ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246957

การลดความผันแปรของเวลาการผลิตของครื่องจักร ในสายการประกอบชาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยนำทฤษฎีข้อจำกัด

นายฐากร พวงรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b04251519

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246957

การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

นายฐากร พวงระย้า

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5071413621

REDUCTION OF MACHINE CYCLE TIME VARIATION IN THE HARD DISK DRIVE ASSEMBLY LINE BY SIX SIGMA APPROACH

Mr. Thakorn Poungraya

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	การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า
โดย	นาย ฐากร พวงระย้า
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

ฐากร พวงระย้า: การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า. (REDUCTION OF MACHINE CYCLE TIME VARIATION IN THE HARD DISK DRIVE ASSEMBLY LINE BY SIX SIGMA APPROACH) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน , 280 หน้า.

246957

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อช่วยลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากการศึกษาสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพบว่ารอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรในสายการประกอบมีความแปรปรวนเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากสายการประกอบมีจำนวนลดลงตามทฤษฎีไดซ์เกมส์ งานวิจัยได้ออกแบบกระบวนการในการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า และหลักการทางสถิติ เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา วิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุงกระบวนการ และควบคุมกระบวนการ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ว่าเครื่องจักรใดในสายการประกอบมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีมากที่สุด เพื่อทำการปรับปรุงเป็นลำดับแรก แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นด้วย ผังแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ การทดสอบสมติฐาน เมื่อรู้สาเหตุที่แท้จริงแล้วก็ทำการปรับปรุงกระบวนการด้วย การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การถดถอย และการทดสอบสมมติฐาน เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร แล้วออกแบบและนำไปปฏิบัติวิธีการควบคุมกระบวนการที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้ว ผลการศึกษาพบว่าเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุด โดยมีความแปรปรวนที่ 6.6952 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 4.9482 สามารถปรับปรุงได้ 26.09% แล้วกลับไปวิเคราะห์ที่ขั้นตอนแรกใหม่ ซึ่งเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไดร์ฟมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายเป็นลำดับถัดไป โดยมีความแปรปรวนที่ 9.8641 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 สามารถปรับปรุงได้ 32.28% และเครื่องยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่3 เป็นเครื่องที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุดเป็นลำดับที่สามโดยมีความแปรปรวนที่ 7.3036 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 5.2098 สามารถปรับปรุงได้ 28.66% การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งสามเครื่อง สามารถเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จากสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 6.78% จากการปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการผลิตเป็นเงิน 67,800 เหรียญสหรัฐต่อปีต่อสายการประกอบที่ได้ทำการปรับปรุง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553 .....

5071413621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : CYCLE TIME / VARIATION / HARD DISK DRIVE / ASSEMBLY LINE / SIX SIGMA

THAKORN POUNGRAYA : REDUCTION OF MACHINE CYCLE TIME VARIATION IN THE HARD DISK DRIVE ASSEMBLY LINE BY SIX SIGMA APPROACH. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PRAMUAL SUTEECHARUWAT, Ph.D., 270pp.

246957

This research applied Six Sigma approach to reduce machine cycle time variation in the Hard Disk Drive assembly line. Following Dice Game theory, the study of 38 machines shows that the cycle time variation has an impact on an output of the process. Six Sigma and statistical approach such as problem measurement, problem analysis, process improvement and control are incorporated in this study to reduce the variation. The study started with analyzing all machines to find the cycle time of each machine, then indicating the machines that have the highest probability of the cycle time higher than the target, 4.5 seconds in this study. Cause and Effect Diagram, FMEA and Hypothesis Testing were used to mark the cause of that variation. When the causes were found out, Time Series Analysis, Regression and Hypothesis Testing were also used to reduce the machine cycle time variation. Finally, the process control is designed and implemented to maintain the variation after improvement. The study indicates that Topcover Install machine has the highest probability of cycle time higher than target. The cycle time variation before improvement was 6.6952 versus 4.9482 after improvement or 26.09% lower. Basedeck Load machine is ranked the second for the machines that have the probability of cycle time higher than target. The improvement process lowered the variation from 9.8641 to 6.6792 or by 32.28% lower. Topcover screw install machine is ranked the third for the machines that have the probability of cycle time higher than target. The improvement process lowered the variation from 7.3036 to 5.2098 or by 28.66% lower. By reducing machine cycle time variation at those three machines, the output of Hard Disk Drive assembly line was improved by 6.78%. This improvement project saves operation cost by 67,800 US dollar per year per assembly line.

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

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

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประมวล สุธีจารุวัฒน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล ที่ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 แนวความคิดของงานวิจัย..... 5

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 11

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย..... 11

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 11

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

2.1 วัตถุประสงค์..... 13

2.2 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 13

2.3 แนวคิดการดำเนินงานแบบซิกซ์ ซิกม่า..... 18

2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 62

บทที่ 3 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 66

3.1 วัตถุประสงค์..... 66

3.2 บทนำ..... 66

3.3 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 66

3.4 ขั้นตอนผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 68

3.5 ผลกระทบจากความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตต่อสายการประกอบ
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 71

3.6 บทสรุป..... 74

หน้า

บทที่ 4 การลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา..... 75
4.1 วัตถุประสงค์..... 75
4.2 บทนำ..... 75
4.3 การกำหนดปัญหา..... 76
4.4 การเปรียบเทียบความแปรปรวนของเครื่องจักรในสายประกอบ..... 77
4.5 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต..... 98
4.6 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล..... 104
4.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ..... 114
4.8 บทสรุป..... 121

บทที่ 5 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI..... 124
5.1 วัตถุประสงค์..... 124
5.2 บทนำ..... 124
5.3 การทดสอบสมมติฐานของเครื่อง TCI..... 126
5.4 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง TCI..... 145
5.5 บทสรุปการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI 161

บทที่ 6 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องลำดับถัดไป..... 165
6.1 วัตถุประสงค์..... 165
6.2 บทนำ..... 165
6.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL 166
6.4 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3..... 211
6.5 บทสรุป..... 246

บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการ..... 248
7.1 วัตถุประสงค์..... 248
7.2 บทนำ..... 248
7.3 การเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมกระบวนการ..... 248
7.4 การควบคุมกระบวนการผลิต..... 252

หน้า

7.5 การจัดทำมาตรการป้องกัน..... 253

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 254

8.1 บทนำ..... 254

8.2 บทสรุปการวัดเพื่อกำหนดปัญหา..... 254

8.3 บทสรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา..... 256

8.4 บทสรุปการปรับปรุงกระบวนการ..... 257

8.5 บทสรุปการควบคุมกระบวนการ..... 261

8.6 ประสิทธิภาพกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น..... 262

8.7 ข้อจำกัดในงานวิจัย..... 263

8.8 ข้อเสนอแนะ..... 263

รายการอ้างอิง..... 268

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 270

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สรุปการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	2
1.2	เครื่องจักรที่มีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตสูงกว่า 4.5 วินาที.....	4
1.3	แสดงผลผลิตที่ทำได้จริงกับกำลังการผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	6
1.4	แสดงแผนงานการทำวิจัยในขั้นตอนต่าง.....	12
2.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแม่นยำในการวัด.....	30
2.2	สัญลักษณ์ค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์.....	33
2.3	แสดงขอบเขตของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งแบบปกติ.....	37
2.4	แสดงค่าคาดหมายของรูปแบบอิทธิพลแบบสุ่ม.....	56
2.5	ชนิดของแผนภูมิควบคุม.....	59
4.1	แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร.....	80
4.2	แสดงค่า AD ของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องกับการกระจายแบบต่าง ๆ.....	88
4.3	แสดงค่าพารามิเตอร์และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร.....	91
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของข้อมูล ทีมีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	96
4.5	แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI.....	116
4.6	แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI.....	117
4.7	แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ.....	118
5.1	แสดงระยะของซี่พลาสติกของตะกร้าดีกับตะกร้าเสียที่ใช้ในการทดลอง.....	131
5.2	เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง TCI ก่อนและหลังปรับปรุง.....	138
5.3	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง.....	161
6.1	เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที.....	165
6.2	เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที.....	166

ตารางที่		หน้า
6.3	แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL.....	177
6.4	แสดงระดับความถี่การเกิดข้อผิดพลาดรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL.....	179
6.5	แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ.....	180
6.6	เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง BDL ก่อนและหลังปรับปรุง.....	190
6.7	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง.....	210
6.8	เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที.....	211
6.9	แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3.....	219
6.10	แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3.....	220
6.11	แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ.....	221
6.12	เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง CS3 ก่อนและหลังปรับปรุง.....	224
6.13	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง.....	246
7.1	แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร.....	250

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ยอดการจำหน่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลก	1
1.2	ยอดการจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลก	1
1.3	การกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI)	4
1.4	แผนภาพสรุปของกระบวนการในการทำงานวิจัย	10
2.1	แสดงความแตกต่างระหว่างแนวคิด Six Sigma กับ Continuous Improvement	19
2.2	แสดงแนวคิดพื้นฐานของกระบวนการผลิต	20
2.3	ภาพแสดงการกระจายของข้อมูลทั่วไป	20
2.4	แนวคิดการควบคุมคุณภาพ 3σ	21
2.5	แสดงแนวคิดของการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตแบบ 6σ	21
2.6	แสดงแผนภาพแนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการแก้ปัญหา	24
2.7	แสดงการแจกแจงแบบปกติ	37
2.8	แสดงการแจกแจงแบบปกติ	42
2.9	แสดงอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว	47
2.10	แสดงกราฟที่ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ซ้าย) เปรียบเทียบกับกราฟที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ขวา)	54
3.1	แสดงส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	67
3.2	ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด	70
3.3	ขั้นตอนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	70
3.4	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top Cover Install)	71
3.5	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่8 (Top Cover Screw Install 8)	72
3.6	แสดงแผนภาพแบบจำลองของสายการประกอบ	73
4.1	แสดงการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ของข้อมูลแบบสุ่ม	82
4.2	แสดงการทำ Lag Plot ของข้อมูลแบบสุ่ม	83

ภาพที่		หน้า
4.3	แสดงการทดสอบว่าจำนวนข้อมูลที่สุ่มมาเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%.....	84
4.4	แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ.....	87
4.5	การนำข้อมูลของเครื่องจักร BDLมาพล็อตฮีสโทแกรมและหาพารามิเตอร์การกระจาย.....	89
4.6	การหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย 4.5 วินาที.....	90
4.7	พาเรโต (Pareto chart) เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของเครื่องจักร.....	93
4.8	แสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร.....	94
4.9	แสดงวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร.....	95
4.10	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต.....	102
4.11	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง TCI.....	104
4.12	แสดงที่ปรับตำแหน่งของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	105
4.13	แสดงตำแหน่งยกขึ้น ลง ของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อประกอบกับฝาปิด.....	106
4.14	แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าฝาปิด.....	107
4.15	ระบบการหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	108
4.16	สายพานลำเลียงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	109
4.17	การวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟบนตะกร้า.....	110
4.18	แสดงการใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตะกร้า.....	113
4.19	แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TC.....	114
4.20	แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง TCI.....	119
4.21	แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง TCI.....	120
4.22	แสดงการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา.....	123
5.1	แสดงตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและส่วนประกอบ.....	128

ภาพที่		หน้า
5.2	แสดงขนาดของซี่พลาสติกทั้งสามชนิดที่รองรับฝาปิด.....	129
5.3	อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน.....	136
5.4	เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน.....	137
5.5	จุกยางที่เป็นชิ้นส่วนในการจับและปล่อยฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	140
5.6	สภาพสึกกร่อนภายหลังการใช้งานของซี่พลาสติก.....	146
5.7	ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	147
5.8	การระบุเลขประจำตัวของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	148
5.9	แผนภาพแสดงขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	148
5.10	อุปกรณ์ที่ออกแบบมาใช้ในการตรวจสอบขนาดของตะกร้าใสฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	149
5.11	การเปลี่ยนวัสดุจาก Monocast วัสดุเป็น Noveon STAT Tech F1260.....	150
5.12	แสดงกราฟ Time series analysis ของอายุที่จับยึดฝาปิดกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร.....	153
5.13	ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล.....	157
5.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตั้งค่าแขนกลตัวที่1และความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต.....	158
5.15	สรุปการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ.....	162
6.1	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง BDL.....	167
6.2	แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	168
6.3	แสดงที่ปรับตำแหน่งฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	169
6.4	แสดงการลำเลียงและติดตั้ง RFID บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	170
6.5	แสดงที่หยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	171
6.6	แสดงการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน.....	172
6.7	แสดงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	175
6.8	แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram).....	176
6.9	แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง BDL.....	181
6.10	แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง BDL.....	182

ภาพที่		หน้า
6.11	อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน.....	189
6.12	แสดงการลำเลียง RFID TAG.....	192
6.13	แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อลดความผิดพลาดจากการลำเลียง RFID TAG.....	194
6.14	แสดงอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งของเครื่อง BDL เข้ากับพื้น.....	202
6.15	แสดงระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG.....	205
6.16	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง CS3.....	212
6.17	แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3.....	217
6.18	แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง CS3.....	222
6.19	แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง CS3.....	223
6.20	แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรู.....	243
7.1	การเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตเพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ.....	249
7.2	ลักษณะการเก็บข้อมูลแบบช่วงในฐานข้อมูล.....	251
7.3	ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแบบ Real Time Monitoring System....	252
8.1	แสดงแนวโน้มกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุง.....	263
8.2	แนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบ.....	265