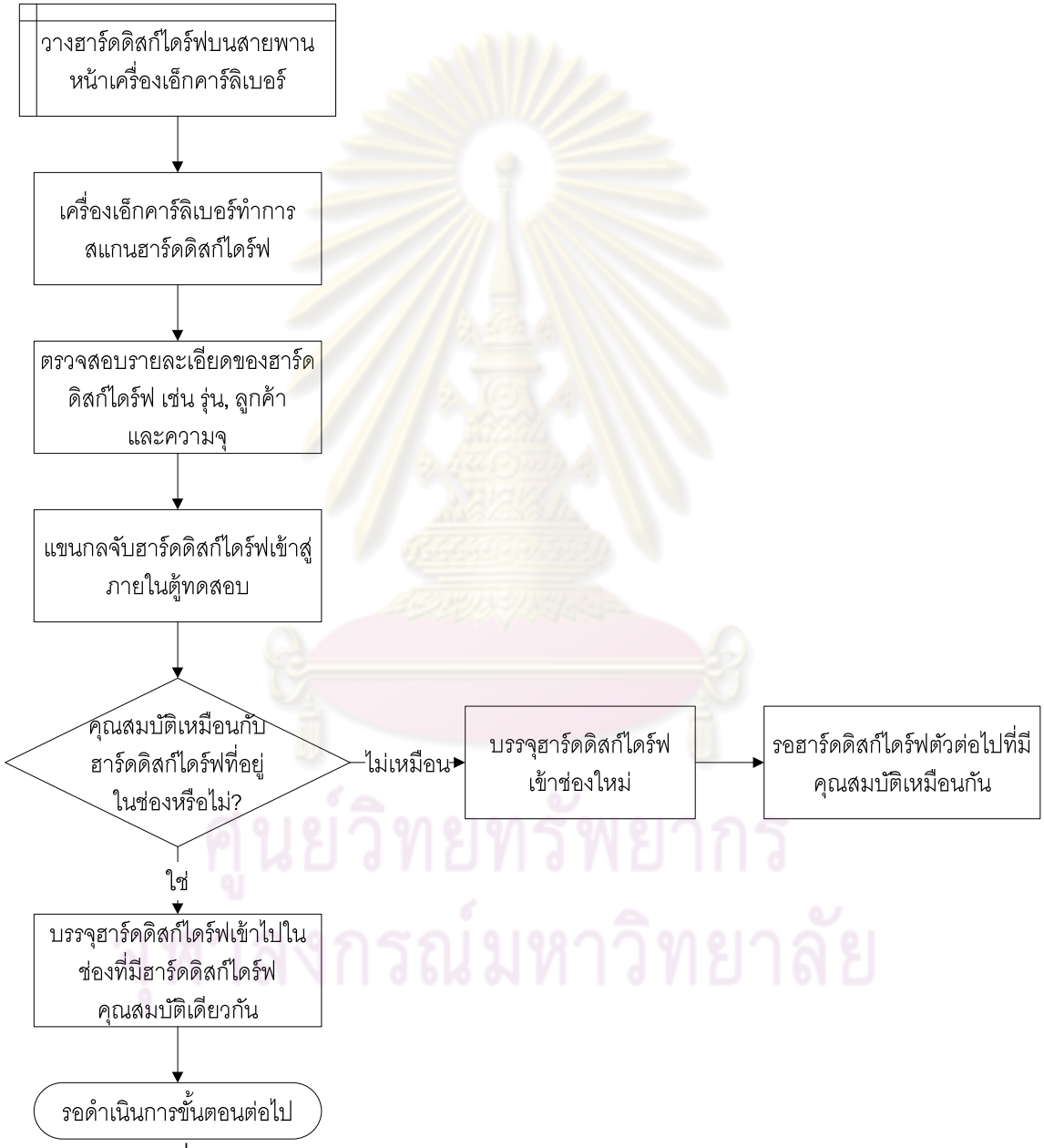
2. เครื่องทำการสแกนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และตรวจสอบดูรายละเอียดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เช่น รุ่น, ลูกค้า และความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นต้น

3. แขนกลของเครื่องทดสอบจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่ด้านในตู้ทดสอบ ถ้าภายในตู้ทดสอบมีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เหมือนกันอยู่แล้วภายในช่องเล็กๆ หนึ่งตัว ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่แขนกลกำลังจะหยิบเข้าก็จะถูกใส่เข้าไปในช่องเล็กๆ ช่องเดียวกัน แล้วเริ่มทำการเขียนสัญญาณ

4. แต่ถ้าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่แขนกลของเครื่องทดสอบกำลังจับเข้าสู่ด้านในตู้ทดสอบไม่มีคุณสมบัติเหมือนกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่รออยู่ภายในช่องเล็กๆ ในตู้ทดสอบ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นจะต้องเข้าไปรอในช่องเล็กๆ ช่องใหม่ เพื่อรอฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวต่อไปที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน

5. รอดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

สำหรับแผนภูมิการไหลของการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing) แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผนภูมิการไหลของกระบวนการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing)

3.2.5 **การเขียนสัญญาณ** (HX-Filler)

การเขียนสัญญาณ (HX-Filler) เป็นกระบวนการของระบบอัตโนมัติที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) จุดประสงค์ก็เพื่อเขียนสัญญาณแม่เหล็กลง

บนแผ่นจานแม่เหล็กจนสัญญาณเต็มหน้าแผ่นจาน หลังจากที่เครื่องทดสอบทำการเขียนสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว เครื่องก็จะทำการทดสอบประสิทธิภาพบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รวมทั้งทดสอบด้วยว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้นบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือไม่

โดยมีรายละเอียดการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่จับคู่กับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน อยู่ภายในช่องเล็กๆ ช่องเดียวกันของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester)

2. เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสองตัววางอยู่ในช่องเล็กๆ ของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์เรียบร้อยแล้ว ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถามหาซอฟแวร์เวอร์ชั่นที่ใช้ในการเขียนสัญญาณลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เมื่อเจอซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจึงเริ่มกระบวนการเขียนสัญญาณ

3. ระบบอัตโนมัติและซอฟแวร์ทำการเขียนสัญญาณลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4. ระหว่างที่ทำการเขียนสัญญาณ ระบบจะทำการตรวจสอบปริมาณก๊าซฮีเลียมที่มีอยู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่ามีเพียงพอต่อการเขียนสัญญาณหรือไม่ ถ้าปริมาณก๊าซฮีเลียมมีไม่เพียงพอต่อการเขียนสัญญาณ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะไม่ผ่านกระบวนการเขียนสัญญาณ และกลายเป็นเป็นงานเสีย แต่ถ้าผ่านการเขียนสัญญาณก็จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

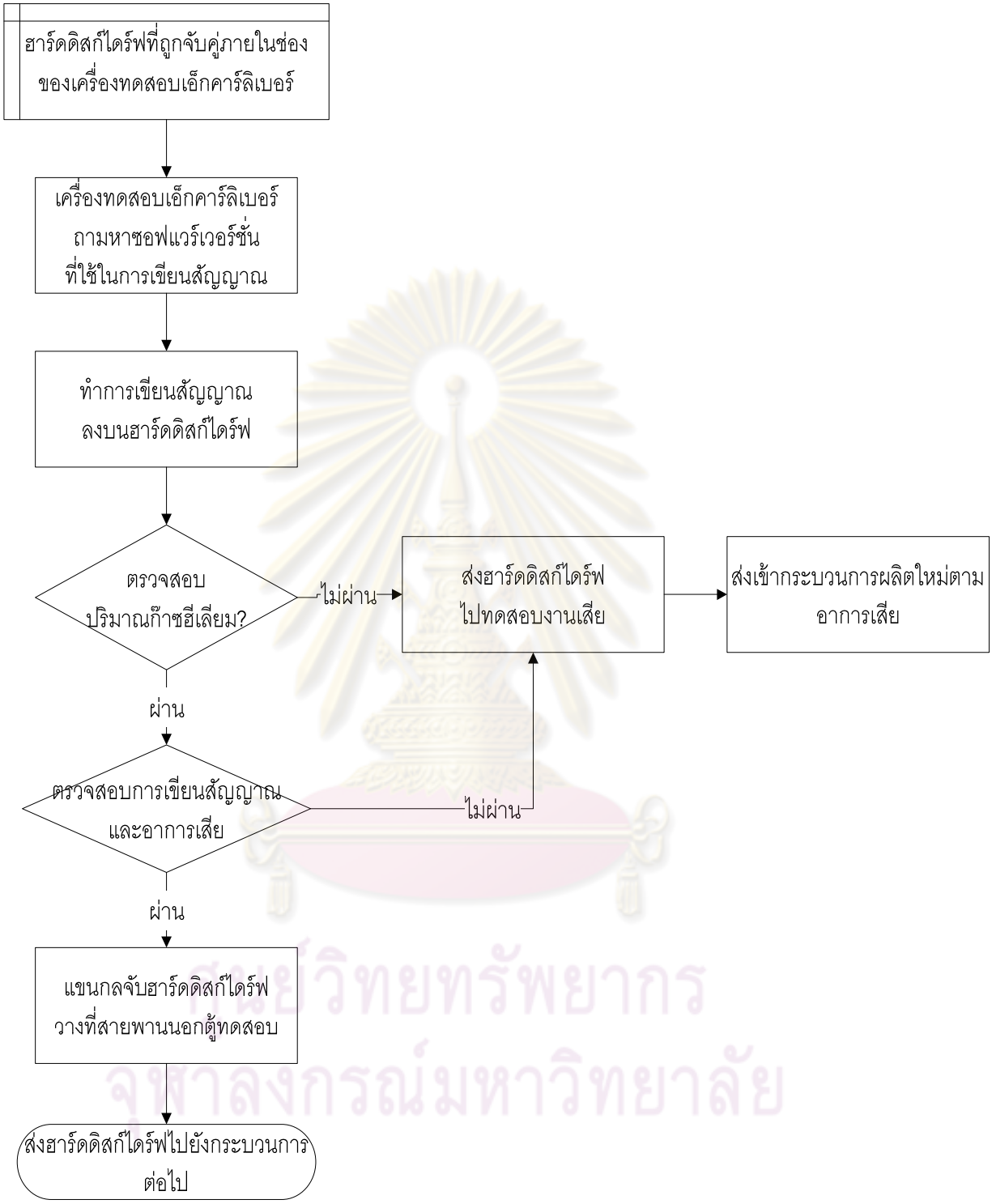
5. ตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนสัญญาณเมื่อผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จากนั้นเครื่องก็จะทำการทดสอบประสิทธิภาพบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รวมทั้งทดสอบด้วยว่ามีข้อบกพร่องหรืออาการเสียเกิดขึ้นบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือส่วนประกอบต่างๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือไม่

6. หลังผ่านกระบวนการเขียนสัญญาณลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แขนกลของเครื่องทดสอบก็จะทำการจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกมาวางบนสายพานด้านหน้าตู้ทดสอบ ที่ตำแหน่งหยิบ/ วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

7. เตรียมส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปยังกระบวนการต่อไป

สำหรับแผนภูมิการไหลของกระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler) แสดงดังรูปที่ 3.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 แผนภูมิการไหลของกระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler)

สำหรับภาพภายในกระบวนการเขียนสัญญาณของโรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ การอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) การติดซีล (Seal install) และการเขียนสัญญาณ (HX-Filler) บนเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) แสดงดังรูปที่ 3.12-3.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.12 กระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) ของโรงงานกรณีศึกษา

รูปที่ 3.13 วิธีการติดซีล (Seal install)

รูปที่ 3.14 กระบวนการติดซีล (Seal install) ของโรงงานกรณีศึกษา

รูปที่ 3.15 กระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler) บนเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ของโรงงานกรณีศึกษา

3.3 การนิยามถึงของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail

จากการวิเคราะห์ภายในห้องทดลองทางวิศวกรรม ลักษณะของของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail คือ ของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์สามารถตรวจจับได้ว่า ปัจจัยดังที่จะกล่าวไว้ด้านล่างไม่เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้

1. ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ต้องมีปริมาณมากกว่าปริมาณที่กำหนด (Specification) โดยค่าที่กำหนดไว้ คือ 77% เมื่อเทียบกับปริมาตรภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

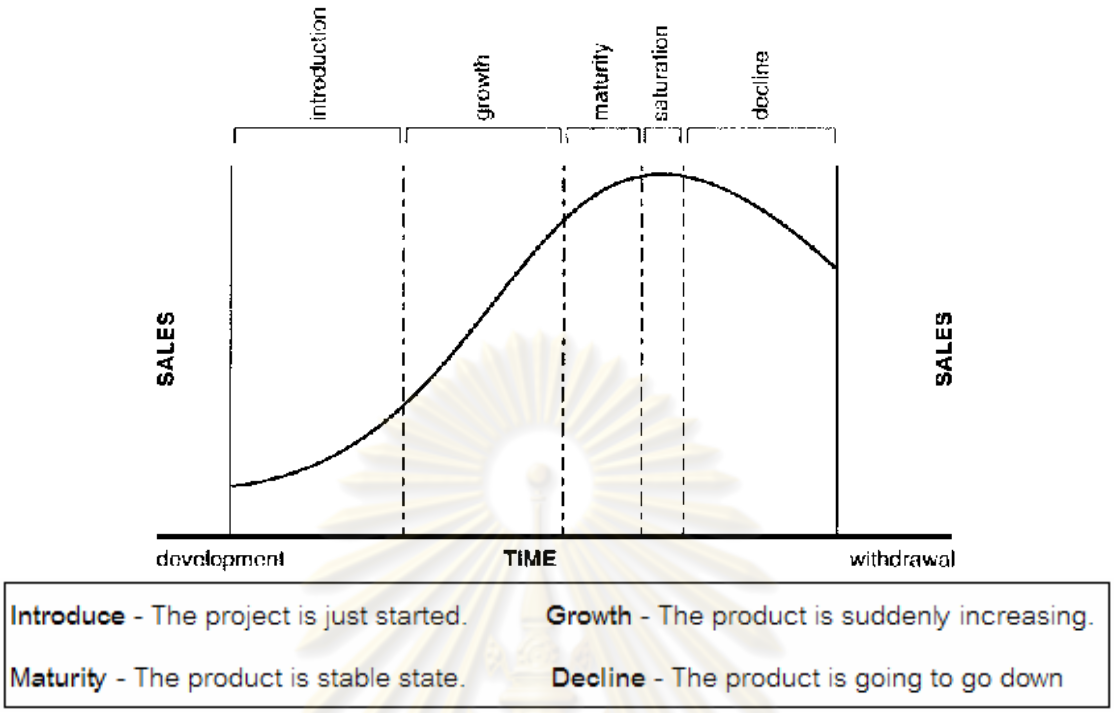
จากค่าที่กำหนด (Specification) ไว้ข้างต้น ถ้าไม่เป็นไปตามค่าที่กำหนด เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่กระบวนการเขียนสัญญาณ ก็จะเกิดการเสียด้วยอาการ Drive exceeded time limit fail ขึ้น เนื่องจากภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณก๊าซฮีเลียมไม่เพียงพอที่จะช่วยให้กระบวนการเขียนสัญญาณสำเร็จได้

3.4 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาศึกษา

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาศึกษา ได้ทำการวิเคราะห์จาก 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ด้านการตลาด พิจารณาจากวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ (Product life cycle) ดังแสดงในรูปที่ 3.16 และส่วนแบ่งทางการตลาด (Market share) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

2. คุณภาพการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต (Defect)



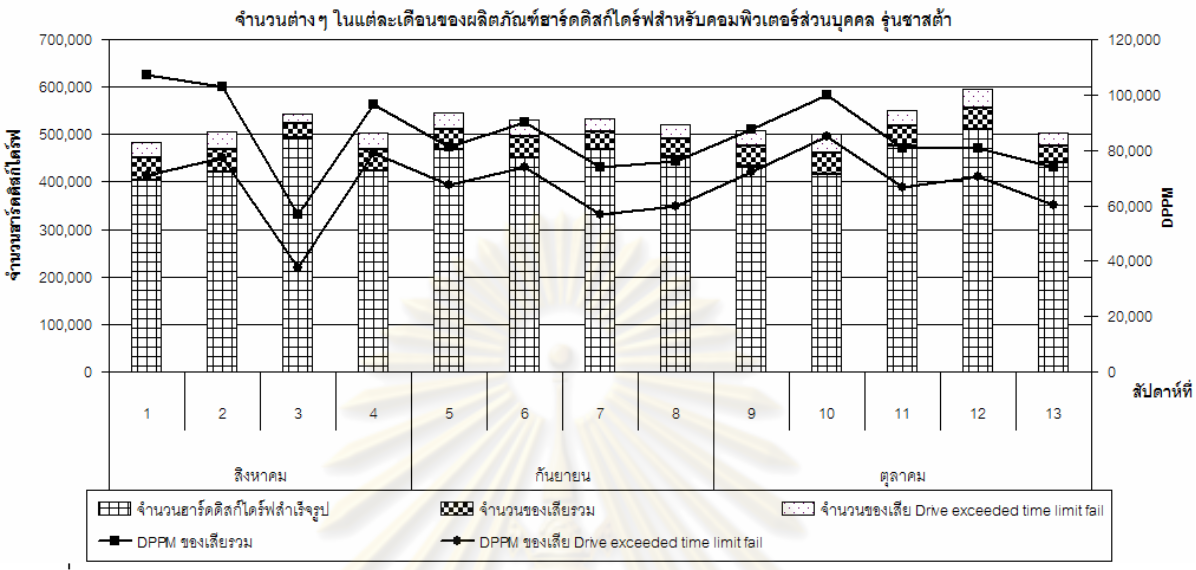
รูปที่ 3.16 ความต้องการทางการตลาด

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในโรงงานกรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์	Market Demand	Market Share (%)	สัดส่วนของเสียเทียบกับการผลิตทั้งหมด (DPPM)
จาไมก้า	Matulity	9.23	4,265.51
ลูน่า	Decline	7.63	3,144.64
ฟิจิ	Matulity	20.37	11,944.05
ฮีลอน	Decline	7.40	1,138.93
เดนาลี่	Matulity	11.96	6,963.50
มารีเนอร์	Growth	5.91	7,736.30
ซาสต้า	Growth	37.50	31,727.24

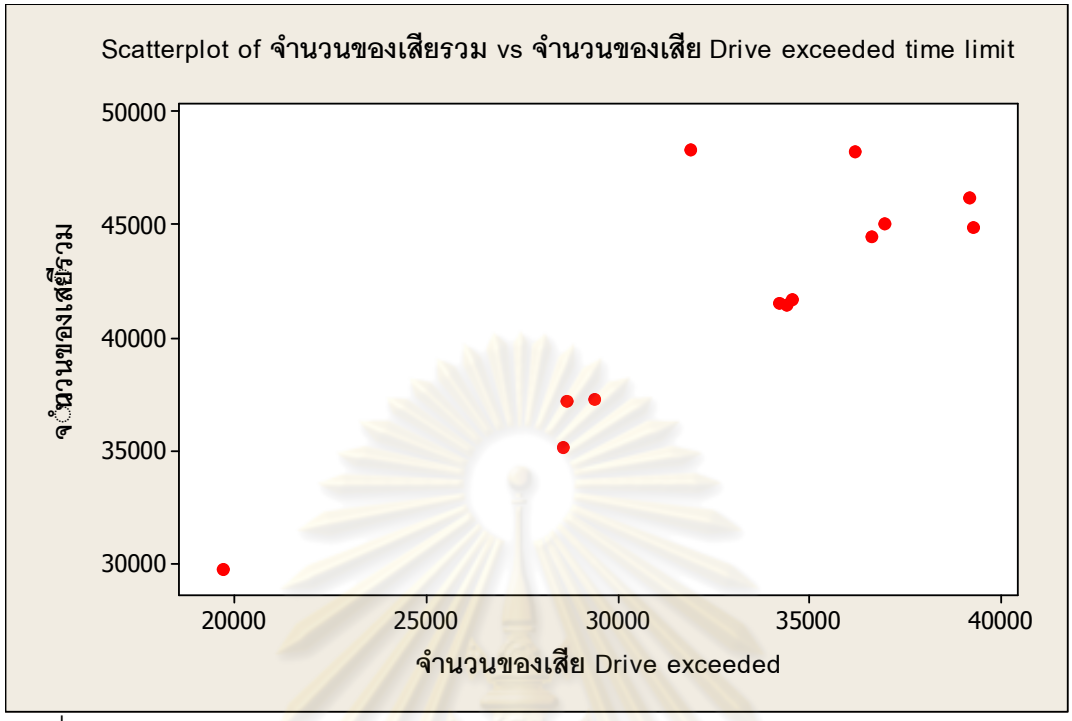
จากข้อมูลด้านการตลาดและคุณภาพการผลิตของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์รุ่นซาสต้าอยู่ในช่วงที่ตลาดยังมีความต้องการอีกมาก และส่วนแบ่งทางการตลาดสูงมากเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียเทียบกับการผลิตทั้งหมด (DPPM) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมีสัดส่วนของเสียใกล้เคียงกัน ยกเว้นผลิตภัณฑ์รุ่นซาสต้าที่มีสัดส่วนของเสียสูงกว่าผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้า ในแต่ละเดือนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 กราฟจำนวนต่างๆ ในแต่ละเดือนของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

จากรูปที่ 3.17 จะเห็นว่า กราฟ DPPM ของเสีย Drive exceeded time limit fail ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67,192 DPPM ต่อสัปดาห์ มีรูปแบบคล้ายคลึงกันกับกราฟ DPPM ของเสียรวมซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84,600 DPPM ต่อสัปดาห์ โดยที่จำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit จำนวนของเสียรวม และจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33,056.69 41,620.69 450,349.38 ชิ้นต่อสัปดาห์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit มีอิทธิพลต่อจำนวนของเสียรวม กล่าวคือ รูปแบบของข้อมูลจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit ส่งผลต่อรูปแบบข้อมูลจำนวนของเสียรวม โดยที่จำนวนของเสียประเภทอื่นๆ ที่เหลือมีค่าเกือบจะคงที่ เพื่อตรวจสอบข้อมูลดังกล่าวจึงได้ทำการพล็อตกราฟแผนภาพการกระจายระหว่างจำนวนของเสียรวมกับจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit แสดงในรูปที่ 3.18 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่า P-value ในการทดสอบสมมติฐานว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ แสดงในตารางที่ 3.2 ได้ดังนี้



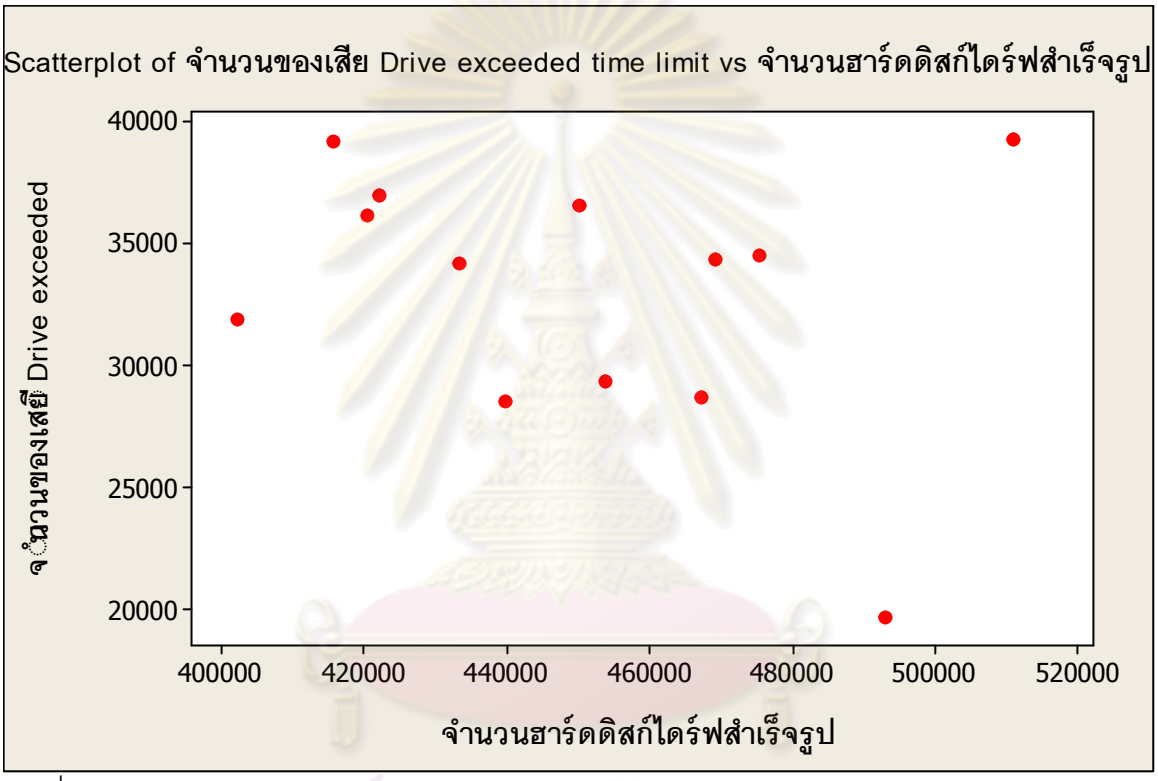
รูปที่ 3.18 แผนภาพการกระจายระหว่างจำนวนของเสียรวมกับจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit ของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

ตารางที่ 3.2 ค่า r และค่า P-value ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของเสียรวมกับจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit ของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

ค่า r	ค่า P-value
0.863	0.000

จากตารางที่ 3.2 ค่า r มากกว่า 0.70 ประกอบกับค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าจำนวนของเสียรวมมีความสัมพันธ์กับจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรูปที่ 3.18 แสดงให้เห็นว่า จำนวนของเสียรวมและจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า มีความสัมพันธ์กันเชิงบวกต่อกัน กล่าวคือ ถ้าจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail มีค่าเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้จำนวนของเสียรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน หรือในทางกลับกันถ้าจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail มีค่าลดลง ก็จะส่งผลให้จำนวนของเสียรวมมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน

สำหรับกราฟจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ในรูปที่ 3.17 มีรูปแบบไม่แน่นอน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 450,349.38 ชิ้นต่อสัปดาห์ และเมื่อทำการพล็อตแผนภาพการกระจายระหว่างจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail กับจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูป และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่า P-value แสดงได้ดังรูปที่ 3.19 และตารางที่ 3.3 ตามลำดับ เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่



รูปที่ 3.19 แผนภาพการกระจายระหว่างจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail กับจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

ตารางที่ 3.3 ค่า r และค่า P-value ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail กับจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

ค่า r	ค่า P-value
-0.266	0.380

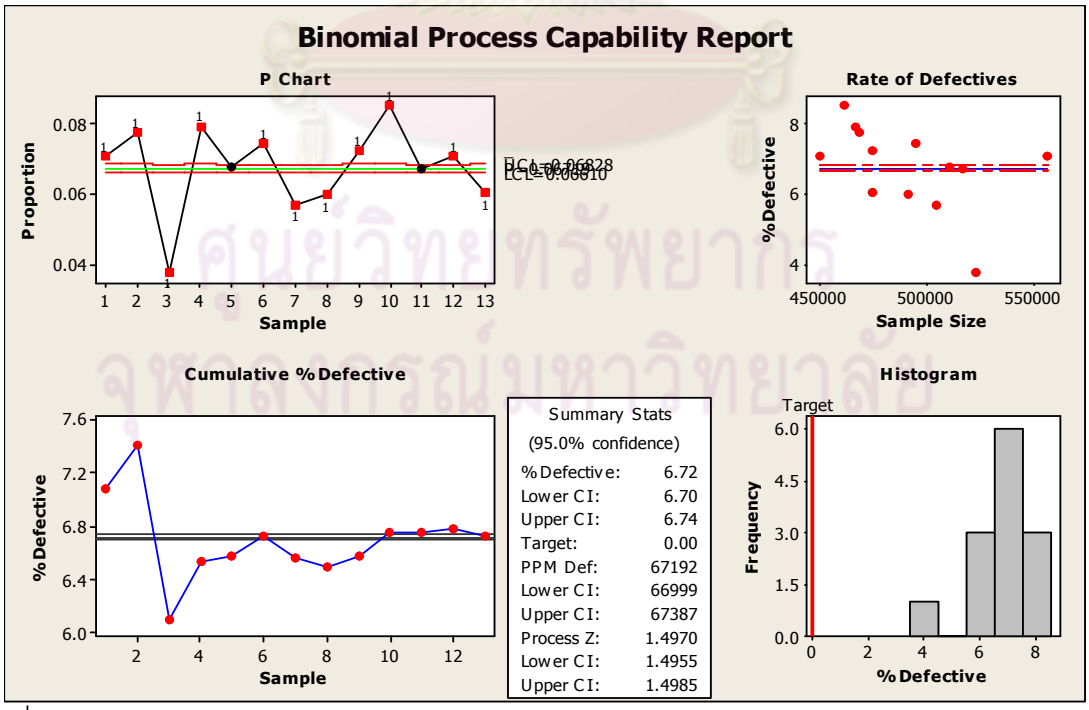
จากตารางที่ 3.3 ค่า r น้อยกว่า 0.70 ประกอบกับค่า P-value มากกว่า 0.05 และรูปที่ 3.19 แสดงให้เห็นว่าจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail กับจำนวนฮาร์ดดิสก์

ไดร์ฟสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

3.5 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน

ภายในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้าของโรงงานกรณีศึกษา มีกระบวนการประกอบย่อยๆ เป็นจำนวนมากที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ซึ่งส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่สามารถผ่านกระบวนการไปยังขั้นตอนต่อไปได้ ทำให้ต้องมีงานที่ต้องนำกลับไปทำใหม่ (Rework) หรือในบางครั้งไม่สามารถนำกลับไปทำใหม่ (Rework) ของชิ้นงานได้ ทำให้ต้องทิ้ง (Scrap) ชิ้นงานนั้น สิ่งเหล่านี้ถือเป็นการสูญเสียที่สำคัญอย่างมาก จึงควรมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดจำนวน ของเสียที่เกิดขึ้นให้ลดน้อยลงให้มากที่สุดหรือแทบไม่มีเลย (Zero Defect)

จากการศึกษาสภาพปัจจุบัน สามารถศึกษาได้จากสัดส่วนของของเสียต่อล้านชิ้นการผลิตที่เกิดขึ้น (Defect Part Per Million; DPPM) ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตด้วยข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 ของผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้า ในขั้นตอนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พบว่ามีจำนวนชิ้นงานที่มีอาการเสียประเภท Drive exceeded time limit fail เกิดขึ้นเฉลี่ย 67,192 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้น (Defect Part Per Million; DPPM) แสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ความสามารถของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้า

จากรูปที่ 3.20 ค่าความสามารถกระบวนการผลิต (Process Performance; P_{pk}) มีค่า 1.4970/3 = 0.499 แต่เป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษาต้องการที่จะพัฒนาไปที่ 1.33

3.6 สรุประยะศึกษาเพื่อนิยามปัญหา

จากการกำหนดขอบเขตของงานวิจัยในบทที่ 1 ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการเข้าไปสำรวจกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) ของโรงงานกรณีศึกษาและการประชุมระดมสมองจากทีมงานทำให้สามารถกำหนดปัญหาได้ว่าปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข คือ ปัญหาของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นซาสต้า เนื่องจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ารายการสินค้าดังกล่าวมีความถี่ในการสั่งผลิตจากลูกค้ามากที่สุด และมีสัดส่วนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail มากที่สุดเมื่อเทียบกับสัดส่วนของเสียประเภทอื่นๆ โดยถ้าสามารถหาสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาของเสียดังกล่าวได้ จะทำให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาของเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอื่นๆ ต่อไปได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้แผนภาพการกระจายและการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ทำให้สามารถทราบว่าจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail มีความสัมพันธ์กับจำนวนของเสียรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

เฟส II ระยะศึกษาระบบการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา

หลังจากผ่านขั้นตอนในเฟส I ระยะการศึกษาเพื่อกำหนดปัญหาเพื่อนำไปกำหนดแนวทางต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาแล้ว ในขั้นตอนการศึกษาระบบการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนเพื่อศึกษาถึงแหล่งที่มาที่เป็นสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ มาช่วยในการศึกษา โดยจะเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อที่จะประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)

ระบบการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด และพนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญ ระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด และสิ่งแวดล้อมในการวัดมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความสำคัญไม่เท่ากัน จึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพ หรือป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในเสถียรภาพของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part to part variation) พนักงาน (Appraiser variation) ความผันแปรร่วม (Interaction variation)

ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้า มีระบบการวัดที่เกี่ยวข้องอยู่เพียงระบบเดียว คือระบบการเขียนและทดสอบสัญญาณบนเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ดังนั้นจึงได้มีการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดนี้

4.1.1 การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Measurement system analysis of attribute data)

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551)

1. เลือกสิ่งตัวอย่างในกระบวนการผลิต 30 ชิ้น ซึ่งสิ่งตัวอย่างเหล่านั้นจะต้องประกอบไปด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี และไม่ดีในสัดส่วนที่เท่ากัน

2. ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างที่ถูกเลือกในกระบวนการผลิตทั้ง 30 ชิ้น โดยวิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ และวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร

3. เลือกเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ที่ผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติ ประสิทธิภาพการทำงาน และอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 3 ตู้ทดสอบ โดยวิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ และวิศวกรฝ่ายดูแลและควบคุมเครื่องจักร

4. ทำการศึกษาเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ทีละเครื่อง โดยที่ให้ทำการตรวจสอบชิ้นงานที่ได้เตรียมไว้ และที่สำคัญการวัดสิ่งตัวอย่างจะต้องเป็นแบบสุ่ม และให้เครื่องทดสอบประเมินผลสิ่งตัวอย่างนั้นๆ ว่าผ่าน หรือไม่ผ่าน ทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดลงในแบบฟอร์ม ทำเช่นเดียวกันนี้กับเครื่องทดสอบทุกเครื่อง

5. บันทึกค่าลงในแบบฟอร์มเพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบวัดและหาค่าของ GR&R โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องทุกเครื่องตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องทุกเครื่องตรวจได้เหมือนกันถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

4.1.2 **เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด**

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัดด้วยวิธีการของการใช้เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์ที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์ในการยอมรับ
% รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ	100%
% ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ	100%
% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	100%
% ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ	100%

4.1.3 การศึกษาความถูกต้องของระบบการวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester)

ผลลัพธ์ในการศึกษาและผลการวิเคราะห์การประเมินความผันแปรของระบบการวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ครั้งที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 สำหรับการวัดประสิทธิภาพกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้า โดยกฎของการศึกษาความถูกต้องของระบบการวัด คือค่าผลลัพธ์ของดัชนีต่างๆ ตามตารางที่ 4.1 ต้องเท่ากับ 100% โดยอ้างอิงมาจากเกณฑ์ที่ใช้ของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของการตรวจวัดระบบการวัดครั้งที่ 1

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพงานที่แท้จริง	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 1			เครื่องทดสอบเครื่องที่ 2			เครื่องทดสอบเครื่องที่ 3			เครื่องทดสอบตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกเครื่อง	เครื่องทดสอบตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกเครื่อง
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
2	G	G	G	G	NG	G	NG	G	G	G	N	N
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG	N	N
4	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	G	NG	NG	N	N
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
7	G	G	G	G	G	G	G	NG	NG	G	N	N
8	G	G	G	G	NG	G	NG	G	G	G	N	N
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	NG	G	NG	N	N
11	G	G	G	G	G	NG	G	G	G	NG	N	N
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
14	NG	NG	NG	NG	NG	G	G	NG	NG	NG	N	N
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
16	G	G	G	G	G	G	G	NG	G	NG	N	N
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	N	N
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	G	G	G	G	G	NG	G	G	G	NG	N	N
24	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
27	G	G	G	G	G	G	G	G	NG	NG	N	N
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	G	G	NG	NG	G	G	N	N
30	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
% รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ				100%			73.33%			66.67%		
% ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ				100%			73.33%			66.67%		
					% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ						56.67%	
					% ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ							56.67%

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นซาสต้า พบว่าเครื่องมือวัดนี้มีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการต่ำ โดยดูจากข้อมูลจริงจาก Minitab ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัดของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ข้อมูลจริงจาก Minitab

ดัชนี	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 1	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 2	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 3
% รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ	100%	73.33%	66.67%
% ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ	100%	73.33%	66.67%
% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	56.67%		
% ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ	56.67%		

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
2	30	22	73.33	(54.11, 87.72)
3	30	20	66.67	(47.19, 82.71)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

ค่า Within Appraisers แสดงถึงความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ว่าเครื่องทดสอบเครื่องเดียวกัน ทำการวัดชิ้นงานชิ้นเดียวกันแบบสุ่มในแต่ละครั้งมีความแน่นอนในการวัดเป็นอย่างไร สำหรับเครื่องทดสอบเครื่องที่ 1 สามารถวัดค่าออกมาได้เหมือนกันทั้ง 3 ครั้งของการวัดคิดเป็น 100% ส่วนเครื่องทดสอบที่ 2 ได้ค่า 73.33% และเครื่องทดสอบที่ 3 ได้ค่า 66.67% จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าภายในเครื่องทดสอบยังมีปัญหาเรื่องการวัด ทำให้การวัดค่าชิ้นงานแต่ละครั้งได้ค่าออกมาไม่เหมือนกัน

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
2	30	22	73.33	(54.11, 87.72)
3	30	20	66.67	(47.19, 82.71)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

ค่า Each Appraiser vs Standard แสดงถึงความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์เทียบกับค่ามาตรฐานว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด สำหรับเครื่องทดสอบเครื่องที่ 1 สามารถวัดค่าออกมาได้ถูกต้องตามค่ามาตรฐานคิดเป็น 100% ส่วนเครื่องทดสอบเครื่องที่ 2 ได้ค่า 73.33% และเครื่องทดสอบเครื่องที่ 3 ได้ค่า 66.67% จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องทดสอบบางเครื่องสามารถวัดค่าออกมาได้เหมือนกันทั้ง 3 ครั้งแต่ไม่ถูกต้องตามค่ามาตรฐาน และบางเครื่องก็วัดค่าแต่ละครั้งออกมาไม่เหมือนกันและยังไม่ถูกต้องตามค่ามาตรฐานด้วย

```
Assessment Disagreement

Appraiser  # NG / G  Percent  # G / NG  Percent  # Mixed  Percent
1                0     0.00         0     0.00        0     0.00
2                0     0.00         0     0.00        8    26.67
3                0     0.00         0     0.00       10    33.33

# NG / G:  Assessments across trials = NG / standard = G.
# G / NG:  Assessments across trials = G / standard = NG.
# Mixed: Assessments across trials are not identical.
```

ค่า Assessment Disagreement แสดงถึงการวัดค่าได้ไม่ตรงกับค่ามาตรฐาน คือ เครื่องตรวจวัดบอกมาว่าไม่ผ่านการทดสอบแต่ค่ามาตรฐานบอกว่าผ่านการทดสอบ (NG/G) เครื่องตรวจวัดบอกมาว่าผ่านการทดสอบแต่ค่ามาตรฐานบอกว่าไม่ผ่านการทดสอบ (G/NG) และสุดท้ายคือบอกค่าได้ไม่แน่นอน (Mixed) การวิเคราะห์ระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีเพียงกรณีเดียว คือเครื่องทดสอบเครื่องที่ 2 และเครื่องที่ 3 วัดค่าออกมาได้ไม่แน่นอน (Mixed) 26.67% และ 33.33%ตามลำดับ

Between Appraisers

```
Assessment Agreement

# Inspected  # Matched  Percent      95 % CI
         30         17    56.67  (37.43, 74.54)

# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.
```

ค่า Between Appraisers แสดงถึงการวัดค่าของเครื่องทดสอบทั้ง 3 เครื่อง ว่าสามารถวัดค่าออกมาได้ตรงกัน 56.67% โดยไม่เทียบว่าถูกต้องตรงกับค่ามาตรฐานหรือไม่

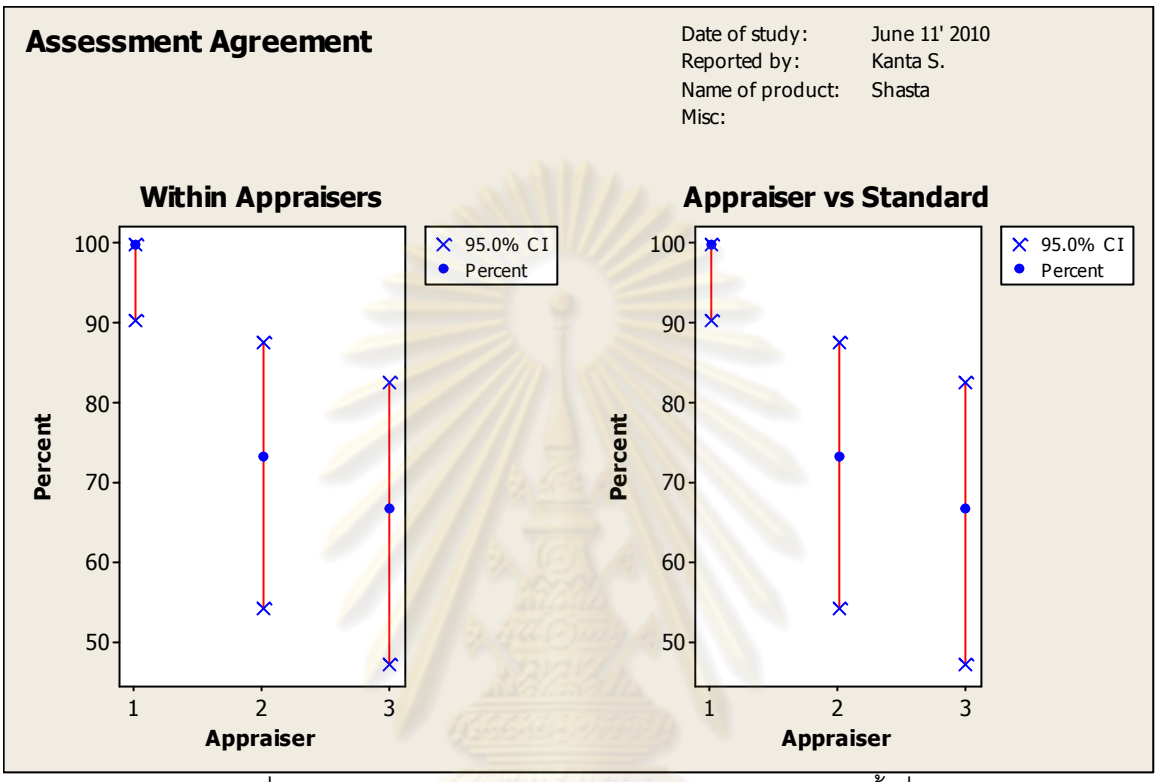
All Appraisers vs Standard

```
Assessment Agreement

# Inspected  # Matched  Percent      95 % CI
         30         17    56.67  (37.43, 74.54)

# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.
```

ค่า All Appraisers vs Standard แสดงถึงการวัดค่าของเครื่องทดสอบทั้ง 3 เครื่อง ว่าสามารถวัดค่าออกมาได้ตรงกัน และถูกต้องตรงกับค่ามาตรฐาน โดยระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษาสามารถวัดชิ้นงานออกมาได้ถูกต้องเพียงแค่ 56.67% ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ต่ำมาก



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดครั้งที่ 1

สามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษา มีค่าความถูกต้องตรงตามค่ามาตรฐานและวัดค่าออกมาได้ตรงกันทั้ง 3 เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ เพียงแค่ 56.67% ซึ่งแสดงว่าระบบการวัดนี้ไม่มีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ แสดงดังรูปที่ 4.1 ทำให้ไม่สามารถยอมรับในความสามารถของระบบนี้ว่า มีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้สำหรับดำเนินการในขั้นตอนต่อไป จึงต้องทำการแก้ไขระบบการวัดเสียก่อนที่จะดำเนินการต่อไป

การแก้ไขระบบการวัดทำโดยการระดมสมองจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอย่างดี ซึ่งได้แก่วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ และวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร แล้วทำการหาสาเหตุของระบบการวัด ปัญหาของระบบการวัดส่วนใหญ่มาจากตัวเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์และซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ เช่น การสั่นสะเทือนของเครื่องทดสอบที่เกินจากค่าที่กำหนด ซอฟแวร์ที่ใช้ในการตรวจสอบไม่สามารถตรวจจับ แยกแยะฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีค่าก้ำกึ่งระหว่างผ่านและไม่ผ่านการทดสอบ จึงมอบหมายให้วิศวกรฝ่ายดูแลและควบคุมเครื่องจักร และวิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณทำการแก้ไข

ระบบการวัด (เครื่องทดสอบ) ให้เรียบร้อย แล้วจึงเริ่มทำการศึกษาและวิเคราะห์การประเมินความผันแปรของระบบการวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์อีกครั้ง

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของการตรวจวัดระบบการวัดครั้งที่ 2

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพงานที่แท้จริง	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 1			เครื่องทดสอบเครื่องที่ 2			เครื่องทดสอบเครื่องที่ 3			เครื่องทดสอบตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกเครื่อง	เครื่องทดสอบตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกเครื่อง
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
7	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
16	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
24	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
27	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
% รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ				100%			100%			100%		
% ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ				100%			100%			100%		

% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	100%	
% ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ		100%

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วน

บุคคล (2.5” Hard disk drive) รุ่นชาสต้า ครั้งที่ 2 พบว่าเครื่องมือวัดนี้มีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้ดี โดยดูจากข้อมูลจริงจาก Minitab ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัดของกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ข้อมูลจริงจาก Minitab

ดัชนี	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 1	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 2	เครื่องทดสอบเครื่องที่ 3
% รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ	100%	100%	100%
% ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ	100%	100%	100%
% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	100%		
% ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ	100%		

Within Appraisers

```
Assessment Agreement

Appraiser  # Inspected  # Matched  Percent      95 % CI
1                  30         30   100.00  (90.50, 100.00)
2                  30         30   100.00  (90.50, 100.00)
3                  30         30   100.00  (90.50, 100.00)

# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.
```

ค่า Within Appraisers สำหรับเครื่องทดสอบเครื่องที่ 1 เครื่องทดสอบเครื่องที่ 2 และเครื่องทดสอบเครื่องที่ 3 สามารถวัดค่าออกมาได้เหมือนกันทั้ง 3 ครั้งของการวัดคิดเป็น 100% จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องทดสอบแต่ละเครื่องไม่มีปัญหาเรื่องการวัด ทำให้การวัดค่าชิ้นงานแต่ละครั้งได้ค่าออกมาเหมือนกัน

Each Appraiser vs Standard

```
Assessment Agreement

Appraiser  # Inspected  # Matched  Percent      95 % CI
1                  30         30   100.00  (90.50, 100.00)
2                  30         30   100.00  (90.50, 100.00)
3                  30         30   100.00  (90.50, 100.00)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.
```

ค่า Each Appraiser vs Standard สำหรับเครื่องทดสอบเครื่องที่ 1 เครื่องทดสอบเครื่องที่ 2 และเครื่องทดสอบเครื่องที่ 3 สามารถวัดค่าออกมาได้ถูกต้องตามค่ามาตรฐานคิดเป็น 100% จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องทดสอบสามารถวัดค่าออกมาได้เหมือนกันทั้ง 3 ครั้ง และถูกต้องตรงตามค่ามาตรฐานด้วย

Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00

NG / G: Assessments across trials = NG / standard = G.
G / NG: Assessments across trials = G / standard = NG.
Mixed: Assessments across trials are not identical.

ค่า Assessment Disagreement แสดงถึงระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษามีความถูกต้องตรงตามค่ามาตรฐาน ไม่มีความผิดพลาดที่เรียกว่า Under Reject หรือ Over Reject

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

ค่า Between Appraisers แสดงถึงการวัดค่าของเครื่องทดสอบทั้ง 3 เครื่อง ว่าสามารถวัดค่าออกมาได้ตรงกัน 100% โดยไม่เทียบว่าถูกต้องตรงกับค่ามาตรฐานหรือไม่

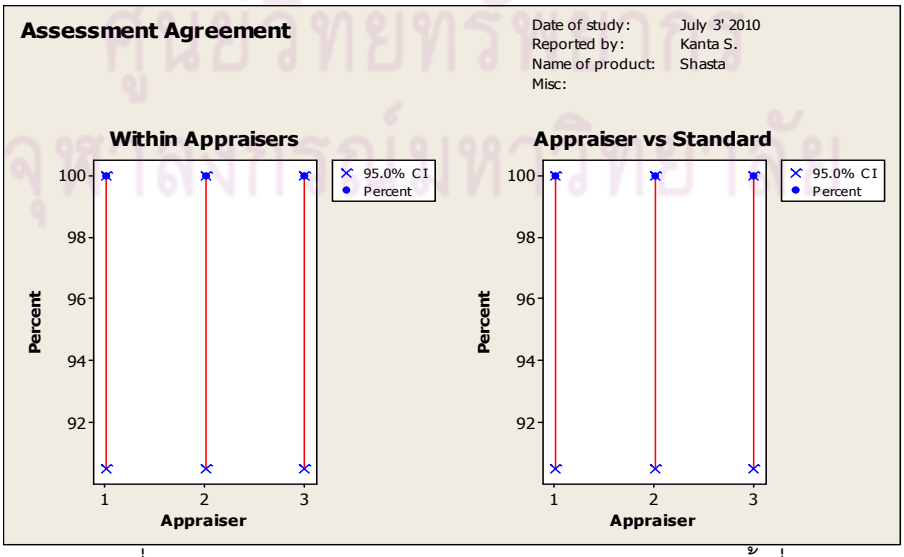
All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

ค่า All Appraisers vs Standard 100% แสดงว่าเครื่องทดสอบทั้ง 3 เครื่อง สามารถวัดค่าออกมาได้ตรงกัน และตรงถูกต้องกับค่ามาตรฐาน แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดครั้งที่ 2

เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester) ทุกเครื่องมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ (% Appraiser score) เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute score) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ (% Appraiser screen effect score) และประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute screen effect score) มีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้นสรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

เมื่อระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือแล้ว จึงสามารถดำเนินการตามขั้นตอนถัดไป โดยทำการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลก่อนเพื่อให้ทราบถึงต้นเหตุของปัญหาเพื่อให้ได้ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

4.2 สรุปผลขั้นตอนระยะศึกษาระบบการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา

ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้คือ ผลของการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด โดยนำผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด พบว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบ (% Appraiser score) เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบ (% Attribute score) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการทดสอบ (% Attribute screen effect score) และประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้นสรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

เฟส III ระยะการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ทำการระดมความคิดเห็นจากสมาชิกในทีมซึ่งได้คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตที่พิจารณา จากนั้นก็ทำการคัดเลือกปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบในลำดับต้นๆ เพื่อค้นให้พบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาในขั้นตอนนี้ได้นำผังแสดงเหตุและผล และการวิเคราะห์ของ FMEA โดยเลือกสาเหตุจากการเรียงลำดับจากเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่า หรือมีความร้ายแรงมากกว่า เพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาก่อนตามลำดับ

ในการกำจัดสาเหตุของปัญหานั้น ได้ทำการยึดหลักกำจัดสาเหตุหลักๆ ให้หมดก่อน แล้วทำการติดตามผลของปัญหาต่อไป ซึ่งเป็นไปได้ที่ข้อบกพร่องอาจจะหมดไปหรือดีขึ้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และปัจจัยของปัญหาให้ได้มากที่สุด เพื่อสามารถยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าสาเหตุเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพหรือไม่

5.1 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Cause and effect matrix)

เพื่อค้นพบสาเหตุสำหรับการวิเคราะห์ที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด โดยการสร้างภาพความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และจะเกิดในอนาคต ซึ่งต้องเจาะจงเงื่อนไขที่เป็นสาเหตุของข้อกำหนดจากลูกค้าด้วยการระดมความคิดจากทีมงาน จากแผนภาพแสดงกระบวนการผลิตรวมได้ตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกับ Drive exceeded time limit fail ในกระบวนการผลิตต่างๆ แสดงปัจจัยที่ส่งผลทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก แสดงในตารางที่ 5.1

1. ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

2. ระดมความคิดเพื่อระบุปัจจัยที่เป็นไปได้ที่มีผลกระทบต่อการเกิด Drive exceeded time limit fail ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาประยุกต์ใช้ช่วยในการพิจารณา คือ แผนผังก้างปลา ในการระดมความคิดนี้จะกระทำโดยสมาชิกในทีมทำการระดมความคิดโดยอิสระ เพราะในขั้นตอนนี้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้คือจำนวนปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยผลของการระดมความคิดแยกตามแหล่งที่มาของสาเหตุทั้ง 6 ประเภท ดังแสดงแผนผังก้างปลาของการเกิด Drive exceeded time limit fail สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า ดังรูปที่ 5.1

3. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาใส่ลงในตาราง Cause and effect matrix ในที่นี้กำหนดให้อัตราความสำคัญเท่ากับ 10 เนื่องจากเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการเพียงข้อเดียว

4. ให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนความสำคัญให้กับทุกปัจจัยที่ได้ ซึ่งจะให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน โดยแต่ละคนจะให้คะแนนของตนเองจนครบทุกปัจจัย

5. ผู้วิจัยรวบรวมคะแนน พร้อมทั้งทำการคูณค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยในแต่ละสมาชิกด้วย อัตราความสำคัญที่มีกับลูกค้าเท่ากับ 10 จากนั้นทำการรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดในแต่ละปัจจัย และทำการสรุปผลคะแนนลงในตาราง Cause and effect matrix ดังแสดงในตาราง 5.2 และจัดลำดับสำคัญของปัจจัยโดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยด้วยแผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อ Drive exceeded time limit fail

ขั้นตอนที่	กระบวนการผลิต	ปัจจัยนำเข้า (KPIV)		Define mode
		ปัจจัยภายใน	ปัจจัยภายนอก	
1	กระบวนการเตรียมซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณ (Test software)	1.1 ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณไม่เหมาะสมกับรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำการเขียนสัญญาณ 1.2 ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณมีความผิดพลาดในการตรวจจับค่าตาม Spec. ที่กำหนด 1.3 วิศวกรในการเตรียมซอฟแวร์ ไม่ทราบล่วงหน้าถึงรุ่น และโมเดลที่จะทำการเขียนซอฟแวร์ 1.4 ซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณไม่พร้อมต่อการใช้งาน		1.1 Machine 1.2 Machine 1.3 Man 1.4 Machine
2	กระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge)	2.1 พนักงานไม่ทราบว่าขณะนี้ต้องทำการอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร เพื่อส่งไปให้กระบวนการเขียนสัญญาณ 2.2 พนักงานไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ในพื้นที่ของตนเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไรบ้างและจำนวนเท่าไหร่ 2.3 มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรออยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป		2.1 Method 2.2 Method 2.3 Method

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อ Drive exceeded time limit fail (ต่อ)

ขั้นตอนที่	กระบวนการผลิต	ปัจจัยนำเข้า (KPIV)		Define mode
		ปัจจัยภายใน	ปัจจัยภายนอก	
2	กระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge)	2.4 ไม่มีระบบการตรวจสอบสภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำมาอัดก๊าซฮีเลียม		2.4 Measurement
		2.5 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) ไม่เหมาะสม		2.5 Machine
		2.6 พนักงานทำการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกวิธี		2.6 Man
		2.7 ไม่มีระบบแก้ไขปัญหาเมื่อการอัดก๊าซฮีเลียมไม่ได้ตามค่าที่กำหนด		2.7 Method
		2.8 ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างชัดเจน		2.8 Method
		2.9 พนักงานขาดความรู้ความชำนาญ		2.9 Man
			2.10 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาไม่ดี ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีการรั่วออกเร็วกว่าอัตราปกติ	2.10 Material
			2.11 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ ตามชิ้นส่วนประกอบเนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ ไม่ดีมีรอยรั่ว ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีอัตราการรั่วออกเร็วกว่าปกติ	2.11 Material
			2.12 ค่า Spec. ในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท	2.12 Method
			2.13 เครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรูขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่น	2.13 Machine
			2.14 ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ ทำให้การประกอบ	2.14 Machine

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อ Drive exceeded time limit fail (ต่อ)

ขั้นตอนที่	กระบวนการผลิต	ปัจจัยนำเข้า (KPIV)		Define mode
		ปัจจัยภายใน	ปัจจัยภายนอก	
			ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท ก๊าซฮีเลียมจึงรั่วเร็วกว่าปกติ 2.15 ชิ้นส่วนประกอบมาจากผู้ขายหลายราย	2.15 Material
3	กระบวนการติดซีล (Seal install)	3.1 พนักงานติดซีล ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี 3.2 พนักงานลืมติดซีลลงบนตำแหน่ง Beather filter บนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 3.3 พนักงานทำการติดซีลผิดตำแหน่ง 3.4 ตำแหน่งของตัวย้ำซีลติดตั้งไม่เหมาะสม ไม่ตรงตำแหน่ง 3.5 ตัวย้ำซีลอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งาน ม การชำรุด 3.6 มีงานรออยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป 3.7 ซีลที่ใช้ไม่ได้คุณภาพ ทำให้ปริมาณก๊าซฮีเลียมรั่วออกนอกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมากกว่าปกติ		3.1 Man 3.2 Man 3.3 Man 3.4 Machine 3.5 Machine 3.6 Method 3.7 Material
4	กระบวนการจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Pairing)	4.1 พนักงานโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่รุ่น และโมเดลแตกต่างกัน หลากหลาย ทำให้เครื่องทดสอบไม่สามารถจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 4.2 พนักงานไม่ทราบว่าตู้ทดสอบมีช่องเล็กๆ ว่างสำหรับใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร จำนวนเท่าไหร่เพื่อที่จะโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าตู้ทดสอบ		4.1 Method 4.2 Method
5	กระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler)	5.1 พนักงานไม่ทราบว่าตู้ทดสอบมีช่องเล็กๆ ว่างสำหรับใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร จำนวนเท่าไหร่เพื่อที่จะโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าตู้ทดสอบ 5.2 พนักงานไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ในพื้นที่ของตนเป็นโมเดลอะไร รุ่นอะไรบ้าง จำนวนเท่าไหร่		5.1 Method 5.2 Method

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

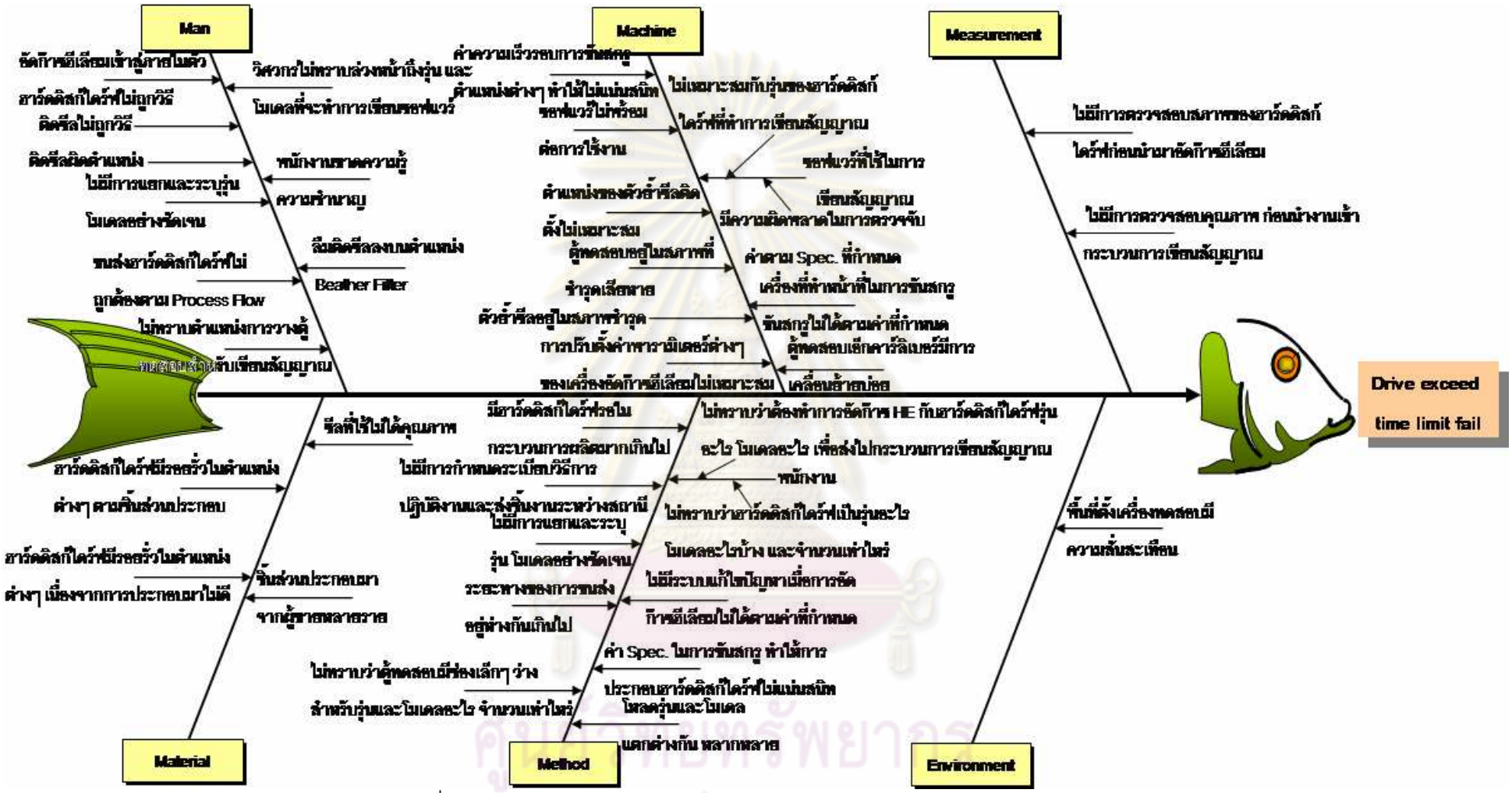
ตารางที่ 5.1 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อ Drive exceeded time limit fail (ต่อ)

ขั้นตอนที่	กระบวนการผลิต	ปัจจัยนำเข้า (KPIV)		Define mode
		ปัจจัยภายใน	ปัจจัยภายนอก	
5	กระบวนการเขียนสัญญาณ (HX-Filler)	5.3 ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างชัดเจน 5.4 มีงานรออยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป 5.5 ตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์มีการเคลื่อนย้ายบ่อย 5.6 ตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์อยู่ในสภาพที่ชำรุดเสียหาย ที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยพนักงาน 5.7 พนักงานขาดความรู้ความชำนาญ 5.8 พื้นที่ตั้งเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์มีความสั่นสะเทือน	5.9 ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณ ว่าเกิดปัญหา Drive exceeded time limit fail ขึ้นหรือยัง	5.3 Man 5.4 Method 5.5 Machine 5.6 Machine 5.7 Man 5.8 Environment 5.9 Measurement
6	กระบวนการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปสถานีงานต่อไป	6.1 พนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกต้องตาม Process flow 6.2 พนักงานไม่ทราบตำแหน่งการวางตู้ทดสอบสำหรับเขียนสัญญาณว่าตู้ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร ตั้งอยู่ที่บริเวณไหน 6.3 ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสถานีงานการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) มาสถานีงานเขียนสัญญาณ (HX-Filler) อยู่ห่างกันเกินไป 6.4 ไม่มีการกำหนดระเบียบวิธีการปฏิบัติงานและส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างสถานีงานในกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง 6.5 พนักงานจัดส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกต้อง		6.1 Man 6.2 Man 6.3 Method 6.4 Method 6.5 Man

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางแสดงปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อ Drive exceeded time limit fail สามารถนำสร้างแผนภาพการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and effect matrix) ดังรูปที่ 5.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัญหา Drive exceeded time limit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix)

จากตารางปัจจัยภายในและภายนอกมีผลต่อ Drive exceeded time limit fail ได้นำปัจจัยเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) ดังแสดงในตารางที่ 5.2 กำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญต่อลูกค้ามีค่า 0-10 โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อลูกค้า/ ไม่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

10 = มีความสำคัญต่อลูกค้าอย่างยิ่ง/ มีผลต่อ Drive exceeded time limit อย่างยิ่ง

จากเกณฑ์คะแนน ได้ให้ทีมงานให้คะแนนปัจจัยที่มีผลกับตัวแปรตอบสนอง โดยให้ทีมงานแต่ละคนให้คะแนนในกระดาษ ดังแสดงแบบฟอร์มการให้คะแนนในภาคผนวก ก แล้วนำคะแนนที่ได้จากแต่ละคนในทีมงานมาทำการโวต แล้วเลือกคะแนนที่มีทีมงานโวตมากที่สุด หรือถ้าการโวตแล้วมีคะแนนเท่ากัน ทีมงานก็จะมีการประชุม เพื่อหาข้อสรุปว่าควรจะใช้คะแนนเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด เหตุที่ต้องทำการให้คะแนนแบบนี้ ก็เนื่องมาจากต้องการลดอคติที่อาจจะเกิดขึ้นในทีมงาน เช่น ความเกรงใจเนื่องจากความอาวุโส เป็นต้น แล้วนำคะแนนที่ได้สำหรับแต่ละปัจจัยมาคูณด้วยค่าคงที่ที่กำหนดไว้ในที่นี้คือ 10

จากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลในตาราง 5.2 เมื่อนำการให้คะแนนมาใช้ผังพาเรโต้ดังแสดงในรูปที่ 5.2 จะทำให้สามารถคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่สอดคล้องกับตัวแปรตอบสนองที่มีผลต่อ Drive exceeded time limit จริงๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

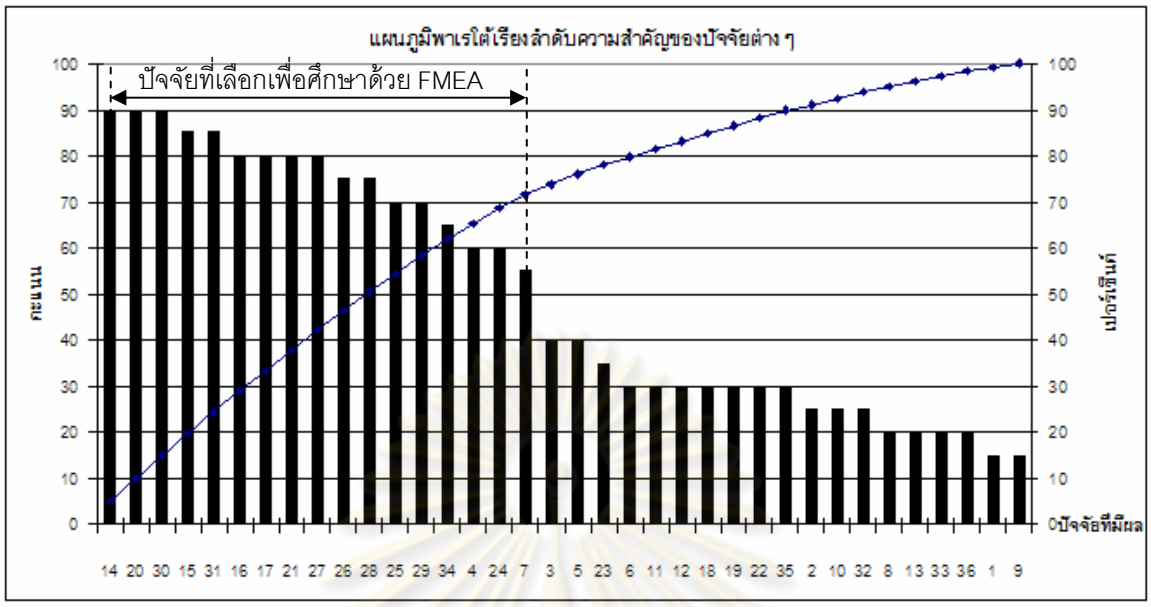
ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix)

อัตราความสำคัญของลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail			10
ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	รวม
1	Man	วิศวกรในการเตรียมซอฟแวร์ ไม่ทราบล่วงหน้าถึงรุ่น และโมเดลที่จะทำการเขียนซอฟแวร์	15
2		พนักงานทำการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกวิธี	25
3		พนักงานขาดความรู้ความชำนาญ	40
4		พนักงานติดซีล ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี	60
5		พนักงานลืมติดซีลลงบนตำแหน่ง Beather Filter บนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	40
6		พนักงานทำการติดซีลผิดตำแหน่ง	30
7		ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างชัดเจน	55
8		พนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกต้องตาม Process Flow	20
9		พนักงานไม่ทราบตำแหน่งการวางตู้ทดสอบสำหรับเขียนสัญญาณว่าตู้ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร ตั้งอยู่ที่บริเวณไหน	15
10		พนักงานจัดส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกต้อง	25
11	Machine	ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณไม่เหมาะสมกับรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำการเขียนสัญญาณ	30
12		ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณมีความผิดพลาดในการตรวจจับค่าตาม Spec. ที่กำหนด	30
13		ซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณไม่พร้อมต่อการใช้งาน	20
14		การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Helium Charge) ไม่เหมาะสม	90
15		เครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท	85
16		ตำแหน่งของตัวย้ำซีลติดตั้งไม่เหมาะสม ไม่ตรงตำแหน่ง	80
17		ตัวย้ำซีลอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งาน มีการชำรุด	80
18		ตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์มีการเคลื่อนย้ายบ่อย	30
19		ตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์อยู่ในสภาพที่ชำรุดเสียหาย ที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยพนักงาน	30
20	Material	ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาไม่ดี ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีการรั่วออกเร็วกว่าอัตราปกติ	90
21		ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ ตามชิ้นส่วนประกอบ เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ ไม่ดีมีรอยรั่ว ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีอัตราการรั่วออกเร็วกว่าปกติ	80
22		ชิ้นส่วนประกอบมาจากผู้ขายหลายราย	30
23		ซีลที่ใช้ไม่ได้คุณภาพ ทำให้ปริมาณก๊าซฮีเลียมรั่วออกนอกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมากกว่าปกติ	35

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) (ต่อ)

อัตราความสำคัญของลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail			10
ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	รวม
24	Measurement	ไม่มีระบบการตรวจสอบสภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำมาอัดก๊าซฮีเลียม	60
25		ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณว่าเกิดปัญหา Drive exceeded time limit fail ขึ้นหรือยัง	70
26	Method	พนักงานไม่ทราบว่าขณะนี้ต้องทำการอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร เพื่อส่งไปให้กระบวนการเขียนสัญญาณ	75
27		พนักงานไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ในพื้นที่ของตนเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไรบ้าง และจำนวนเท่าไหร่	80
28		มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรออยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป	75
29		ไม่มีระบบแก้ไขปัญหาเมื่อการอัดก๊าซฮีเลียมไม่ได้ตามค่าที่กำหนด	70
30		ค่า Spec. ในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท	90
31		ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท ก๊าซฮีเลียมจึงรั่วเร็วกว่าปกติ	85
32		พนักงานโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่รุ่น และโมเดลแตกต่างกัน หลากหลาย ทำให้เครื่องทดสอบไม่สามารถจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้	25
33		พนักงานไม่ทราบว่าตู้ทดสอบมีช่องเล็กๆ ว่างสำหรับใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร จำนวนเท่าไหร่เพื่อที่จะโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าตู้ทดสอบ	20
34		ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสถานีงานการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium Charge) มาสถานีงานเขียนสัญญาณ (HX-Filler) อยู่ห่างกันเกินไป	65
35		ไม่มีการกำหนดระเบียบวิธีการปฏิบัติงานและส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างสถานีงานในกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง	30
36	Environment	พื้นที่ตั้งเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์มีความสั่นสะเทือน	20
รวม			1,800

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 แผนภูมิพาเรโต้เรียงลำดับปัจจัยต่างๆ จากการวิเคราะห์ด้วย Cause and effect matrix

จากผลการให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีต่อ Drive exceeded time limit โดยสมาชิกในทีมพบว่าคะแนนรวมทั้งหมดของปัจจัยมีค่าเท่ากับ 1,800 คะแนน และทำการเลือกปัจจัยตามลำดับคะแนนที่ได้จัดเรียงไว้ในแผนภูมิพาเรโต้ เพื่อนำไปศึกษาต่อด้วย FMEA ต่อไป โดยปัจจัยที่เลือกไว้มี ดังนี้

1. การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมไม่เหมาะสม (14)

2. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาไม่ดี ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีการรั่วออกเร็วกว่าอัตราปกติ (20)

3. ค่าแรง Spec. ในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท (30)

4. เครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท (15)

5. ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท ก๊าซฮีเลียมจึงรั่วเร็วกว่าปกติ (31)

6. ตำแหน่งของตัวย้ำซีลติดตั้งไม่เหมาะสม ไม่ตรงตำแหน่ง (16)

7. ตัวย้ำซีลอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งาน มีการชำรุด (17)

8. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ ตามชิ้นส่วนประกอบ เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ ไม่ดีมีรอยรั่ว ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีอัตราการรั่วออกเร็วกว่าปกติ (21)

9. พนักงานไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ในพื้นที่ของตนเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไรบ้าง และจำนวนเท่าไหร่ (27)

10. พนักงานไม่ทราบว่าขณะนี้ต้องทำการอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร เพื่อส่งไปให้กระบวนการเขียนสัญญาณ (26)

11. มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรออยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป (28)

12. ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณ ว่าเกิดปัญหา Drive exceeded time limit fail ขึ้นหรือยัง (25)

13. ไม่มีระบบแก้ไขปัญหาเมื่อการอัดก๊าซฮีเลียมไม่ได้ตามค่าที่กำหนด (29)

14. ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสถานีงานการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium Charge) มาสถานีงานเขียนสัญญาณ (HX-Filler) อยู่ห่างกันเกินไป (34)

15. พนักงานติดซีล ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี (4)

16. ไม่มีระบบการตรวจสอบสภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำมาอัดก๊าซฮีเลียม (24)

17. ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างชัดเจน (7)

ผลรวมของคะแนนความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดที่ได้เลือกไว้นี้ มีค่าเท่ากับ 1,290 คะแนน ซึ่งเป็นสัดส่วนประมาณ 71.67% ของคะแนนรวมทั้งหมด

5.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้พิจารณาเลือกปัจจัยที่สำคัญจากการพิจารณาด้วย Cause and effect Matrix แล้ว ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ดังแสดงใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อที่จะกลั่นกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาที่ทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นทำการใช้ผังพาเรโต้เพื่อจัดลำดับความสำคัญดังแสดงในตาราง 5.4 และรูปที่ 5.3 ก่อนที่จะนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence คือระดับความถี่ของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด เกณฑ์การให้คะแนน คือ 1-10 โดย 1 คือความถี่น้อยที่สุดของการเกิดความล้มเหลวหรือความผิดพลาด และ 10 คือ ความถี่มากที่สุดของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

S = Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น เกณฑ์การให้คะแนน คือ 1-10 โดย 1 คือความรุนแรงน้อยที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และ 10 คือความรุนแรงมากที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น

D = Detecting คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1-10 โดย 1 คือความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่ดีที่สุด และ 10 คือความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่แย่ที่สุด

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก 1 x 1 x 1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์

ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก 10 x 10 x 10 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมากรวมถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหามีต่ำ

การให้คะแนนของทั้ง 3 พารามิเตอร์นั้นจะทำการวิเคราะห์และให้คะแนนโดยการระดมความคิดของทีมงาน ซึ่งจะมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหลายๆ ฝ่าย

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ FMEA สำหรับกระบวนเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

FMEA สำหรับกระบวนการ

Process Name: กระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HX-Filler) **Product:** Shasta

FMEA Committee: วิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ, วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ, วิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ, วิศวกรฝ่ายดูแลและควบคุม **FMEA Number:** WD-001

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Action Recommeded
1	การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (ความดันในการเติมก๊าซฮีเลียม)	ปริมาณก๊าซฮีเลียมที่ถูกอัดเข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐาน	9	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์กว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	7	ค่า Spec. ตามเอกสารการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	7	441	ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้ปริมาณฮีเลียมที่ดีที่สุด
		ปริมาณก๊าซฮีเลียมไม่ถูกอัดเข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (ปริมาณก๊าซเป็นศูนย์)	10	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์กว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	7	ค่า Spec. ตามเอกสารการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	7	490	ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้ปริมาณฮีเลียมที่ดีที่สุด
2	ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ปริมาณก๊าซฮีเลียมมีอัตราการรั่วออกเร็วกว่าอัตราปกติ	6	มีขอบเขตในการตั้งค่าเครื่องประกอบกว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	3	ค่า Spec. ตามเอกสารการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	7	126	ทำการทดลองเพื่อหาค่าการตั้งเครื่องประกอบที่ดีที่สุด เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีรอยรั่ว
		ปริมาณก๊าซฮีเลียมที่เหลืออยู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณน้อย	6	ระบบการบำรุงรักษาเครื่องประกอบไม่มีประสิทธิภาพ/ พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงขาดความรู้ความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องประกอบ	2	ตรวจสอบจากการบันทึกการทำงานโดยวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง/ ตรวจสอบเครื่อง (PM) ทุกๆ 3 เดือน	5	60	จัดทำระบบการอบรมและทบทวนความรู้ให้พนักงานอย่างต่อเนื่อง/ เพิ่มรอบการบำรุงรักษา (PM) ด้วยความถี่ที่มากขึ้น
3	ค่า Spec. ในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ค่า Torque ในการขันสกรูมากเกินไป/ น้อยเกินไป ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท เกิดรอยรั่ว	5	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่า Torque กว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	2	ค่า Spec. ตามเอกสารการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร/ สุ่มตรวจ QC	4	40	ทำการทดลองเพื่อหาการตั้งค่า Torque ที่ดีที่สุด เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีรอยรั่ว
4	เครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู Top Cover ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด	ค่า Torque ในการขันสกรูมากเกินไป/ น้อยเกินไป ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท เกิดรอยรั่ว	8	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่า Torque กว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	7	ค่า Spec. ตามเอกสารการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร/ สุ่มตรวจ QC	6	336	ทำการทดลองเพื่อหาการตั้งค่า Torque ที่ดีที่สุด เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีรอยรั่ว
			8	ระบบการบำรุงรักษาเครื่องประกอบไม่มีประสิทธิภาพ/ พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงขาดความรู้ความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องประกอบ	6	ตรวจสอบจากการบันทึกการทำงานโดยวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง/ ตรวจสอบเครื่อง (PM) ทุกๆ 3 เดือน	7	336	จัดทำระบบการอบรมและทบทวนความรู้ให้พนักงานอย่างต่อเนื่อง/ เพิ่มรอบการบำรุงรักษา (PM) ด้วยความถี่ที่มากขึ้น

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ FMEA สำหรับกระบวนเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (ต่อ)

FMEA สำหรับกระบวนการ

Process Name: กระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HX-Filler) **Product:** Shasta

FMEA Committee: วิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ, วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ, วิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ, วิศวกรฝ่ายดูแลและควบคุม **FMEA Number:** WD-001

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Action Recommeded
5	ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ	ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ ไม่ถูกต้อง ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท ก๊าซฮีเลียมจึงรั่วเร็วกว่าปกติ	7	การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบ Top Cover ไม่เหมาะสม	7	เอกสารการปฏิบัติงาน (WI)/ สุ่มตรวจวิธีการทำงานโดย QC	7	343	ทำการทดลองเพื่อหาค่าความเร็วรอบที่ดีที่สุด เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีรอยรั่ว
6	ตำแหน่งของการติดตั้งตัวย้ำซีล	ติดตั้งไม่เหมาะสม/ ไม่ตรงตำแหน่ง Beather Filter	6	ไม่ทราบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือตำแหน่งใด	4	ค่า Spec. ตามเอกสารการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	4	96	ออกแบบการทดลองเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด
7	ตัวย้ำซีลอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งาน	ตัวย้ำซีลชำรุด / เสียหาย ทำให้ติดย้ำซีลไม่แน่นสนิท	4	ระบบการบำรุงรักษาเครื่อง Seal Install ไม่มีประสิทธิภาพ/ พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงขาดความรู้ความเข้าใจในการบำรุงรักษา	2	ตรวจสอบจากการบันทึกการทำงานโดยวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง/ ตรวจสอบเครื่อง (PM) ทุกๆ 3 เดือน	4	32	จัดทำระบบการอบรมและทบทวนความรู้ให้พนักงานอย่างต่อเนื่อง/ เพิ่มรอบการบำรุงรักษา (PM) ด้วยความถี่ที่มากขึ้น
8	ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ ตามชิ้นส่วนประกอบ	คุณภาพวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน แล้วนำไปใช้ในการผลิต	5	ไม่มีการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนนำไปใช้งาน	1	ไม่มีการควบคุม	10	50	ฝ่ายจัดส่งวัตถุดิบมีการสุ่มตรวจสอบกันเอง
9	ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่	ไม่สามารถนำฮาร์ดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ทันที	7	ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน มาอบรมสอนให้กับพนักงาน	6	ไม่มีการควบคุม	10	420	ออกแบบการทำงาน เพื่อหาวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุด
10	ไม่ทราบว่าต้องทำการอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร	อัดก๊าซฮีเลียมกับรุ่นและโมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ไม่มีเครื่องทดสอบเตรียมไว้	5	ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน มาอบรมสอนให้กับพนักงาน	5	ไม่มีการควบคุม	10	250	ออกแบบการทำงาน เพื่อหาวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุด
11	มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป	มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกองจำนวนมากและไม่สามารถจัดส่งได้ตามเวลา	8	ไม่มีวิธีการควบคุมและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต	8	ไม่มีการควบคุม	10	640	ออกแบบการทำงาน เพื่อหาวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุด
		นำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่กระบวนการผลิตในสถานีงานต่อไปช้า	7	ไม่มีการสื่อสารกับสถานีงานต่อไปอย่างชัดเจน	7	ไม่มีการควบคุม	10	490	ออกแบบการทำงาน เพื่อหาวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ FMEA สำหรับกระบวนเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (ต่อ)

FMEA สำหรับกระบวนการ

Process Name: กระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HX-Filler) **Product:** Shasta

FMEA Committee: วิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ, วิศวกรฝ่ายเขียนสัญญาณ, วิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ, วิศวกรฝ่ายดูแลและควบคุม **FMEA Number:** WD-001

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Action Recommeded
12	ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณ	นำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เสียหายแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิต	4	ไม่มีการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำไปใช้งาน	3	ไม่มีการควบคุม	10	120	ฝ่ายผลิตมีการสุ่มตรวจสอบกันเอง
13	ไม่มีระบบแก้ไขปัญหาเมื่อการอัดก๊าซฮีเลียมไม่ได้ตามค่าที่กำหนด	ผลิตงานที่ปริมาณก๊าซฮีเลียมภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐาน	6	พนักงานที่ปฏิบัติงานขาดความรู้ ความเข้าใจในการแก้ไขปัญหา	3	เอกสารการปฏิบัติงาน (WI)	4	72	จัดทำระบบการอบรมและทบทวนความรู้ให้พนักงานอย่างต่อเนื่อง
		ผลิตงานที่ไม่มีปริมาณก๊าซฮีเลียมภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	6	พนักงานที่ปฏิบัติงานขาดความรู้ ความเข้าใจในการแก้ไขปัญหา	2	เอกสารการปฏิบัติงาน (WI)	4	48	จัดทำระบบการอบรมและทบทวนความรู้ให้พนักงานอย่างต่อเนื่อง
14	ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป	ไม่สามารถจัดส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ตามเวลา	8	ไม่มีวิธีการควบคุมและจัดการการขนส่ง (Transfer) ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในกระบวนการผลิต	7	ตามพื้นที่การตั้งเครื่องทดสอบในเอกสารของวิศวกรวางแผนผังโรงงาน	8	448	ออกแบบการทำงาน เพื่อหาพื้นที่, การไหลของงานและระยะทางที่เหมาะสม
15	ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี	ติดซีลไม่แน่นสนิท/ ไม่ตรงตำแหน่ง Beather Filter	7	ขาดการติดตามผลหลังจากที่ทำการอบรมการทำงานแล้ว	7	เอกสารการปฏิบัติงาน (WI)/ สุ่มตรวจวิธีการทำงานโดย QC	7	343	จัดทำระบบการอบรมและทบทวนความรู้ให้พนักงานอย่างต่อเนื่อง
16	ไม่มีระบบการตรวจสอบสภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำมาอัดก๊าซฮีเลียม	นำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เสียหายเข้าสู่กระบวนการผลิต	4	ไม่มีการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำไปใช้งาน	2	ไม่มีการควบคุม	10	80	ฝ่ายผลิตมีการสุ่มตรวจสอบกันเอง
17	ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ต้องมาทำการแยกงานอีกครั้ง ไม่สามารถนำฮาร์ดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ทันที	7	ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน มาอบรมสอนให้กับพนักงาน	6	ไม่มีการควบคุม	10	420	ออกแบบการทำงาน เพื่อหาวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

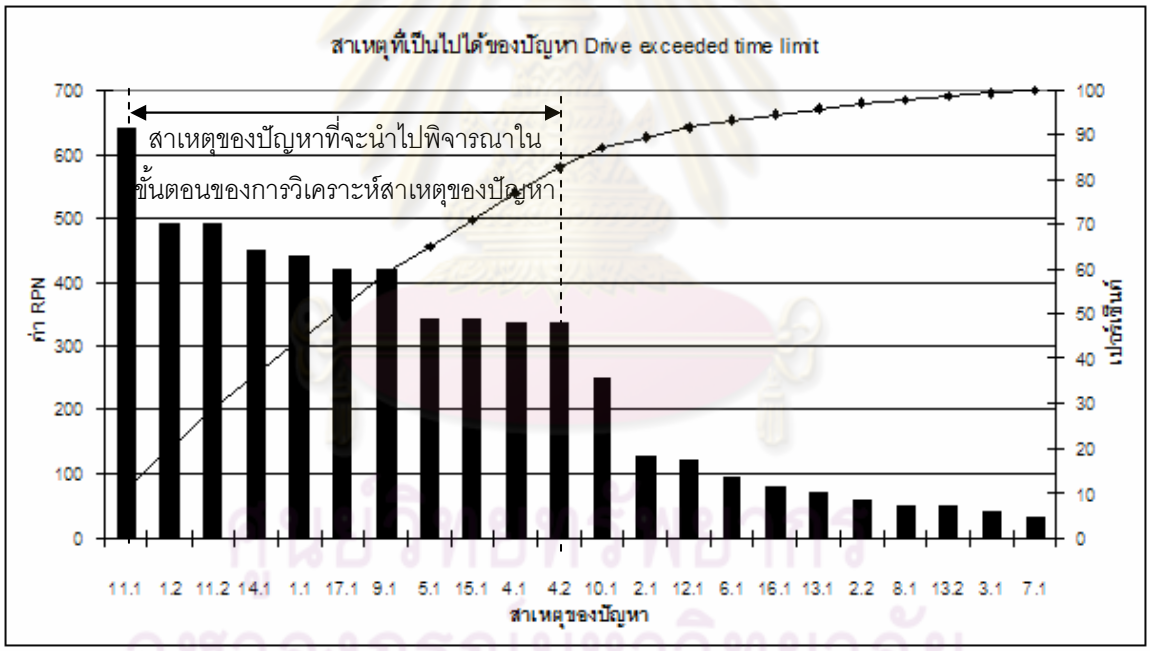
ตารางที่ 5.4 สาเหตุของปัญหาและค่า RPN

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	ค่า RPN
11.1	ไม่มีวิธีการควบคุมและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต	640
1.2	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมกว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	490
11.2	ไม่มีการสื่อสารกับสถานีงานต่อไปอย่างชัดเจน	490
14.1	ไม่มีวิธีการควบคุมและจัดการการขนส่ง (Transfer) ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในกระบวนการผลิต	448
1.1	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมกว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	441
17.1	ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานในการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มาอบรมสอนให้กับพนักงาน	420
9.1	ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานเพื่อให้ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่ มาอบรมสอนให้กับพนักงาน	420
5.1	ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องประกอบ Top Cover ไม่เหมาะสม	343
15.1	ขาดการติดตามผลหลังจากที่ทำการอบรมเรื่องวิธีการติดซีลแล้ว	343
4.1	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่า Torque ของเครื่องประกอบ Top Cover กว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	336
4.2	ระบบการบำรุงรักษาเครื่องประกอบ Top Cover ไม่มีประสิทธิภาพ/ พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงขาดความรู้ ความเข้าใจในการบำรุงรักษา	336
10.1	ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานเพื่อให้ทราบว่าต้องทำการอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร มาอบรมสอนให้กับพนักงาน	250
2.1	มีขอบเขตในการตั้งค่าเครื่องประกอบกว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	126
12.1	ไม่มีการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำไปใช้งาน	120
6.1	ไม่ทราบว่าตำแหน่งการติดตั้งตัวย้ำซีลที่เหมาะสมที่สุดคือตำแหน่งใด	96
16.1	ไม่มีการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำไปใช้งาน	80
13.1	พนักงานที่ปฏิบัติงานขาดความรู้ ความเข้าใจในการแก้ไขปัญหา	72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 สาเหตุของปัญหาและค่า RPN (ต่อ)

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	ค่า RPN
2.2	ระบบการบำรุงรักษาเครื่องประกอบไม่มีประสิทธิภาพ/ พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงขาดความรู้ ความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องประกอบ	60
8.1	ไม่มีการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบก่อนนำไปใช้งาน	50
13.2	พนักงานที่ปฏิบัติงานขาดความรู้ ความเข้าใจในการแก้ไขปัญหา	48
3.1	มีขอบเขตในการปรับตั้งค่า Torque กว้างเกินไป กลุ่มของ Tooling สามารถตั้งค่าได้หลายค่า โดยที่ไม่ออกนอก Spec.	40
7.1	ระบบการบำรุงรักษาเครื่อง Seal Install ไม่มีประสิทธิภาพ/ พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงขาดความรู้ความเข้าใจในการบำรุงรักษา	32



รูปที่ 5.3 แผนภูมิพาเรโต้จัดลำดับความสำคัญของค่า RPN

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ได้นำผลคะแนน RPN ที่ได้ มาจัดเรียงจากมากไปน้อยและพล็อตแผนภูมิพาเรโต เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ดังรูปที่ 5.3 และจากการพิจารณาแผนภูมิพาเรโตพบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญและถูกเลือกเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อ มีดังต่อไปนี้

1. มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป

2. การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (ความดันในการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ)

3. ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป

4. ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

5. ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่

6. ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บน Top Cover

7. ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี

8. เครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู Top Cover ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด

ปัจจัยที่เลือกไว้มีทั้งหมด 8 ปัจจัย และมีคะแนน RPN รวมกันทั้งสิ้น 4,707 คะแนน ซึ่งเป็นสัดส่วนเท่ากัน 82.86 เปอร์เซ็นต์ของคะแนน RPN ทั้งหมด โดยในขั้นตอนต่อไปจะทำการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เพื่อยืนยันความมีนัยสำคัญของผลกระทบต่อการเกิดปัญหา Drive exceeded time limit ต่อไป

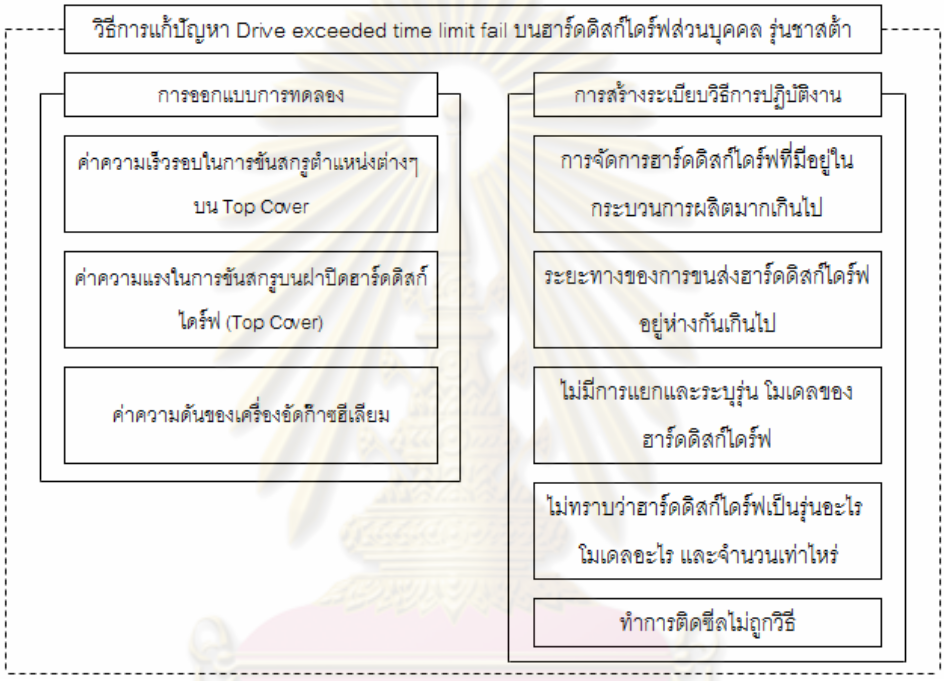
จากระยะศึกษาโดยนำเครื่องมือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาช่วยในการหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีแนวโน้มกับผลกระทบต่อการเกิดอาการเสีย Drive exceeded time limit มีทั้งสิ้น 8 ปัจจัย ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. การออกแบบการทดลอง เป็นวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover), แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม

2. การสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานโดยใช้แนวคิดลีน สำหรับนำไปใช้ในการฝึกอบรมวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องให้กับพนักงาน ประกอบด้วย การจัดการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป, ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป, ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดล

ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่ และทำการติดซีลไม่ถูกวิธี

ซึ่งปัจจัยนำเข้าที่อยู่ในกลุ่มการออกแบบการทดลอง จะต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อยืนยันว่าสาเหตุเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพหรือไม่ เพื่อที่จะนำไปหาวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง



รูปที่ 5.4 การจัดกลุ่มปัจจัยนำเข้าของปัญหา Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

5.3 สรุปผลขั้นตอนระยะการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้คือ ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.3.1 ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and effect matrix)

จากปัจจัยนำเข้าที่นำมาพิจารณาทั้งสิ้น 36 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของกระบวนการ (KPOV) และปัจจัยนำเข้า (KPIV) ด้วยตารางสาเหตุและผล (Cause and effect matrix) แล้วจัดเรียงลำดับคะแนนตามความสำคัญด้วยแผนผังพาเรโต จึงเหลือปัจจัยนำเข้าที่

ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองเพียง 17 ปัจจัย จากนั้นนำไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ต่อไป

5.3.2 ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากการนำจัดลำดับความสำคัญด้วยผังพาเรโต ในขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่ทดสอบที่สำคัญที่มีแนวโน้มกับผลกระทบต่อการเกิดอาการเสีย Drive exceeded time limit fail บนกระบวนการเขียนสัญญาณทั้งสิ้น 8 ปัจจัย ได้แก่ มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป, การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (ความดันในการเติมก๊าซฮีเลียม เข้าสู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ), ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป, ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่, ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บน Top cover, ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี และเครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู Top cover ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้จะนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

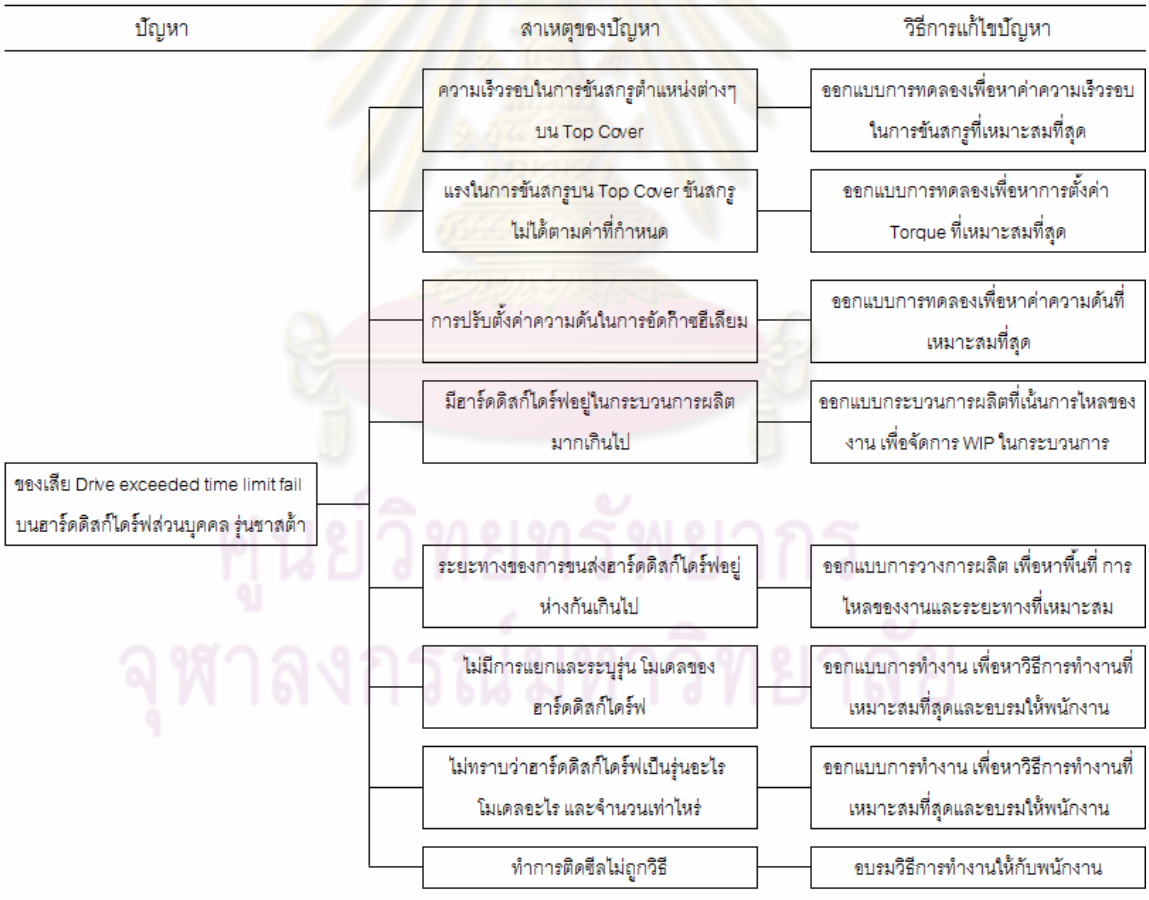
บทที่ 6

เฟส IV ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากค้นพบสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit fail บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้าแล้ว ในระยะนี้จะเป็นการระดมสมองจากทีมงานเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาแต่ละสาเหตุ

6.1 วิธีการแก้ปัญหาแต่ละสาเหตุ

จากสาเหตุหลักของปัญหาที่สรุปได้จากระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหานั้น ทีมงานได้ทำการระดมสมองถึงวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งได้ผลสรุปออกมาดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แผนผังต้นไม้ในการแก้ปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit fail บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

6.1.1 ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บน Top cover

ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บน Top cover รุ่นชาสต้า เป็นลำดับขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อนกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม โดยค่าความเร็วรอบในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) จะถูกป้อนข้อมูลโปรแกรมอัตโนมัติไว้ในเครื่องขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Auto Top Cover Machine) หลังจากที่พนักงานวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและกดปุ่ม 'START' ให้เครื่องทำงาน เครื่องจะทำการขันสกรูอย่างอัตโนมัติตามค่าความเร็วรอบที่ได้ตั้งค่าไว้ แต่ถ้าค่าความเร็วรอบในการขันสกรูไม่เหมาะสมก็จะทำให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ขยับทั้งที่การขันสกรูยังไม่เสร็จเรียบร้อยครบทั้งหมด 8 ตำแหน่ง เมื่อขันสกรูครบทั้ง 8 ตำแหน่งก็จะส่งผลให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟปิดได้ไม่สนิท ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่ว ส่งผลให้ปริมาณก๊าซฮีเลียมรั่วออกมาได้เร็วกว่าอัตราปกติ สำหรับการแก้ปัญหานี้จะใช้การออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

6.1.2 เครื่องขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด

การขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า นอกจากปัจจัยเรื่องลำดับขั้นตอนในการขันสกรูที่เหมาะสมแล้ว ยังมีแรงในการขันสกรู (ค่า Torque) อีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้การขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) แน่นสนิท ไม่มีรอยรั่วให้ก๊าซฮีเลียมรั่วไหลออกมาได้ สำหรับการแก้ปัญหานี้จะใช้การออกแบบการทดลองเพื่อหาแรงที่เหมาะสมในการขันสกรูสำหรับการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

6.1.3 การปรับตั้งค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม

เนื่องจากเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge) ที่ใช้ในการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า มี Spec. ในการปรับตั้งค่าความดันกว้างเกินไป ทันทีที่พนักงานเริ่มกดปุ่ม 'START' เพื่อเริ่มการทำงาน เครื่องจะมีขั้นตอนการทำงานโดยการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในตู้อัดฮีเลียมด้วยความดันประมาณ 1.0 ATM โดยก๊าซฮีเลียมเหล่านี้จะไหลมาตามท่อส่งก๊าซ หลังจากนั้นปริมาณก๊าซฮีเลียมที่ไหลเข้าสู่ภายในตู้จึงจะเริ่มไหลเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละตัวอาจมีปริมาณก๊าซฮีเลียมที่ไหลเข้าสู่ภายในด้วยปริมาณที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการปรับตั้งระดับค่าความดันที่เหมาะสมจะทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทุกตัวมีปริมาณก๊าซฮีเลียมภายในเท่ากันหมด และได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

6.1.4 มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป

เนื่องจากภายในโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีวิธีการควบคุมและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต ทำให้พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่แต่ละสถานีงานไม่ทราบถึงวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง โดยพนักงานจะทำงานจากความเคยชิน หรือวิธีการที่เคยปฏิบัติกันมาก่อน ซึ่งอาจมีทั้งวิธีการที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม ดังนั้นในการแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงจำเป็นต้องออกแบบ สร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องขึ้นมา และอบรมวิธีการทำงานให้กับพนักงาน เพื่อจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต

6.1.5 ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป

เนื่องจากภายในโรงงานกรณีศึกษาไม่มีการทบทวน และออกแบบพื้นที่การทำงานของแต่ละสถานีงานให้สอดคล้องกันทั้ง Flow การไหลของกระบวนการผลิต ทำให้โรงงานต้องเจอกับปัญหาของการขนส่ง (Transfer) ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน และใช้เวลามากในการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างแต่ละสถานีงาน ดังนั้นในการแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงจำเป็นต้องทบทวนเรื่องพื้นที่ Flow การไหลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และระยะทางที่เหมาะสม เพื่อจัดการการขนส่ง (Transfer) ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจต้องมีการเคลื่อนย้ายและจัดสถานีงานใหม่

6.1.6 ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เนื่องจากภายในโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีวิธีการแยก ระบุรุ่น และโมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ไม่ทราบถึงวิธีการแยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ถูกต้อง ไม่มีวิธีการระบุรุ่นและโมเดลที่ชัดเจนเพื่อให้พนักงานทำงานง่าย โดยพนักงานจะทำงานจากความเคยชิน หรือวิธีการที่เคยปฏิบัติกันมาก่อน ซึ่งอาจมีทั้งวิธีการที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม ดังนั้นในการแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงต้องสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องขึ้นมา และอบรมวิธีการทำงาน โดยจะใช้วิธีการฝึกอบรมก่อนและขณะการปฏิบัติงาน

6.1.7 ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่

เนื่องจากภายในโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีการสอนให้พนักงานทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และต้องควบคุมอย่างไรจึงจะทราบว่ามีจำนวนเท่าไหร่ ทำให้พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ทำงานจากความเคยชิน หรือวิธีการที่เคยปฏิบัติกันมาก่อน ซึ่งอาจมีทั้งวิธีการที่เหมาะสม

และไม่เหมาะสม ดังนั้นในการแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงต้องสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องขึ้นมา และอบรมวิธีการทำงานให้กับพนักงาน โดยจะใช้วิธีการฝึกอบรมก่อนและขณะการปฏิบัติงาน

6.1.8 ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี

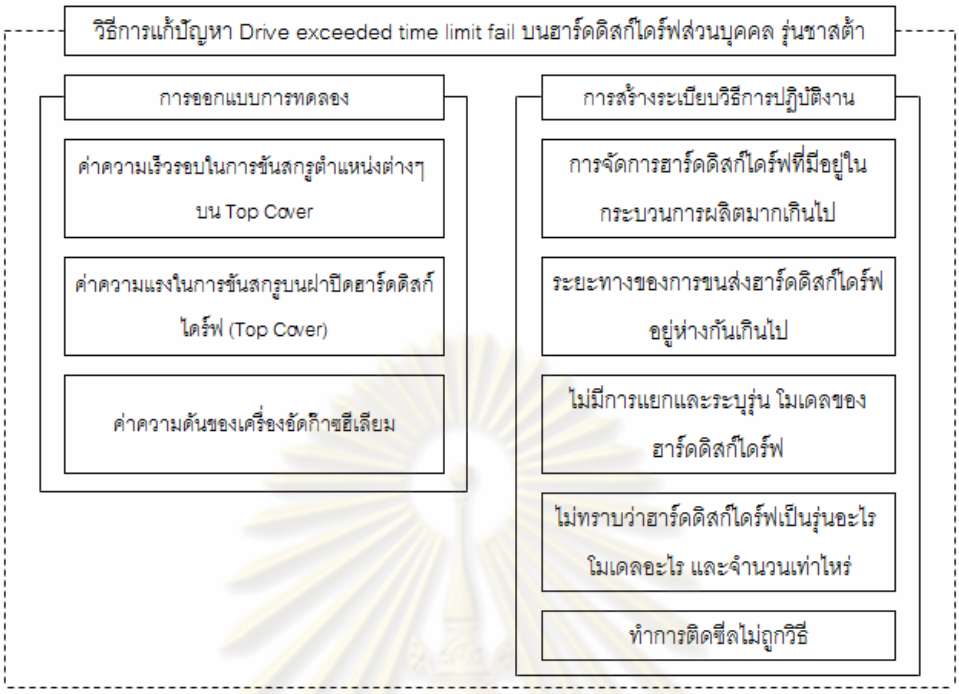
เนื่องจากพนักงานที่ปฏิบัติงานประจำสถานีงานทำการติดซีล ไม่ทราบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง โดยจะทำงานจากความเคยชิน หรือวิธีการที่เคยปฏิบัติกันมาก่อน ซึ่งอาจมีทั้งวิธีการที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม ดังนั้นในการแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงต้องสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องขึ้นมา และอบรมวิธีการทำงานให้กับพนักงาน โดยจะใช้วิธีการฝึกอบรมก่อนและขณะการปฏิบัติงาน

จากวิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถจัดกลุ่มโดยใช้แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagram) ออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังรูปที่ 6.2 คือ

1. การออกแบบการทดลอง เป็นวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover), แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม

2. การสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานโดยใช้แนวคิดลีน สำหรับนำไปใช้ในการฝึกอบรมวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องให้กับพนักงาน ประกอบด้วย การจัดการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป, ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป, ไม่มีการแยกและระบุรุ่นโมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่ และทำการติดซีลไม่ถูกวิธี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.2 แผนผังกลุ่มเชื่อมโยงแสดงวิธีการแก้ปัญหา Drive exceeded time limit fail บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

โดยผู้วิจัยได้ใช้ทั้ง 2 แนวทางประกอบกันในการแก้ปัญหา ซึ่งในขั้นแรกจะดำเนินการโดยใช้การออกแบบการทดลองก่อน เพื่อหาค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover), แรงที่เหมาะสมในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม จากนั้นจึงนำค่าต่างๆ ที่ได้มากำหนดเป็นส่วนหนึ่งในระเบียบวิธีปฏิบัติงานประกอบกับขั้นตอนต่างๆ ที่ได้จัดทำขึ้นตามรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

6.2 การออกแบบการทดลอง

รูปแบบการทดลองที่จะนำมาใช้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ คือ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k (2^k Factorial design) ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ เนื่องจากการออกแบบการทดลองเช่นนี้ทำให้ใช้จำนวนครั้งของการทดลองน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ภายในระยะเวลาที่จำกัด เพื่อศึกษาผลของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยได้อย่างสมบูรณ์

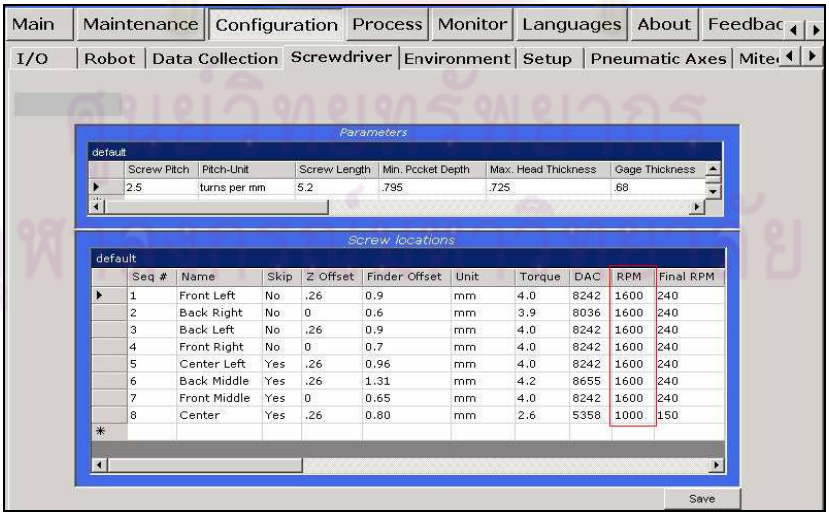
6.2.1 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

ปัจจัยที่สนใจศึกษาในการทดลองมี 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) แรงที่เหมาะสมในการขันสกรูบนฝาปิด

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม ซึ่งสามารถกำหนดระดับของปัจจัยทั้ง 3 ได้ดังนี้

1) ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover)

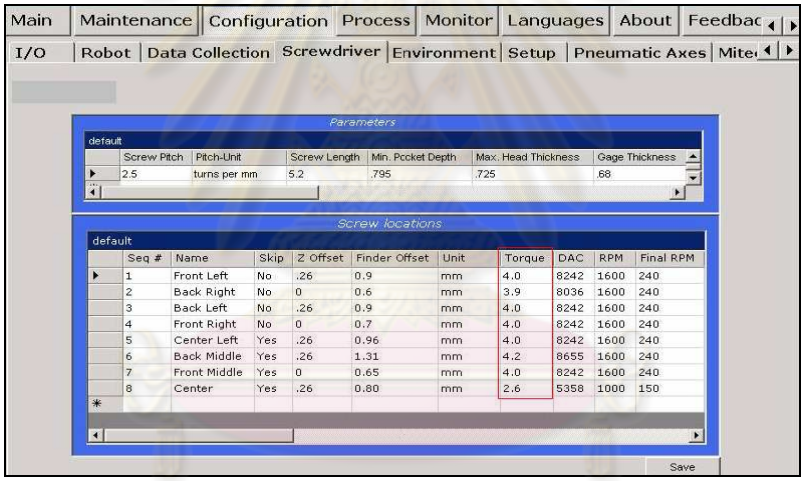
ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากถ้าค่าความเร็วรอบอยู่ในระดับที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การประกอบฝาปิดกับตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีความแน่นสนิท ส่งผลให้ปริมาณก๊าซฮีเลียมที่อยู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่รั่วไหลออกมาเกินปริมาณที่กำหนด และอุปกรณ์ที่ใช้ในการขันสกรูซึ่งเรียกว่า EDR torque ก็จะมีอายุการใช้งานนานไม่แตกหักง่าย โดยค่าความเร็วรอบที่โรงงานกรณีศึกษาใช้มีหน่วยเป็น rpm. (round per minute) ระดับความเร็วรอบที่ใช้สำหรับการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า มีค่าอยู่สองระดับคือ 1,200 และ 1,600 rpm. โดยถ้าค่าความเร็วรอบน้อยกว่า 1,200 rpm. จะทำให้รอบเวลาของการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสูง เนื่องจากการขันสกรูช้าลง ฝาฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟปิดไม่แน่นสนิท ซึ่งทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้ไม่ตรงตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด และที่ระดับความเร็วรอบสูงกว่า 1,600 rpm. จะทำให้ EDR torque แตกหักง่าย เกลียวของรูเบสและสกรูเสียหาย จนทำให้สกรูไม่สามารถขันยึดฝาปิดกับตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ การปรับค่าความเร็วรอบในการขันสกรูนี้ทำได้โดยการตั้งค่าผ่านทางโปรแกรมควบคุมที่อยู่หน้าเครื่องขันสกรู (Auto Top Cover Machine) ดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 โปรแกรมเพื่อควบคุมค่าความเร็วรอบในการขันสกรู

2) แรงที่เหมาะสมในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover)

แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เหมาะสมจะช่วยให้การประกอบฝาปิดกับตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีความแน่นสนิท โดยแรงในการขันสกรูที่โรงงานกรณีศึกษาใช้สำหรับการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า มีค่าอยู่สองระดับคือ 2.0 และ 4.0 in.lb (inch-pound) โดยถ้าแรงที่ต่ำกว่า 2.0 in.lb จะทำให้เมื่อขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จแล้ว ฝาจะประกอบไม่แน่นสนิทสามารถขยับได้เมื่อใช้งานและเกิดแรงสั่นสะเทือน ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้ไม่ตรงตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด และที่ระดับความเร็วรอบสูงกว่า 4.0 in.lb จะทำให้ EDR torque แตกหักง่าย เกลียวของสกรูและรูเบสเสียหาย จนทำให้สกรูไม่สามารถขันยึดฝาปิดกับตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ การปรับแรงในการขันสกรูนี้ทำได้โดยการตั้งค่าผ่านทางโปรแกรมควบคุมที่อยู่หน้าเครื่องขันสกรู (Auto Top Cover Machine) ดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 โปรแกรมเพื่อควบคุมค่าแรงในการขันสกรู

3) ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม

ค่าความดันภายในเครื่องอัดก๊าซก๊าซฮีเลียม (Helium charge) จะถูกควบคุมจากการปรับตั้งค่าของฝ่ายดูแลและควบคุมเครื่องจักร ซึ่งค่าความดันที่ใช้ในการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า มีค่าอยู่สองระดับคือ 1.0 และ 1.2 atm (Atmosphere) โดยค่า 1.0 atm คือค่าความดันน้อยที่สุดที่เมื่ออัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้วไม่ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเกิดอาการเสีย และค่า 1.2 atm คือค่าความดันสูงที่สุดที่จะสามารถดำเนินการอัดก๊าซฮีเลียมได้ โดยไม่ส่งผลเสียหายต่อการทำงานของหัวอ่านเขียน

ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่ทำการศึกษา และระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองสรุปไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ต่ำ (-1)	สูง (+1)	
A	ค่าความเร็วรอบในการขันสกรู	1,200	1,600	rpm.
B	แรงที่เหมาะสมในการขันสกรู	2.0	4.0	in.lb
C	ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม	1.0	1.2	atm.

6.2.2 **ตัวแปรตอบสนอง** (Response variables)

ตัวแปรตอบสนอง คือ ผลลัพธ์ของการออกแบบการทดลอง ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาของเสีย โดยสนใจของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ที่เกิดบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ดังนั้นตัวแปรตอบสนอง คือ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากถ้ามีปริมาณความเข้มข้นน้อยกว่า 77% ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเกิดการเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้เครื่องเขียนและทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับเขียนสัญญาณ และหลังจากเขียนสัญญาณแล้วจะทำการตรวจสอบอาการเสียประเภทนี้ด้วย

6.2.3 **เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง**

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการทดลองในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1. HDA รุ่นชาสต้า ซึ่งประกอบชิ้นส่วนภายในมาครบทุกชิ้นส่วน แต่ยังไม่ได้ปิดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover)

รูปที่ 6.5 HDA รุ่นชาสต้า ซึ่งประกอบชิ้นส่วนภายในมาครบทุกชิ้นส่วน

2. ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

รูปที่ 6.6 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) รุ่นชาสต้า

3. สกรูสำหรับขันบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

รูปที่ 6.7 สกรูสำหรับขันบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover)

4. เครื่องขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Auto Top Cover Machine)

5. แผ่นวงจร PCBA สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

รูปที่ 6.8 แผ่นวงจร PCBA

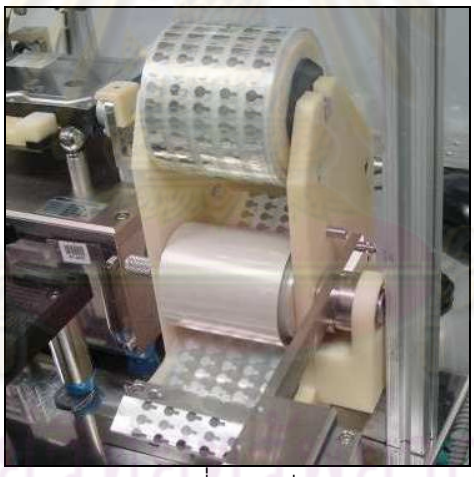
6. สกรูสำหรับขันบนแผ่นวงจร PCBA และ Gasket สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

รูปที่ 6.9 สกรูสำหรับขันบนแผ่นวงจร PCBA และ Gasket

7. เครื่องขันสกรูบนแผ่นวงจร PCBA (Auto PCBA)

8. เครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Helium charge)

9. ซีล สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า



รูปที่ 6.10 ซีล

10. เครื่องติดซีล (Seal install)

11. เครื่องเขียนสัญญาณและทดสอบ X-Caliber tester

12. เครื่องวัดค่า Variance ซึ่งใช้วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.2.4 ปัจจัยที่ควบคุม

การควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ใช่ปัจจัยที่ทำการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งปัจจัยที่ทำการควบคุมในการออกแบบการทดลองนี้ ได้แก่

1. HDA รุ่นชาสต้า ซึ่งประกอบมาจากไลน์การผลิตเดียวกัน เครื่องจักรในการประกอบชิ้นส่วนเป็นเครื่องเดียวกัน กำหนดให้ใช้ไลน์ 6310A ในการทดลอง

2. ชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชิ้นส่วน ต้องมาจาก Supplier เดียวกัน ล็อตเดียวกัน เพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดจากรุ่นของวัตถุดิบ

3. การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรในการทดลองแต่ละครั้ง จะต้องปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน ซึ่งก่อนดำเนินการทดลองจะต้องทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรตาม spec. ที่ระบุไว้ในเอกสาร แต่ในระหว่างดำเนินการทดลองจะไม่มีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ใหม่ แต่จะควบคุมค่าพารามิเตอร์ให้ได้เหมือนกันตลอดการทดลอง ยกเว้นค่าพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยในการออกแบบการทดลองที่กำลังศึกษา

4. พนักงานประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ต้องเป็นพนักงานคนเดิมทุกครั้งที่ทำการทดลอง

5. ซีลที่ใช้ติดบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ต้องมาจาก Supplier เดียวกัน ล็อตเดียวกัน เพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดจากรุ่นของวัตถุดิบ

6. เครื่องเขียนสัญญาณและทดสอบ X-Caliber Tester ต้องเป็นเครื่องทดสอบเครื่องเดิมตลอดการทดลอง โดยกำหนดให้ใช้เครื่องทดสอบ 2012 ในการทำการทดลอง ก่อนเริ่มทำการทดลองจะต้องทำการตรวจสอบและปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้ตรงตาม spec. ที่ระบุไว้ในเอกสาร ในระหว่างดำเนินการทดลองจะไม่มีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ใหม่ แต่จะควบคุมค่าพารามิเตอร์ให้ได้เหมือนกันตลอดการทดลอง

7. เครื่องวัดค่า Variance โดยต้องเป็นเครื่องทดสอบเครื่องเดิมตลอดการทดลองและควบคุม spec. ต่างๆ ของเครื่องให้ได้ค่าเท่ากันตลอดการทดลอง

6.2.5 แผนและลำดับการทดลอง

หลักการที่ใช้สำหรับการออกแบบการทดลอง ได้แก่

1. การสุ่ม (Randomization) หมายถึง การทดลองที่ลำดับของการเลือกปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ค่าต่างๆ และลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม ซึ่งทำให้ผลของการทดลองมีการกระจายแบบอิสระ และสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

2. การทำซ้ำ (Replication) เป็นการกำหนดจำนวนครั้งของการทดลอง ซึ่งจะใช้โปรแกรม MINITAB ช่วยในการคำนวณ โดยข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณ ได้แก่

- จำนวนของปัจจัย (Number of factors) มีค่าเท่ากับ 3 ปัจจัย

- จำนวนของจุดที่อยู่ตรงมุม (Number of corner points) หมายถึง จำนวนข้อมูลใน 1 เรพลิเคตบริบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 8

- ค่าความแตกต่างสูงสุด (Effects) ในการวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำของการทดลองนี้ ใช้ค่าความแตกต่างสูงสุด (Effects) เท่ากับ 1 หมายถึงปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซฮีเลียมสองกลุ่ม เป็น 0.58 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจำนวน 100 ข้อมูล มีค่าเท่ากับ 1.723

เมื่อใช้โปรแกรม MINITAB คำนวณหาอำนาจของการทดสอบ (Power of test) และขนาดตัวอย่าง (Sample size) โดยเลือกคำสั่ง Stat -> Power and Sample Size -> 2-Level Factorial Design ทำให้ได้ค่าอำนาจของการทดสอบและขนาดตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าอำนาจของการทดสอบและขนาดตัวอย่างจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม MINITAB

Effect	Reps	Total Runs	Power
1	10	80	0.726027
1	15	120	0.883282
1	20	160	0.954238

จากตารางที่ 6.2 ประกอบกับข้อจำกัดของชิ้นส่วนประกอบซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ และระยะเวลาในการทำการทดลอง ดังนั้นในการทดลองนี้จะทำการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง ซึ่งมีค่าอำนาจของการทดสอบสูงถึง 0.883282 ถือว่าเพียงพอ ซึ่งต้องทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 120 ครั้ง

- การบล็อก (Blocking) เป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้นำมาใช้ เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์จะควบคุมค่าไว้ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อปัจจัยควบคุม ซึ่งค่าเหล่านี้เป็นค่ากำหนดของการทำงานปกติ

แผนและลำดับการทดลองสร้างโดยอาศัยโปรแกรม MINITAB ซึ่งจะทำการสร้างเมตริกซ์สำหรับการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล โดยลำดับการทดลองได้จาก RunOrder ที่โปรแกรมสร้างขึ้นซึ่งมีทั้งหมด 120 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แผนและลำดับการทดลองที่สร้างจากโปรแกรม MINITAB

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน
70	1	1,600	2.0	1.2
13	2	1,200	2.0	1.2
10	3	1,600	2.0	1.0
97	4	1,200	2.0	1.0
46	5	1,600	2.0	1.2
103	6	1,200	4.0	1.2
11	7	1,200	4.0	1.0
87	8	1,200	4.0	1.2
9	9	1,200	2.0	1.0
59	10	1,200	4.0	1.0
86	11	1,600	2.0	1.2
78	12	1,600	2.0	1.2
114	13	1,600	2.0	1.0
116	14	1,600	4.0	1.0
21	15	1,200	2.0	1.2
84	16	1,600	4.0	1.0
80	17	1,600	4.0	1.2
35	18	1,200	4.0	1.0
65	19	1,200	2.0	1.0
100	20	1,600	4.0	1.0
3	21	1,200	4.0	1.0
113	22	1,200	2.0	1.0
6	23	1,600	2.0	1.2
111	24	1,200	4.0	1.2
95	25	1,200	4.0	1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แผนและลำดับการทดลองที่สร้างจากโปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน
64	26	1,600	4.0	1.2
28	27	1,600	4.0	1.0
15	28	1,200	4.0	1.2
72	29	1,600	4.0	1.2
107	30	1,200	4.0	1.0
75	31	1,200	4.0	1.0
79	32	1,200	4.0	1.2
22	33	1,600	2.0	1.2
31	34	1,200	4.0	1.2
48	35	1,600	4.0	1.2
104	36	1,600	4.0	1.2
4	37	1,600	4.0	1.0
53	38	1,200	2.0	1.2
60	39	1,600	4.0	1.0
20	40	1,600	4.0	1.0
81	41	1,200	2.0	1.0
51	42	1,200	4.0	1.0
67	43	1,200	4.0	1.0
17	44	1,200	2.0	1.0
47	45	1,200	4.0	1.2
117	46	1,200	2.0	1.2
73	47	1,200	2.0	1.0
36	48	1,600	4.0	1.0
82	49	1,600	2.0	1.0
41	50	1,200	2.0	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แผนและลำดับการทดลองที่สร้างจากโปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน
54	51	1,600	2.0	1.2
108	52	1,600	4.0	1.0
94	53	1,600	2.0	1.2
69	54	1,200	2.0	1.2
77	55	1,200	2.0	1.2
18	56	1,600	2.0	1.0
57	57	1,200	2.0	1.0
5	58	1,200	2.0	1.2
33	59	1,200	2.0	1.0
1	60	1,200	2.0	1.0
66	61	1,600	2.0	1.0
42	62	1,600	2.0	1.0
90	63	1,600	2.0	1.0
14	64	1,600	2.0	1.2
71	65	1,200	4.0	1.2
98	66	1,600	2.0	1.0
52	67	1,600	4.0	1.0
19	68	1,200	4.0	1.0
91	69	1,200	4.0	1.0
105	70	1,200	2.0	1.0
106	71	1,600	2.0	1.0
26	72	1,600	2.0	1.0
56	73	1,600	4.0	1.2
34	74	1,600	2.0	1.0
62	75	1,600	2.0	1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แผนและลำดับการทดลองที่สร้างจากโปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน
118	76	1,600	2.0	1.2
102	77	1,600	2.0	1.2
58	78	1,600	2.0	1.0
119	79	1,200	4.0	1.2
38	80	1,600	2.0	1.2
83	81	1,200	4.0	1.0
50	82	1,600	2.0	1.0
88	83	1,600	4.0	1.2
16	84	1,600	4.0	1.2
85	85	1,200	2.0	1.2
99	86	1,200	4.0	1.0
8	87	1,600	4.0	1.2
68	88	1,600	4.0	1.0
30	89	1,600	2.0	1.2
27	90	1,200	4.0	1.0
24	91	1,600	4.0	1.2
61	92	1,200	2.0	1.2
96	93	1,600	4.0	1.2
120	94	1,600	4.0	1.2
40	95	1,600	4.0	1.2
12	96	1,600	4.0	1.0
32	97	1,600	4.0	1.2
2	98	1,600	2.0	1.0
23	99	1,200	4.0	1.2
92	100	1,600	4.0	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แผนและลำดับการทดลองที่สร้างจากโปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน
25	101	1,200	2.0	1.0
74	102	1,600	2.0	1.0
112	103	1,600	4.0	1.2
76	104	1,600	4.0	1.0
89	105	1,200	2.0	1.0
93	106	1,200	2.0	1.2
44	107	1,600	4.0	1.0
55	108	1,200	4.0	1.2
43	109	1,200	4.0	1.0
115	110	1,200	4.0	1.0
7	111	1,200	4.0	1.2
29	112	1,200	2.0	1.2
101	113	1,200	2.0	1.2
109	114	1,200	2.0	1.2
45	115	1,200	2.0	1.2
63	116	1,200	4.0	1.2
37	117	1,200	2.0	1.2
110	118	1,600	2.0	1.2
49	119	1,200	2.0	1.0
39	120	1,200	4.0	1.2

6.2.6 ผลการทดลอง

หลังจากทำการทดลองตามแผนตารางที่ 6.3 จนครบได้ผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^3 ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการทดลอง

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)
70	1	1600	2	1.2	82
13	2	1200	2	1.2	85
10	3	1600	2	1	76
97	4	1200	2	1	79
46	5	1600	2	1.2	83
103	6	1200	4	1.2	99
11	7	1200	4	1	81
87	8	1200	4	1.2	98
9	9	1200	2	1	80
59	10	1200	4	1	85
86	11	1600	2	1.2	85
78	12	1600	2	1.2	86
114	13	1600	2	1	77
116	14	1600	4	1	78
21	15	1200	2	1.2	87
84	16	1600	4	1	75
80	17	1600	4	1.2	94
35	18	1200	4	1	83
65	19	1200	2	1	77
100	20	1600	4	1	76
3	21	1200	4	1	80
113	22	1200	2	1	78
6	23	1600	2	1.2	84
111	24	1200	4	1.2	95
95	25	1200	4	1.2	96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)
64	26	1600	4	1.2	92
28	27	1600	4	1	75
15	28	1200	4	1.2	96
72	29	1600	4	1.2	93
107	30	1200	4	1	81
75	31	1200	4	1	84
79	32	1200	4	1.2	98
22	33	1600	2	1.2	85
31	34	1200	4	1.2	97
48	35	1600	4	1.2	96
104	36	1600	4	1.2	94
4	37	1600	4	1	78
53	38	1200	2	1.2	86
60	39	1600	4	1	78
20	40	1600	4	1	79
81	41	1200	2	1	77
51	42	1200	4	1	85
67	43	1200	4	1	80
17	44	1200	2	1	81
47	45	1200	4	1.2	94
117	46	1200	2	1.2	85
73	47	1200	2	1	80
36	48	1600	4	1	77
82	49	1600	2	1	75
41	50	1200	2	1	77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)
54	51	1600	2	1.2	82
108	52	1600	4	1	76
94	53	1600	2	1.2	81
69	54	1200	2	1.2	84
77	55	1200	2	1.2	82
18	56	1600	2	1	76
57	57	1200	2	1	79
5	58	1200	2	1.2	86
33	59	1200	2	1	78
1	60	1200	2	1	78
66	61	1600	2	1	74
42	62	1600	2	1	77
90	63	1600	2	1	74
14	64	1600	2	1.2	82
71	65	1200	4	1.2	97
98	66	1600	2	1	73
52	67	1600	4	1	74
19	68	1200	4	1	83
91	69	1200	4	1	86
105	70	1200	2	1	79
106	71	1600	2	1	75
26	72	1600	2	1	74
56	73	1600	4	1.2	95
34	74	1600	2	1	76
62	75	1600	2	1.2	83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)
118	76	1600	2	1.2	84
102	77	1600	2	1.2	84
58	78	1600	2	1	75
119	79	1200	4	1.2	98
38	80	1600	2	1.2	85
83	81	1200	4	1	84
50	82	1600	2	1	75
88	83	1600	4	1.2	93
16	84	1600	4	1.2	94
85	85	1200	2	1.2	85
99	86	1200	4	1	85
8	87	1600	4	1.2	93
68	88	1600	4	1	75
30	89	1600	2	1.2	83
27	90	1200	4	1	83
24	91	1600	4	1.2	94
61	92	1200	2	1.2	81
96	93	1600	4	1.2	90
120	94	1600	4	1.2	95
40	95	1600	4	1.2	92
12	96	1600	4	1	77
32	97	1600	4	1.2	94
2	98	1600	2	1	77
23	99	1200	4	1.2	98
92	100	1600	4	1	79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)
25	101	1200	2	1	81
74	102	1600	2	1	74
112	103	1600	4	1.2	92
76	104	1600	4	1	77
89	105	1200	2	1	77
93	106	1200	2	1.2	87
44	107	1600	4	1	79
55	108	1200	4	1.2	97
43	109	1200	4	1	81
115	110	1200	4	1	82
7	111	1200	4	1.2	98
29	112	1200	2	1.2	87
101	113	1200	2	1.2	86
109	114	1200	2	1.2	85
45	115	1200	2	1.2	83
63	116	1200	4	1.2	98
37	117	1200	2	1.2	84
110	118	1600	2	1.2	81
49	119	1200	2	1	78
39	120	1200	4	1.2	96

6.2.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในการออกแบบการทดลองนั้นจำเป็นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่สำคัญ คือ NID $(0,\sigma^2)$ ซึ่งหมายถึงเงื่อนไข 3 ประการ คือ ข้อมูลเป็นแบบสุ่มและมีการกระจายแบบปกติ ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยการตรวจสอบเงื่อนไขทั้ง 3 ประการมีขั้นตอนดังนี้

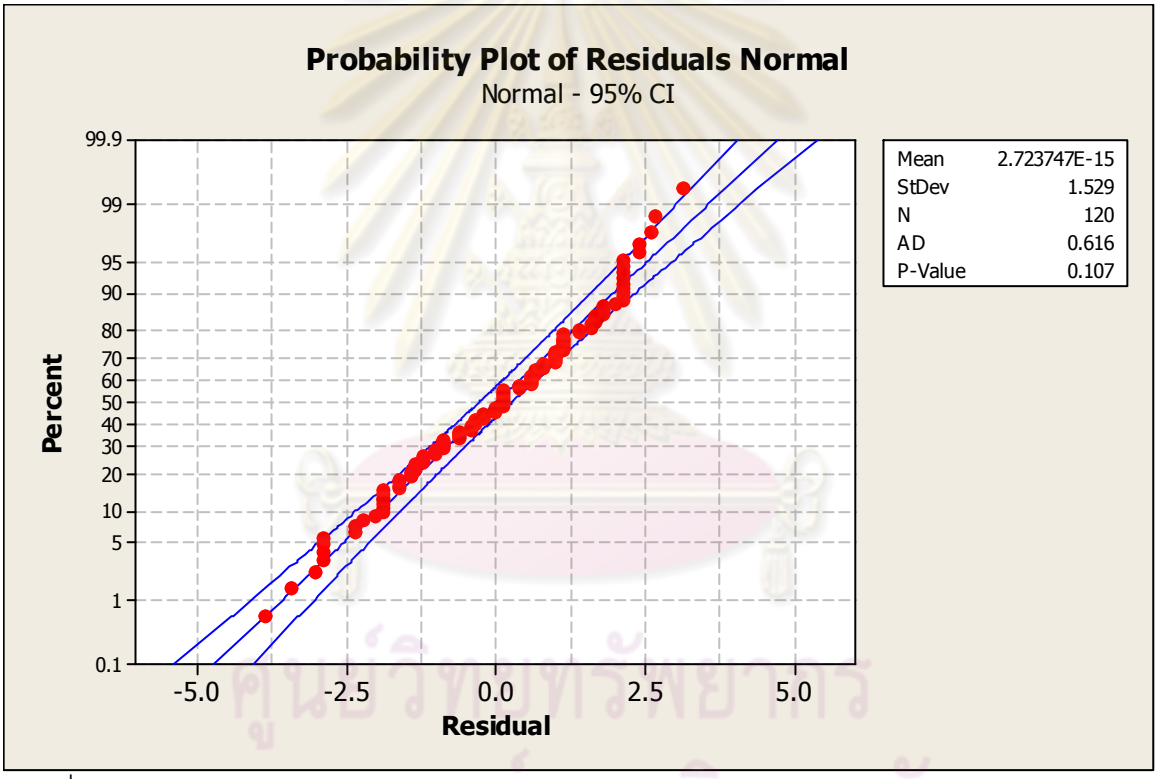
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ มีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ

สามารถทดสอบได้โดยการพล็อตค่าส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนอง (ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ) ที่เรียกว่า Normal probability plot ซึ่งเป็นการพล็อตค่าส่วนตกค้าง (Residual) ที่ถูกเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก กับค่าความน่าจะเป็นสะสม P_k = (k-1/2)/n โดย P_k x 100 อยู่บนแกน y ส่วนแกน x จะเป็นค่าส่วนตกค้าง (ค่าของ P_k x 100 และส่วนตกค้างแสดงอยู่ในตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข.) ดังแสดงในรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 Normal probability plot ของส่วนตกค้างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

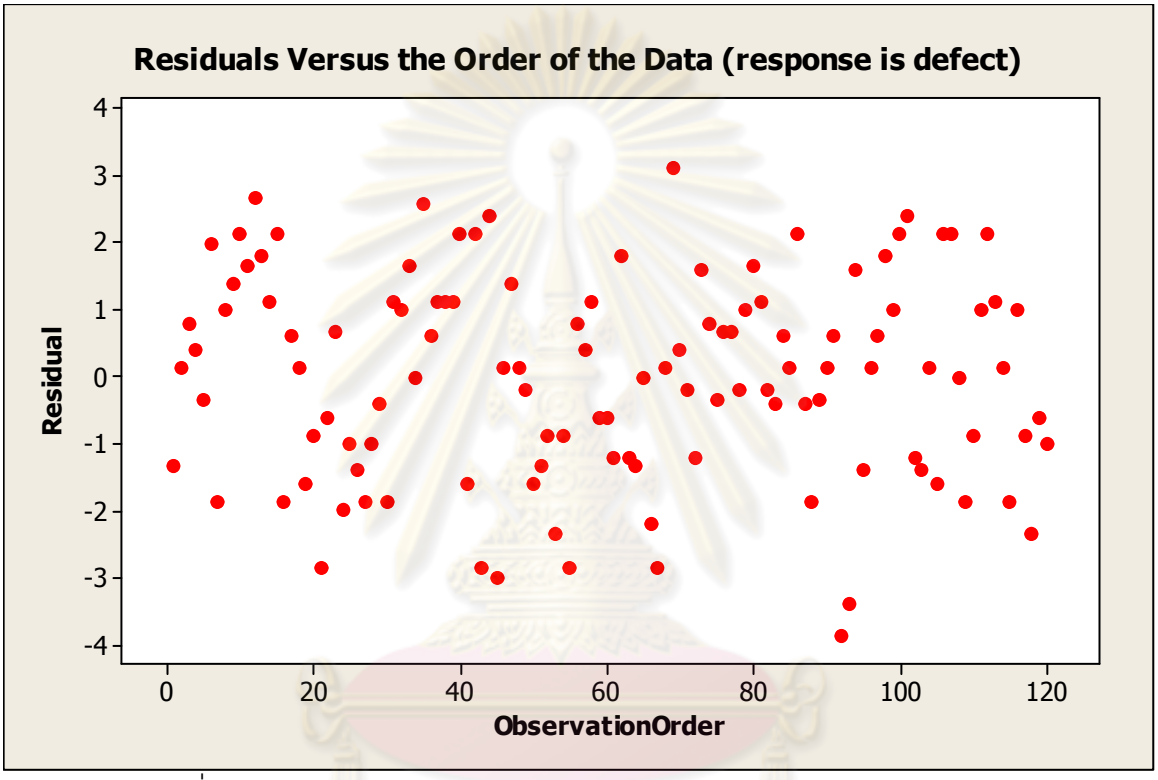
จากรูปที่ 6.11 แสดงให้เห็นว่ากราฟมีลักษณะเบี่ยงเบนออกไปจากเส้นตรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และค่า P-Value = 0.107 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าสถิติทดสอบ Anderson-Darling (AD) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.616 ถือว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าวิกฤติ หมายความว่าจุดต่างๆ ที่แสดงถึงข้อมูลอยู่ห่างจากเส้นตรงที่แสดงความเป็นปกติน้อยด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงไม่มีเหตุผลมากพอที่จะปฏิเสธ สรุปได้ว่าข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) การทดสอบสมมติฐานของการสุ่มของข้อมูล มีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ลำดับของข้อมูลอยู่ภายใต้ความสุ่ม

H_1 : ลำดับของข้อมูลไม่ได้อยู่ภายใต้ความสุ่ม

สามารถทดสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 แผนภาพการกระจายระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการเก็บข้อมูล

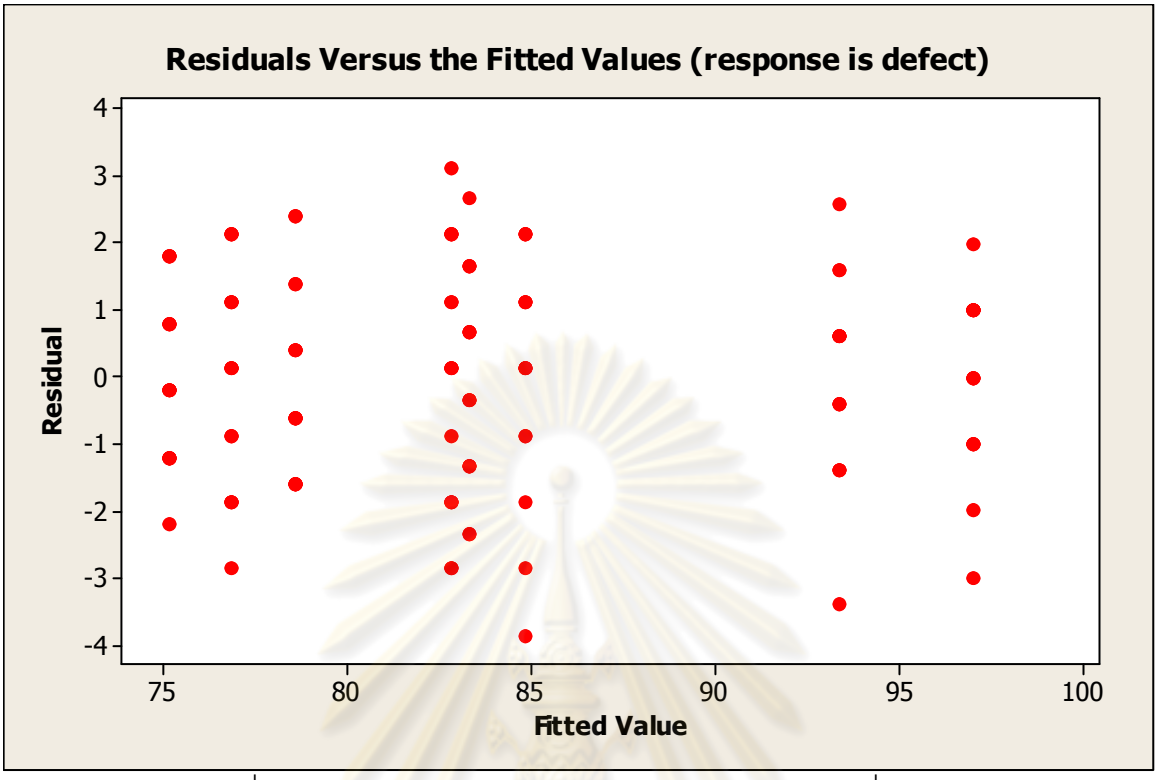
จากรูปที่ 6.12 จะเห็นว่าค่าของส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามลำดับการเก็บข้อมูลที่ไม่เป็นรูปแบบใดๆ ดังนั้นจึงไม่มีเหตุผลมากพอที่จะปฏิเสธ สรุปได้ว่าลำดับของข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองที่อยู่ภายใต้ความสุ่ม

3) การทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน มีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียร

H_1 : ความแปรปรวนของข้อมูลไม่มีความเสถียร

สามารถทดสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) ของข้อมูลจำนวนข้อบกพร่อง ดังแสดงในรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 แผนภาพการกระจายระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต

จากรูปที่ 6.13 ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวไม่เป็นรูปแบบใดๆ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

6.2.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม MINITAB สามารถแสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ 6.4 และแสดงผลของปัจจัยและอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปของกราฟ Normal probability plot และแผนภาพพาเรโต ได้ดังรูปที่ 6.14 และ 6.15 รวมถึงแสดงผลหลักของปัจจัยและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง คือปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียม ได้ดังรูปที่ 6.16 และ 6.17

ตารางที่ 6.5 การประมาณค่าผลกระทบและสัมประสิทธิ์ของการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

Factorial Fit: HE Concentration (%) versus RPM, Torque, Pressure

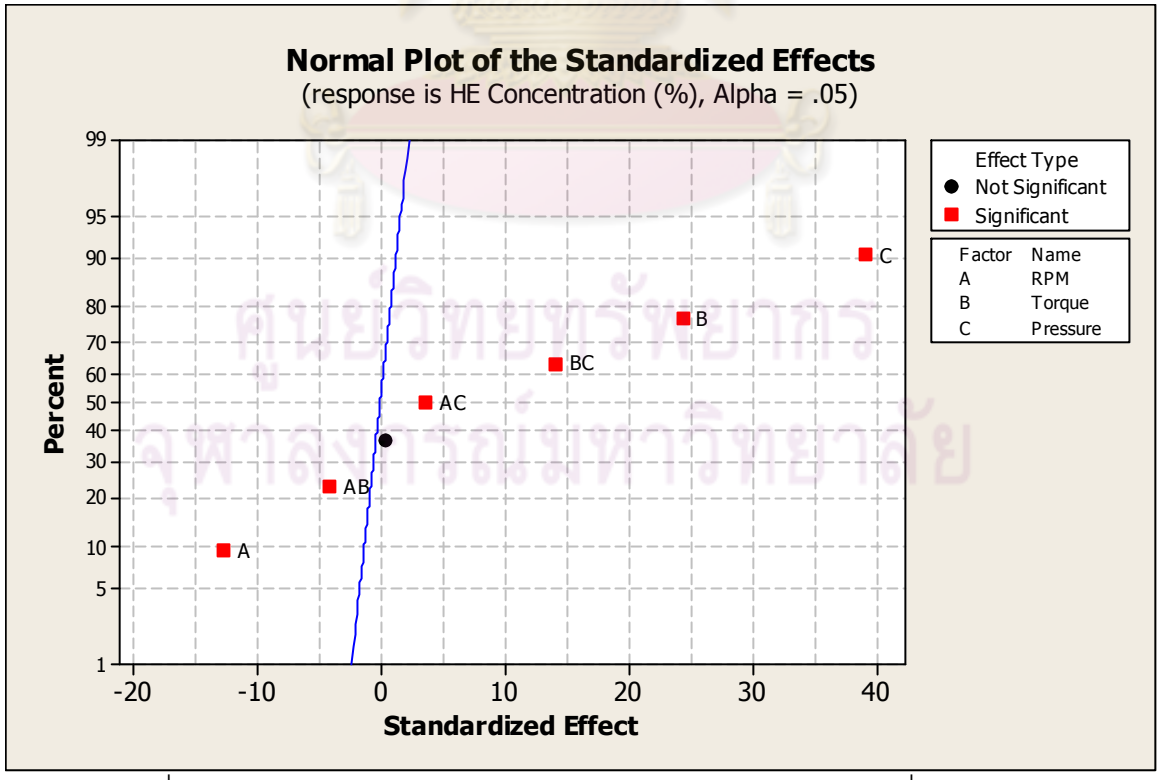
Estimated Effects and Coefficients for HE Concentration (%) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		84.017	0.1439	584.03	0.000
RPM	-3.633	-1.817	0.1439	-12.63	0.000
Torque	7.033	3.517	0.1439	24.45	0.000
Pressure	11.267	5.633	0.1439	39.16	0.000
RPM*Torque	-1.167	-0.583	0.1439	-4.05	0.000
RPM*Pressure	1.067	0.533	0.1439	3.71	0.000
Torque*Pressure	4.067	2.033	0.1439	14.13	0.000
RPM*Torque*Pressure	0.133	0.067	0.1439	0.46	0.644

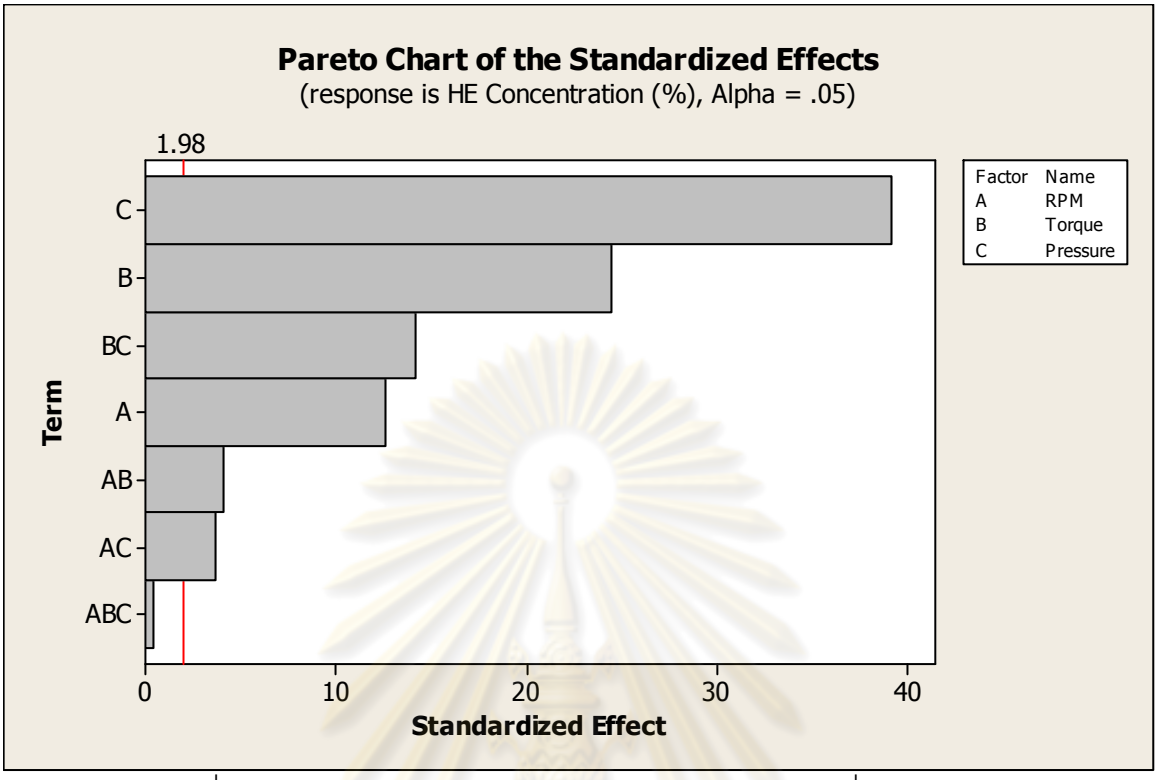
ตารางที่ 6.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

Analysis of Variance for HE Concentration (%) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	5688.20	5688.20	1896.07	763.52	0.000
2-Way Interactions	3	571.10	571.10	190.37	76.66	0.000
3-Way Interactions	1	0.53	0.53	0.53	0.21	0.644
Residual Error	112	278.13	278.13	2.48		
Pure Error	112	278.13	278.13	2.48		
Total	119	6537.97				



รูปที่ 6.14 Normal probability plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.15 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองในตารางที่ 6.6 พิจารณาค่า P-Value ของผลหลักของปัจจัย (Main Effects) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าสถิติทดสอบ F มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ หมายความว่า ในการทดลองนี้มีผลหลักอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความเข้มข้นของ HE (%) ที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้า (รูปที่ 6.14) โดยเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 6.5 สามารถสรุปผลหลักของปัจจัยได้ดังนี้

1. ผลหลักของความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ความเร็วรอบในการขันสกรูมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%)

2. ผลหลักของแรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า แรงในการขันสกรูมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%)

3. ผลหลักของค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%)

พิจารณาค่า P-Value ของอันตรกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัย (2-Way Interactions) ในตารางที่ 6.6 พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าสถิติทดสอบ F มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ หมายความว่า ในการทดลองนี้มีอันตรกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัยอย่างน้อย 1 คู่ ที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) ที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า (รูปที่ 6.14) โดยเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 6.5 สามารถสรุปผลอันตรกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัยได้ดังนี้

1. อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบและแรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบและแรงในการขันสกรูมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) ที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า

2. อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบและค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) ที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า

3. อันตรกิริยาระหว่างแรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า อันตรกิริยาระหว่างแรงในการขันสกรูและค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) ที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า

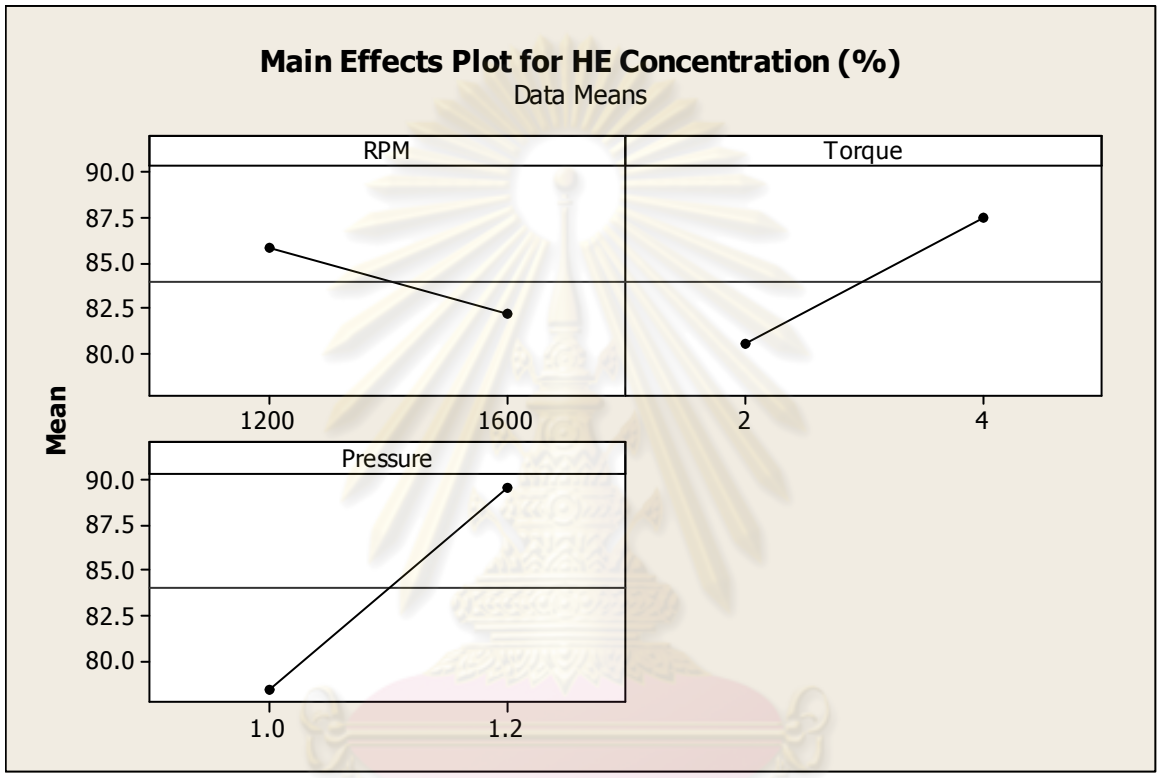
และพิจารณาค่า P-Value ของอันตรกิริยาระหว่าง 3 ปัจจัย (3-Way Interactions) ในตารางที่ 6.6 พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.644 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าสถิติทดสอบ F มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ หมายความว่า ในการทดลองนี้ไม่มีอันตรกิริยาระหว่าง 3 ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) ที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า

6.2.9 การจำลองการถดถอย

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ทำการศึกษา อาศัยแบบจำลองการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear Regression) ช่วยในการหาค่าที่ถูกฟิต โดยใช้สัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab มาแสดงในรูปของสมการและแทนค่าปัจจัยด้วยรหัส (Coded unit) โดย -1 หมายถึง การปรับค่าไปที่ระดับล่าง (Low level) และ +1 หมายถึงการปรับค่าไปที่

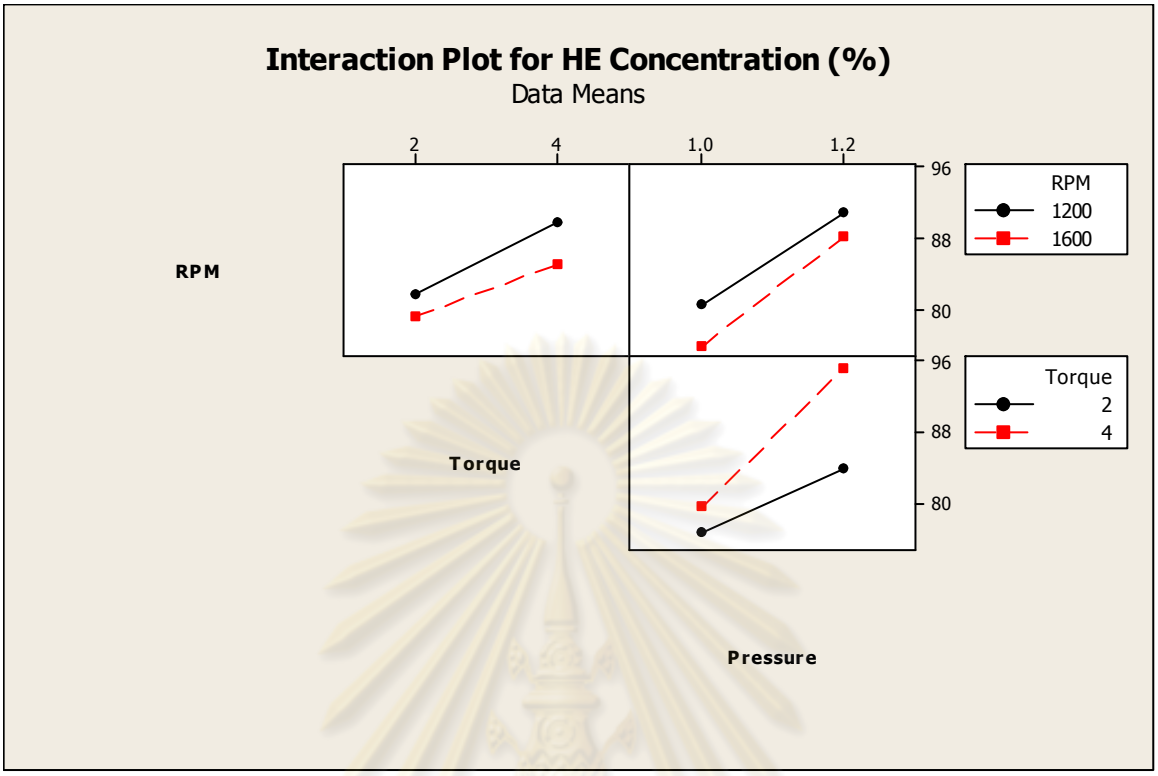
ระดับบน (High level) โดยในการทดลองที่ผ่านมาสามารถเขียนสมการแบบจำลองการถดถอย โดยใช้ข้อมูลสัมประสิทธิ์ของการทดลองจากตารางที่ 6.5 ได้ดังนี้

Y = 84.017 - 1.817(RPM) + 3.517(Torque) + 5.633(Pressure) - 0.583(RPM x Torque) + 0.533(RPM x Pressure) + 2.033(Torque x Pressure)



รูปที่ 6.16 ผลหลักของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง

เมื่อพิจารณาถึงผลหลักของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง เนื่องจากปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง จากรูปที่ 6.16 ทำให้สามารถหาค่าของปัจจัยที่ส่งผลให้ตัวแปรตอบสนอง คือ ปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้ามีค่ามากที่สุดได้ ดังนี้ ความเร็วรอบในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (RPM) = 1200 rpm. (-1), แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Torque) = 4 in.lb (+1) และ ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) = 1.2 atm. (+1)



รูปที่ 6.17 ผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง

เมื่อพิจารณาถึงผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง เนื่องจากอันตรกิริยาเกิดขึ้นระหว่างความเร็วรอบ (RPM) และแรงในการขันสกรู (Torque) บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ความเร็วรอบในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (RPM) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Torque) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) จากรูปที่ 6.17 พบว่าที่

1. ความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) = 1200 rpm. (-1) แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Torque) ควรจะมีค่าเท่ากับ 4 in.lb (+1) เพื่อทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่ามากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าของผลหลักของปัจจัยที่กล่าวไปก่อนหน้านี้

2. ความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) = 1200 rpm. (-1) ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) ควรจะมีค่าเท่ากับ 1.2 atm. (+1) เพื่อทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่ามากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าของผลหลักของปัจจัยที่กล่าวไปก่อนหน้านี้

3. แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Torque) = 4 in.lb (+1) ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) ควรจะมีค่าเท่ากับ 1.2 atm. (+1) เพื่อทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่ามากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าของผลหลักของปัจจัยที่กล่าวไปก่อนหน้านี้

ดังนั้นจึงได้ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยเพื่อให้มีค่าปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้ามากที่สุด

ปัจจัย	ค่า	รหัส
RPM	1200 rpm.	-1
Torque	4 in.lb	+1
Pressure	1.2 atm.	+1

เมื่อนำรหัสของแต่ละปัจจัยจากตารางที่ 6.7 ไปแทนในแบบจำลองการถดถอย ทำให้ได้ค่าประมาณการของปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้าในช่วงการทำงานปกติมีค่าดังนี้

$$Y = 84.017 - 1.817(-1) + 3.517(1) + 5.633(1) - 0.583(-1)(1) + 0.533(-1)(1) + 2.033(1)(1)$$

$$= 97.067$$

กล่าวคือ หากในกระบวนการผลิตจริงมีการปรับตั้งค่าของปัจจัยทั้งสามตัวตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6.7 และควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้เป็นไปตามที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ จะทำให้ปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้า เพิ่มขึ้นเป็น 97% เมื่อเทียบกับปริมาตรภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.2.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองการถดถอย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำลองของการถดถอยแบบเชิงเส้นที่ได้จากหัวข้อ 6.2.9 เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของการถดถอย โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

$H_0 : B_1 = B_2 = \ldots = B_k = 0$

$H_1 : B_1 \neq 0$; อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่า

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองการถดถอยแสดงดังในตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองการถดถอยในโปรแกรม Minitab

Regression Analysis: HE Concentration (%) versus RPM, Torque, Pressure

```
Analysis of Variance

Source           DF      SS      MS       F      P
Regression        3  5688.2  1896.1  258.83  0.000
Residual Error  116   849.8     7.3
  Lack of Fit     4   571.6   142.9   57.55  0.000
Total           119  6538.0

S = 2.70658   R-Sq = 87.0%   R-Sq(adj) = 86.7%
```

จากตารางที่ 6.8 ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Sq) มีค่าเท่ากับ 87.0% หมายความว่า ความผันแปรทั้งหมดของข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของ HE (%) บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาตรภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM), แรงในการขันสกรู (Torque), ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure), อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) และแรงในการขันสกรู (Torque), อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) และอันตรกิริยาระหว่างแรงในการขันสกรู (Torque) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) เท่ากับ 87.0 เปอร์เซ็นต์ โดยจำนวนที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ว่ามาจากแหล่งความผันแปรใด และค่า R-Sq (adj) มีค่าใกล้เคียงกับ R-Sq แสดงว่ามีโอกาสน้อยที่จะพบว่ามีพจน์ที่ไม่มีนัยสำคัญได้ถูกเติมลงไปในแบบจำลอง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 6.8 พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า แบบจำลองการถดถอยที่สร้างขึ้นมีนัยสำคัญของการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

6.3 การสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติโดยใช้แนวคิดลีน

จากพื้นฐานการปฏิบัติงานภายในโรงงานกรณีศึกษาซึ่งบางขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงานพนักงานจะอาศัยความเคยชิน ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างไม่มีระเบียบแบบแผน บ่อยครั้งที่เกิดความ

สับสน หรือไม่แน่ใจในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเปล่า ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นจากกระบวนการ การเคลื่อนย้าย ตรวจสอบ จัดเก็บ และการรอคอยที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยลดความสูญเปล่าเหล่านั้น โดยระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่สร้างขึ้นมานั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเกิดขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้องสำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณบนเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ เนื่องจากระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่กระบวนการขั้นตอนอื่นจะมีรายละเอียดของการปรับตั้งอุปกรณ์ เครื่องจักร และวิธีการทำงานที่แตกต่างกัน อีกทั้งระเบียบวิธีปฏิบัติงานดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้เป็นมาตรฐานในการสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานกระบวนการอื่นๆ ต่อไปได้

จากการศึกษาสภาพปัญหา และนำมาปรึกษาทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงาน พบว่านอกจากระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับตั้งค่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยของเครื่องจักร ที่จะส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของเปอร์เซ็นต์ก๊าซฮีเลียมภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้า เพิ่มขึ้นเป็น 97% แต่ยังมีปัญหาที่ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมลดน้อยลงอีก หลังจากที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟผ่านกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมมาได้ตามค่าที่กำหนดแล้ว แต่มาเกิดอาการเสียประเภท Drive exceeded time limit ภายหลัง เนื่องจากเกิดการรั่วไหลของก๊าซฮีเลียมจากภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกสู่ภายนอก ซึ่งปัจจัยเหล่านั้นคือ วิธีการในการติดซีลในกระบวนการติดซีลไม่ถูกต้อง ระยะเวลาในการนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผ่านกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมและติดซีล ไปเข้าสู่กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟภายในตู้ทดสอบเขียนและทดสอบสัญญาณเอ็กคาร์ลิเบอร์ใช้เวลานาน มีกระบวนการเคลื่อนย้าย ตรวจสอบ จัดเก็บ และการรอคอยชิ้นงานที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นเลยทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งชิ้นงานนาน

ขั้นตอนที่จะนำมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงแก้ไข จะเลือกขั้นตอนที่เป็นกิจกรรมประเภทที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non Value-added) ได้แก่ กิจกรรมประเภทเคลื่อนย้าย ตรวจสอบงาน จัดเก็บ และรอคอย ส่วนกิจกรรมประเภทปฏิบัติการจะไม่นำมาพิจารณา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอน	กิจกรรม	ประเภทของกิจกรรม
1	เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกระบวนการก่อนหน้า (โดยส่งงานเป็น batch แต่ละ batch มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวน 50 ตัว)	
2	รอพนักงานมาเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปสถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม	
3	เคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปยังสถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม (เส้นทางมีการวางชิ้นงานกีดขวางและไกลทำให้ขนส่งได้ล่าช้า)	
4	คัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำเข้าตู้อัดก๊าซฮีเลียม (โดยฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องเป็นโมเดล และรุ่นเดียวกัน)	
5	เปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียมและใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าภายในตู้	
6	ปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียม	
7	กดปุ่ม START ที่หน้าเครื่องเพื่อเริ่มการอัดก๊าซฮีเลียม	
8	เครื่องทำการอัดก๊าซฮีเลียมให้ได้ค่าตามปริมาณที่กำหนดและแสดงข้อความ PASS ที่หน้าเครื่องเมื่ออัดก๊าซฮีเลียมเสร็จแล้ว	
9	เปิดฝาตู้เพื่อนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากตู้	
10	เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้ครบ 50 ตัว (1 batch) เพื่อส่งงานไปกระบวนการต่อไป	
11	เคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปยังสถานีงานติดซีล (เส้นทางมีการวางชิ้นงานกีดขวางและไกลทำให้ขนส่งได้ล่าช้า)	
12	หยิบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟครั้งละ 1 ตัวและวางลงในฟิกเจอร์ใส่งาน	
13	ใช้อุปกรณ์จับหนีบซีลออกจากม้วนซีล	
14	ติดซีลลงบนตำแหน่ง Breather filter บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	
15	กดปุ่ม START เพื่อให้เครื่องทำการกดย้ำซีล	
16	ตรวจสอบความเรียบร้อยของการซีล	
17	เคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปยังสถานีงานเขียนสัญญาณ (เส้นทางมีการวางชิ้นงานกีดขวางและไกลทำให้ขนส่งได้ล่าช้า)	
18	คัดแยกงานก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณ (โดยฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องเป็นโมเดล และรุ่นเดียวกัน)	

รูปที่ 6.18 แผนภูมิขั้นตอนในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์

ขั้นตอน	กิจกรรม	ประเภทของกิจกรรม				
		○	⇨	□	D	▽
19	วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์	●	⇨	□	D	▽
20	เครื่องเอ็กคาร์ลิเบอร์ทำการสแกนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อตรวจสอบรายละเอียด เช่น รุ่น ลูกค้า และความจุ	●	⇨	□	D	▽
21	แขนกลจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อเตรียมใส่เข้าตู้ทดสอบ	●	⇨	□	D	▽
22	เครื่องทดสอบทำการตรวจสอบคุณสมบัติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่าเหมือนกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอยู่ภายในช่องหรือไม่	●	⇨	□	D	▽
23	เครื่องทดสอบทำการบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปในช่องที่มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟคุณสมบัติเดียวกัน	●	⇨	□	D	▽
24	ทำการเขียนสัญญาณและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	●	⇨	□	D	▽
○ ปฏิบัติการ	⇨ เคลื่อนย้าย	□ ตรวจสอบงาน	D รอคอย	▽ จัดเก็บ		

รูปที่ 6.18 แผนภูมิขั้นตอนในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (ต่อ)

จากรูปที่ 6.18 ซึ่งแสดงขั้นตอนในกระบวนอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ สามารถจัดกลุ่มกระบวนออกมาได้เป็น 5 กลุ่ม คือ ปฏิบัติการ เคลื่อนย้าย ตรวจสอบงาน จัดเก็บ และรอคอย

6.3.1 การเลือกประเด็นปัญหาที่จะนำมาปรับปรุง

ทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงานมองว่ากระบวนการมีปัญหา ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเด็น คือ ปัญหาเรื่องการจัดเก็บและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต ปัญหาเรื่องระยะทางในการขนส่งและเคลื่อนย้ายงาน และปัญหาเรื่องระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน

1) ปัญหาเรื่องการจัดเก็บและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต

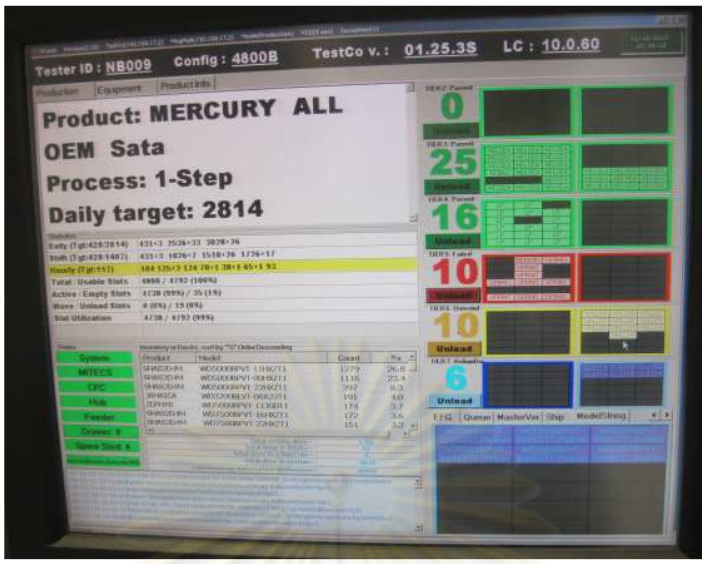
ปัญหาเรื่องการจัดเก็บและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความสมดุลของสัดส่วนความสามารถในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของระหว่างสถานีงานแต่ละสถานีงาน ในประเด็นปัญหานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของ WIP ในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อปัญหา Drive exceed time limit ซึ่งจะนำมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไข คือ WIP จากกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมและกระบวนการติดซีล ซึ่งถ้า WIP ในขั้นตอนนี้มีเป็นจำนวนมากและวางรอไว้ในกระบวนการ

ผลิตนาน จะส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมลดน้อยลงจนเกิดปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit ขึ้นได้

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ หรือปัจจัยที่มีผลต่อ WIP จากกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมและกระบวนการติดซีล พบว่าเกิดจากการไม่ทราบแผนและความสามารถในการผลิตของสถานีงานทดสอบและเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งเป็นสถานีงานต่อจากกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมและกระบวนการติดซีล เนื่องจากเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์บางเครื่องมีการหยุดเครื่องเพื่อทำการซ่อมบำรุง บางเครื่องเกิดการหยุดเครื่องโดยไม่ได้วางแผนไว้ และบางเครื่องหยุดเพื่อปรับแก้ไขเครื่องให้สามารถรองรับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ

แนวทางที่ใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับสาเหตุการไม่ทราบแผนและความสามารถในการผลิตของสถานีงานทดสอบและเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ คือการนำระบบคัมบัง (Kanban system) มาประยุกต์ใช้ในการทำงาน เพื่อช่วยให้การทำงานระหว่างสถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม สถานีงานติดซีล และสถานีงานทดสอบและเขียนสัญญาณมีการประสานงานที่ดี มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ทำการผลิตด้วยระบบดึง (Pull system) และมีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้ามาในสถานีงานที่ทำการผลิตในเวลาที่จำเป็นและด้วยจำนวนที่เหมาะสม

โดยแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบคัมบังในโรงงานกรณีศึกษา คือ การนำระบบคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้แทนคัมบังการ์ด โดยคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกับตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์เพื่อส่งข้อมูลจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ภายในตู้ รายละเอียดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่กำลังทำการทดสอบและการเขียนสัญญาณอยู่ภายในตู้เขียนและทดสอบสัญญาณเอ็กคาร์ลิเบอร์ โดยข้อมูลเหล่านั้นจะแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Monitor) และสัญญาณไฟกระพริบที่อยู่ภายนอกบริเวณด้านหน้าตู้ทดสอบ หน้าจอคอมพิวเตอร์และสัญญาณไฟจะใช้เป็นสัญญาณเพื่อบอกว่าตู้ทดสอบกำลังจะเขียนและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จเป็นจำนวนเท่าไหร่ และกำลังจะมีช่องว่างภายในตู้ทดสอบเหลืออีกจำนวนเท่าไหร่ที่สามารถรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใหม่เข้ามาสู่กระบวนการทดสอบและเขียนสัญญาณได้ต่อไป โดยหน้าจอที่แสดงความต้องการให้มีการอัดก๊าซฮีเลียมเพิ่มเติม จะแสดงความต้องการล่วงหน้า 60 นาทีก่อนที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นๆ จะทำการเขียนสัญญาณและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จ เพื่อให้สถานีอัดก๊าซฮีเลียมและสถานีงานติดซีลเตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ทัน โดยที่ตู้เขียนและทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์จะไม่เกิดช่องทดสอบว่าง (Idle) ภายในตู้โดยไม่ได้ใช้งาน



รูปที่ 6.19 หน้าจอ (Monitor) เพื่อใช้เป็นสัญญาณบอกว่าตู้ทดสอบกำลังจะเขียนและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จแล้ว

รูปที่ 6.20 สัญญาณไฟกระพริบเพื่อใช้เป็นสัญญาณบอกว่าตู้ทดสอบกำลังจะเขียนและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จแล้ว

2) ปัญหาเรื่องระยะทางในการขนส่งและเคลื่อนย้ายงาน

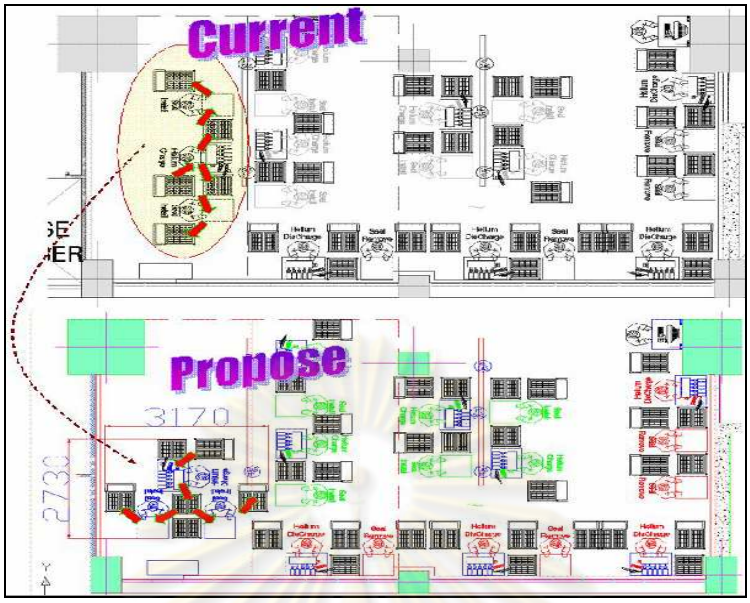
ปัญหาเรื่องระยะทางในการขนส่งและเคลื่อนย้ายงานในกระบวนการผลิต เป็นปัญหาที่มีสาเหตุมาจากการวางแผนผังโรงงานระหว่างสถานีงานแต่ละสถานีงาน ในประเด็นปัญหานี้ผู้วิจัยได้มีการประชุมร่วมกับทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงาน และวิศวกรฝ่ายวางแผนผังโรงงาน ทีมได้สรุปว่าปัจจัยที่มีผลกับระยะทางในการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ คือ ปัญหาการวางแผนผัง

(Layout) โรงงานระหว่างสถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม สถานีงานติดซีล และสถานีงานทดสอบและเขียนสัญญาณ

เพื่อกำหนดแผนผัง (Layout) ของสถานีงานออกมาใหม่ ได้นำเทคนิค ECRS มาใช้ในการพิจารณาเพื่อกำหนดแผนผังใหม่ โดยเลือกเทคนิค

R; Rearrange คือ การจัดลำดับสถานีงานใหม่ให้เหมาะสม โดยพิจารณาว่าการจัดแผนผังสถานีงานแบบเดิม จะทำให้เกิดความสูญเสียจากระยะทางในการเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเกิดขึ้น การจัดแผนผังสถานีงานใหม่นั้นจะต้องพิจารณาจากความสัมพันธ์ การติดต่องาน และความเกี่ยวข้องของสถานีงานด้วย เช่น สถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม สถานีงานติดซีล และสถานีงานเขียนและทดสอบสัญญาณเป็นสถานีงานที่ต้องส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อทำการผลิตต่อกัน ในการวางแผนผังโรงงานก็ควรจะจัดให้ทั้งสามสถานีงานนี้อยู่ใกล้กัน เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การติดต่อประสานงานกัน ช่วยลดระยะทางและระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายและขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงได้

S; Simplify คือ การปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น เนื่องจากแผนผังการวางสถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม สถานีงานติดซีล และสถานีงานเขียนและทดสอบสัญญาณแบบปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ทำให้สถานีงานเขียนและทดสอบสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้รับงานช้า บางครั้งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ได้รับอาจจะไม่ใช่โมเดล รุ่น หรือผลิตภัณฑ์ที่ทางตู้ทดสอบต้องการ หรือไม่ตรงกับช่องว่างสำหรับการทดสอบภายในตู้ทดสอบที่ว่างอยู่ จึงจำเป็นที่จะต้องนำระบบคัมบัง (Kanban system) และการเปลี่ยนแผนผังโรงงาน (Re-layout) เข้ามาช่วยเพื่อให้การติดต่อสื่อสารและแจ้งความต้องการได้ง่ายขึ้น สถานีงานอัดก๊าซฮีเลียม สถานีงานติดซีล ที่เคยอยู่ห่างกับสถานีงานทดสอบและเขียนสัญญาณ ก็จัดเปลี่ยนแผนผังใหม่ให้มาอยู่ใกล้กัน เพื่อไม่ต้องเสียเวลาในการขนส่ง การเสียเวลาในการขนส่งจะส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมลดน้อยลง ยิ่งใช้เวลาในการขนส่งมากก็จะทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมลดน้อยลง จนเกิดปัญหา Drive exceeded time limit ในกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ



รูปที่ 6.21 ตัวอย่างแผนผังโรงงานแบบใหม่จากทีม เพื่อช่วยลดระยะทางในการขนส่ง

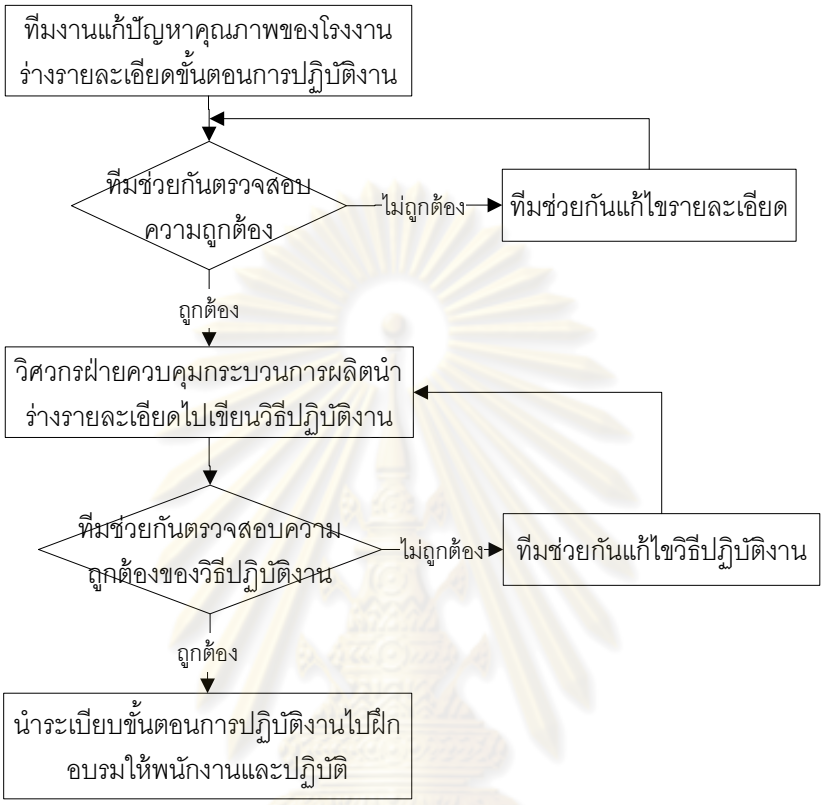
3) ปัญหาเรื่องระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน

ปัญหาเรื่องระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน เป็นปัญหาเนื่องมาจากระเบียบวิธีการปฏิบัติงานของบางขั้นตอน ไม่ได้ถูกระบุไว้ในเอกสารของทางโรงงานเพื่อฝึกอบรมให้พนักงานปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง เพื่อแก้ปัญหาเรื่องวิธีการปฏิบัติจึงต้องมีการจัดทำระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

1. ขั้นตอนการจัดทำระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการจัดทำระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ เริ่มต้นจากการที่ทีมงานสำหรับแก้ปัญหาคุณภาพของโรงงานประชุมและระดมสมองเพื่อร่างรายละเอียดของขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้องในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิตที่ยังไม่เคยมีการระบุลงในเอกสารเรียงตามลำดับก่อนหลังขึ้นมา จากนั้นทีมจะช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง ถ้าไม่ถูกต้องจะช่วยกันแก้ไขจนกว่าจะได้รายละเอียดขั้นตอนที่ถูกต้องครบถ้วน จากนั้นวิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตจะนำร่างรายละเอียดไปเขียนเป็นวิธีการปฏิบัติงานอย่างละเอียดเพื่อให้พนักงานสามารถเข้าใจได้ง่ายและปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง เมื่อเขียนระเบียบวิธีการปฏิบัติงานอย่างละเอียดเสร็จแล้ว จากนั้นจึงส่งระเบียบวิธีปฏิบัติงานอย่างละเอียดไปให้ทีมตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง แล้วจึงนำ

ระเบียบขั้นตอนนั้นไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง จากขั้นตอนการจัดทำระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่กล่าวมาทั้งหมดแสดงเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 6.22



รูปที่ 6.22 แผนภูมิขั้นตอนการจัดทำระเบียบวิธีปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์

2. รายละเอียดของระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ เป็นเอกสารที่แสดงถึงขั้นตอนวิธีการทำงานสำหรับใช้ในการอบรมให้กับพนักงานเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการทำงานแต่ละขั้นตอน โดยระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่จัดทำขึ้นประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ (รายละเอียดของวิธีการปฏิบัติงานในแต่ละหัวข้อแสดงไว้ในภาคผนวก ค)

1) ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนสัญญาณ (WI-HE-01)

2) ขั้นตอนการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (WI-HE-02)

3) ขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนทำการอัดก๊าซฮีเลียม (WI-HE-03)

4) ขั้นตอนการอัดก๊าซฮีเลียม (WI-HE-04)

5) ขั้นตอนการเตรียมซีล (WI-HE-05)

6) ขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนทำการติดซีล (WI-HE-06)

7) ขั้นตอนการติดซีล (WI-HE-07)

8) ขั้นตอนการแก้ปัญหางานติดซีล (WI-HE-08)

9) ขั้นตอนการนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องเขียนและทดสอบสัญญาณ (WI-HE-09)

โดยข้อมูลของการปรับตั้งค่าความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) แรงในการขันสกรูบนเครื่องขันสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Torque) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) จะแยกเก็บไว้ในเอกสารข้อมูลในการปรับตั้งเครื่องจักรของวิศวกรแผนกติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร ซึ่งจัดทำขึ้นสำหรับรองรับข้อมูลผลการออกแบบการทดลองที่ประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในอนาคต เพื่อจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลสำหรับใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด

6.4 การนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

จากนั้นนำขั้นตอนจากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการมาปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ คือ เปอร์เซ็นต์ของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้าน้อยที่สุด โดยได้ทำการระดมสมองเพื่อสร้างแผนการดำเนินงานสำหรับแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนดังกล่าว พร้อมด้วยผู้รับผิดชอบและกำหนดเวลาของแผนเป็น ดังนี้

ตารางที่ 6.9 แผนการดำเนินงานแก้ปัญหาของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

ลำดับ	ขั้นตอน	ผู้รับผิดชอบ	กำหนดเวลา
1.	การฝึกอบรมผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	วิศวกรฝ่ายติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	1 พ.ย. 52
2.	การฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติงาน	วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต	1 พ.ย. 52
3.	การทบทวนขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต	1 พ.ย. 52
4.	การปฏิบัติงานตามขั้นตอนของระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ	วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต	1 พ.ย. 52
5.	การสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ	วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต	1 พ.ย. 52
6.	การประเมินผลการปฏิบัติงาน	ทีมงาน	1 ก.พ. 53

6.4.1 การฝึกอบรมผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร

การฝึกอบรมผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการติดตั้ง ปรับตั้งค่า และซ่อมบำรุงเครื่องจักร ดำเนินการโดยวิศวกรฝ่ายติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ช่างที่ทำหน้าที่ในการปรับตั้งค่าและซ่อมบำรุงเครื่องจักรทราบถึงรายละเอียดของกระบวนต่างๆ รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้งเครื่อง และวิธีการแก้ปัญหาเมื่อพบปัญหาอาการเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) วิศวกรฝ่ายติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักรทำความเข้าใจในรายละเอียดของงานกระบวนการต่างๆ ที่มีผลมาจากการติดตั้ง ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ และซ่อมบำรุงเครื่องจักร และงานที่จะต้องมอบหมายให้ช่างแต่ละคน

2) วิศวกรฝ่ายติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักรอธิบายข้อมูลและกระบวนการทั้งหมดอย่างละเอียดให้ช่างที่ต้องทำหน้าที่ในการติดตั้ง ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ และซ่อมบำรุงเครื่องจักรทราบ และมอบหมายหน้าที่ให้แต่ละคน

3) ช่างแต่ละคนทำความเข้าใจในหน้าที่ที่ตนต้องรับผิดชอบ ถ้าเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยให้สอบถามกับวิศวกรฝ่ายติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องจักร

6.4.2 การฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติงาน

การฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติงานดำเนินการโดยวิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อให้พนักงานทราบถึงรายละเอียดของกระบวนการต่างๆ และงานที่ตนเองรับผิดชอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

1) วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตทำความเข้าใจในรายละเอียดของงานกระบวนการต่างๆ ที่ต้องดำเนินการ และงานที่จะต้องมอบหมายให้กับหัวหน้าพนักงานและพนักงานแต่ละคน

2) วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตอธิบายข้อมูลและงานทั้งหมดอย่างละเอียดให้กับหัวหน้าพนักงานและพนักงานแต่ละคนฟัง

3) วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตมอบหมายหน้าที่ให้กับหัวหน้าพนักงานและพนักงานแต่ละคน

4) หัวหน้าพนักงานพร้อมทั้งพนักงานแต่ละคนทำความเข้าใจในหน้าที่ที่ตนต้องรับผิดชอบ ถ้าเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยให้สอบถามกับวิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต

6.4.3 การทบทวนขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

โดยก่อนเริ่มปฏิบัติงานจะให้พนักงานแต่ละคนทบทวนขั้นตอนการทำงานที่ตนเองรับผิดชอบร่วมกัน เพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ซึ่งดูแลโดยหัวหน้าพนักงาน มีขั้นตอนดังนี้

1) วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตทบทวนขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยสรุป

2) วิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตสอบถามถึงหน้าที่ความรับผิดชอบและขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละคน เพื่อให้แน่ว่าพนักงานแต่ละคนจะสามารถปฏิบัติงานในส่วนของตนเองได้อย่างถูกต้อง และหากพบว่ามีส่วนใดไม่ถูกต้องให้หัวหน้าพนักงานดำเนินการแก้ไขและทำความเข้าใจกับพนักงานให้ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) หัวหน้าพนักงานทุกคนและพนักงานเตรียมปฏิบัติงาน

6.4.4 การปฏิบัติงานตามขั้นตอนของระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ

ในส่วนนี้เป็นการนำระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณที่ได้จัดทำขึ้นมาในระยะการหาวิธีการแก้ปัญหา ในส่วนที่หัวหน้าพนักงานและพนักงานแต่ละคนได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ และได้ผ่านขั้นตอนการทบทวนมาแล้วมาใช้กับการปฏิบัติงานจริง ในส่วนนี้ผู้รับผิดชอบ คือ หัวหน้าพนักงาน โดยหัวหน้าพนักงานเป็นผู้ควบคุมและปฏิบัติงานร่วมกับพนักงาน

6.4.5 การสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ

แผนภูมิควบคุมกระบวนการสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบจำนวนอาการเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้า ที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติงาน โดยวิศวกรฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตรวบรวมข้อมูลมาจากพนักงานประจำเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ และทำการสร้างแผนภูมิขึ้น โดยเลือกใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (แผนภูมิ p) ซึ่งเป็นแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย เนื่องจากการตรวจสอบข้อบกพร่องของโรงงานกรณีศึกษาโดยใช้เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ในกระบวนการจำแนกของเสีย โดยรายละเอียดของแผนภูมิควบคุมที่ใช้มีดังนี้

1) ความถี่ในการชักสิ่งตัวอย่าง

เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการผลิตแบบทำตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Made to order) ซึ่งในการผลิตตามใบสั่งซื้อหนึ่งๆ จำเป็นต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ทุกครั้ง เพื่อให้เหมาะสมกับรุ่นและโมเดลตามที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้นจึงกำหนดความถี่ของการชักสิ่งตัวอย่างทุกครั้งที่มีใบสั่งซื้อของลูกค้าหรือมีการเดินเครื่องจักรสำหรับผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้า

2) ขนาดตัวอย่าง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่ากระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการผลิตแบบทำตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และรายการผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษามีจำนวนไม่มากนัก ซึ่งโดยเฉลี่ยผลิตภัณฑ์รุ่นชาสต้าจะมีการผลิตทุกวัน ดังนั้นการสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิต

ในช่วงที่นำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติจึงเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียในแต่ละวัน โดยขนาดตัวอย่างมากกว่า 1,500 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้นไป

3) วิธีการวัด

พนักงานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์จะบันทึกข้อมูลผลผลิตและชิ้นงานของเสียที่หน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่อ

4) กฎการตัดสินใจ

กฎในการตัดสินใจเกี่ยวกับลักษณะ รูปแบบของข้อมูลในแผนภูมิควบคุมที่บ่งบอกถึงสภาวะของกระบวนเขียนและทดสอบสัญญาณที่มีแนวโน้มว่าจะออกนอกการควบคุม ได้แก่

1. Out of control คือ มีจุดใดจุดหนึ่งหรือมากกว่าออกนอกขีดจำกัดการควบคุมของแผนภูมิควบคุม

2. Run พิจารณาจาก

- มีจำนวนจุด 7 จุดอย่างต่อเนื่องของแผนภูมิควบคุมอยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลางของแผนภูมิควบคุม
- มีจำนวนจุด 6 จุดต่อเนื่องของแผนภูมิควบคุมอยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิควบคุม โดยที่มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งต่อไปนี้

- มีจุดอย่างน้อย 10 จุดใน 11 จุดต่อเนื่องอยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลางของแผนภูมิควบคุม

- มีจุดอย่างน้อย 12 จุดใน 14 จุดต่อเนื่องอยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลางของแผนภูมิควบคุม

- มีจุดอย่างน้อย 16 จุดใน 20 จุดต่อเนื่องอยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลางของแผนภูมิควบคุม

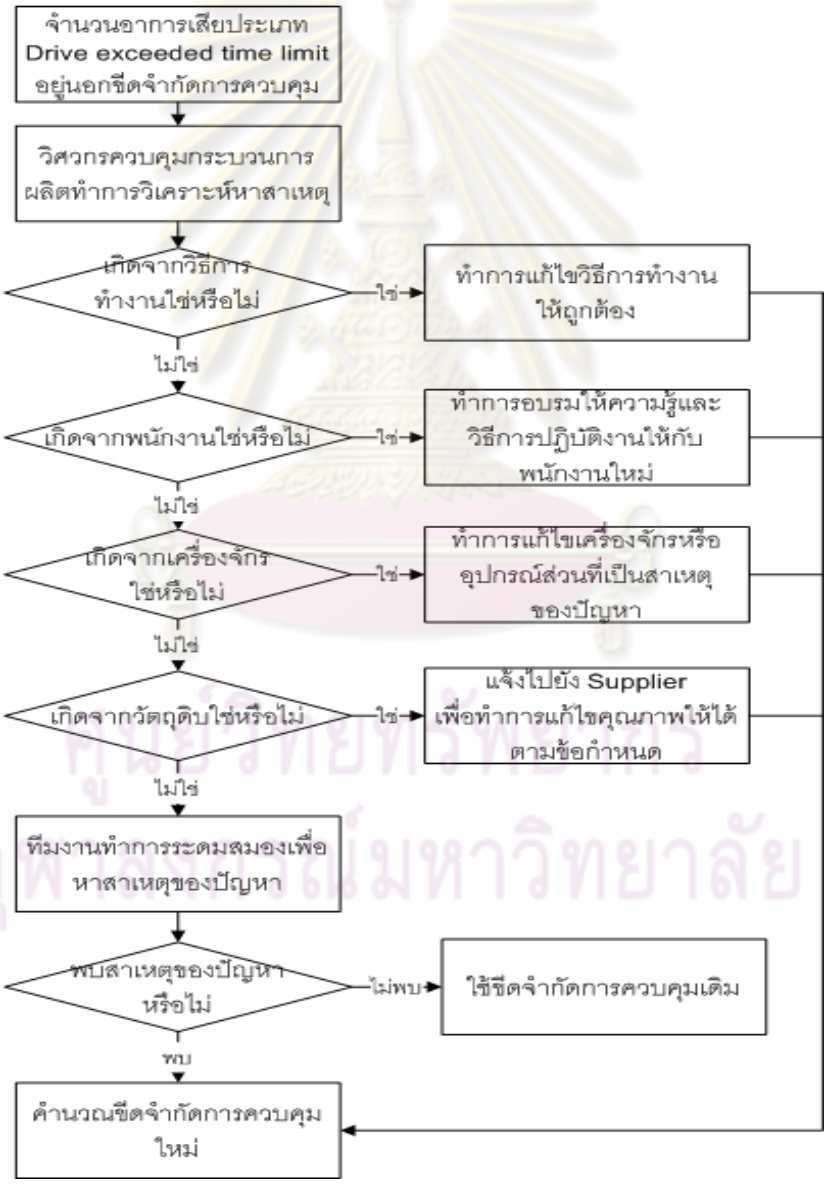
3. Trend หรือแนวโน้ม พิจารณาจากการที่กราฟแสดงจุด 7 จุดต่อเนื่อง เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่องในแผนภูมิควบคุม โดยมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับทีละน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. Cycle หรือ วัฏจักร คือรูปแบบที่แสดงถึงการขึ้นลงของข้อมูลอย่างมีระบบในคาบเวลาที่เท่ากัน

5) แผนการแก้ไขและป้องกันเมื่อเกิดสภาวะออกนอกการควบคุม

ถ้ามีจุดใดออกนอกขีดจำกัดการควบคุม (Out of control) ของแผนภูมิควบคุมแล้ว ต้องหาค่าความผันแปรที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติให้ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นอีก โดยขั้นตอนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้กระบวนการเข้าสู่สภาวะการควบคุมโดยเร็ว มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.23 แผนการแก้ไขและป้องกันเมื่อเกิดสภาวะออกนอกการควบคุม

6.4.6 การประเมินผลการปฏิบัติงาน

หลังจากที่ได้นำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ วิศวกรควบคุมกระบวนการผลิตเป็นผู้รวบรวมข้อมูลของเสียของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ประกอบกับแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่สร้างขึ้นสำหรับนำมาใช้ประเมินผลจากการนำขั้นตอนการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ และทำการสรุปผลข้อมูลที่ได้ภายในที่ประชุมของทีมงาน

6.5 สรุปผลระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

สำหรับบทนี้ได้ทำการหาวิธีการสำหรับนำมาใช้แก้ปัญหา โดยเริ่มจากการเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาของสาเหตุหลักที่ผ่านการคัดเลือกจากระยะการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาจากบทที่ 5 จากนั้นจึงทำการจัดกลุ่มวิธีการดังกล่าวเข้าด้วยกันโดยใช้แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง จนสามารถได้วิธีการแก้ปัญหาหลักๆ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกคือ การออกแบบการทดลองสำหรับแก้ปัญหาเรื่องค่าการปรับตั้งค่าความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) แรงในการขันสกรูบนเครื่องขันสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Torque) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ทราบถึงค่าของการปรับตั้งปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดจำนวนของเสียจากอาการ Drive exceeded time limit บนผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รุ่นชาสต้าน้อยที่สุด ได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) มีค่าเท่ากับ 1,200 rpm. แรงในการขันสกรู (Torque) มีค่าเท่ากับ 4 in.lb. และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) มีค่าเท่ากับ 1.2 atm. โดยอาศัยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ทำให้สามารถประมาณค่าของตัวแปรตอบสนองหลังการปรับระดับปัจจัยดังกล่าว และขั้นตอนที่สอง คือ การสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานโดยใช้แนวคิดลีน ในการจัดการปัญหาเรื่องการจัดเก็บและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต ปัญหาเรื่องระยะทางในการขนส่งและเคลื่อนย้ายงาน และปัญหาเรื่องการสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ที่ถูกต้องขึ้นมา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาพนักงานขาดการฝึกอบรมวิธีการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

เฟส V ระยะควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

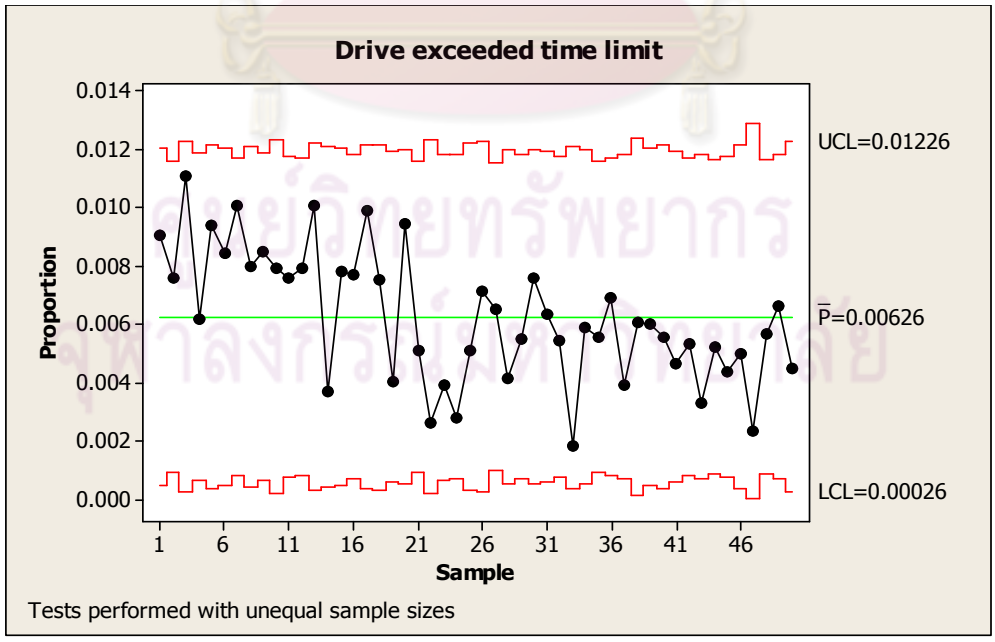
หลังจากนำขั้นตอนระยะการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา (บทที่ 5) ไปปฏิบัติตามแผนการดำเนินงานในระยะปรับปรุงแก้ไขปัญหา (บทที่ 6) แล้ว สำหรับระยะนี้เป็นการควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ ซึ่งข้อมูลที่ได้ประกอบไปด้วยข้อมูลหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ และนำมาประเมินผล

7.1 ข้อมูลหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

หลังจากที่ได้นำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติตามแผนการดำเนินงานแล้ว ได้ข้อมูลดังนี้

7.1.1 แผนภูมิควบคุม

หลังจากนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ ได้ทำการสร้างแผนภูมิควบคุมดังรายละเอียดที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ 50 ข้อมูล เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติมีการสุ่มเก็บข้อมูลสิ่งตัวอย่าง 50 ครั้ง ดังรูปที่ 7.1

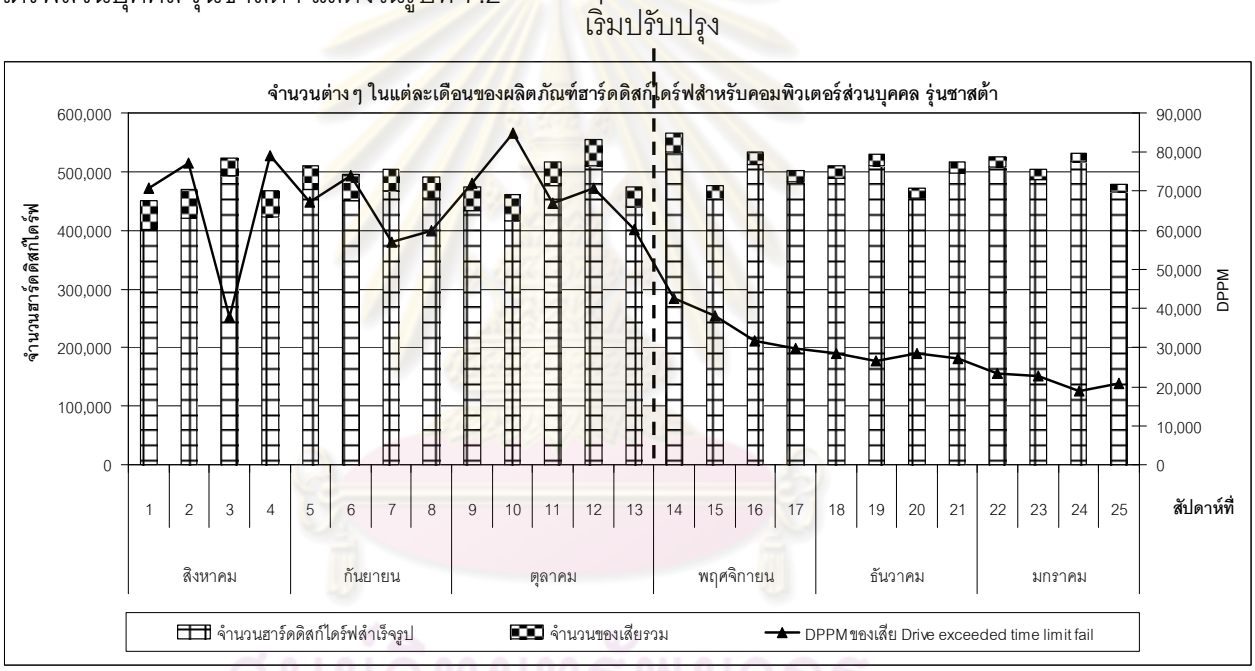


รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมของอาการเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นชาสต้า

จากรูปที่ 7.1 จะเห็นว่า จุดทั้งหมดอยู่ภายในขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย ไม่มีจุดใดที่ออกนอกจุดควบคุม และไม่เป็นไปตามกฎการตัดสินใจทั้ง 4 ข้อดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 6 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นชาสต้าของโรงงานกรณีศึกษาอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม ซึ่งถือว่าดี

7.1.2 จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า แสดงในรูปที่ 7.2

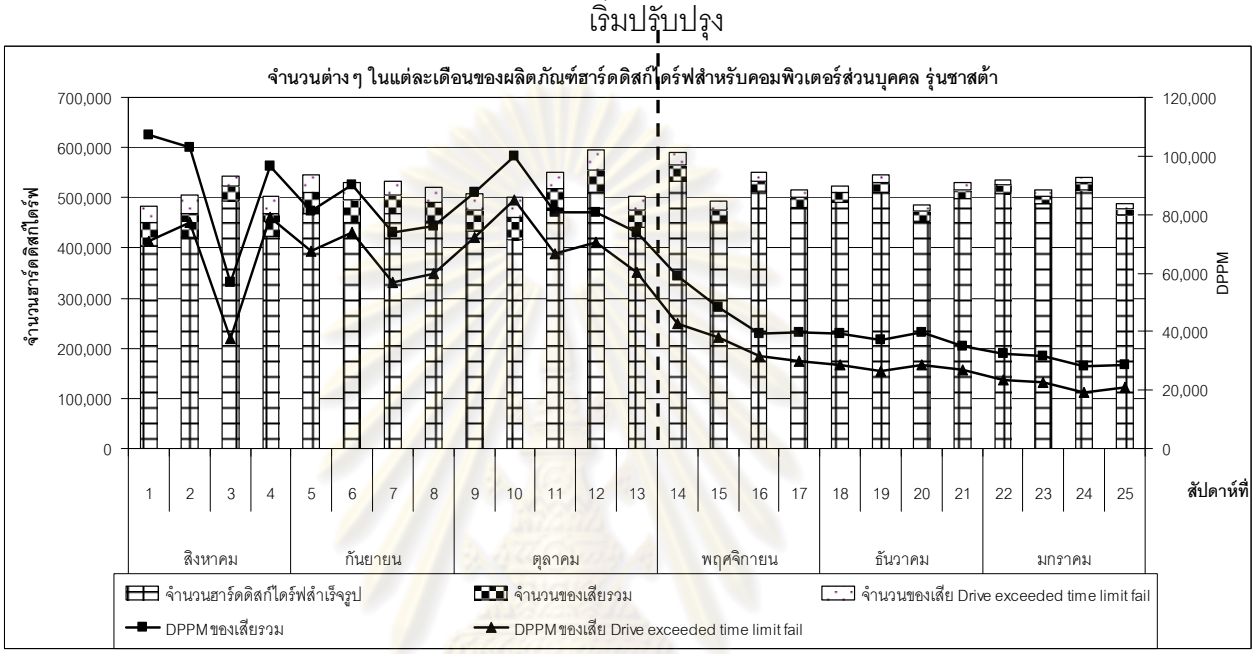


รูปที่ 7.2 กราฟจำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ก่อนและหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

จากรูปที่ 7.2 จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ก่อนการนำไปปฏิบัติในสัปดาห์ที่ 13 ของเดือนตุลาคมมีค่าอยู่ที่ 60,180 DPPM ในขณะที่หลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติจำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 25 ของเดือนมกราคม มีค่าเท่ากับ 20,834 DPPM

7.1.3 จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit และจำนวน DPPM ของของเสียรวม บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า

จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit และจำนวน DPPM ของของเสียรวม บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า แสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 กราฟจำนวน DPPM ของเสียบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า ก่อนและหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

รูปที่ 7.3 แสดงให้เห็นว่า จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit และจำนวน DPPM ของของเสียรวม บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้ามีแนวโน้มลดลง โดยก่อนที่จะนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit และจำนวน DPPM ของของเสียรวมในสัปดาห์ที่ 13 ของเดือนตุลาคม มีค่าเท่ากับ 60,180 และ 74,044 DPPM ตามลำดับ หลังจากที่ได้นำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ ปรากฏว่าในสัปดาห์ที่ 25 ของเดือนมกราคม มีจำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit และจำนวน DPPM ของของเสียรวมเท่ากับ 20,834 และ 28,624 DPPM ตามลำดับ

7.1.4 ลดความสูญเปล่าในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ

ผลจากการนำแนวคิดลีนมาใช้ในการแก้ปัญหากระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้ระบบคัมบังและแนวคิด ECRS มาช่วยลดความสูญเปล่าของกิจกรรมที่ไม่เกิดประโยชน์ในกระบวนการผลิต ทำให้สามารถลดกิจกรรมที่ไม่เกิดประโยชน์ในกระบวนการผลิต ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เป็นกิจกรรมที่ส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตนานจนเกิดก๊าซฮีเลียมรั่วออกสู่ด้านนอก แสดงในรูปที่ 7.4

ขั้นตอน	กิจกรรม	ประเภทของกิจกรรม				
		○	⇨	□	D	▽
1	เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกระบวนการก่อนหน้า (โดยส่งงานเป็น batch แต่ละ batch มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวน 50 ตัว)	○	⇨	□	D	▽
2	เปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียมและใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าภายในตู้	●	⇨	□	D	▽
3	ปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียม	●	⇨	□	D	▽
4	กดปุ่ม START ที่หน้าเครื่องเพื่อเริ่มการอัดก๊าซฮีเลียม	●	⇨	□	D	▽
5	เครื่องทำการอัดก๊าซฮีเลียมให้ได้ค่าตามปริมาณที่กำหนดและแสดงข้อความ PASS ที่หน้าเครื่องเมื่ออัดก๊าซฮีเลียมเสร็จแล้ว	●	⇨	□	D	▽
6	เปิดฝาตู้เพื่อนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากตู้	●	⇨	□	D	▽
7	เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้ครบ 50 ตัว (1 batch) เพื่อส่งงานไปกระบวนการต่อไป	○	⇨	□	D	▽
8	หยิบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟครั้งละ 1 ตัวและวางลงในฟิกเจอร์ใส่งาน	●	⇨	□	D	▽
9	ใช้อุปกรณ์จับหนีบซีลออกจากม้วนซีล	●	⇨	□	D	▽
10	ติดซีลลงบนตำแหน่ง Breather filter บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	●	⇨	□	D	▽
11	กดปุ่ม START เพื่อให้เครื่องทำการกดย้ำซีล	●	⇨	□	D	▽
12	ตรวจสอบความเรียบร้อยของการซีล	○	⇨	■	D	▽
13	วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์	●	⇨	□	D	▽
14	เครื่องเอ็กคาร์ลิเบอร์ทำการสแกนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อตรวจสอบรายละเอียด เช่น รุ่น ลูกค้า และความจุ	●	⇨	□	D	▽
15	แขนกลจับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อเตรียมใส่เข้าตู้ทดสอบ	●	⇨	□	D	▽
16	เครื่องทดสอบทำการตรวจสอบคุณสมบัติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่าเหมือนกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอยู่ภายในช่องหรือไม่	●	⇨	□	D	▽
17	เครื่องทดสอบทำการบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปในช่องที่มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟคุณสมบัติเดียวกัน	●	⇨	□	D	▽
18	ทำการเขียนสัญญาณและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	●	⇨	□	D	▽
○ ปฏิบัติการ	⇨ เคลื่อนย้าย	□ ตรวจสอบงาน	D รอคอย	▽ จัดเก็บ		

รูปที่ 7.4 แผนภูมิขั้นตอนในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ หลังจากนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้

7.2 การประเมินผล

ผลจากการนำวิธีการแก้ไขปัญหาไปปฏิบัติอันประกอบไปด้วย การนำผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองมาใช้กำหนดการปฏิบัติงานในส่วนของการปรับค่าความเร็วรอบ (RPM) ในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แรงในการขันสกรู (Torque) บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) ร่วมกับการนำระบบคัมบัง แนวคิด ECRS การปรับผังโรงงาน และการสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า จากนั้นกำหนดแผนในการนำไปใช้งานจริง นำเสนอต่อที่ประชุมทีมงานของโรงงานกรณีศึกษา โดยผลของการนำวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวไปใช้ในการปฏิบัติงานของพนักงานในช่วงระยะเวลาที่ดำเนินงานวิจัยแสดงอยู่ในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ผลของการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

ผล	หน่วยวัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การปรับปรุง
1. จำนวน DPPM ของของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า (DPPM)	DPPM	60,180	20,834	39,346
2. จำนวน DPPM ของของเสียรวมบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า (DPPM)	DPPM	74,044	28,624	45,420
3. จำนวนครั้งในการขนส่งและเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ครั้ง/ชิ้นงาน	3	0	100%
4. จำนวนครั้งการรอคอยในกระบวนการผลิต	ครั้ง/ชิ้นงาน	1	0	100%
5. จำนวนครั้งของการตรวจสอบและคัดแยก	ครั้ง/ชิ้นงาน	3	1	67%

7.3 สรุปผลระยะควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

จากการประเมินผลการปฏิบัติงานในที่ประชุมทีมงานพบว่า ทีมงานมีความพึงพอใจในผลของการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งส่งผลทำให้สามารถลดจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้าลงได้ 39,346 DPPM ส่งผลให้ DPPM ของของเสียรวมบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้าลดลง 45,420 DPPM จำนวนครั้งในการขนส่งและเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จำนวนครั้งการรอคอยในกระบวนการผลิต มีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 100% และจำนวนครั้งของการตรวจสอบและคัดแยกมีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 67%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากรายละเอียดภายในงานวิจัยที่ได้ดำเนินการมาทั้งหมด สามารถสรุปผลได้ดังนี้

8.1 สรุปผลการวิจัย

จากงานการวิจัยดังกล่าว ซึ่งได้เสนอแนะแนวทางในการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอนนั่น คือ ขั้นตอนการศึกษาเพื่อนิยามปัญหา (Define phase) ขั้นตอนศึกษาระบบการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา (Measurement phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และขั้นตอนควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control phase) ประกอบกับแนวคิดลีนเพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถที่จะลดจำนวนของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้าให้เหลือประมาณ 20,834 DPPM และสามารถลดจำนวนของเสียรวมให้เหลือ 28,624 DPPM จำนวนครั้งในการขนส่งและเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จำนวนครั้งการรอคอยในกระบวนการผลิต มีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 100% และจำนวนครั้งของการตรวจสอบและคัดแยกมีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 67%

ได้ผลสรุปแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ กับโรงงานกรณีศึกษา และผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยในแต่ละระยะ

8.1.1 สรุปผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ของวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ภายในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลของการปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องมือดังกล่าวจากประสบการณ์ตรงของผู้วิจัยในรายละเอียด ดังนี้

1. ความยาก-ง่ายในการนำไปปฏิบัติ โดยพิจารณาจากความสามารถในการนำเครื่องมือ/ เทคนิคไปประยุกต์ใช้ต่อภายหลังจากการทำวิจัย โดย

เครื่องมือ/ เทคนิคที่สามารถนำไปใช้ต่อได้โดยไม่ต้องใช้การคำนวณ จะพิจารณาให้อยู่ที่ระดับง่าย

เครื่องมือ/ เทคนิคที่สามารถนำไปใช้ต่อได้โดยต้องใช้การคำนวณ จะพิจารณาให้อยู่ที่ระดับปานกลาง

เครื่องมือ/ เทคนิคที่สามารถนำไปใช้ต่อได้โดยต้องใช้การคำนวณทางสถิติมาก จะพิจารณาให้อยู่ที่ระดับยาก

2. ความเหมาะสมของการนำไปใช้

3. ผลที่ได้รับจากการปฏิบัติ

4. การนำไปประยุกต์ใช้ต่อหลังสิ้นสุดงานวิจัย

โดยผลการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ในรายละเอียดดังกล่าวแสดงได้ในตารางที่ 8.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1 ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ในงานวิจัย

เครื่องมือ/ เทคนิคที่ใช้	ความยาก-ง่ายในการนำไปปฏิบัติ	ความเหมาะสมของการนำไปใช้	ผลที่ได้รับจากการปฏิบัติ	การนำไปประยุกต์ใช้ต่อหลังสิ้นสุดงานวิจัย
แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow chart)	มีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	ลำดับขั้นตอนการเชื่อมโยงกระบวนการที่ชัดเจน	สามารถทำได้
กราฟ (Graph)	มีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	รูปแบบและแน้วโน้มของข้อมูล	สามารถทำได้
แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram)	มีความยากในระดับปานกลาง เนื่องจากต้องมีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	มีความเหมาะสม	ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สนใจ	สามารถทำได้
การระดมสมอง (Brainstorming)	มีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	การทำงานร่วมกันเป็นทีม และการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากหลายๆ คนเข้าด้วยกัน	สามารถทำได้
แผนภาพพาเรโต (Pareto diagram)	มีความยากในระดับปานกลาง เนื่องจากต้องอาศัยความเข้าใจในหลักการและการคำนวณเข้ามาช่วย	มีความเหมาะสม	สัดส่วน 80-20 ของข้อมูล ที่ทำให้สามารถสรุปหาต้นเหตุที่สำคัญในเรื่องที่พิจารณาได้	สามารถทำได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1 ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ในงานวิจัย (ต่อ)

เครื่องมือ/ เทคนิคที่ใช้	ความยาก-ง่ายในการนำไปปฏิบัติ	ความเหมาะสมของการนำไปใช้	ผลที่ได้รับจากการปฏิบัติ	การนำไปประยุกต์ใช้ต่อหลังสิ้นสุดงานวิจัย
แผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect matrix)	มีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	สาเหตุในด้านต่างๆ ที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ในเรื่องที่พิจารณา	สามารถทำได้
แบบสอบถาม (Questionnaire)	มีความยากในระดับปานกลาง เนื่องจากต้องอาศัยเทคนิคในการตั้งคำถามที่กระชับและรัดกุมเพียงพอ	มีความเหมาะสม	ผลการให้คะแนนของคำถามภายในแบบสอบถามที่เป็นข้อสรุปความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ที่ทำแบบสอบถาม	สามารถทำได้
แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagram)	มีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ	อาจไม่จำเป็นต้องใช้ก็ได้	การเชื่อมโยงแต่ละแนวคิดเข้ารวมกันเป็นกลุ่ม เพื่อช่วยให้สามารถจัดการได้อย่างเป็นระบบ ไม่สับสน	สามารถทำได้
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)	มีความยากมากในการนำไปปฏิบัติ เนื่องจากต้องอาศัยความรู้และเครื่องมือทางสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์ผล	มีความเหมาะสม	ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการและค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งปัจจัยนั้น	อาจไม่สามารถทำได้ เนื่องจากต้องใช้บุคคลที่มีความรู้ทางสถิติ
แนวคิดลีน	มีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	สามารถลดความสูญเปล่าที่ส่งผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้	สามารถทำได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.1.2 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยในแต่ละระยะ

ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระยะ ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

1) บทสรุปขั้นตอนการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา

ในขั้นตอนการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนแรกที่จะวิเคราะห์เพื่อกลั่นกรองถึงแหล่งที่มาของความผันแปรในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่มีผลต่อสัดส่วนของเสีย Drive exceeded time limit บนชิ้นงาน โดยเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและหลักการทางสถิติที่นำมาใช้มีดังนี้ คือ

- แผนภาพกระบวนการผลิต
- การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR & R)
- ฮีสโตแกรม
- แผนภูมิพาเรโต
- การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Cause and effect diagram)
- การวิเคราะห์ปัญหาด้วย Cause and effect matrix
- การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

เมื่อได้ศึกษากระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อประกันว่าข้อมูลจากการทดลองที่นำมาทำการวิเคราะห์มีความถูกต้อง จึงจำเป็นต้องศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เครื่องมือสำหรับวัดอาการเสีย Drive exceeded time limit คือเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (X-Caliber tester)

หลังจากได้ศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดพบว่า เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ทุกเครื่องมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (% Appraiser score) เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ (% Attribute score) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพิททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ (% Attribute screen effect score)

และประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 100% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น สรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ จากนั้นได้ทำการระดมความคิดจากทีมแก้ปัญหาคุณภาพในโรงงานเพื่อแจกแจงปัจจัยที่สำคัญที่กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งจากการระดมความคิดโดยใช้แผนผังก้างปลามาช่วยในการพิจารณา ได้จำนวนปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น 36 ปัจจัย และเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเหล่านี้ด้วย Cause and Effect matrix ทำให้สามารถที่จะกลั่นกรองปัจจัยจาก 36 ปัจจัย ให้เหลือ 17 ปัจจัย และสุดท้ายวิเคราะห์ด้วย FMEA สามารถที่จะเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้ทั้งสิ้น 8 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยที่มีแนวโน้มของผลกระทบต่อการเกิดของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ได้แก่ มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป, การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (ความดันในการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ), ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกันเกินไป, ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่, ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บน Top cover, ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี และเครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู Top cover ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด

2) บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาจะวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 8 ปัจจัยที่ได้จากการคัดเลือกในขั้นตอนการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา โดยจัดกลุ่มของปัจจัย 8 ปัจจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือการออกแบบการทดลอง และการสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานโดยใช้แนวคิดลีน

กลุ่มการออกแบบการทดลองมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover), แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม ได้นำหลักการทางสถิติมาใช้เพื่อทำการตัดสินใจว่าปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ คือการทดสอบความมีนัยสำคัญของ Two proportions จากผลการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อจำนวนของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มการสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานโดยใช้แนวคิดลีนประกอบด้วย การจัดการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป, ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่าง

กันเกินไป, ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่ และทำการติดซีลไม่ถูกวิธี

ดังนั้นขั้นตอนต่อไป คือการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ จึงพิจารณานำปัจจัยดังกล่าวที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของเสีย Drive exceeded time limit ไปทำการออกแบบการทดลองเพื่อความสัมพันธ์เชิงผันแปรระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญนี้และสัดส่วนของเสีย Drive exceeded time limit และกำหนดสภาวะของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อทำให้สัดส่วนของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีค่าต่ำที่สุด

3) บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในขั้นตอนการนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมสัดส่วนของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในสภาวะค่าต่างๆ ของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 8 ปัจจัย และพิจารณาสภาวะของปัจจัยทั้งแปด จากนั้นจึงทำการจัดกลุ่มวิธีการดังกล่าวเข้าด้วยกันโดยใช้แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง จนสามารถได้วิธีการแก้ปัญหาหลักๆ 2 ขั้นตอน

โดย 3 ปัจจัยในกลุ่มการออกแบบการทดลอง คือ ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover), แรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม ด้วยหลักการทางสถิติที่นำมาใช้ คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอรียล ผลการทดลองเพื่อการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าปัจจัยทั้ง 3 อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบและแรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม อันตรกิริยาระหว่างแรงในการขันสกรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) และค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสัดส่วนของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยระดับที่เหมาะสมในการใช้งานของปัจจัยนำเข้า คือ

- ค่าความเร็วรอบในการขันสกรู (RPM) มีค่าเท่ากับ 1,200 rpm.
- แรงในการขันสกรู (Torque) มีค่าเท่ากับ 4 in.lb.
- ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Pressure) มีค่าเท่ากับ 1.2 atm.

ส่วนอีก 5 ปัจจัยในกลุ่มการสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานโดยใช้แนวคิดลีน ได้นำแนวคิดระบบคัมบัง (Kanban system) และ ECRS มาใช้ในการจัดการปัญหาเรื่องการจัดเก็บและจัดการ WIP ในกระบวนการผลิต ปัญหาเรื่องระยะทางในการขนส่งและเคลื่อนย้ายงาน

จากนั้นจึงสร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าทดสอบในตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ที่ถูกต้อง

4) บทสรุปขั้นตอนการควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

การพิจารณาลักษณะของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 8 ปัจจัย แล้วนำไปเขียนเป็นระเบียบวิธีปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต จากนั้นอบรมให้พนักงานในกระบวนการผลิตทราบเพื่อปฏิบัติเป็นมาตรฐานเดียวกัน หลังจากนั้นนำแผนภูมิควบคุมของเสียมาใช้เพื่อตรวจสอบจำนวนอาการเสียประเภท Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคลรุ่นซาสต้า จากนั้นประเมินผลการปฏิบัติงานพบว่า สามารถที่จะลดจำนวนของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้าให้เหลือประมาณ 20,834 DPPM และสามารถลดจำนวนของเสียรวมให้เหลือ 28,624 DPPM จำนวนครั้งในการขนส่งและเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จำนวนครั้งการรอคอยในกระบวนการผลิต มีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 100% และจำนวนครั้งของการตรวจสอบและคัดแยกมีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 67%

โดยการดำเนินงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 ได้ดังตารางที่ 8.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.2 ผลการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์	เนื้อหาบทที่	การดำเนินงาน	ผลลัพธ์ที่ได้
1) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหา Drive exceeded time limit ที่เกิดในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ	3	■ กำหนดปัญหาที่จะนำไปพิจารณาหาสาเหตุหลักของปัญหา	■ ประเด็นปัญหาที่พิจารณา คือ ปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า
	4	■ หาสาเหตุหลักของปัญหา	■ สาเหตุหลักของปัญหาได้แก่ มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป, การปรับตั้งค่าความดันในการเติมก๊าซฮีเลียม, ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ห่างกัน, ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไร และจำนวนเท่าไหร่, ค่าความเร็วรอบในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บน Top cover, ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี และแรงในการขันสกรู Top cover
		■ หาสาเหตุที่จะดำเนินการแก้ไข	■ สาเหตุที่จะนำไปแก้ไข ได้แก่สาเหตุหลักของปัญหาทั้งหมด
2) เพื่อเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยประยุกต์ใช้เทคนิคลีน ซิกซ์ ซิกมา	5	■ พัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	■ การออกแบบการทดลองและการสร้างระเบียบวิธีขั้นตอนการปฏิบัติงาน
	6	■ นำวิธีการแก้ปัญหาไปดำเนินการปฏิบัติจริง	■ การดำเนินการตามแผนงานที่กำหนด
	7	■ ประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ	■ ลดจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit ลงได้ 39,346 DPPM ■ ลดจำนวนของเสียรวมลงได้ 45,420 DPPM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.2 ผลการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ (ต่อ)

วัตถุประสงค์	เนื้อหาบทที่	การดำเนินงาน	ผลลัพธ์ที่ได้
			■ จำนวนครั้งในการขนส่งและเคลื่อนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จำนวนครั้งการรอคอยในกระบวนการผลิต มีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 100% ■ จำนวนครั้งของการตรวจสอบและคัดแยกมีเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง 67%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ข้อจำกัดของงานวิจัยมีดังนี้

1. งานวิจัยนี้มุ่งแก้ปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit ในกระบวนการขียนสัญญาณของโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น

2. ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมาศึกษามีเพียงรายการเดียวเท่านั้น คือ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า

8.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. การนัดประชุมระหว่างบุคลากรต่างๆ ภายในทีมงานค่อนข้างลำบาก เนื่องจากทีมงานมาจากคนละแผนกกัน ซึ่งเวลาที่แต่ละคนว่างตรงกันและสามารถนัดประชุมได้มีน้อย

2. ความไม่เข้าใจและไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานของพนักงานบางคน เนื่องจากความเคยชินในการปฏิบัติงานที่เคยทำมาก่อน จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการสื่อสารทำความเข้าใจ

3. เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง จะใช้วัตถุดิบคุณภาพเดียวกันกับการผลิตงานจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมจำนวนงานที่นำมาใช้ในการทดลอง เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายในการทดลองให้มีค่าต่ำที่สุด

4. เนื่องจากตัวแปรตอบสนอง คือของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า เป็นข้อมูลแบบจำนวนนับ (Attribute data) ดังนั้นวิธีทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีน้อย ไม่มีความหลากหลายในการวิเคราะห์ข้อมูล

8.4 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยมีความเห็นว่า โรงงานกรณีศึกษาควรมีการดำเนินการเพิ่มเติมในบางประเด็น ดังนี้

1. โรงงานกรณีศึกษาควรสอบถามข้อมูลจากผู้ขายเครื่องจักร ถึงความสามารถจากการใช้งานเครื่องจักร เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบและประเมินถึงสมรรถนะในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์

ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา ทำให้ทราบว่าระดับ DPPM ของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานมีค่าใกล้เคียงหรือแตกต่างจากค่าปกติที่ควรจะเป็นอย่างไร

2. จากการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ พบว่าผลที่ได้ คือ สามารถลดจำนวนของเสียประเภท Drive exceeded time limit และจำนวนของเสียรวมบนผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า ลงได้ 39,346 และ 45,420 DPPM ตามลำดับ ซึ่งถือว่ายังเป็นค่าที่สูงอยู่ โดยจากการเข้าไปดำเนินงานวิจัยในโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยพบว่า ปัญหาหลักที่เกิดจากพนักงานเป็นปัญหาที่เรื้อรังและไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากมีการเปลี่ยนพนักงานบ่อยจากการลาออกของพนักงาน รวมถึงการไม่ใส่ใจของพนักงานต่อผลการปฏิบัติงานและปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น ทำให้การแก้ปัญหาของเสียไม่สามารถปฏิบัติให้เกิดผลสำเร็จได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งในส่วนนี้ผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาจำเป็นที่จะต้องทบทวนระบบการจัดการทรัพยากรบุคคลภายในองค์กร เพื่อให้การปฏิบัติงานของพนักงานดำเนินไปในทิศทางเดียวกับแนวทางที่ผู้บริหารต้องการ

3. การดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาของเสีย Drive exceeded time limit บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนบุคคล รุ่นชาสต้า นั้นควรนำไปใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับแก้ปัญหาของเสียบนผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

4. โรงงานกรณีศึกษาควรมีผู้ที่มีความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีการเก็บข้อมูลอยู่ภายในฐานข้อมูลเป็นอย่างดี แต่ยังไม่ได้นำออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551. **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ Process Capability Analysis (PCA)**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551. **การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) (ประเมินผลด้วย MINITAB)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2549. **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เกียรติขจร โฆมานะสิน. 2549. Lean: **วิถีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

ชาญชัย บวรโชคชัย. 2545. **การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2550. **การวางแผนและควบคุมการผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เชิดศักดิ์ อนุทัต. 2545. **การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพการผลิตของโรงงานเบเกอรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา. 2547. **การตลาดสำหรับการบริการ: แนวคิดและกลยุทธ์**. กรุงเทพมหานคร: แอคทีฟ พริ้นท์.

นวลพรรณ ใจงาม. 2542. **การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีการซิกซ์ ซิกมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรยงค์ โตจินดา. 2542. **องค์การและการจัดการ Organization and Management**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: รวมสาสน์.

พิสิทธิ์ เจริญกิจวิวัฒน์. 2541. **การปรับปรุงคุณภาพสินค้าสำหรับลูกค้าในกรณีศึกษาของโรงงานประกอบแผงต่อสายเครื่องควบคุมไฟฟ้าและขั้วต่อปลายไฟฟ้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พูลพร แสงบางปลา. 2548. **การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษา TPM**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. 2548. **ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร. 2544. **การปรับปรุงผลิตภาพโดยใช้ระบบ SIX SIGMA ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ กรณีศึกษา : บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัชรศักดิ์ ทวีสุข. 2546. **การศึกษาปัจจัยในกระบวนการประกอบชุดประกอบสำเร็จหัวเขียนอ่านข้อมูลฮาร์ดดิสก์ที่มีผลกระทบต่อการโก่งตัวของหัวอ่านเขียนข้อมูลโดยใช้การออกแบบการทดลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย ริจิวนิช. 2545. **การศึกษาการทำงาน: หลักการและกรณีศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย ริจิวนิช. 2541. **การออกแบบผังโรงงาน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย นาทะพันธ์. 2551. **การควบคุมคุณภาพ Quality Control**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. 2547. **การพัฒนาคุณภาพเชิงปริมาณสำหรับงานด้านวิศวกรรมโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. 2548. **การบริหารการผลิตและการดำเนินงาน (Production & Operation Management)**. พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฮิโตชิ โอกุระ, วิเชียร เบญจวัฒนาผล และสมชัย อัครทิวา. 2545. **เทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ**. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Hayler, R. and Nichols, M. 2548. **การจัดการกระบวนการตามหลัก Six Sigma**. แปลโดย ดร. ไพโรจน์ บาลัน. กรุงเทพมหานคร: ส.เอเซีย เพลส.

Kume, H. 2544. **วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ**. แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ภาษาอังกฤษ

Anand, R.B., S.K., Ghorpade, A., Tiwari, M.K., and Shankar R. 2007. Six sigma based approach to optimize deep drawing operation variables. **International Journal of Production Research** 45, 5: 2365-2385.

Bartezzaghi, E., Spina, G.L., and Verganti, R. 1994. Lead-time models of business processes. **International Journal of Operations & Production Management** 14, 5: 5-20.

Breyfogle III, F. W. 1999. **Implementing six sigma smarter solutions using statistical methods.** New York: John Wiley&Sons.

Chen J. C., Li, Y., and Cox, R.A. 2009. Taguchi based six sigma approach to optimize plasma cutting process: an industrial case study. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology** 41, 7: 760-769.

Das, P., Roy, S., and Antony. J. 2007. An application of six sigma methodology to reduce lot to lot shade valiation of linen fabric. **Journal of Industrial Textiles** 36, 3: 227-251.

George, M.L. 2003. **Lean six sigma for service: How to use lean speed and six sigma quality to improve services and transactions.** New York: McGraw-Hill.

George, M.L., Rowlands, D., Price, M., and Maxey, J. 2005. **The lean six sigma pocket toolbook.** New York: McGraw-Hill.

Kiemele, M. J., Schmidt, S. R., and Berdine, R. J. 2000. **Basic statistics tools for continuous improvement.** 4th ed. USA: Air Academy Press & Associates, LLC.

Knowles, G., Johnson, M., and Warwood S. 2004. Medicated sweet variability: A six sigma application at a UK food manufacturer. **The TQM Magazine** 16, 6: 284-292.

Lo, W.C., Tsai, K.M., and Hsien, C.Y. 2009. Six sigma approach to improve surface lenses in the injection molding process. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology** 41, 5: 885-896.

Montgomery, D.C. 2009. **Design and analysis of experiments**. 7th ed. New Jersey: John Wiley & Sons (Asia).

Montgomery, D.C. 2009. **Statistical quality control: A modern introduction.** 6th ed. New Jersey: John Wiley & Sons (Asia).

Norman, G., Kaczmarski, P., and Pexton, C. **Integrating six sigma with lean & work-out in healthcare**[Online]. Available from: http://healthcare.isixsigma.com/library/content/c031126a.asp[12 Jan 2010]

Russell, R.S., and Taylor, B.W. III. 2003. **Operation management.** 4th ed. New Jersey: Upper Saddle River, Prentice Hall.

Schuck, P., Dolivet, A., Mejean, S., Zhu, P., Blanchard, E., and Jeantet R. 2009. Drying by desorption: a tool to determine spray drying parameters. **Journal of Food Engineering** 94, 5: 199-204.

Suri, Rajan. 1999. **Quick response manufacturing: A companywide approach to reducing lead times.** Productivity Press.

Su, C. T., Chou C. J., and Chen, L.F. 2009. Application of six sigma methodology to optimize the performance of the inter metal dielectric process. **IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing** 22, 5: 297-304.

Zeithaml, V.A., and Bitner, M.J. 2000. Service marketing: Integrating customer focus across the firm. New York: McGraw-Hill.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix)

การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

กำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญต่อลูกค้ามีค่า 0-10 โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อลูกค้า/ ไม่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

10 = มีความสำคัญต่อลูกค้าอย่างยิ่ง/ มีผลต่อ Drive exceeded time limit อย่างยิ่ง

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail (0-10)										
1	Man	วิศวกรในการเตรียมซอฟแวร์ ไม่ทราบล่วงหน้าถึงรุ่น และโมเดลที่จะทำการเขียนซอฟแวร์	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Man	พนักงานทำการอัดก๊าซฮีเลียมเข้าสู่ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกวิธี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Man	พนักงานขาดความรู้ความชำนาญ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Man	พนักงานติดซีล ทำการติดซีลไม่ถูกวิธี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Man	พนักงานลืมติดซีลลงบนตำแหน่ง Beather Filter บนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Man	พนักงานทำการติดซีลผิดตำแหน่ง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Man	ไม่มีการแยกและระบุรุ่น โมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างชัดเจน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Man	พนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกต้องตาม Process Flow	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Man	พนักงานไม่ทราบตำแหน่งการวางตู้ทดสอบสำหรับเขียนสัญญาณว่าตู้ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร ตั้งอยู่ที่บริเวณไหน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) (ต่อ)

การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

กำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญต่อลูกค้ามีค่า 0-10 โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อลูกค้า/ ไม่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

10 = มีความสำคัญต่อลูกค้าอย่างยิ่ง/ มีผลต่อ Drive exceeded time limit อย่างยิ่ง

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail (0-10)										
10	Man	พนักงานจัดส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ถูกต้อง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Machine	ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณไม่เหมาะสมกับรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำการเขียนสัญญาณ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Machine	ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนสัญญาณมีความผิดพลาดในการตรวจจับค่าตาม Spec. ที่กำหนด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Machine	ซอฟแวร์ในการเขียนสัญญาณไม่พร้อมต่อการใช้งาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Machine	การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (Helium Charge) ไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Machine	เครื่องที่ทำหน้าที่ในการขันสกรู ขันสกรูไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Machine	ตำแหน่งของตัวย้ำซีลติดตั้งไม่เหมาะสม ไม่ตรงตำแหน่ง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Machine	ตัวย้ำซีลอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งาน มีการชำรุด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Machine	ตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์มีการเคลื่อนย้ายบ่อย	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) (ต่อ)

การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

กำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญต่อลูกค้ามีค่า 0-10 โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อลูกค้า/ ไม่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

10 = มีความสำคัญต่อลูกค้าอย่างยิ่ง/ มีผลต่อ Drive exceeded time limit อย่างยิ่ง

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail (0-10)										
19	Machine	ตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์อยู่ในสภาพที่ชำรุดเสียหาย ที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยพนักงาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Material	ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาไม่ดี ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีการรั่วออกเร็วกว่าอัตราปกติ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Material	ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีรอยรั่วในตำแหน่งต่างๆ ตามชิ้นส่วนประกอบเนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ ไม่ดีมีรอยรั่ว ทำให้ก๊าซฮีเลียมมีอัตราการรั่วออกเร็วกว่าปกติ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	Material	ชิ้นส่วนประกอบมาจากผู้ขายหลายราย	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	Material	ซีลที่ใช้ไม่ได้คุณภาพ ทำให้ปริมาณก๊าซฮีเลียมรั่วออกนอกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมากกว่าปกติ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	Measurement	ไม่มีระบบการตรวจสอบสภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำมาอัดก๊าซฮีเลียม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) (ต่อ)

การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

กำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญต่อลูกค้ามีค่า 0-10 โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อลูกค้า/ ไม่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

10 = มีความสำคัญต่อลูกค้าอย่างยิ่ง/ มีผลต่อ Drive exceeded time limit อย่างยิ่ง

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail (0-10)										
25	Measurement	ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนนำงานเข้ากระบวนการเขียนสัญญาณ ว่าเกิดปัญหา Drive exceeded time limit fail ขึ้นหรือยัง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26	Method	พนักงานไม่ทราบว่าขณะนี้ต้องทำการอัดก๊าซฮีเลียมกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร เพื่อส่งไปให้กระบวนการเขียนสัญญาณ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27	Method	พนักงานไม่ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่ในพื้นที่ของตนเป็นรุ่นอะไร โมเดลอะไรบ้าง และจำนวนเท่าไหร่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28	Method	มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรออยู่ในกระบวนการผลิตมากเกินไป	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	Method	ไม่มีระบบแก้ไขปัญหาเมื่อการอัดก๊าซฮีเลียมไม่ได้ตามค่าที่กำหนด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	Method	ค่า Spec. ในการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix) (ต่อ)

การให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

กำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญต่อลูกค้ามีค่า 0-10 โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อลูกค้า/ ไม่มีผลต่อ Drive exceeded time limit

10 = มีความสำคัญต่อลูกค้าอย่างยิ่ง/ มีผลต่อ Drive exceeded time limit อย่างยิ่ง

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	อัตราความสำคัญต่อลูกค้า/ ผลกระทบต่อ Drive exceeded time limit fail (0-10)										
31	Method	ลำดับการขันสกรูตำแหน่งต่างๆ ทำให้การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่แน่นสนิท ก๊าซฮีเลียมจึงรั่วเร็วกว่าปกติ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	Method	พนักงานโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่รุ่น และโมเดลแตกต่างกันหลากหลาย ทำให้เครื่องทดสอบไม่สามารถจับคู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	Method	พนักงานไม่ทราบว่าตู้ทดสอบมีช่องเล็กๆ ว่างสำหรับใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นอะไร โมเดลอะไร จำนวนเท่าไหร่เพื่อที่จะโหลดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าตู้ทดสอบ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
34	Method	ระยะทางของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสถานีงานการอัดก๊าซฮีเลียม (Helium Charge) มาสถานีงานเชียนสัญญาณ (HX-Filler) อยู่ห่างกันเกินไป	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
35	Method	ไม่มีการกำหนดระเบียบวิธีการปฏิบัติงานและส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างสถานีงานในกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36	Environment	พื้นที่ตั้งเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์มีความสั่นสะเทือน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์การทดลอง

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)	Fitted Value	Residual
70	1	1600	2	1.2	82	83.3333	-1.3333
13	2	1200	2	1.2	85	84.8667	0.1333
10	3	1600	2	1	76	75.2000	0.8000
97	4	1200	2	1	79	78.6000	0.4000
46	5	1600	2	1.2	83	83.3333	-0.3333
103	6	1200	4	1.2	99	97.0000	2.0000
11	7	1200	4	1	81	82.8667	-1.8667
87	8	1200	4	1.2	98	97.0000	1.0000
9	9	1200	2	1	80	78.6000	1.4000
59	10	1200	4	1	85	82.8667	2.1333
86	11	1600	2	1.2	85	83.3333	1.6667
78	12	1600	2	1.2	86	83.3333	2.6667
114	13	1600	2	1	77	75.2000	1.8000
116	14	1600	4	1	78	76.8667	1.1333
21	15	1200	2	1.2	87	84.8667	2.1333
84	16	1600	4	1	75	76.8667	-1.8667
80	17	1600	4	1.2	94	93.4000	0.6000
35	18	1200	4	1	83	82.8667	0.1333
65	19	1200	2	1	77	78.6000	-1.6000
100	20	1600	4	1	76	76.8667	-0.8667

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)	Fitted Value	Residual
3	21	1200	4	1	80	82.8667	-2.8667
113	22	1200	2	1	78	78.6000	-0.6000
6	23	1600	2	1.2	84	83.3333	0.6667
111	24	1200	4	1.2	95	97.0000	-2.0000
95	25	1200	4	1.2	96	97.0000	-1.0000
64	26	1600	4	1.2	92	93.4000	-1.4000
28	27	1600	4	1	75	76.8667	-1.8667
15	28	1200	4	1.2	96	97.0000	-1.0000
72	29	1600	4	1.2	93	93.4000	-0.4000
107	30	1200	4	1	81	82.8667	-1.8667
75	31	1200	4	1	84	82.8667	1.1333
79	32	1200	4	1.2	98	97.0000	1.0000
22	33	1600	2	1.2	85	83.3333	1.6667
31	34	1200	4	1.2	97	97.0000	0.0000
48	35	1600	4	1.2	96	93.4000	2.6000
104	36	1600	4	1.2	94	93.4000	0.6000
4	37	1600	4	1	78	76.8667	1.1333
53	38	1200	2	1.2	86	84.8667	1.1333
60	39	1600	4	1	78	76.8667	1.1333
20	40	1600	4	1	79	76.8667	2.1333
81	41	1200	2	1	77	78.6000	-1.6000
51	42	1200	4	1	85	82.8667	2.1333
67	43	1200	4	1	80	82.8667	-2.8667
17	44	1200	2	1	81	78.6000	2.4000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)	Fitted Value	Residual
47	45	1200	4	1.2	94	97.0000	-3.0000
117	46	1200	2	1.2	85	84.8667	0.1333
73	47	1200	2	1	80	78.6000	1.4000
36	48	1600	4	1	77	76.8667	0.1333
82	49	1600	2	1	75	75.2000	-0.2000
41	50	1200	2	1	77	78.6000	-1.6000
54	51	1600	2	1.2	82	83.3333	-1.3333
108	52	1600	4	1	76	76.8667	-0.8667
94	53	1600	2	1.2	81	83.3333	-2.3333
69	54	1200	2	1.2	84	84.8667	-0.8667
77	55	1200	2	1.2	82	84.8667	-2.8667
18	56	1600	2	1	76	75.2000	0.8000
57	57	1200	2	1	79	78.6000	0.4000
5	58	1200	2	1.2	86	84.8667	1.1333
33	59	1200	2	1	78	78.6000	-0.6000
1	60	1200	2	1	78	78.6000	-0.6000
66	61	1600	2	1	74	75.2000	-1.2000
42	62	1600	2	1	77	75.2000	1.8000
90	63	1600	2	1	74	75.2000	-1.2000
14	64	1600	2	1.2	82	83.3333	-1.3333
71	65	1200	4	1.2	97	97.0000	0.0000
98	66	1600	2	1	73	75.2000	-2.2000
52	67	1600	4	1	74	76.8667	-2.8667
19	68	1200	4	1	83	82.8667	0.1333

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)	Fitted Value	Residual
91	69	1200	4	1	86	82.8667	3.1333
105	70	1200	2	1	79	78.6000	0.4000
106	71	1600	2	1	75	75.2000	-0.2000
26	72	1600	2	1	74	75.2000	-1.2000
56	73	1600	4	1.2	95	93.4000	1.6000
34	74	1600	2	1	76	75.2000	0.8000
62	75	1600	2	1.2	83	83.3333	-0.3333
118	76	1600	2	1.2	84	83.3333	0.6667
102	77	1600	2	1.2	84	83.3333	0.6667
58	78	1600	2	1	75	75.2000	-0.2000
119	79	1200	4	1.2	98	97.0000	1.0000
38	80	1600	2	1.2	85	83.3333	1.6667
83	81	1200	4	1	84	82.8667	1.1333
50	82	1600	2	1	75	75.2000	-0.2000
88	83	1600	4	1.2	93	93.4000	-0.4000
16	84	1600	4	1.2	94	93.4000	0.6000
85	85	1200	2	1.2	85	84.8667	0.1333
99	86	1200	4	1	85	82.8667	2.1333
8	87	1600	4	1.2	93	93.4000	-0.4000
68	88	1600	4	1	75	76.8667	-1.8667
30	89	1600	2	1.2	83	83.3333	-0.3333
27	90	1200	4	1	83	82.8667	0.1333
24	91	1600	4	1.2	94	93.4000	0.6000
61	92	1200	2	1.2	81	84.8667	-3.8667

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)	Fitted Value	Residual
96	93	1600	4	1.2	90	93.4000	-3.4000
120	94	1600	4	1.2	95	93.4000	1.6000
40	95	1600	4	1.2	92	93.4000	-1.4000
12	96	1600	4	1	77	76.8667	0.1333
32	97	1600	4	1.2	94	93.4000	0.6000
2	98	1600	2	1	77	75.2000	1.8000
23	99	1200	4	1.2	98	97.0000	1.0000
92	100	1600	4	1	79	76.8667	2.1333
25	101	1200	2	1	81	78.6000	2.4000
74	102	1600	2	1	74	75.2000	-1.2000
112	103	1600	4	1.2	92	93.4000	-1.4000
76	104	1600	4	1	77	76.8667	0.1333
89	105	1200	2	1	77	78.6000	-1.6000
93	106	1200	2	1.2	87	84.8667	2.1333
44	107	1600	4	1	79	76.8667	2.1333
55	108	1200	4	1.2	97	97.0000	0.0000
43	109	1200	4	1	81	82.8667	-1.8667
115	110	1200	4	1	82	82.8667	-0.8667
7	111	1200	4	1.2	98	97.0000	1.0000
29	112	1200	2	1.2	87	84.8667	2.1333
101	113	1200	2	1.2	86	84.8667	1.1333
109	114	1200	2	1.2	85	84.8667	0.1333
45	115	1200	2	1.2	83	84.8667	-1.8667
63	116	1200	4	1.2	98	97.0000	1.0000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	ความเร็วรอบ	แรง	ค่าความดัน	ความเข้มข้นของ HE (%)	Fitted Value	Residual
37	117	1200	2	1.2	84	84.8667	-0.8667
110	118	1600	2	1.2	81	83.3333	-2.3333
49	119	1200	2	1	78	78.6000	-0.6000
39	120	1200	4	1.2	96	97.0000	-1.0000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ค่าความน่าจะเป็นสะสมและค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในการสร้าง Normal probability plot

Order (*k*)	*Pk* = (k-1/2)/n x 100	Residual
1	0.4167	-3.8667
2	1.2500	-3.4000
3	2.0833	-3.0000
4	2.9167	-2.8667
5	3.7500	-2.8667
6	4.5833	-2.8667
7	5.4167	-2.8667
8	6.2500	-2.3333
9	7.0833	-2.3333
10	7.9167	-2.2000
11	8.7500	-2.0000
12	9.5833	-1.8667
13	10.4167	-1.8667
14	11.2500	-1.8667
15	12.0833	-1.8667
16	12.9167	-1.8667
17	13.7500	-1.8667
18	14.5833	-1.8667
19	15.4167	-1.6000
20	16.2500	-1.6000
21	17.0833	-1.6000
22	17.9167	-1.6000
23	18.7500	-1.4000
24	19.5833	-1.4000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ค่าความน่าจะเป็นสะสมและค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในการสร้าง Normal probability plot (ต่อ)

Order (*k*)	*Pk* = (k-1/2)/n x 100	Residual
25	20.4167	-1.4000
26	21.2500	-1.3333
27	22.0833	-1.3333
28	22.9167	-1.3333
29	23.7500	-1.2000
30	24.5833	-1.2000
31	25.4167	-1.2000
32	26.2500	-1.2000
33	27.0833	-1.0000
34	27.9167	-1.0000
35	28.7500	-1.0000
36	29.5833	-0.8667
37	30.4167	-0.8667
38	31.2500	-0.8667
39	32.0833	-0.8667
40	32.9167	-0.8667
41	33.7500	-0.6000
42	34.5833	-0.6000
43	35.4167	-0.6000
44	36.2500	-0.6000
45	37.0833	-0.4000
46	37.9167	-0.4000
47	38.7500	-0.4000
48	39.5833	-0.3333

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ค่าความน่าจะเป็นสะสมและค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในการสร้าง Normal probability plot (ต่อ)

Order (*k*)	*Pk* = (k-1/2)/n x 100	Residual
49	40.4167	-0.3333
50	41.2500	-0.3333
51	42.0833	-0.2000
52	42.9167	-0.2000
53	43.7500	-0.2000
54	44.5833	-0.2000
55	45.4167	0.0000
56	46.2500	0.0000
57	47.0833	0.0000
58	47.9167	0.1333
59	48.7500	0.1333
60	49.5833	0.1333
61	50.4167	0.1333
62	51.2500	0.1333
63	52.0833	0.1333
64	52.9167	0.1333
65	53.7500	0.1333
66	54.5833	0.1333
67	55.4167	0.1333
68	56.2500	0.4000
69	57.0833	0.4000
70	57.9167	0.4000
71	58.7500	0.6000
72	59.5833	0.6000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ค่าความน่าจะเป็นสะสมและค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในการสร้าง Normal probability plot (ต่อ)

Order (*k*)	*Pk* = (k-1/2)/n x 100	Residual
73	60.4167	0.6000
74	61.2500	0.6000
75	62.0833	0.6000
76	62.9167	0.6667
77	63.7500	0.6667
78	64.5833	0.6667
79	65.4167	0.8000
80	66.2500	0.8000
81	67.0833	0.8000
82	67.9167	1.0000
83	68.7500	1.0000
84	69.5833	1.0000
85	70.4167	1.0000
86	71.2500	1.0000
87	72.0833	1.0000
88	72.9167	1.1333
89	73.7500	1.1333
90	74.5833	1.1333
91	75.4167	1.1333
92	76.2500	1.1333
93	77.0833	1.1333
94	77.9167	1.1333
95	78.7500	1.1333
96	79.5833	1.4000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ค่าความน่าจะเป็นสะสมและค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในการสร้าง Normal probability plot (ต่อ)

Order (*k*)	*Pk* = (k-1/2)/n x 100	Residual
97	80.4167	1.4000
98	81.2500	1.6000
99	82.0833	1.6000
100	82.9167	1.6667
101	83.7500	1.6667
102	84.5833	1.6667
103	85.4167	1.8000
104	86.2500	1.8000
105	87.0833	1.8000
106	87.9167	2.0000
107	88.7500	2.1333
108	89.5833	2.1333
109	90.4167	2.1333
110	91.2500	2.1333
111	92.0833	2.1333
112	92.9167	2.1333
113	93.7500	2.1333
114	94.5833	2.1333
115	95.4167	2.1333
116	96.2500	2.4000
117	97.0833	2.4000
118	97.9167	2.6000
119	98.7500	2.6667
120	99.5833	3.1333

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนสัญญาณ ประกอบไปด้วยเอกสารดังนี้

1) ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนสัญญาณ (WI-HE-01)

2) ขั้นตอนการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (WI-HE-02)

3) ขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนทำการอัดก๊าซฮีเลียม (WI-HE-03)

4) ขั้นตอนการอัดก๊าซฮีเลียม (WI-HE-04)

5) ขั้นตอนการเตรียมซีล (WI-HE-05)

6) ขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนทำการติดซีล (WI-HE-06)

7) ขั้นตอนการติดซีล (WI-HE-07)

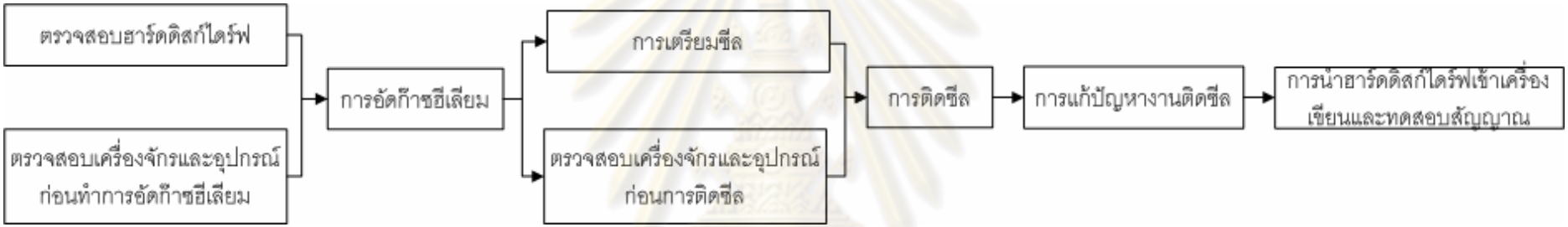
8) ขั้นตอนการแก้ปัญหางานติดซีล (WI-HE-08)

9) ขั้นตอนการนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องเขียนและทดสอบสัญญาณ (WI-HE-09)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-01	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 1
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ		

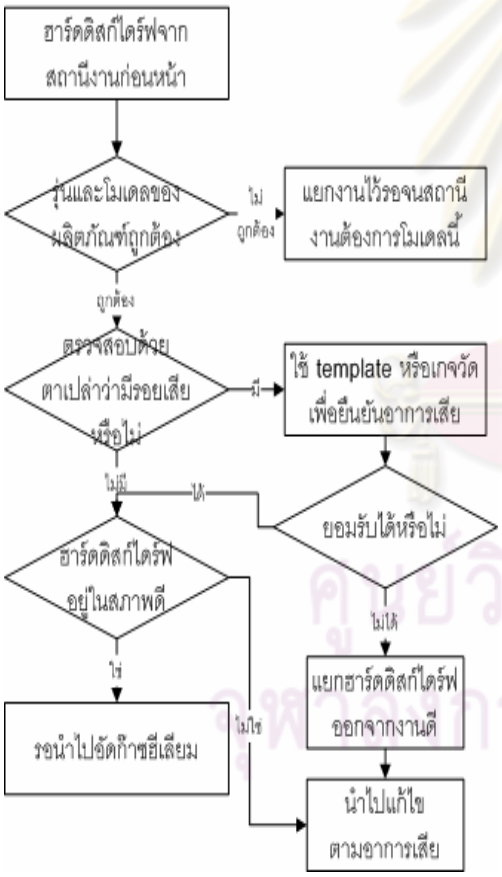
1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัติงานนี้ใช้สำหรับกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียมจนถึงกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ
2. ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานเป็นดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

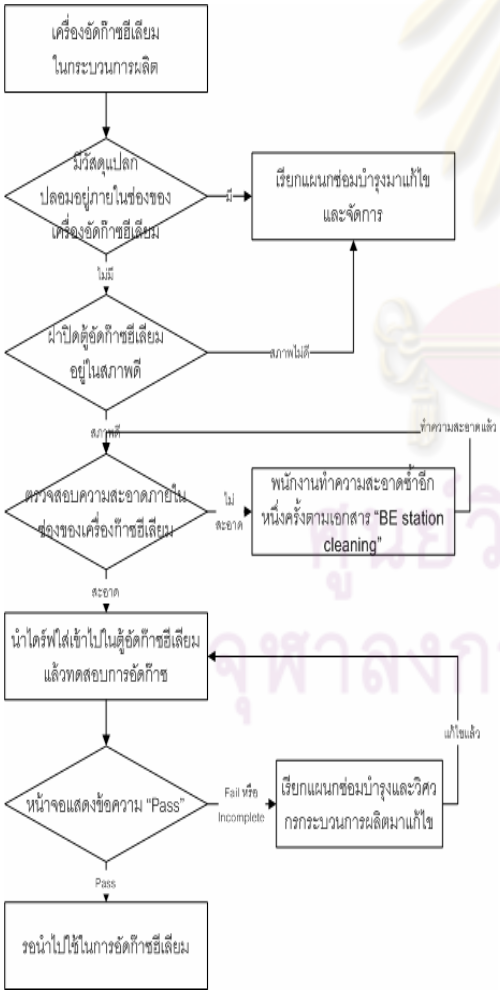
บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-02	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 2
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการตวรจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ		

1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม
2. อุปกรณ์ที่ต้องใช้ประกอบ ได้แก่ template สำหรับวัดขนาดรอยเสีย และเกจสำหรับวัดความหนาของอาการเสียบางอาการ
3. วิธีปฏิบัติ:

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. รับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาจากสถานีก่อนหน้า 2. ตรวจสอบรุ่นและโมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่าถูกต้องตามความต้องการของสถานีอัดก๊าซฮีเลียมหรือไม่ โดยดูจากหน้าจอแสดงความต้องการของ “ระบบคัมบัง” ที่ส่งมาจากตู้ทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ ถ้าพบว่าไม่ถูกต้องให้ทำการแยกงานเหล่านั้นไว้แล้ววางรอจนมีความต้องการรุ่นและโมเดลนี้แสดงที่หน้าจอ “ระบบคัมบัง” 3. ตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยตาเปล่าว่ามีร่องรอยอาการเสียหรือไม่ เช่น รอยยขีดข่วน รอยบุบ ยุบ เป็นต้น จากนั้นใช้ template หรือเกจวัดเพื่อยืนยันอาการเสียอีกครั้ง หลังจากตวรจสอบด้วยตาเปล่าแล้ว เนื่องจากขนาดของรอยเสียบางขนาดจะยอมรับได้ว่าเป็นงานดีได้ ส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไหนที่ยืนยันแล้วว่าเป็นงานเสียจริงๆ ให้คัดแยกออกเพื่อไปแก้ไขตามอาการเสียต่อไป 4. ตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่าอยู่ในสภาพดีหรือไม่ โดยตรวจดูสภาพทั่วไป เช่น ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีเสียงหรือไม่ ถ้ามีให้คัดแยกออกมาเป็นงานเสียแล้วส่งไปแก้ไขตามอาการเสีย 5. รอนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปเข้าเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม	พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-03	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 3
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการตวรจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการอัดก๊าซฮีเลียม (He Charge)		

1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม (He Charge)
2. เอกสารที่ต้องใช้ประกอบ ได้แก่ “I am OK” Check sheet
3. สิ่งที่ต้องทำ: ตรวจสอบเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมด้วยความระมัดระวัง โดยต้องกดปุ่ม “Emergency Stop” ก่อนทำการตรวจสอบ
4. วิธีปฏิบัติ

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. เครื่องอัดก๊าซฮีเลียมในกระบวนการผลิตที่มีการติดตั้งไว้อย่างถูกต้องและเรียบร้อย 2. ตรวจสอบภายในช่องของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมต้องไม่มีวัสดุแปลกปลอมอยู่ภายใน เช่น สติ๊กเกอร์ กระดาษ เศษโลหะ ถ้าตรวจสอบแล้วว่ามีสิ่งของเหล่านี้อยู่ภายในช่องอัดก๊าซฮีเลียม ให้ทำการเรียกแผนกรักษาและซ่อมบำรุงมาทำการแก้ไข 3. ตรวจสอบฝาปิดตู้อัดก๊าซฮีเลียมว่าไม่มีรอยแตกหัก ร้าว หรือรอยถลอก และตรวจเช็คสภาพของฝาปิดว่าอยู่ในสภาพดีไม่มีรอยสึก ถ้ามีร่องรอยเหล่านี้ห้ามพนักงานใช้งาน ให้เรียกแผนกรักษาและซ่อมบำรุงมาทำการแก้ไข 4. ตรวจสอบภายในช่องของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมต้องสะอาดไม่มีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกอยู่ภายใน และภายในช่องไม่มีรอยสึกที่บริเวณผิว ถ้าตรวจสภาพทั่วไปแล้วพบฝุ่นหรือสิ่งสกปรกให้ทำความสะอาดใหม่อีกครั้งก่อนเริ่มใช้งาน	แผนกรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องจักร พนักงาน พนักงาน พนักงาน

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-03	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 4
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการตวรจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการอัดก๊าซฮีเลียม (He Charge)		

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	5. ทดสอบการทำงานของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมเพื่อดูว่าการทำงานของเครื่องมีปัญหาหรือไม่ โดยการนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหนึ่งตัวใส่เข้าไปในช่องอัดก๊าซฮีเลียม ถ้าหลังทำการอัดก๊าซฮีเลียมแล้วหน้าจอของแสดงคำว่า “Fail” หรือ “Incomplete” ให้เรียกแผนกซ่อมบำรุงและวิศวกรกระบวนการผลิตมาแก้ไข แล้วจึงลองทดสอบใหม่อีกครั้งจนหน้าจอแสดงคำว่า “Pass” 6. รอนำเครื่องอัดก๊าซฮีเลียมมาใช้งานจริงในกระบวนการผลิต	พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

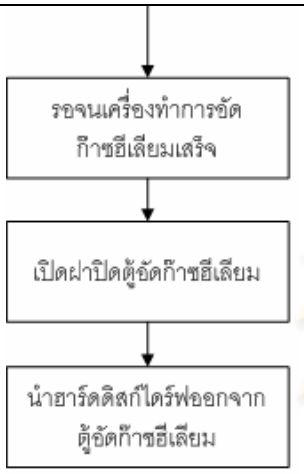
บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-04	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 5
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการอัดก๊าซฮีเลียม		

1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับกระบวนการอัดก๊าซฮีเลียม (He Charge)
2. เอกสารที่ใช้ประกอบ ได้แก่ ระบบคัมบัง
3. สิ่งที่ต้องทำ: ปฏิบัติงานตามวิธีการที่ระบุไว้ในเอกสารอย่างระมัดระวัง
4. วิธีปฏิบัติ:

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. เปิดโปรแกรมเพื่อเข้าสู่โปรแกรมการอัดก๊าซฮีเลียม โดยพนักงานจะต้องตรวจสอบดูว่าโปรแกรมที่ใช้ในการอัดก๊าซฮีเลียมถูกต้องตรงกับผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาอัดก๊าซฮีเลียม	พนักงาน
	2. เปิดฝาปิดตู้อัดก๊าซฮีเลียมด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันปัญหาฝาปิดตู้อัดก๊าซฮีเลียมแตก	พนักงาน
	3. ใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าสู่ภายในช่องเล็กๆ ของตู้อัดก๊าซฮีเลียม โดยขั้นตอนการใส่งาน ให้พนักงานใส่จากช่องด้านบนลงด้านล่าง ใส่จากช่องด้านซ้ายไปขวา เพื่อป้องกันปัญหาการใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าภายในตู้อัดก๊าซฮีเลียมไม่ครบทุกช่อง	พนักงาน
	4. หลังจากใส่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าภายในตู้อัดก๊าซฮีเลียมจนครบทุกช่องแล้ว ให้ปิดฝาปิดตู้อัดก๊าซฮีเลียมให้แน่นสนิท และระมัดระวังฝาปิดตู้กระแทกกับตัวตู้อัดก๊าซฮีเลียม	พนักงาน
	5. สแกนซีเรียลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทุกตัวในตู้อัดก๊าซฮีเลียมจากช่องด้านบนลงด้านล่าง และจากช่องด้านซ้ายไปด้านขวา เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทุกตัวถูกบันทึกข้อมูลการอัดก๊าซฮีเลียม	พนักงาน
	6. กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการอัดก๊าซฮีเลียม	พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

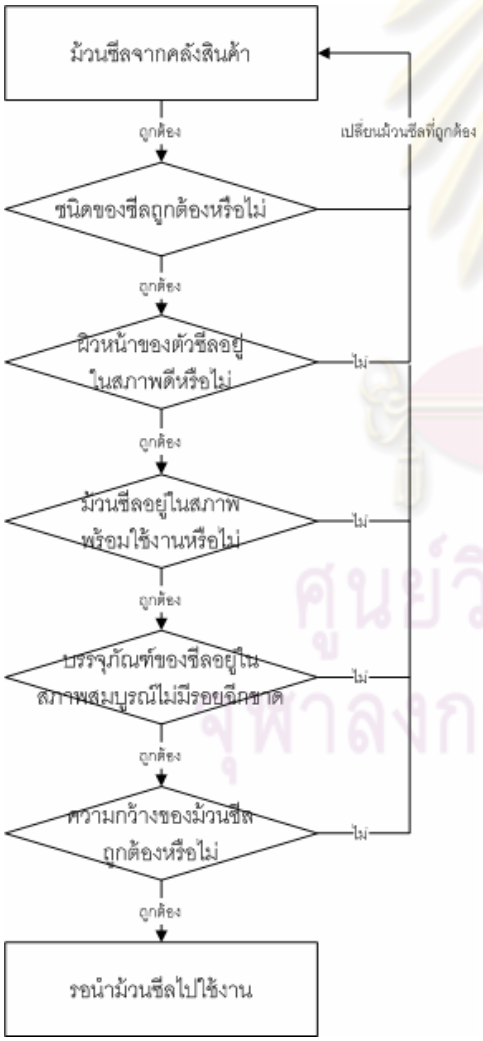
บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-04	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 6
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการอัดก๊าซฮีเลียม		

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	7. รอให้เครื่องทำการอัดก๊าซฮีเลียมจนได้ค่าและปริมาณตามที่กำหนด 8. เปิดฝาตู้อัดก๊าซฮีเลียมและนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากตู้ทีละตัวด้วยความระมัดระวัง 9. ส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปกระบวนการต่อไป	พนักงาน พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-05	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 7
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการเตรียมซีล		

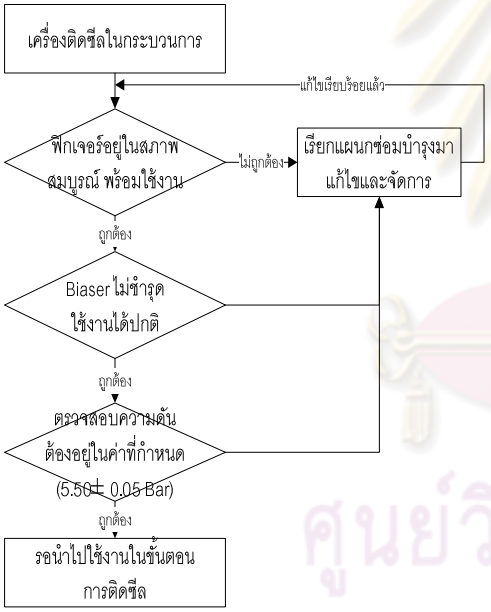
1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับการเตรียมซีลที่ใช้ในกระบวนการติดซีล (Seal Install)
2. เอกสารที่ต้องใช้ประกอบ ได้แก่ ใบเบิกวัตถุดิบ
3. สิ่งที่ต้องทำ: เตรียมซีลให้เท่ากับปริมาณที่ต้องใช้ในกระบวนการติดซีลเท่านั้น
4. วิธีปฏิบัติ:

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. เบิกม้วนซีลจากคลังสินค้ามายังแผนกติดซีล 2. ตรวจสอบชนิดของซีลว่าถูกต้องตามผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะนำมาติดซีลหรือไม่ โดยดูจากตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟว่าเป็นรุ่นและโมเดลอะไร ถ้าไม่ถูกต้องให้ส่งคืนคลังสินค้าแล้วเปลี่ยนซีลใหม่ 3. ตรวจสอบผิวหน้าของซีลว่าอยู่ในสภาพดีหรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในสภาพดีให้ส่งคืนคลังสินค้าแล้วเปลี่ยนซีลใหม่ 4. ตรวจสอบสภาพทั่วไปของม้วนซีล ได้แก่ รอยยับการอัดม้วนมาแน่นหรือไม่ และซีลมีการหลุดลอกหรือไม่ ถ้ามีรอยยับจำนวนมาก หรือซีลอัดม้วนมาไม่แน่นพอ หรือซีลมีการหลุดลอก ให้ส่งคืนคลังสินค้าแล้วเปลี่ยนซีลมาใหม่ 5. ตรวจสอบว่าบรรจุภัณฑ์ของม้วนซีลอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีรอยฉีกขาดก่อนนำมาใช้งาน ถ้ามีรอยฉีกขาดให้เปลี่ยนซีลม้วนใหม่ 6. ตรวจสอบความกว้างของม้วนซีลว่าถูกต้องตามขนาดที่เราต้องการใช้หรือไม่ โดยใช้ไม้บรรทัดวัด ถ้าไม่ถูกต้องให้ส่งคืนคลังสินค้า แล้วเปลี่ยนซีลมาใหม่ 7. รอนำม้วนซีลไปใช้งานที่กระบวนการติดซีล	พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-06	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 8
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนทำการติดซีล		

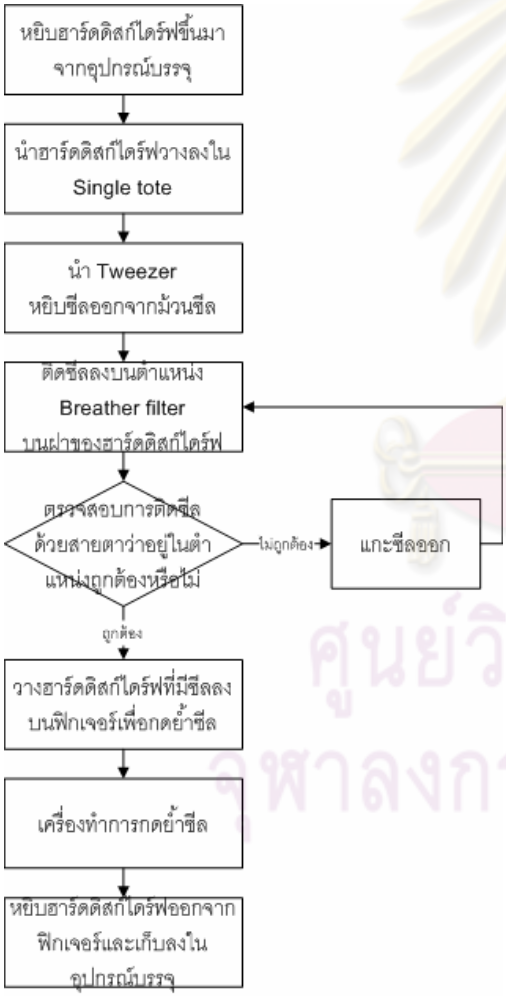
1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับเครื่องติดซีล (Seal Install)
2. เอกสารที่ต้องใช้ประกอบด้วย ได้แก่ “I am OK” Check Sheet
3. สิ่งที่ต้องทำ: ตรวจสอบเครื่องติดซีลด้วยความระมัดระวัง โดยต้องแน่ใจว่าเครื่องอยู่ในสภาพดังที่ตรวจสอบ
4. วิธีปฏิบัติ

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. เครื่องติดซีลในกระบวนการผลิตที่มีการติดตั้งอย่างถูกต้องและเรียบร้อย 2. ตรวจสอบว่าฟิกเจอร์ที่ใช้ในการวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอยู่ในสภาพสมบูรณ์ พร้อมใช้งาน ต้องไม่มีการสึกหรอ แตกร้าว ถ้าพบว่ามีลักษณะไม่สมบูรณ์ให้ทำการเรียกแผนกรักษาและซ่อมบำรุงมาทำการแก้ไข 3. ตรวจสอบว่า Biaser ต้องไม่ชำรุด ใช้งานได้ตามปกติ โดนการกดปุ่ม Start เพื่อดูว่า Biaser มีการทำงาน (Lock) และเลิกการทำงาน (คลาย Lock) ได้ตามปกติ ถ้ากดปุ่ม Start แล้ว Biaser ไม่ทำงานอย่างที่ต้องการ ให้เรียกแผนกรักษาและซ่อมบำรุงมาทำการแก้ไข 4. ตรวจสอบค่าความดันที่แสดงอยู่ที่หน้าจอเครื่องติดซีล โดยค่าที่กำหนดไว้คือ 5.50±0.05 bar ถ้าหน้าจอที่เครื่องซีลแสดงค่าความดันมากหรือน้อยกว่านี้ ให้เรียกแผนกรักษาและซ่อมบำรุงมาทำการแก้ไข 5. รอนำเครื่องติดซีลไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต	แผนกรักษาและซ่อมบำรุง พนักงาน พนักงาน พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-07	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 9
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการติดซีล (Seal Install)		

1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับกระบวนการติดซีล (Seal Install)
2. เอกสารที่ต้องใช้ประกอบ ได้แก่ ระบบคัมบัง
3. สิ่งที่ต้องทำ: ปฏิบัติงานตามวิธีการที่ระบุไว้ในเอกสารอย่างเคร่งครัดและระมัดระวัง
4. วิธีปฏิบัติ

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. หยิบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้นมาจากอุปกรณ์บรรจุฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยรุ่นและโมเดลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่หยิบมาต้องถูกต้องกับชนิดของซีลที่ใช้	พนักงาน
	2. นำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟวางลงใน Single tote โดยทิศทางการวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้หันด้านฝาของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้น และหันด้านบาร์โค้ดไปทางขวามือ	พนักงาน
	3. นำ tweezer หยิบซีลออกจากม้วนซีล โดยหยิบซีลแค่ครั้งละหนึ่งตัว เพื่อป้องกันปัญหาซีลเกินติดไปบนตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	พนักงาน
	4. ติดซีลลงบนตำแหน่ง Breather Filter บนฝาฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยการติดต้องให้ซีลปิดทับรูของ Breather Filter ทั้งหมด	พนักงาน
	5. ตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสายตาว่าตำแหน่งการติดซีลถูกต้อง ปิดทับตำแหน่งของ Breather Filter ทั้งหมด ไม่มีการติดเอียง เบี้ยว ถ้ามีการติดซีลไม่ถูกต้อง ให้ลอกซีลออกแล้วนำไปติดซีลใหม่	พนักงาน
	6. วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนฟิกเจอร์เพื่อให้เครื่องกดซีลทำการกดย้ำซีล จากนั้นนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากฟิกเจอร์ และเก็บลงในอุปกรณ์	พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-08	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 10
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: ขั้นตอนการแก้ปัญหางานติดซีล		

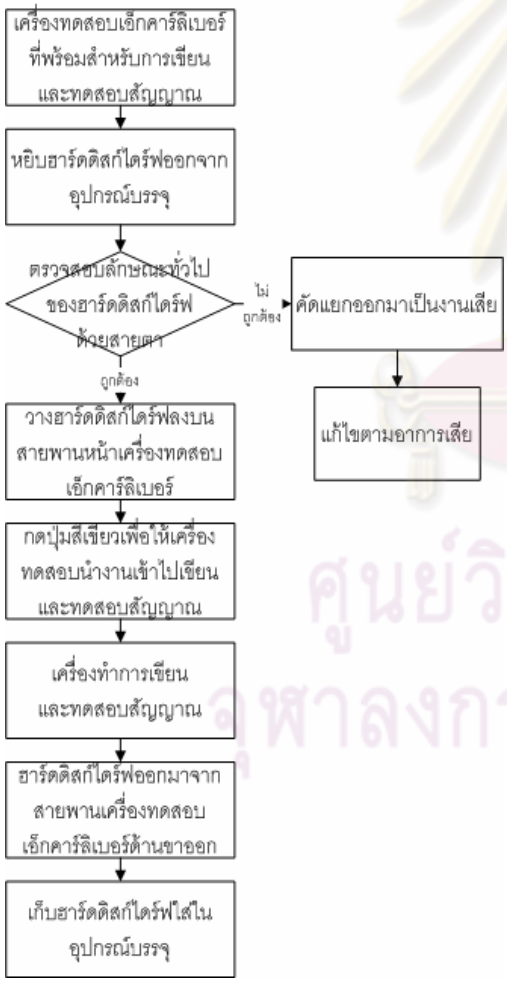
1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับกระบวนการติดซีล
2. วิธีปฏิบัติ:

ปัญหา	วิธีการแก้ไข
2.1 การติดซีลเบี้ยว: สังเกตได้ที่ตำแหน่งของตัวซีลไม่ปิดทับที่ตำแหน่ง Breather Filter ทั้งหมด	ฝึกอบรมพนักงานใหม่โดยพนักงานต้องใช้ตำแหน่งของ Breather Filter เป็นแนวเวลาทำการติดซีล
2.2 ปัญหาซีลเกิดรอยยับ: สังเกตโดยมองที่แผ่นซีลที่กำลังติดอยู่ โดยซีลจะมีลักษณะของรอยยับ ส่วนมากทิศทางการยับของซีลจะเป็นรอยยับขึ้นด้านบน	ทำได้โดยการเปลี่ยนซีลม้วนใหม่ เพราะปัญหานี้จะเกิดขึ้นเพราะวัตถุดิบนำเข้าที่นำมาใช้งาน
2.3 ปัญหาซีลติดแน่นไม่สนิท: สังเกตได้หลังจากเครื่องติดซีลทำการกดย้ำซีลลงไปแล้วซีลยังไม่ติดแน่นสนิทกับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ตรวจสอบค่าความดันที่เครื่องติดซีล โดยต้องปรับตั้งค่าความดันอยู่ที่ 5.50±0.05 bar ถ้าค่าความดันที่หน้าเครื่องแสดงค่าน้อยกว่านี้ พนักงานจะต้องเรียกแผนกติดตั้งและบำรุงรักษามาปรับค่า แต่ถ้าความดันอยู่ในระดับที่กำหนดไว้แล้ว ให้พนักงานเรียกวิศวกรกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์วัตถุดิบนำเข้าที่นำมาใช้
2.4 ปัญหาตัวติดย้ำซีลลงมาย้ำซีลได้ไม่ตรง ตาแหน่ง สังเกตได้จากหลังการติดซีลด้วยมือพนักงานแล้วพบว่าตัวซีลได้ปิดทับตำแหน่ง Breather Filter ทั้งหมด แต่เมื่อนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปวางบนฟิกเจอร์เพื่อให้เครื่องติดย้ำซีลเครื่องไม่สามารถกดลงไปที่ตำแหน่งซีลได้	เรียกแผนกติดตั้งและบำรุงรักษาเครื่องติดซีลมาแก้ไขตำแหน่งของตัวย้ำซีลให้ได้ตามมาตรฐาน
2.5 ปัญหาซีลฉีกขาด: สังเกตได้ที่ตำแหน่งของตัวซีลหลังจากนำออกมาจากเครื่องติดซีล (Seal install) มีลักษณะของรอยฉีกขาด รอยคราบและรอยขีดข่วน	ต้องเปลี่ยนตัวกดย้ำซีลใหม่ เนื่องจากตัวกดย้ำซีลมีความคมเกินไปเลยทำให้เกิดปัญหาซีลฉีกขาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ABC		
หมายเลขเอกสาร: WI-HE-09	วันที่ประกาศใช้: 1 พ.ย. 52	หน้า 11
ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง: การนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องเขียนและทดสอบสัญญาณ		

1. ขอบเขต: วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับกระบวนการเขียนและทดสอบสัญญาณ
2. เอกสารที่ต้องใช้ประกอบ ได้แก่ ระบบคัมบัง
3. สิ่งที่ต้องทำ: พนักงานต้องวางงานเมื่อระบบคัมบังแจ้งเตือน โดยปฏิบัติตามวิธีการที่ระบุไว้ด้านล่าง
4. วิธีปฏิบัติ

กระบวนการ	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
	1. เครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ที่พร้อมสำหรับทำการเขียนและทดสอบสัญญาณ 2. หยิบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากอุปกรณ์บรรจุ 3. ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสายตา เช่น รอยยขีดข่วน รอยบุบ รอยแตก เป็นต้น ซึ่งถ้าตรวจพบลักษณะและร่องรอยที่ผิดปกติบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้คัดแยกและส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นไปแก้ไขตามอาการเสีย 4. วางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงบนสายพานหน้าเครื่องทดสอบเอ็กคาร์ลิเบอร์ 5. กดปุ่มสีเขียวเพื่อให้เครื่องทดสอบนำงานเข้าไปเขียนและทดสอบสัญญาณ 6. จากนั้นเครื่องจะนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปภายในตู้ แล้วทำการเขียนและทดสอบสัญญาณ 7. หลังจากเขียนและทดสอบสัญญาณเสร็จแล้ว ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกส่งออกมาทางสายพานด้านขาออกเพื่อให้พนักงานเก็บงานออก 8. เก็บงานออกเพื่อเตรียมส่งไปสถานีต่อไป	วิศวกรฝ่ายเขียนและทดสอบสัญญาณ พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน พนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกันตา สุวรรณฤทธิ์ เกิดวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปี พ.ศ. 2547 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคต้นปีการศึกษา พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย