การปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา

นางสาวมยุรา หนองเส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

IMPROVEMENT OF HARDDISK PIVOT MANUFACTURING PROCESS BY LEAN SIX SIGMA APPROACH

Miss Mayura Nongse

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา
โดย	นางสาวมยุรา หนองเส
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

……. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

มยุรา หนองเส : การปรับปรุงกระบวนการแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา. (IMPROVEMENT OF HARDDISK PIVOT MANUFACTURING PROCESS BY LEAN SIX SIGMA APPROACH) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 114 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดอัตราส่วนของเสียจากปัญหาค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ออกนอกค่าการยอมรับของลูกค้า และลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตแกนหมุนฮาร์ดดิสก์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

งานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือ การปรับปรุงอัตราส่วนของเสียของค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามระยะของซิกซ์ ซิกมา เริ่มจากการนิยามปัญหาโดยกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการปรับปรุง ระยะการวัดเ พื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด และหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลต่อค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ จากนั้นในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการได้หาระดับของปัจจัยที่ทำให้ค่าเฉลี่ยข องค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์มีค่ามากที่สุด และระยะการติดตามควบคุมได้ทำการทดสอบยืนยันผลและจัดทำแผนควบคุม ผลหลังการปรับปรุงพบว่า ค่าแรงบิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 gf.cm. ซึ่งมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.63 gf.cm. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจาก 0.75 เป็น 1.55 และความสามารถของค่าเรโซแนนซ์ชิ้นงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.99 kHz. ซึ่งมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.65 kHz. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจาก 0.83 เป็น 1.53 เป็นไปตามมาตรฐานยอมรับ Cpk 1.33 และอัตราส่วนของเสียเฉลี่ยหลังปรับปรุงลดลงจาก 2% เป็น 0.78% อีกทั้งยังส่งผลให้สามารถลดต้นทุนของเสียโดยเฉลี่ยต่อปีจากยอดการผลิตที่พยากรณ์ไว้จาก 2,055,563 บาทต่อปี เป็น 858,367 บาทต่อปี

งานวิจัยส่วนที่สองคือ การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยทำการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้ตารางจำแนกความสูญเปล่า จึงดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยนำแนวคิดการผลิตแบบลีนมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนและลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งผลหลังการปรับปรุงพบว่าระยะเวลานำในการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ลดลงจาก 4.53 วัน เป็น 2.91 วัน

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554

5171433221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : LEAN / SIX SIGMA / HARDDISK PIVOT MANUFACTURING PROCESS

MAYURA NONGSE: IMPROVEMENT OF HARDDISK PIVOT MANUFACTURING PROCESS BY LEAN SIX SIGMA APPROACH. ADVISOR: ASST.PROF. NAPSSAVONG ROJANAROWAN,Ph.D, 114 pp.

This research applies the concept of Lean Six Sigma to improve the process. The purpose is to reduce the defect rate which occur by torque and resonance and reduce lead time of the hard disk pivot manufacturing process.

This research is divided into two parts: first part is to improve defect rate of torque and resonance. This research consists of five phases Which align to Six sigma concept. We start with define the problem, defining the purpose and scope of the improvement. In the measurement phase, we analyze the measurement system and define the KPIV that are affected by the torque and resonance. Design of experiment was used in the analysis phase. The optimum level of each factor is defined in the improvement phase. For the control phase, we verify the effectiveness and result by using the control plan. The results after improvement shown that the average torque is increased from 0.63 gf.cm. to 0.79 gf.cm. This result is affected to Cpk which is increased from 0.75 to 1.55 and resonance is increased from 12.65 kHz. to 12.99 kHz. This result is affected to Cpk which is increased from 0.83 to1.53 according to acceptable Cpk, 1.33 and defect rate reduced from 2% to 0.78% and reduce scrap cost by year refer production forecast from 2,055,563 bath/year to be 858,367bath/year.

The second part of research is to reduce the manufacturing lead time. For the research methodology, we study and collected data on hard disk pivot manufacturing process gathered the problems and analyzed the data by using the classification table of the waste in order to accomplish for the solutions. Then gathered the solution by applied Lean methodology as reduced waste of unnecessary motion and inappropriate process. The result after improvement reduced from 4.53 days to 2.91 days.

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

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

Academic Year: 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ รวมทั้งข้อคิดเห็น คำสั่งสอน ความห่วงใย ความหวังดี การให้กำลังใจเสมอมาจากผู้ที่เป็นอาจารย์ที่มีให้ต่อลูกศิษย์ อีกทั้งยังฝึกสอนทั้งในเรื่องความรับผิดชอบต่อหน้าที่นิสิต ซึ่งทั้งหมดทั้งมวลที่กล่าวมาข้างต้น ล้วนเป็นสิ่งที่มีคุณค่ายิ่งตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้และการดำเนินชีวิตในสังคมตลอดไป ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .เหรียญ บุญดีสกุลโชค ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย และรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ ให้ความกรุณาให้ คำแนะนำการแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและทำการทดลองเป็นอย่างดี และขอบพระคุณคณะทำงานที่ช่วยกันในการระดมความคิด ความรู้ คำ แนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ที่ทำให้งานวิจัยดำเนินไปด้วยดีและเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและพี่น้องในคร อบครัว คนอันเป็นที่รัก รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้อง และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย ที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ ช่วยเหลือเกื้อกูลตลอดการทำวิทยานิพนธ์และการดำเนินชีวิตตลอดไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 1

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 4

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 14

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 14

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 14

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

1.7 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 15

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

2.1 ระบบการผลิตแบบลีน 18

2.2 แนวคิดการจัดการแบบซิกซ์ ซิกมา 23

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 การนิยามปัญหา 30

3.1 บทนำ 30

3.2 การกำหนดคณะทำงานในการดำเนินงาน 30

3.3 การศึกษากระบวนการผลิต 31

3.4 การศึกษาสภาพปัญหาในเรื่องระยะเวลานำในกระบวนการผลิต 33

3.5 การศึกษาสภาพปัญหาในเรื่องอัตราส่วนของงานเสีย 34

หน้า

3.6 สรุปผลการดำเนินงานระยะนิยามปัญหา 35

บทที่ 4 การวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น 36
4.1 บทนำ 36
4.2 ขั้นตอนในการวัดผลและเก็บข้อมูลเบื้องต้น 36
4.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด 49

บทที่ 5 การวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น 64
5.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยและความผันแปรของ
ค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน 64

บทที่ 6 การวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น 76
6.1 การปรับปรุงการลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต 76
6.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า 82

บทที่ 7 การวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น 87
7.1 การทดสอบยืนยันผล 87
7.2 การตรวจติดตามโดยใช้แผนควบคุม 99

บทที่ 8 บทสรุป 104
8.1 บทนำ 104
8.2 บทสรุประยะนิยามปัญหา 104
8.3 บทสรุประยะวัดเพื่อหาสาเหตุ 105
8.4 บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 106
8.5 บทสรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 107
8.6 บทสรุประยะการติดตามควบคุมผล 108
8.7 ข้อเสนอแนะ 109

หน้า

รายการอ้างอิง..... 110
ภาคผนวก 112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงข้อมูลระยะเวลานำในกระบวนการผลิตและปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ A1-B10	5
1.2	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า	7
1.3	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน	7
1.4	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน	8
1.5	ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต	9
4.1	ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ในสภาพปัจจุบัน	36
4.2	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงานในสภาพปัจจุบัน	37
4.3	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในสภาพปัจจุบัน	37
4.4	ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตในสภาพปัจจุบัน	39
4.5	ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในสภาพปัจจุบัน	40
4.6	จำแนกความสูญเปล่าในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	45
4.7	ข้อมูลอัตราส่วนงานเสียก่อนการปรับปรุงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554	48
4.8	ผลการวัดชิ้นงานของค่าแรงบิดของชิ้นงาน ของพนักงาน A, B และ C	50
4.9	ผลการวัดชิ้นงานของค่าเรโซแนนซ์ ของพนักงาน A, B และ C	50
4.10	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดชิ้นงานของค่าแรงบิดของชิ้นงานของพนักงาน A, B และ C	51
4.11	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดชิ้นงานของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงานของพนักงาน A, B และ C	53
4.12	การวิเคราะห์สาเหตุและผลโดยใช้ C&E Matrix	61
4.13	ปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลต่อตัวแปรตอบสนองทั้ง 8 ปัจจัย	63
5.1	รายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB	65
5.2	การออกแบบการทดลอง (Design Matrix) โดยโปรแกรม MINITAB	65
5.3	การหาขนาดของตัวอย่าง (Sample size) ของค่าแรงบิดของชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม MINITAB	67
5.4	การหาขนาดของตัวอย่าง (Sample size) ของค่าเรโซแนนซ์โดยใช้โปรแกรม MINITAB	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
5.5	รูปแบบการทดลองและผลการทดลองวัดค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองทั้ง 4 ตัวแปร	70
5.6	สรุปผลการทดลองการหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าแฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์	75
5.7	ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ค่าแฉลี่ยแของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์)	75
6.1	ปัจจัยนำเข้าและระดับพารามิเตอร์ของปัจจัยนำเข้า	79
6.2	รายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB ของการทดลองแบบ Box behnken	80
6.3	การออกแบบการทดลอง (Box behnken Design matrix) โดยโปรแกรม MINITAB	80
6.4	รูปแบบการทดลองและผลการทดลองวัดค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองทั้ง 2 ตัวแปร (ค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์)	81
6.5	ผลลัพธ์การทดลองหาพื้นผิวตอบสนองของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดชิ้นงาน	82
6.6	ผลลัพธ์การทดลองหาพื้นผิวตอบสนองของค่าเฉลี่ยของค่าเรโซแนนซ์	83
6.7	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย	86
7.1	ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าสภาพหลังการปรับปรุง	87
7.2	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงานสภาพหลังการปรับปรุง	88
7.3	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานสภาพหลังการปรับปรุง	88
7.4	ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตสภาพหลังการปรับปรุง	90
7.5	ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าสภาพหลังการปรับปรุง	91
7.6	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย	96
7.7	เปรียบเทียบผลของความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง	98
7.8	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย	99

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

7.9 กฎการตัดสินใจ 5 ข้อ เพื่อบอกสภาวะการออกนอกการควบคุมของกระบวนการ 101

7.10 ข้อมูลอัตราส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 หลังการปรับปรุงของเดือนเมษายน พ.ศ. 2555 103

8.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย 108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ผลิตภัณฑ์แกนยึดของหัวอ่านในฮาร์ดดิสก์หรือไพวอท (Pivot).....	2
1.2	ขั้นตอนการผลิตด้วยแผนภูมิการไหลของงาน	3
1.3	พยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์รุ่น A1 จากเดือนธันวาคม ปี 2553 ถึงเดือน มิถุนายน ปี 2554.....	6
1.4	แผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา ..	11
2.1	วิวัฒนาการของระบบการผลิตแบบลีน.....	19
2.2	การสร้างสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM)	21
2.3	แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน	22
2.4	แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนและซิกซ์ ซิกมา.....	24
3.1	แผนภาพการไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิตแกนหมุนสำหรับฮาร์ดดิสก์	31
4.1	แผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา ..	41
4.2	ปริมาณงานระหว่างทำในแต่ละกระบวนการ	42
4.3	เปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิตกับเวลาที่ลูกค้าต้องการ	44
4.4	ลักษณะการจัดเรียงชิ้นงานก่อนทำการประกอบ	46
4.5	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าแรงบิดของชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม MINITAB ...	52
4.6	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าเรโซแนนซ์โดยใช้โปรแกรม MINITAB.....	54
4.7	การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเบื้องต้นของค่าแรงบิดชิ้นงาน	56
4.8	การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเบื้องต้นของค่าเรโซแนนซ์	56
4.9	ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดชิ้นงาน.....	58
4.10	ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าเรโซแนนซ์	60
4.11	แผนภาพพาเรโตแสดงความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าแรงบิดของชิ้นงาน และค่าเรโซแนนซ์	62
5.1	แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ค่าแรงบิดชิ้นงาน.....	71
5.2	แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าแรงบิดชิ้นงาน	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
5.3	แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยค่าเรโซแนนซ์	73
5.4	แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเรโซแนนซ์	74
6.1	ลักษณะการจัดเรียงชิ้นงานก่อนทำการประกอบหลังการปรับปรุง	77
6.2	Main Effect Plot ของค่าทอร์คจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม MINITAB	84
6.3	Main Effect Plot ของค่าเรโซแนนท์จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม MINITAB	85
7.1	แผนภาพกระแสคุณค่าสภาพอนาคตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา	92
7.2	ปริมาณงานระหว่างทำในแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง	93
7.3	เปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิตกับเวลาที่ลูกค้าต้องการหลังการปรับปรุง	95
7.4	ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดของชิ้นงาน	96
7.5	ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าเรโซแนนซ์	97
7.6	แผนภูมิควบคุมปัจจัยนำเข้าปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง)	99
7.7	แผนภูมิควบคุมปัจจัยนำเข้าปัจจัย D (ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล)	100
7.8	แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของค่าแรงบิดของชิ้นงาน	102
7.9	แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน	102

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันการดำเนินธุรกิจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งในเรื่องความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การแข่งขันที่เพิ่มขึ้นจากบริษัทคู่แข่ง อีกทั้งต้นทุนในการผลิตที่มีการปรับตัวสูงขึ้น สิ่งต่างๆเหล่านี้ทุกองค์กรไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นเพื่อความอยู่รอดในธุรกิจองค์กรต้องสร้างกุลยุทธ์โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด

ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์เป็นอีกอุตสาหกรรมประเภทห นึ่งนอกจากจะมีการแข่งขันทางด้านราคาแล้ว คุณภาพและการส่งมอบเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ลูกค้าจะนำมาพิจารณา ซึ่งแนวทางที่จะ สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยมีกลยุทธ์ที่สำคัญนั่นคือ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น ด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง อีกทั้งยังพยายาม ทำการลดความสูญเสีย (Waste) ต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต และหาวิธีในการกำจัดปัญหาเหล่านั้นให้หมดไปเพื่อจะทำให้สินค้าเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ หรือเรียกอย่างหนึ่งว่าไพวอท(Pivot) เพื่อส่งขายทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยที่สินค้าทั้งหมดเป็นการผลิตแบบผลิตตามสั่ง (Make-to-order) โดยมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำการแบ่งประเภทตามประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ

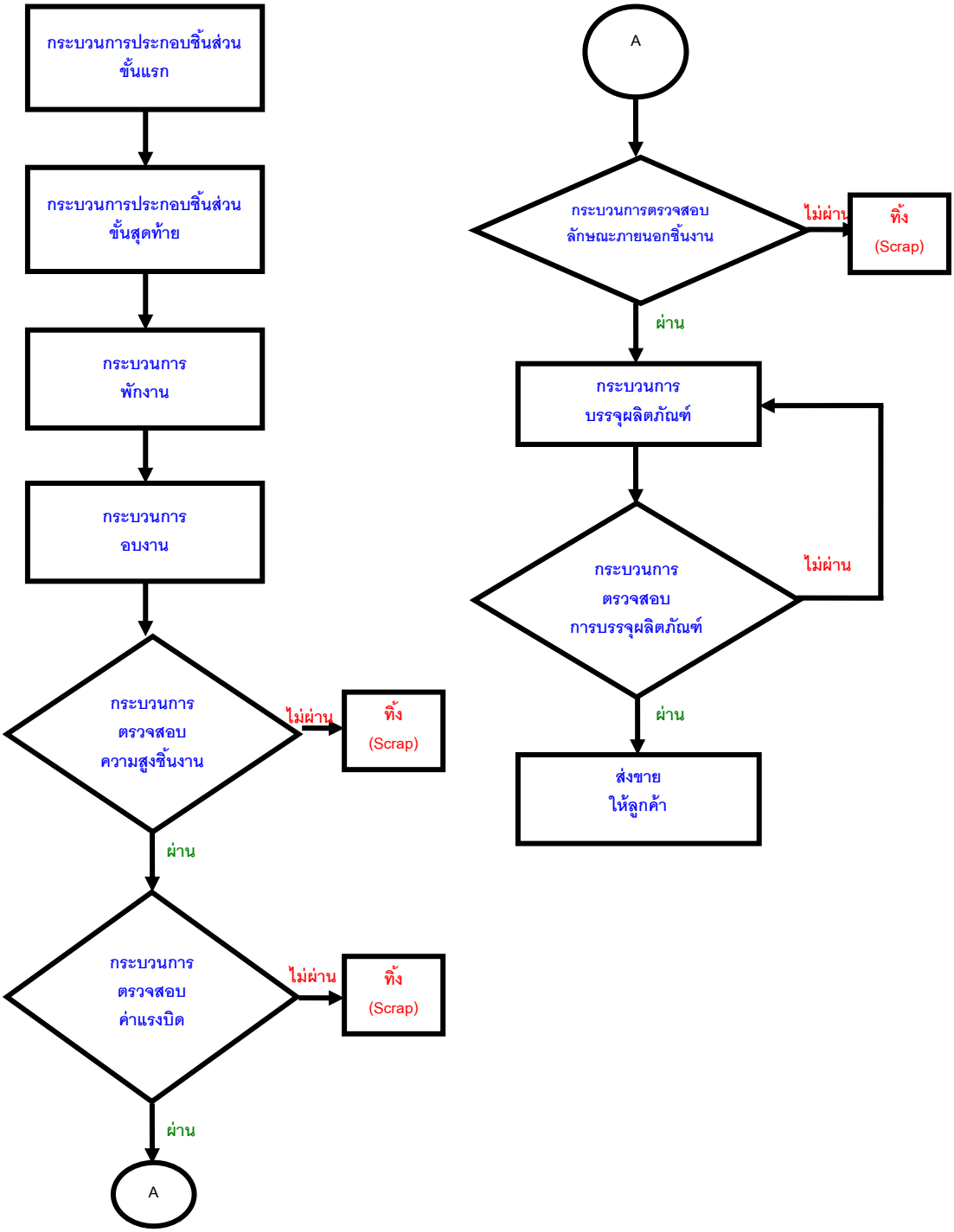
ประเภทที่ 1 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (Auto Assembly Machine) โดยมีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตสินค้าโดยเฉลี่ย 1.0 วัน

ประเภทที่ 2 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Assembly Machine) โดยมีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตสินค้าโดยเฉลี่ย 2.2 วัน

โดยที่สินค้าในแต่ละประเภทการผลิตดังกล่าวนั้นเป็นการนำชิ้นส่วนต่างๆ เช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) ชาฟท์ (Shaft) สเปเซอร์ (Spacer) และสลีฟ (Sleeve) มาทำการประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้กาวเป็นตัวช่วยในการยึดติดกันระหว่างชิ้นส่วนต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น ดังภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์แกนยึดของหัวอ่านในฮาร์ดดิสก์หรือไพวอท (Pivot)

ลักษณะของการวางผังโรงงานเป็นแบบตามกระบวนการ (Process Layout) ที่แต่ละสถานีงานผลิต มีกลุ่มเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้งานประเภทเดียวกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และมีการเคลื่อนที่คือพนักงานเคลื่อนที่เข้าหางาน ซึ่งทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการผลิตสูง เพื่อเอื้อต่อความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต โดยกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภทมีกระบวนการที่ใช้ในการผลิตเหมือนกัน มีความแตกต่างกันตามประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเท่านั้น โดยกระบวนการที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภท สามารถแสดงดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนการผลิตด้วยแผนภูมิการไหลของงาน (Flow Chart)

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโรงงานมีการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ หรือ ไพวอท (Pivot) โดยเฉลี่ย 30,000,000 ชิ้นต่อเดือน หรือ 1,250,000 ชิ้นต่อวัน โดยแบ่งเป็นตามประเภทของการผลิตดังนี้

ประเภทที่ 1 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (Auto Assembly Machine) มียอดการผลิตประมาณ 50% ของยอดการผลิตทั้งหมด คิดเป็น 15,000,000 ชิ้นต่อเดือน หรือ 625,000 ชิ้นต่อวัน โดยมีระยะเวลานำในระบวนการผลิตโดยเฉลี่ย 1.0 วัน

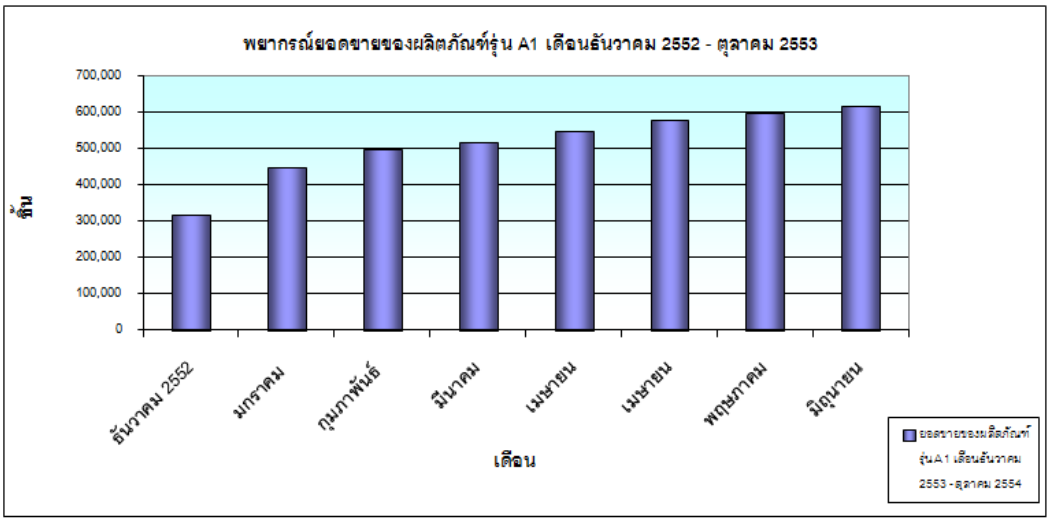
ประเภทที่ 2 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Assembly Machine) ประมาณ 50% ของยอดการผลิตทั้งหมด คิดเป็น 15,000,000 ชิ้นต่อเดือน หรือ 625,000 ชิ้นต่อวัน โดยมีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ย 2.2 วัน

จากข้อมูลระยะเวลานำในกระบวนการผลิตข้างต้น เป็นการแสดงข้อมูลของระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ยของแต่ละประเภทการผลิตจากผลิตภัณฑ์ทุกรุ่น ซึ่ง จะเห็นได้ว่าระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ย ในการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 2 หรือผลิตโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Assembly Machine) มีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ย 2.2 วัน ซึ่งมากกว่าการผลิตประเภทที่ 1 ส่งผลให้ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาการส่งมอบที่ล่าช้าดังกล่าว จึงก่อให้เกิดแนวคิดที่จะลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยทำการหาสาเหตุและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลต่อระยะเวลานำใน กระบวน การผลิตที่ยาวนาน ซึ่งผู้วิจัยจะทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 2 หรือผลิตโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Assembly Machine) และทำการเก็บข้อมูลระยะเวลานำในกระบวนการผลิตและปริมาณกา รผลิตเบื้องต้นตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อมูลระยะเวลานำในกระบวนการผลิตและปริมาณการผลิต ของผลิตภัณฑ์ A1-B10

ลำดับ	ผลิตภัณฑ์	ระยะเวลานำในกระบวนการผลิต (วัน)	ปริมาณการผลิต (ชิ้น/เดือน)
1	A1	4.53	300,000
2	A2	3.14	85,500
3	A3	2.94	20,000
4	A4	2.10	20,500
5	A5	3.00	11,200
6	A6	2.20	21,500
7	A7	1.91	14,200
8	A8	2.00	1,300
9	A9	2.09	1,900
10	A10	1.80	2,800
11	B1	2.00	1,200,000
12	B2	2.00	450,000
13	B3	2.10	1,200,000
14	B4	2.00	130,000
15	B5	2.20	165,000
16	B6	1.96	1,500,000
17	B7	1.60	4,500,000
18	B8	2.01	2,200,000
19	B9	1.80	1,650,000
20	B10	1.80	1,540,000

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ผลิตภัณฑ์รุ่น A1 มีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตที่สูงที่สุด เท่ากับ 4.53 วัน อีกทั้งยังมีปริมาณการผลิตอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ผลิตภัณฑ์รุ่นนี้มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง และอายุของผลิตภัณฑ์รุ่นนี้มีมากกว่า 6 เดือน และทำการพิจารณาแนวโน้มความต้องการจากลูกค้าอีกประเด็นเพื่อประกอบการพิจารณา พบว่าความต้องการของลูกค้ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยพิจารณาได้จากพยากรณ์ยอดขายจากเดือนธันวาคม ปี 2553 ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2554 ดังแสดงในภาพที่ 1.3 จะเห็นได้ว่าปริมาณงานมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 1.3 พยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์รุ่น A1 จากเดือนธันวาคม ปี 2553 ถึง เดือนมิถุนายน ปี 2554

จากข้อมูลระยะเวลานำในกระบวนการผลิตที่สูงที่สุดและแนวโน้มความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจะเลือกทำการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 เป็นผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา ดังนั้นผลิตภัณฑ์รุ่น A1 จึงเป็นผลิตภัณฑ์เป้าหม ายที่นำมาพิจารณาในการจัดทำแผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Mapping)

จากการวิเคราะห์ ระยะเวลานำในกระบวนการผลิต ปริมาณการผลิตและความต้องการของลูกค้า พบว่าผลิตภัณฑ์ A1 เป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีปริมาณความต้องการเป็นจำนวนมาก โดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และมีการผลิตอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกวัน ประกอบกับเป็นกระบวนการตัวแทนที่ผ่านกระบวนการหลักของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งสามารถนำไปขยายผลกับผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ ดังนั้น จึ งได้คัดเลือกผลิตภัณฑ์ A1 เพื่อนำมาปรับปรุงโดยได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานตามเทคนิคลีน ซึ่งทำให้ได้แผนแผนภาพกระแสคุณค่าในสภาพปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State)

จากสภาพการผลิตในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าที่ผ่านมายังมีการเก็บข้อมูลของระยะเวลานำในการผลิตไพวอท (Manufacturing Lead time) ไม่ครอบคลุมของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ทำการศึกษา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาสภาวะปัจจุบันของระยะเวลานำในการผลิตไพวอท ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า เช่น ความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนของสินค้ารุ่น A1 และความถี่ในการจัดส่งสินค้า เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า

รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนของสินค้ารุ่น A1	300,000	ชิ้น/เดือน (10,000 ชิ้น/วัน)
ความถี่ในการจัดส่งสินค้า		ทุกวันทำงาน

2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน เช่น จำนวนวันทำงาน เวลาเวลาหยุดพักทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน

รายละเอียด	เวลา	หน่วย
จำนวนวันทำงาน	30	วัน/เดือน
เวลาทำงาน	24	ชั่วโมง/วัน
เวลาหยุดพักทั้งหมด	3	ชั่วโมง/วัน
- เวลาหยุดพัก 1 ชั่วโมง/กะ	1	ชั่วโมง/กะ
เวลาทำงานสุทธิ (ทุกกระบวนการมีเวลาทำงานเท่ากัน)	21	ชั่วโมง/วัน

3. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน เช่น จำนวนพนักงาน จำนวนเครื่องจักร รอบเวลาในการผลิต อัตราส่วนงานดี เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

ข้อมูล	กระบวนการ											หน่วย
	Sub(1) a'ssy	Sub(2) a'ssy	Final assy	Staging	Oven	Height inspection	Torque inspection	Visual	Microscope	QA Sampling	Packing	
จำนวนพนักงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	คน
จำนวนเครื่องจักร	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	1	เครื่อง
รอบเวลาในการผลิต (Cycle time:C/T)	7.02	8.69	8.48	21.60	1.44	2.46	2.36	3.71	3.45	5.58	1.11	วินาที/ชิ้น
อัตราส่วนงานดี (%Yield)	100	99	100	100	100	99	98	99.25	99	100	100	เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 1.4 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. **จำนวนพนักงาน** โดยทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานวางแผนการผลิต และสำรวจข้อมูลจากแต่ละสถานีงาน

2. **จำนวนเครื่องจักร** โดยทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานวางแผนการผลิต และสำรวจข้อมูลจากแต่ละสถานีงาน

3. **รอบเวลาในการผลิต** โดยทำการเก็บข้อมูลของรอบเวลาในการผลิต (Cycle time: C/T) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 **กระบวนการประกอบโดยใช้พ นักงาน** จะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานที่ทำงานประจำทุกกะทำงาน และหาค่าเฉลี่ยของรอบเวลาในการผลิตจากพนักงานทั้งหมด จำนวน 13 คน

3.2 **กระบวนการประกอบโดยใช้เครื่องจักร** จะทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานซ่อมบำรุงและรักษาเครื่องจักร และสำรวจข้อมูลจากหน้าจอของเครื่องจักรที่สถานีงาน

4. รวบรวมข้อมูล จำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต ในช่วงที่ มีระดับคงที่ (ชั่วโมงที่ 3-4 ของกะทำงาน) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต (Work In process)

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานในกระบวนการผลิต (WIP)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sub(1) a'ssy	2300	2300	6700	10000	8300	7600	4600	1100	1154	1654	1154	1254	2754	900	900
Sub(2) a'ssy	7500	5000	7500	6000	7000	5500	5000	7500	6000	6000	6500	5000	5500	5000	7500
Final assy	6500	6500	4500	6000	4000	2500	4500	6500	3000	4000	7500	5500	7000	5500	6500
Staging	8248	8248	12248	6748	6248	14748	12738	8738	8429	8929	8729	9229	10583	9243	9243
Oven	2000	2000	1500	3000	2500	3000	2500	1500	1500	500	500	1000	3000	3000	2500
Height inspection	4500	500	2500	2500	3000	6500	3850	1000	5000	4500	2500	5000	7653	2500	8000
Torque inspection	4997	499	4489	6978	8443	4478	3981	2334	6311	4465	3494	5473	6128	5488	7963
Visual	3846	500	1747	3341	8021	4623	2894	2404	3281	4815	2428	2382	6236	4369	4383
Microscope	3701	1920	1688	2415	10852	5386	2892	5341	3784	5310	3888	3374	7207	5342	5366
QA Sampling	2075	1325	4218	2825	2147	4763	12519	16281	16200	5400	4400	7200	12600	10800	9000
Packing	2538	4863	2081	2294	3853	5616	2119	5400	1600	1800	2800	1000	1200	4000	4400

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานในกระบวนการผลิต (WIP)															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	เฉลี่ย
Sub(1) a'ssy	900.0	900	100	1100	1100	1100	700	1100	1100	1100	1100	1100	1100	700	100	**2642.8**
Sub(2) a'ssy	6500.0	6500	5500	5500	4500	5000	4000	5500	7000	7500	5000	5500	7000	5500	5000	**5796.9**
Final assy	6000.0	1500	5500	6000	10000	5500	5500	4000	5000	5500	3000	2000	6000	4000	3500	**4984.4**
Staging	9243.0	9243	7243	9243	9243	9243	9243	4243	5755	5755	5755	7455	9455	9250	7250	**8358.4**
Oven	2000.0	2500	3000	1500	2000	500	3000	2000	1500	2500	500	1500	2000	500	1500	**1937.5**
Height inspection	3000.0	1500	5500	6500	4000	4000	5000	2000	5500	2472	4500	5500	2500	2000	4000	**3858.6**
Torque inspection	3995.0	6494	6983	5479	4485	4485	5979	4488	7479	4345	4484	7142	1477	3499	4997	**5032.8**
Visual	4368.0	4899	5846	4355	3384	3408	3424	4241	6254	4242	3417	3866	1994	2963	2481	**3711.5**
Microscope	1935.0	8755	7309	5319	3857	3404	3907	7175	5222	5706	5823	4860	454	3595	3674	**2329.8**
QA Sampling	9000.0	5405	3675	10800	10800	7200	9000	12600	9000	3600	9000	12600	9000	5400	10800	**3969.3**
Packing	600.0	1005	2680	1480	1200	1400	1400	4000	3600	3600	2600	1200	4200	3600	1400	**2685.3**

5. รวบรวมข้อมูลเวลาในกระบวนการ โดยจำแนกออกได้ดังนี้

5.1 เวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยทำการคำนวณระยะเวลานำในกระบวนการผลิต (Lead time:L/T) ด้วยการนำจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยคูณด้วยรอบเวลาในการผลิต และหารด้วยเวลาในการทำงานสุทธิ (18 ชั่วโมง/วัน)

ตารางที่ 1.6 ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตเฉลี่ย (ชิ้น)	รอบเวลาในการผลิต (sec/ชิ้น)	ความต้องการของลูกค้า (ชิ้น)	เวลานำระหว่างกระบวนการ (วัน)
Sub(1) a'ssy	2642.8	7.02	10000	0.26
Sub(2) a'ssy	5796.9	8.69	10000	0.58
Final ass'y	4984.4	8.48	10000	0.50
Staging	8358.4	21.60	10000	0.84
Oven	1937.5	1.44	10000	0.19
Height inspection	3858.6	2.46	10000	0.39
Torque inspection	5032.8	2.36	10000	0.50
Visual	3711.5	3.71	10000	0.37
Microscope	2329.8	3.45	10000	0.23
QA Sampling	3969.3	5.58	10000	0.40
Packing	2685.3	1.11	10000	0.27
		รวม		4.53

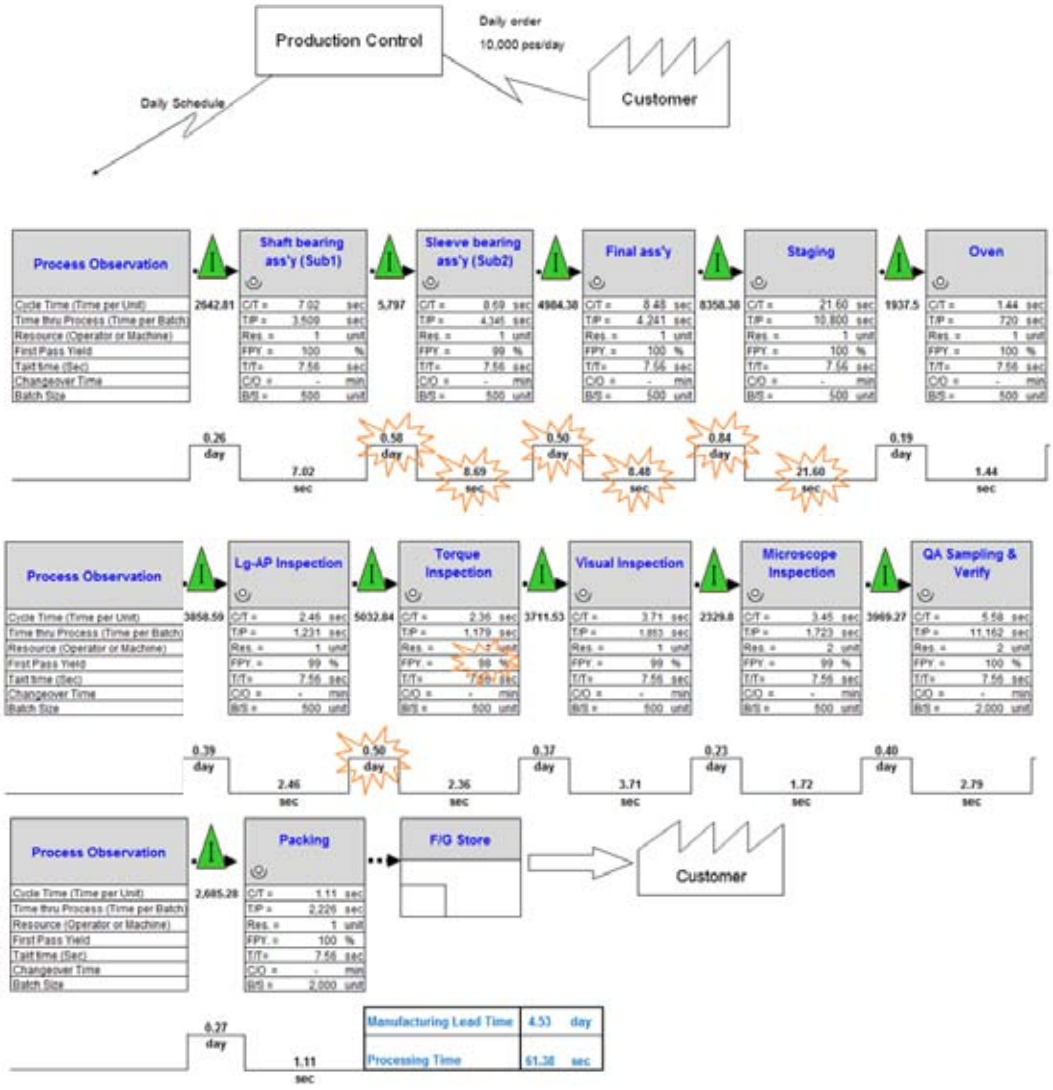
5.2 เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นแรก กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นที่สอง กระบวนการพั กงาน กระบวนการอบงาน กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย กระบวนการตรวจสอบค่าความสูงของชิ้นงาน กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากรอบเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ (Cycle time: C/T)

5.3 สรุปผลรวมของเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่เพิ่ม/ไม่เพิ่มคุณค่า

ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตรวม (Manufacturing Lead time) = 4.53 วัน

รอบเวลาในการผลิตรวม (Total Cycle time) = 61.38 วินาที

จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลข้างต้นและ ทำการวาดแผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Map) เพื่อแสดงภาพรวมของระยะเวลานำในกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 แผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน (Current Value Stream Mapping) ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา

จากภาพแผนผังแห่งคุณค่า แสดงให้เห็นระยะเวลานำในการผลิตไพวอทโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 เท่ากับ 4.53 วัน ซึ่งถือว่ามีระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตที่ยาวนาน ซึ่งจากแนวโน้มความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น ถ้าองค์กรสามารถลดระยะเวลานำในการผลิตให้เร็วขึ้นกว่าในปัจจุ บัน จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดีและเป็นการสร้างข้อได้เปรียบในการแข่งขันได้อีกทางหนึ่งด้วย และจากแผนภาพกระแสคุณค่าที่แสดงลำดับของกระบวนการผลิต ตามภาพที่ 1.4 พบว่าระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตที่ยาวนาน และคุณภาพชิ้นงานไม่ได้ตามที่กำหนด นี้พบข้อมูลจาก 4 กระบวนการ คือ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub(2)assembly) กระบวนการพักงาน (Staging) กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly)และกระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงานที่มีการตรวจจับเจอว่ามีอัตราส่วนงานเสียโดยเฉลี่ยประมาณ 2% และจากกระบวนการมีระยะเวลาการรอคอย (Waiting time)ในการผลิตดังนี้ 0.58 วัน 0.50 วัน 0.84 วัน และ 0.50 วัน ตามลำดับ ซึ่งจากระยะเวลาการรอคอยทั้ง 4 กระบวนการดังกล่าว ส่งผลให้ระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตมากขึ้น ถ้าสามารถทำการลดระยะเวลาการรอคอยเหล่านั้นลงได้ จะส่งผลให้ระยะเวลานำ ในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ลดลงได้อย่างมากโดยจากการศึกษาและหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นและส่งผลให้ทั้ง 4 กระบวนการมีระยะเวลานำในการผลิตที่ค่อนข้างนาน ดังนี้

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub (2) assembly) มีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตเฉลี่ย 0.58 วัน จากแผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน (Current Value Stream Mapping) มีจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตสูง ซึ่งสาเหตุเกิดจากวิธีในการทำงานยังไม่เหมาะสม เช่น การวางชิ้นงานก่อนการประกอบ และอุปกรณ์ในการประกอบยังไม่เหมาะสม จึงส่งผลให้มีระยะเวลาในการประกอบชิ้นงานสู ง และมีจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตสูงตามไปด้วย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly) มีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตเฉลี่ย 0.50 วัน สาเหตุเกิดจากวิธีในการทำงานยังไม่เหมาะสม เช่น การวางชิ้นงานก่อนการประกอบ ซึ่งมีสาเหตุที่คล้ายกับกระบวนการป ระกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง ซึ่งจะทำการปรับปรุงไปในลักษณะเดียวกัน จึงส่งผลให้มีระยะเวลาในการประกอบชิ้นงานสูง อีกทั้งยังมีจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตสูงอีกไปด้วย

กระบวนการพักงาน (Staging) ที่มีระยะเวลานำใน กระบวน การผลิตเฉลี่ย 0.84 วัน โดย กระบวนการ พักงานนี้เป็น กระบวนการที่ ทำการ พักงานในอุณหภูมิห้องหลังจากทำการประกอบ ชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายเสร็จแล้วจะทำการพักงานที่ครบตามล็อต (500 ชิ้น/ล็อต) ที่กำหนดไว้ใน อุณหภูมิห้อง ตามระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้ นั่นคือ 3 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้ ชิ้นงานที่ประกอบเสร็จ ชิ้นแรกต้ องรอชิ้นงานชิ้นสุดท้ายเพื่อให้ครบจำนวนตามล็อตนั้น เพื่อเข้าสู่กระบวนการพักงาน ระยะเวลา 3 ชั่วโมง กระบวนการพักงานนี้เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดปริมาณงานระหว่างทำ (Work in process) ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นงานเหล่านั้นด้วย จาก ปัญหาดัง กล่าว ระยะเวลาการพักงานจำนวน 3 ชั่วโมงของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ส่งผลให้เกิด ระยะเวลานำใน กระบวน การผลิตที่นานในปัจจุบันนั้น ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังถึงความ จำเป็นที่จะต้องมีระยะเวลาการพักงานเป็น 3 ชั่วโมง จากช่องว่างนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาถึง ระยะเวลาการพักงา นที่เหมาะสม และหากสามารถลดระยะเวลาการพักงานลงได้ โดยต้องไม่มี ผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน จะทำให้ระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตสั้นลง นั่นคือหลังจาก ที่ทำการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายเสร็จจะสามารถผ่านไปสู่กระบวนการถัดไปได้

กระบวนการตรวจสอบแรงบิดของชิ้นงาน (Torque Inspection) มีระยะเวลานำใน กระบวนการผลิต 0.50 วัน ซึ่งสามารถตรวจจับหรือเป็นกระบวนการที่ชี้วัดว่า มีอัตราส่วนของเสีย เกิดขึ้น โดยของเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากกระบวนการประกอบชิ้นงาน โดยผู้วิจัยต้องทำการ ปรับปรุงคุณภาพของชิ้นงานจากกระบวนการประกอบชิ้นงานในขั้นตอน ต่างๆและทำการวัดผล จากกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งปัจจุบัน มีอัตราส่วนชิ้นงานดีเฉลี่ย 98% (เป้าหมาย 99.0 %) ซึ่งจากปัญหาที่เกิดชิ้นงานเสียประมาณ 2% นั้น ส่งให้เกิดความสูญเสียในรูปของตัวเงิน โดยเกิด เป็นต้นทุนของเสียประมาณ 171,296 บาทต่อเดือน จากปัญหาดังกล่าวต้ องดำเนินการหาสาเหตุ และลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบไพวอทโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการ จัดการบริหารที่ดี เพื่อ ปรับปรุงกระบวนการผลิต รวมไปถึงการ กำจัดความสูญเปล่า เพิ่มความเร็ว ในการผลิตโดยทำการลดระยะเวลานำใน กระบวนการผลิต (Manufacturing Lead time) เพื่อเพิ่ม ความสามารถในการจัดส่งสินค้าได้ทันตามกำหนดเวลา อีกทั้งยังทำการลดของเสียที่เกิดขึ้นใน กระบวนการ โดยผู้วิจัยจะนำระบบการบริหารการผลิตแบบลีน มาใช้ โดยการนำจุดแข็งของการ ผลิตแบบลีน (Lean) ที่มุ่งเน้นในเรื่องการกำจัดความสูญเปล่า (Waste) และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิด คุณค่า (Value) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน โดยอาศัยหลักการบริหารการผลิตแบบทันเวลา พอดี ที่คำนึงถึงความเร็วเป็นหลัก และในส่วนที่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการปัจจุบัน โด ยจะนำ

แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมา มาใช้เพื่อทำการลดของเสีย โดยมุ่งเน้นการใช้เครื่องมือทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการหาปัจจัยและแก้ไขปัญหาที่ทำให้เกิดของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการ โดย จุดแข็งของแนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) มุ่งเน้นลดความผันแปรในกระบวนการผลิต โดยใช้วิธีการทางสถิติที่เป็นระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น และการลดต้นทุน ซึ่งการผสมผสานระหว่าง ลีน ซิกซ์ ซิกมา จะทำให้เกิดการจัดการปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้องค์กรตอบสนองต่อลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถเพิ่มคุณภาพให้ กับผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย ซึ่งจะประสบความสำเร็จได้ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกหน่วยงานในองค์กร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์เพื่อ

1. ลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต
2. ลดของเสียในกระบวนการผลิต

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะกร ะบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่กระบวนกา ร ประกอบชิ้นส่วนขั้นแรก จนกระทั่งทำการผลิตสินค้าเสร็จและนำสินค้าเข้าเก็บในคลังสินค้า ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 โดยดำเนินการแก้ไขสาเหตุของเวลานำที่ยา วนานที่มีความสำคัญและทางโรงงานเห็นสมควรที่จะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

มาตรฐานการทำงานที่สามารถลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตและลดของเสียในกระบวนการผลิต

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตของกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 โรงงานกรณีศึกษาลดลง
2. อัตราส่วนของงานเสียที่ลดลง

3. เพื่อเป็นแนวทางในการรวบรวมและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตที่ยาวนานกระบวนการผลิตไพวอทและสามารถกำหนดเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตที่ยาวนานในผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันต่อไปของโรงงานกรณีศึกษา หรือโรงงานอื่นๆที่ประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ได้เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน
4. เพื่อเป็นแนวทางในการนำระบบการบริหารการผลิตแบบลีน ซิกซ์ ซิกมาเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทั้งการกำจัดความสูญเปล่าหรือกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าและการลดความผันแปรของกระบวนการไปพร้อมๆกัน
5. เพื่อเป็นแนวทางในการลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันและประเภทอื่นที่มีการผลิตตามสั่ง (Make to Order)

1.7 **ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย**

สำหรับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะยึดขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการของลีน ซิกซ์ ซิกมา ที่มีขั้นตอนการแก้ปัญหาตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา 5 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ระยะนิยามปัญหา (Define: D)

- สำรวจทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลานำในกระบวนการผลิตที่ยาวนาน โดยใช้วิธีการของลีน ซิกซ์ ซิกมา เพื่อให้สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้
- จัดการประชุมร่วมกับทีมงานของโรงงาน เพื่อเลือกชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะทำปรับปรุงแก้ไข โดยทำการแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามประเภทของการผลิต ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตและแนวโน้มความต้องการของลูกค้า
- จัดตั้งคณะทำงานในการวิจัย ประกอบด้วยวิศวกร หัวหน้าส่วนงานผลิต หัวหน้างานส่วนงานควบคุมคุณภาพ หัวหน้างานส่วนงานซ่อมบำรุง รวมจำนวน 8 ท่าน ซึ่งจัดตั้งขึ้นเพื่อระดมสมองรวบรวมปัญหา สาเหตุ และแนวทางในการลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ในโรงงานกรณีศึกษา
- ศึกษาขั้นตอนการทำงาน และกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A1 และสร้างแผนการไหลในกระบวนการ (Flow Process Chart)

2. ระยะการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure: M)

- ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันจากกระบวนการผลิตจริงและทำการบันทึกปัญหาและข้อมูล เช่น ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม กระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการผลิต เป็นต้น
- สร้างแบบบันทึกเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการทำงานของแต่ละกระบวนการ แบบบันทึกระยะเวลานำในกระบวนการผลิต แบบบันทึกปริมาณงานระหว่างทำในแต่กระบวนการผลิต
- นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ และทำการสรุปผลการวัดเบื้องต้น ทำให้ได้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
- จัดการประชุมคณะทำงาน เพื่อแสดงผลที่ได้จากการวัดสภาพปัญหาและทำการรวบรวมปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษาที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ยาวนานด้วยการระดมสมองจากคณะทำงาน

3. ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze: A)

- ทำการระดมสมอง เพื่อสรุปสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิต โดยทำการสรุปเป็นผังแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping of the Current State) ทำการรวบรวมปัญหา สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตที่ยาวนาน รวมทั้งหาแนวทางในการลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ในโรงงานกรณีศึกษา
- จัดการประชุมร่วมกับคณะทำงาน เพื่อทำการเลือกสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 มาทำการปรับปรุงแก้ไขโดยจะทำการพิจารณาเฉพาะสาเหตุที่ส่งผลให้ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตและมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขได้สำเร็จได้ภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องของต้นทุนที่ต้องใช้และระยะเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขของปัญหา (Improve: I)

- ทำการระดมสมอง เพื่อสรุปแนวทางของกระบวนการผลิตที่จะทำการปรับปรุง โดยทำการสรุปเป็นผังแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping Of the Future State)
- ดำเนินการทดลองใช้แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
- ทำการวัดผลหลังการปรับปรุงแก้ไขในการวัดผลเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังจากการปรับปรุง

5. ระยะตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control: C)

- ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลหลังการปรับปรุง
- กำหนดแผนควบคุม การนำแผนภูมิควบคุมมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนองหลังการปรับปรุง เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง
- จัดทำเป็นมาตรฐานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A1

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ใช้เครื่องมือของแนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ผู้วิจัยได้ ทำการ ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถเข้าใจแนวคิดและวิธี การนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดอัตราส่วนงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยได้เรียบเรียงเนื้อหาตามลำดับดังนี้ ระบบการผลิตแบบลีน แนวคิดการจัดการแบบซิกซ์ ซิกและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

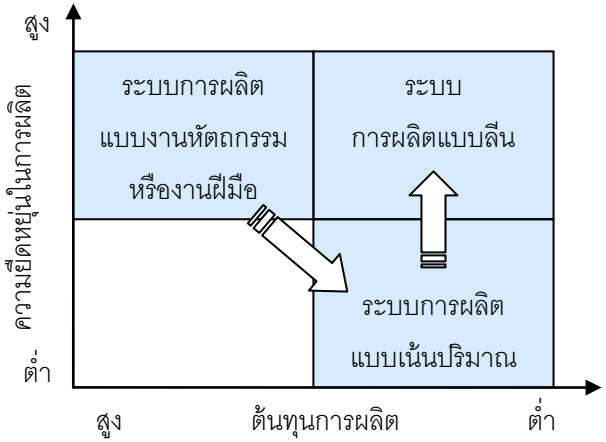
2.1 ระบบการผลิตแบบลีน

ระบบการผลิตแบบลีน

เป็นระบบการผลิตที่หลายโรงงานและหลายอุตสาหกรรม ต้องการนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางด้านธุรกิจทั้งจากภายในและภายนอกประเทศ องค์กรต้องทำการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้วยระบบการผลิตที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและ ถูกต้อง ด้วยต้นทุนที่เหมาะสม

ปัจจุบันการบริหารจัดการองค์กรให้ประสบผลสำเร็จผู้บริหารองค์กรกระทำได้ดีคือต้องทำความเข้าใจ วิเคราะห์สถานการณ์ และคิดค้นหนทางรับมือด้วยการปรับสภาพองค์กรให้สามารถรองรับปัญหา ตลอดจนใช้เทคนิควิธีการต่างๆที่เหมาะสมมาจัดการ (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550)

ระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณและมีการพัฒนามาเป็นระบบการผลิตแบบลีน ที่มีความยืดหยุ่นในการผลิตสูง ในขณะที่ต้องพยายามลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วิวัฒนาการของระบบการผลิตแบบลีน

มุมมองของระบบการผลิตแบบลีน

ลักษณะของกิจกรรม 3 ประเภท ดังนี้

1. **กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า** (Value adding activity) คือ กิจกรรมที่มีคุณค่าในการดำเนินงาน ถ้าพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าจะเห็นได้ว่ากิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ลูกค้าเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนเพื่อแลกกันมัน

2. **กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า** (Non value adding activity) คือ กิจกรรมที่ไม่จำเป็นถ้าพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าจะเห็นได้ว่า กิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น และไม่ได้จำเป็นต้องมี การทำงานหรือกิจกรรมเดียวกันซ้ำๆ กิจกรรมเหล่านี้เป็นความสูญเปล่าอย่างเห็นได้ชั ด ควรจะเป็นเป้าหมายแรกที่จะทำการแก้ไขในระยะเวลาอันสั้น

3. **กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็น** (Necessary non value adding activity) คือ กิจกรรมที่ไม่จำเป็น ถ้าพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าจะเห็นได้ว่ากิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าเพิ่ มมากขึ้น แต่จำเป็นต้องมี กิจกรรมประเภทนี้เป็นการยากที่จะสามารถถูกกำจัดได้ในระยะเวลาอันสั้น ควรเป็นเป้าหมายในระยะยาวและอาจจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนแปลงการทำงานครั้งใหญ่

ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes)

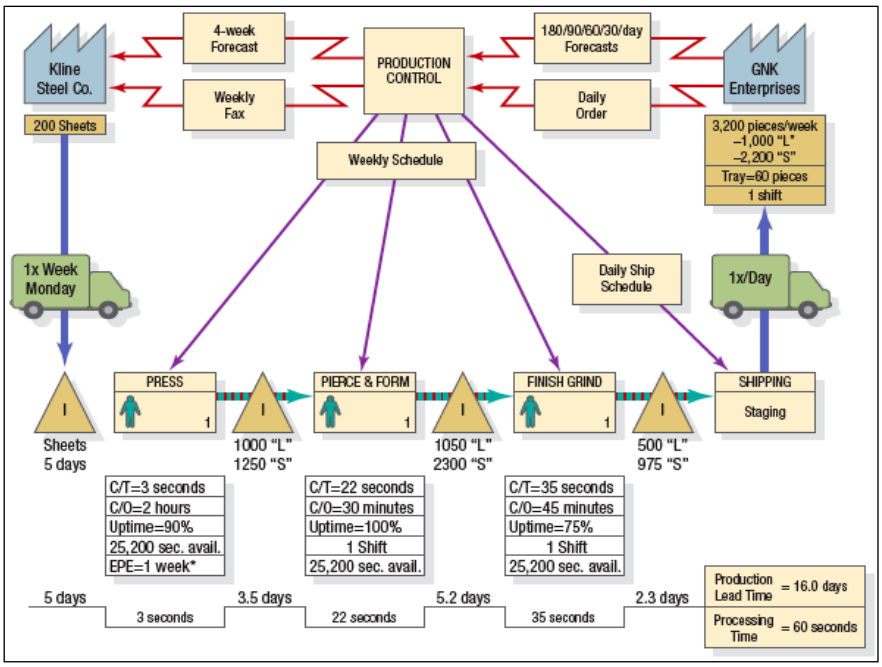
1. ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)
2. ความสูญเปล่าเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)
3. ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนส่ง (Transportation)
4. ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)
5. ความสูญเปล่าเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing)
6. ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย (Delay)
7. ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน

การผลิตแบบลีน เป็นวิธีการที่มีระบบแบบแผนในการระบุและกำจัดความสูญเสียหรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าภายในกระแสคุณค่าของกระบวนการ โดยอาศัยการดำเนินตามจังหวะความต้องกา รของลูกค้าด้วยระบบดึง ทำให้เกิดสภาพการไหลอย่างต่อเนื่อง ราบเรียบและทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างคุณค่าให้แก่ระบบอยู่เสมอ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนตามที่ James P. Womack และคณะ ได้ 5 ขั้นตอน หลักดังนี้

- Specific Value คือ การระบุคุณค่าของผลิตภัณฑ์จากมุมมองของลูกค้า ผู้ผลิตต้องเข้าใจความต้องการของลูกค้า เพิ่มจากมุมมองของผู้ผลิต

- Identifies Value Steam, Understand Demand คือ การสร้างสายธารคุณค่า โดยเขียน Value Stream Mapping (VSM) ดังภาพที่ 2.2 เพื่อมองเห็นกระบวนการทั้งระบบตั้งแต่ต้นน้ำหรือผู้ส่งมอบวัตถุดิบถึงปลายน้ำหรือลูกค้า ที่เราต้องการที่จะศึกษาทำให้เรามองเห็นโอกาสในการลดความสูญเปล่าของทั้งระบบ

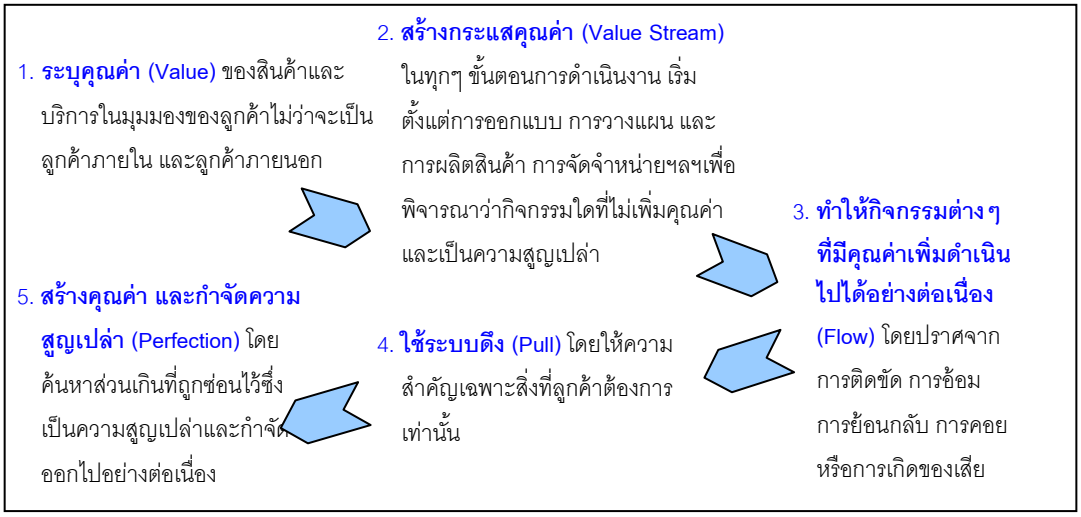


ภาพที่ 2.2 การสร้างสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM)

- Flow คือ ทำให้กระบวนการไหลอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่อหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่สูญเปล่า ดังเช่น ความสูญเปล่า 7 ประการ ที่ได้กล่าวมาแล้ว การไหลของงาน ถือว่าเป็นหัวใจของการผลิตแบบลีน

- Pull หรือ Level คือ การให้ความต้องการของลูกค้าเป็นตัวกำหนดคุณค่าของกระบวนการโดยผู้ผลิตจะผลิตตามปริมาณและตามเวลาที่ลูกค้าต้องการเท่านั้น

- Seek perfection คือ การลดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่องและเพิ่มคุณค่าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในมุมมองของลีน กลยุทธ์ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) เป็นหนึ่งในวิธีการที่จะใช้พัฒนาได้ อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน

การขยายผลของระบบลีนในห่วงโซ่คุณค่า จะพิจารณาเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมจากปัจจัย 2 ประการ ที่องค์กรอาจควบคุมไม่ได้ ได้แก่ ความไม่แน่นอนของความต้องการในการซื้อสินค้าของลูกค้าและการประหยัดจากปริมาณการผลิต (Economies of Scale) แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 2.1 ที่แสดงแนวทางการเลือกกลยุทธ์การจัดการของห่วงโซ่คุณค่า เพื่อให้ทุกส่วนที่อยู่ในห่วงโซ่คุณค่ามีเข้าใจตรงกัน และมุ่งเน้นให้ต้ นทุนโดยรวมลดลง (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550) กรณีของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิคส์ ซึ่งมีความไม่นอนของลูกค้าของความต้องการลูกค้าสูงในขณะต้องผลิตสินค้าในปริมาณมากๆ จึงจะประหยัดได้มากจะใช้กลยุทธ์แบบดึง -ผลัก (Pull-Push Strategy) หมายถึงดึงที่กระบวนการต้นน้ำ (ผู้ส่งม อบ หรือ เวนเดอร์) และผลักที่กระบวนการปลายน้ำ (ลูกค้าหรือ Where house)

2.2 แนวคิดการจัดการแบบซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

กระบวนการมาตรฐานของ Six Sigma

กระบวนการมาตรฐานของ Six Sigma ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ คือ

1. Define phase

เป็นขั้นตอนของการระบุและคัดเลือกหัวข้อในการดำเนินการโครงการ โดยหัวข้อนั้นต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กร ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากฝ่ายบริหารขององค์กรและมีการกำหนดทีมงานที่รับผิดชอบและขอบเขตการดำเนินงานอย่างชัดเจน

2. Measure Phase

เป็นขั้นตอนการวัดความสามารถของกระบวนการในสภาพปัจจุบันก่อนทำการปรับปรุง โดยต้องทำการกำหนดตัวชี้วัด การวัดค่าความสามารถของกระบวนการในสภาพปัจจุบัน การกำหนดเครื่องมือและเทคนิคต่างๆในการปรับปรุงกระบวนการ และการวิเคราะห์ระบบการวัด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นการตรวจสอบความสามารถ ความพร้อมของเครื่องมือวัด รวมไปถึงพนักงานว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

3. Analyze Phase

เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือทางสถิติมาเพื่อช่วยหา สาเหตุที่คาดว่าจะมีผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น การทดสอบสมมติฐาน การใช้ C&E matrix การวิเคราะห์พาเรโต เป็นต้น ซึ่งเรียกสาเหตุหรือปัจจัยนำเข้านั้นว่า KPIV (Key Input Process Variable) และเรียกสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือตัวแปรตอบสนองนั้นว่า KPOV (Key Output Process Variable) หรือ ตัวแปรตอบสนอง

4. Improve Phase

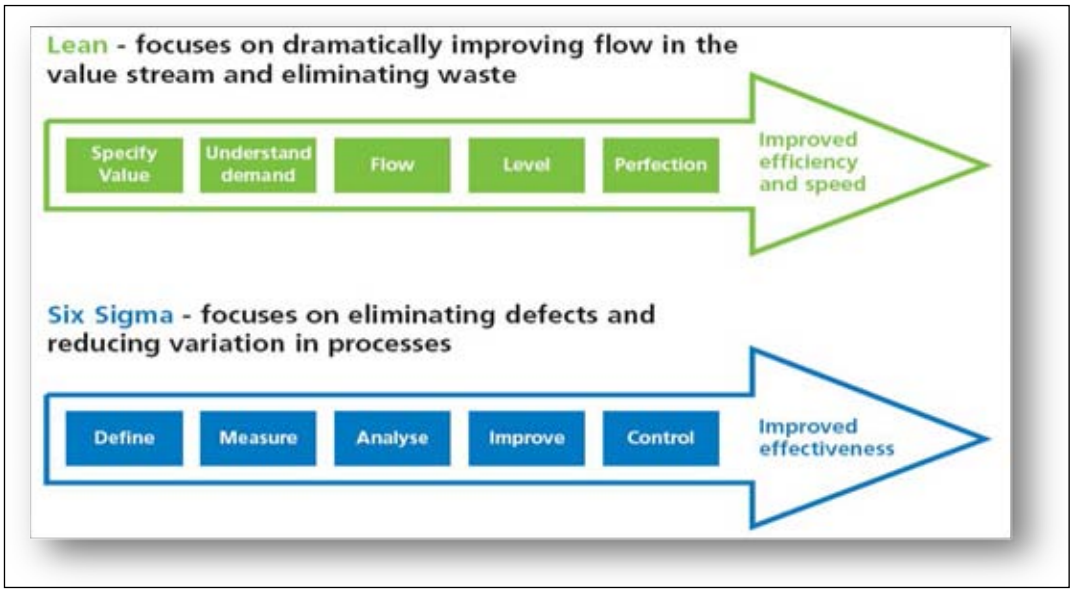
เป็นขั้นตอนของการปรับตั้งระดับของปัจจัยนำเข้า (KPIV) เพื่อหาระดับของปัจจัยนำเข้าที่ทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยมีการใช้เครื่องมือทางสถิติที่สำคัญ นั่นคือการออกแบบการทดลอง (DOE)

5. Control Phase

เป็นขั้นตอนของการควบคุมปัจจัยทั้งนำเข้าและตัวแปรตอบสนองหลังการปรับปรุงเพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุง โดยขั้นตอนนี้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติ นั่นคือแผนควบคุม แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นต้น

การบูรณาการการจัดการแบบลีน (Lean) และซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

การประยุกต์ใช้ แนวคิดลีน และซิกซ์ ซิกมา ร่วมกัน ถือได้ว่าเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญขององค์กรในการลดความผันแปรในการผลิต วิธีการของ Six Sigma จะเป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาอันเกิดจากการดำเนินงานและลดความผันแปรในกระบวนการ ในขณะที่ Lean Manufacturing จะสร้างมาตรฐานในการทำงานเพื่อลดหรือกำจัดความสูญเปล่า ดังนั้นการนำทั้ง 2 กลยุทธ์มาใช้งานร่วมกัน ทำให้เกิดผลในการลดความผันแปร ลดความสูญเปล่า ลดเวลานำและของเ สียจากกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างมาก ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนและซิกซ์ ซิกมา

ขั้นตอนการดำเนินการลีน (Lean) **และซิกซ์ ซิกมา** (Six Sigma)

1. **กำหนดคุณค่า / ตัวชี้วัด** (Define Value / Measure)

องค์กรต้องมีการทบทวนถึงการจัดการสินค้าคงคลัง การบริการลูกค้า การสื่อสารและคุณภาพ โดยทำการทบทวนขั้นตอนต่างๆ ทำการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่เป็นอยู่กับสิ่งที่ควรจะเป็น เพื่อให้ทราบถึงลำดับความสำคัญก่อนและหลังของประเด็นต่างๆที่จะต้องดำเนินการ

2. **การจัดระเบียบคุณค่า / วิเคราะห์** (Value Streaming / Analyze)

ต้องทำการลดความสูเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการรวมทั้งต้นทุนและกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าต้องถูกกำจัดออกไป

3. **การปรับปรุงการไหลของระบบและคุณภาพ** (Improve System Flow and Quality / Improve)

การลดความแปรปรวนโดยปรับปรุงการไหลและคุณภาพ โดยทำให้กระบวนการเกิดความเร็วในการผลิตเพิ่มขึ้น และยังมีการใช้เครื่องมือทางสถิติเข้ามาช่วยในตัดสินใจ

4. **ระบบดึง / ปรับปรุง** (Pull System / Improve)

ระบบดึงต้องถูกออกแบบและดำเนินการ เพื่อเป็นการลดปริมาณสินค้างคลั งหรืองานระหว่างทำ (Work in process) โดยใช้เทคนิค Kanban เข้ามาช่วยในการปรับปรุงระยะเวลานำและลดสินค้าคงคลัง

5. **ความสมบูรณ์แบบ / ควบคุม** (System Perfection/ Control)

กระบวนการถูกกำหนดสำหรับการปรับปรุงการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุดเพื่อให้สามารถควบคุมความแปรปรวนให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดเวลา

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับลีนและซิกซ์ ซิกมา สามารถ นำมา ประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย อุตสาหกรรม ทั้งอุตสาหกรรมการผลิต รวมไปถึงอุตสาหกรรมการบริการ ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมเหล่านั้นประสบผลสำเร็จเป็นอย่างมาก ทางด้านการปรับปรุงคุณภาพที่ดีขึ้น การบริการที่ เป็นเลิศ และการบริหารต้นทุนที่ดีเยี่ยม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกงานวิจัยที่มีเกี่ยวข้องกับกระบวนการในอุตสาหกรรมการผลิตและงานวิจัยที่มีจุดเด่นเพื่อประยุกต์ใช้กับงานวิจัย รายละเอียดดังนี้

จุฑาทิพย์ ซื่อตระกูลพานิชย์ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการประกอบกันชนหลังรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดต้นทุนของกระบวนการภายใต้ข้อกำหนด ขนาดพื้นที่และจำนวนพนักงานที่จำกัด และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงต้องเ ท่ากับศูนย์ วิธีดำเนินการได้ใช้ Value Stream Mapping: VSM ในการวิเคราะห์ พบความสูญเปล่าได้แก่ การรอคอย การทำงานอุปกรณ์และชิ้นงาน ขาดประสิทธิภาพในการทำงาน และได้นำหลักการ ECRS ได้แก่ Eliminate, Combine, Rearrange และ Simplify ประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงสายการผ ลิต สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์การทำงานโดยแยกกิจกรรมเป็น แบบมีมูลค่าเพิ่ม (Value Add) แบบไม่เกิดมูลค่า (Non-Value Add) และแบบไม่จำเป็นไม่เกิดมูลค่า (NNVA) ทำให้มองเห็นโอกาสในการแก้ไขปัญหา ซึ่งส่งผลทำให้ลดจำนวนพนักงาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้

เจษฎา ศรีรักษา (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ระบบการผลิตแบบลีนของอุตสาหกรรมรถยนต์ กรณีศึกษา บริษัทโตโยต้า จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเทคนิคและกระบวนการผลิตแบบลีนของโตโยต้าและเพื่อศึกษาการประยุกต์การจัดการผลิตแบบลีนไปประยุกต์ใช้กั บอุตสาหกรรมอื่นๆ วิธีการศึกษาเป็นแบบสังเคราะห์เชิงทฤษฎีและผลการวิจัยต่างๆ เอกสารและบทความ สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ แนวทางในการลดระยะเวลาการผลิต (Lead Time) มาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาไลน์การประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

ประเสริ ฐ ศรีบุญจันท์ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การปรับปรุงกระบวนการผลิตกระจกด้วยการผลิตแบบลีน เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยทำการศึกษา การวิเคราะห์การผลิตด้วย Current State -Value Stream Mapping และมีการกำหนดมาตรฐานการผลิต เช่น การจัดสมดุลการผลิต การดำ เนินการ 3 ส การบำรุงรักษาด้วยตัวเองและการควบคุมด้วยสายตา และทำการสรุปผลหลังการปรับปรุงโดยจัดทำ Future State -Value Stream Mapping สิ่งที่นำมา

ประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การใช้ Value Stream mapping เพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการลดระยะเวลาการผลิต (Lead Time) และ ลด WIP ที่ผลิตมากเกินไป ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของบริษัทได้

องค์การ ศิริสวัสดิ์ (2551 ศึกษา ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสีย อันเนื่องมาจากการผลิตเทฟลอนและหาสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย นำเสนอการออกแบบการทดลอง โดยใช้เป็นแบบแฟคทอเรียลดีไซน์ ที่ (2^k) ระดับของปัจจัย 2 ระดับ ในการออกแบทดลอง สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การนำวิธีการออกแบบการทดลองโดยวิธีแฟคทอเรียลดีไซน์ ที่ (2^k) เพื่อหาตัวแปรหลักที่เหมาะสม KPIV ซึ่งถ้าสามารถควบคุมจะทำให้ล ดปริมาณของเสียและสามารถลดต้นทุนได้

อุรคินทร์ พลนิกร (2550) ใช้แนวทาง ของซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการ ลดของเสียในกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็น ของอุตสาหกรรมท่อสเตนเลส เกรด 304L สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การนำขั้นตอนวิธีการของซิกซ์ ซิกม่า และการออกแบ บการทดลอง เพื่อหาสาเหตุและเลือกตัวแปรหลักที่เหมาะสม (KPIV) ในการควบคุ ม ซึ่งจะช่วยลดลดต้นทุนจากการเกิดของเสียได้

ธีรพร เสนพรหม (2550) ประยุกต์ใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติก เพื่อลดของเสียจากข้อตำหนิประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาชนิดบางพิเศษ มีการนำขั้นตอนวิธีการของซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ โดยใช้เครื่องมือทางสถิตินั่นคือตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล การออกแบบการทดลอง ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ปัญหาและลดต้นทุนในการทดลอง

ศรัณย์ ณัฐพูลวัฒน์ (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การลดของเสียประเภทริ้วในกระบวนการผลิตแผ่นหลังคาโปร่งแสง เพื่อค้นหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ไม่ได้ คุณภาพประเภทริ้วในกระบวนการผลิตกระเบื้องมุงหลังคาพอลีเอสเตอร์เสริมใยแก้วและเสนอสภาวะการผลิตที่เหมาะสมในการผลิต เพื่อให้เกิดปัญหาริ้วน้อยที่สุด ซึ่งได้อาศัยหลักวิธีการออกแบบการทดลอง นั่นคือการเลือกใช้การออกแบบการทดลองซึ่งเป็นเครื่องมือที่ มีประสิทธิภาพในขั้นตอนการหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรที่เราศึกษา อีกทั้งยังมี การวิเคราะห์หาสภาวะ การผลิตที่เหมาะสมโดยประเมินจากวิธีการพื้นผิวตอบสนอง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัว แปรหลักได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

จุฑาทิพย์ ทะประสพ (2551) ประยุกต์ใช้เทคนิคทางคุณภาพ เพื่อ ลดของเสียในกระบวนการพิมพ์บรรจุภัณฑ์พลาสติก สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การเลือกใช้การออกแบบการทดลองในขั้นตอนการหาเหตุและการแก้ไขปัญหาตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาและการสร้างระเบี ยบวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการ ในขั้นตอนการควบคุม ซึ่งทำให้การดำเนินการสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ภาณุ ชุดเจือจีน (2551) ทำการลดของเสียในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกา มีการนำเสนอการประยุกต์ใช้ การปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา ใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ซึ่งมีการประยุกต์ใช้การอ อกแบบการทดลองเป็นจุดเด่นในการ หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการและเพื่อการควบคุมกระบวนการผลิต เป็นการป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดซ้ำขึ้น

ปาริชาติ บุญเกลี้ยง (2552) ลดต้นทุนของเสียจากปัญหาขนาดหน้ากว้างออกนอกค่าการยอมรับของเทปโฟมอะคริลิค มีการนำเสนอการ ประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพที่เหมา ะสมทั้ง 5 ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การนำค่า Cp และ Cpk มาเทียบกับมาตรฐาน 1.33 ทำให้เห็นภาพความสามารถของกระบวนการผลิตได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้แนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุ ณภาพในแต่ละขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอน

พิมพ์ชนก ไพศาลภาณุมาศ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การลดระยะเวลานำในการผลิตในโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา เพื่อปรับปรุงการจัดการการผลิตของโรงงาน เพื่อลดระยะเวลานำในกา รผลิตปัจจุบันและเตรียมความพร้อม เพื่อรองรับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดย มีการ นำหลักระบบบริหารการผลิตแบบลีนซิกซ์ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์ปัญหาและการปรับปรุงเวลานำในการผลิตของโรงงานประกอบชิ้นส่วน เพื่อการลดจำนวนงานระหว่างที่ผลิตและปรับปรุงผลิตภาพ ซึ่งทำให้รักษาลดต้นทุนในการผลิตได้อย่างยั่งยืน

วรพจน์ ยอดมนต์ (2543) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงและพัฒนาเพื่อลดเวลาที่สูญเสียจาก การเปลี่ยนการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์ของผ้าอนามัยแบบมีปีก โดยมีการปรับปรุงขั้นตอนการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์เพื่อลดเวลาสูญเสีย โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือลีน ในการปรับปรุงกระบวนการ เช่น ใช้หลักการพื้นฐานเริ่มจากการศึกษาเวลาและการทำงาน (Motion and Time Study) หลัก 6 W - 1 H และหลักการป้องกันความผิดพลาด (POKAYODE)

ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ (2546) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบในการลดความสูญเปล่า 7 ประการ สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องสำอาง โดยใช้แนวทางของ Process Activity Mapping วิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎีความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการพร้อมทั้งหาขั้นตอน และใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ การบริหารพัสดุคงคลังและเครื่องมือคุณภาพ เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการ เพื่อลดความสูญเปล่า สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การประเมินและหาแนวทางในการลดรอบเวลาการผลิต ซึ่งเมื่อลดจำนวนของการจัดเก็บของแต่ละขั้นตอน สามารถทำให้รอบเวลาในการผลิตเร็วขึ้น

สุภารัตน์ ธาราสายทอง (2549) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ต้นทุนและประสิทธิผลอุตสาหกรรมพลาสติก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพ (Quality Cost) สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกประเภทฉีด สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้คือ การวิเคราะห์หาประเด็นในการปรับปรุงต้นทุนคุณภาพ ได้แก่ ต้นทุนความล้มเหลวภายใน เพื่อดำเนินการปรับปรุงต้นทุนของ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงได้

บทสรุปของการสังเคราะห์งานวิจัยทั้งระบบการผลิตแบบลีน การจัดการแบบซิกซ์ ซิกมา แนวคิดการผลิตแบบลีน ซิกซ์ ซิกมาและการลดระยะเวลานำในการผลิต สามารถเรียบเรียงได้ดังนี้

ปัญหาของการผลิตเริ่มจากการลดความสูญเปล่า 7 ประการได้แก่ 1) การผลิตที่มากเกินไป 2) การรอคอย 3) การขนส่ง 4) กระบวนการที่ไม่เหมาะสม 5) สินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น 6) การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม และ7) ข้อบกพร่องของสินค้า (ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ, 2546) เมื่อนำ VSM มาวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ทำให้มองเห็นโอกาสในการแก้ปัญหาที่เด่นชัดมากขึ้น สามารถจัดสมดุลการผลิต ส่งผลให้เวลาการผลิตรวมทั้งหมด (Manufacturing Cycle Time: MCT) และ WIP ลดลงได้ ซึ่งต้นทุนการผลิตก็ลดลงด้วยเช่นกับ (ประเสริจ ศรีบุญจันท์, 2551) ส่วนแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งการปรับปรุงประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการนิยามปัญหา 2) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา 4) ขั้นตอนการปรับปรุง และ 5) ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต นอกจากนี้แล้วเครื่องมือที่ทำให้การวิเคราะห์ตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (KIPV) ได้อย่างแม่นยำ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง เป็นสิ่งทำให้สามารถจัดการกับตัวแปรที่ต้องควบคุม

บทที่ 3
การนิยามปัญหา

3.1 บทนำ

ในขั้นตอนการนิยามปัญหาจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดคณะทำงานทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในปัจจุบันของกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ เพื่อให้เห็นถึงลักษณะของปัญหาด้วยการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ ระยะเวลานำใน กระบวนการผลิต (Manufacturing Lead time) และอัตราส่วนของงาน เสีย (Defect rate) ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดในการติดตามผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ขั้นตอนนิยามปัญหามีรายละเอียดดังนี้

3.2 การกำหนดคณะทำงานในการดำเนินงาน

ในการกำหนดคณะทำงานในการดำเนินงาน ได้รับความร่วมมือจากผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ เพื่อช่วยในการสนับสนุนการทดลองแล ะระดมสมองโดยใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงาน เพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จและบรรลุเป้าหมาย ซึ่งคณะทำงานประกอบด้วยบุคลากรที่มาจากส่วนงานต่างๆ ดังนี้

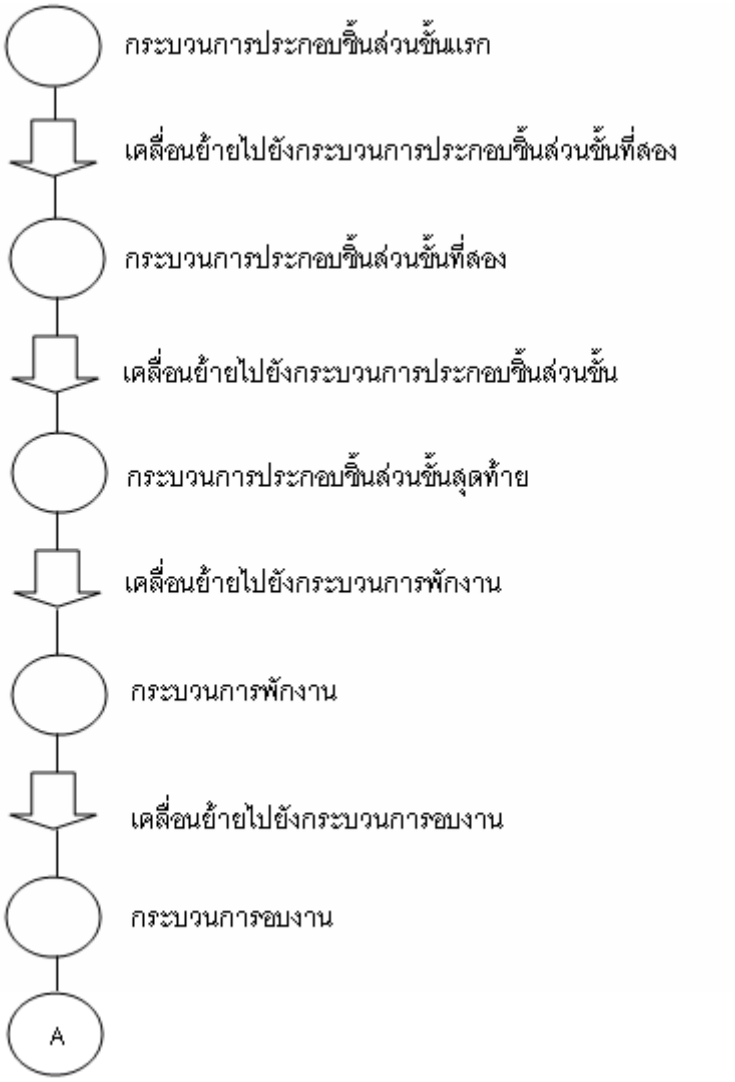
คณะทำงานในการดำเนินงาน

- หัวหน้างานส่วนงานผลิต (Production Supervisor)
- หัวหน้างานส่วนงานวางแผนการผลิต (Production Planning Supervisor)
- วิศวกรควบคุมการผลิต (Process Engineer)
- หัวหน้างานส่วนงานควบคุมคุณภาพ (Quality Control Supervisor)
- หัวหน้างานส่วนงานประกันคุณภาพ (Quality Assurance Supervisor)
- หัวหน้างานส่วนงานซ่อมบำรุง (Maintenance Supervisor)

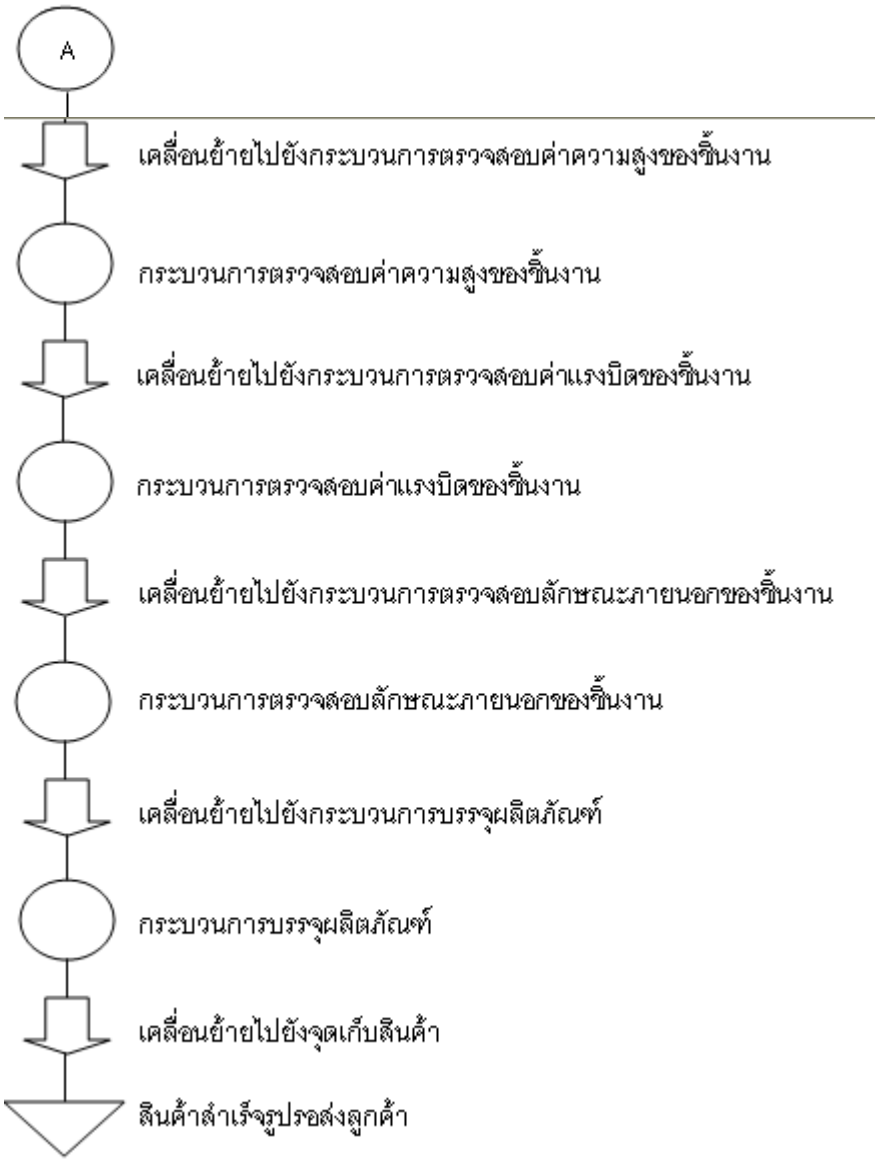
ในคณะทำงานนี้ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นหัวหน้างานส่วนงานประกันคุณภาพ (Quality Assurance Supervisor)

3.3 การศึกษากระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 สามารถอธิบายได้ด้วยแผนภาพ อธิบายกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิตแกนหมุนสำหรับฮาร์ดดิสก์



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิตแกนหมุนสำหรับฮาร์ดดิสก์

3.4 การศึกษาสภาพปัญหาในเรื่องระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

งานวิจัยนี้จะทำการลดเวลานำในส่วนของ กระบวน การผลิตสินค้าเท่านั้น และความหมายของ ระยะเวลานำใน กระบวน การผลิตที่อยู่ในขอบเขตงานวิจัยนี้ คือ เวลาที่เริ่มตั้งแต่พนักงานของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นแรกเริ่มทำการประกอบชิ้นส่วนโดยมีวัตถุดิบพร้อมที่หน้าสถานีงาน และเวลานำในกระบวนการการผลิตจะสิ้นสุดเมื่อนำสินค้าเข้าเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอส่งลูกค้า

จาก สภาพปัญหาที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub (2) assembly) มีระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตเฉลี่ย 0.58 วัน จากแผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน (Current Value Stream Mapping) มีจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระ บวนการผลิตสูง ซึ่งสาเหตุเกิดจากวิธีในการทำงานยังไม่เหมาะสม เช่น การวางชิ้นงานก่อนการประกอบ และอุปกรณ์ในการประกอบยังไม่เหมาะสม จึงส่งผลให้มีระยะเวลาในการประกอบชิ้นงานสูง และมีจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตสูงตามไปด้วย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly) มีระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตเฉลี่ย 0.50 วัน สาเหตุเกิดจากวิธีในการทำงานยังไม่เหมาะสม เช่น การวางชิ้นงานก่อนการประกอบ ซึ่งมีสาเหตุที่คล้ายกับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง ซึ่งจะทำการปรับปรุงไปในลักษณะเดียวกัน จึงส่งผลให้มีระยะเวลาในการปร ะกอบชิ้นงานสูง อีกทั้งยังมีจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตสูงอีกไปด้วย

กระบวนการพักงาน (Staging) ที่มีระยะเวลานำใน กระบวน การผลิตเฉลี่ย 0.84 วัน โดยกระบวนการ พักงานนี้เป็น กระบวนการที่ ทำการ พักงานในอุณหภูมิห้องหลังจากทำการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายเสร็จแล้วจะทำการพักงานที่ครบตามล็อต (500 ชิ้น/ล็อต) ที่กำหนดไว้ในอุณหภูมิห้อง ตามระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้ นั่นคือ 3 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้ ชิ้นงานที่ประกอบเสร็จชิ้นแรกต้องรอชิ้นงานชิ้นสุดท้ายเพื่อให้ ครบจำนวนตามล็อตนั้น เพื่อเข้าสู่กระบวนการพักงานระยะเวลา 3 ชั่วโมง กระบวนการพักงานนี้เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดปริมาณงานระหว่างทำ (Work in process) ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นงานเหล่านั้นด้วย จากปัญหาดังกล่าว ระยะเวลาการพักงานจำนวน 3 ชั่วโมงของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำใน กระบวน การผลิตที่นานในปัจจุบันนั้น ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังถึงความจำเป็นที่จะต้องมีระยะเวลาการพักงานเป็น 3 ชั่วโมง จากช่องว่างนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาถึงระยะเวลาการพักงานที่เหมาะสม และหากสามารถลดระยะ เวลาการพักงานลงได้ โดยต้องไม่มี

ผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน จะทำให้ระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตสั้นลง นั่นคือหลังจากที่ทำการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายเสร็จจะสามารถผ่านไปสู่กระบวนการถัดไปได้

กระบวนการตรวจสอบแรงบิดของชิ้นงาน (Torque Inspection) มีระยะเวลานำใน กระบวนการผลิต 0.50 วัน ซึ่งสามารถตรวจจับหรือเป็นกระบวนการที่ชี้วัดว่า มีของเสียเกิดขึ้นโดย ของเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากกระบวนการประกอบชิ้นงาน โดยผู้วิจัยต้องทำการปรับปรุง คุณภาพของชิ้นงานจากกระบวนการประกอบชิ้นงานในขั้นตอนต่างๆและทำการวัดผลจาก กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งปัจจุบันมีอัตราส่วนชิ้นงานดีเฉลี่ย 98% (เป้าหมาย 99.0 %) ซึ่งจากปัญหาที่เกิดชิ้นงานเสียประมาณ 2% นั้น ส่งให้เกิดความสูญเสียในรูปของตัวเงิน โดยเกิดเป็นต้นทุนของเสียประมาณ 171,296 บาทต่อเดือน จากปัญหาดังกล่าวต้องดำเนินการหาสาเหตุและลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบไพวอทโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา

3.5 **การศึกษาสภาพปัญหาในเรื่องอัตราส่วนของงานเสีย** (Defect rate)

สืบเนื่องจากการศึกษาสภาพปัญหาของระยะเวลานำในการผลิตในหัวข้อ 3.4 พบว่า กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดชิ้นงาน (Torque Inspection) ตรวจพบอัตราส่วนงานเสีย (Defect rate) เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากเฉลี่ยเท่ากับ 2% ส่งให้เกิดความสูญเสียในรูปของตัวเงิน โดยเกิดเป็นต้นทุนของเสียเท่ากับ 171,296 บาทต่อเดือน อีกทั้งยังส่งผลให้มีระยะเวลานำใน กระบวนการผลิตที่ค่อนข้างยาวนานอีกด้วย เนื่องจากต้องสูญเสียชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า ทำให้ต้องผลิตชิ้นงานทดแทนในส่วนที่สูญเสียไป ก่อให้เกิดความสูญเปล่าเกิดขึ้น ซึ่งอัตราส่วนงานเสีย เป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จะทำการลดของเสีย ในกระบวนการผลิตให้ลดลงได้มาก ที่สุด ซึ่งต้องทำการปรับปรุงที่กระบวนการประกอบชิ้นงาน ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวต้องดำเนินการหาสาเหตุและลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา

จากสภาพปัญหาที่พบ จึงได้ทำการกำหนดปัญหาที่จะทำการปรับปรุง คือ

1. การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตจากปัจจุบันมีระยะเวลา 4.53 วัน ให้ลดลงกว่าปัจจุบัน

2. การปรับปรุงค่าเฉลี่ยของ ค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงานของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ให้มีค่าอยู่ภายในข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าความสามารถของกระบวนการ Cpk มีค่าสูงขึ้น โดยจาก Cpk ปัจจุบันของค่าแรงบิดของชิ้นงาน เท่ากับ 0.75 และ Cpk ปัจจุบันของค่าเรโซแนนซ์เท่ากับ 0.83 มีเป้าหมายที่จะเพิ่มให้ได้อย่างน้อย 1.33

3.6 สรุปผลการดำเนินงานระยะนิยามปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้น ในส่วนของขั้นตอนการนิยามปัญหา ตั้งแต่การพิจารณาปัญหา ที่ส่งผลกระทบต่อองค์กร ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้แก้ปัญหา

1. การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตจากปัจจุบันมีระยะเวลา 4.53 วัน ให้ลดลงกว่าปัจจุบัน

2. การปรับปรุงค่าเฉลี่ยของ ค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ ของชิ้นงานของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ให้มีค่าอยู่ภายในข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าความสามารถของกระบวนการ Cpk มีค่าสูงขึ้น โดยจาก Cpk ปัจจุบันของค่าแรงบิดเท่ากับ 0.75 และ Cpk ปัจจุบันของค่าเรโซแนนซ์เท่ากับ 0.83 มีเป้าหมายที่จะเพิ่มให้ได้อย่างน้อย 1.33

บทที่ 4
การวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

4.1 บทนำ

ในขั้นตอนการวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น มีการใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วย ในการ เก็บรวบรวมข้อมูล โดยจะทำการเก็บข้อมูลของระยะเวลานำใน กระบวน การผลิต (Manufacturing Lead time) ในกระบวนการผลิตแกนหมุนหัว อ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ และอัตราส่วนงานเสีย (Defect rate) ของค่าแรงบิดของชิ้นงาน (Torque) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์เพื่อหา สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการวัดสภาพปัญหาและการเก็บข้อมูลเบื้องต้นมีรายละเอียดดังนี้

4.2 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

4.2.1 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของระยะเวลานำในการผลิต

ขั้นตอนในการหาระยะเวลานำในกระบวนการผลิตแกนหมุนหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ต้องการลดเวลาให้สั้นลงกว่าปัจจุบัน ซึ่งในปัจจุบันมีระยะเวลานำในการผลิตเฉลี่ย 4.53 วัน ทำได้โดยการศึกษาเวลาการทำงานของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A1

จากสภาพการผลิตในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าที่ผ่านมายังมีการเก็บข้อมูลของระยะเวลานำในการผลิตไพวอท (Manufacturing Lead time) ไม่ครอบคลุมของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ทำการศึกษา ดังนั้น ผู้วิจัย จึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาสภาวะปัจจุบันของระยะเวลานำในกระบวนการผลิตไพวอท ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ดังนี้

1. **เก็บข้อมูลเพื่อสร้างแผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน** (Current Value Stream Mapping)

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า เช่น ความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนของสินค้ารุ่น A1 และความถี่ในการจัดส่งสินค้า เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ในสภาพปัจจุบัน

รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนของสินค้ารุ่น A1	300,000	ชิ้น/เดือน (10,000 ชิ้น/วัน)
ความถี่ในการจัดส่งสินค้า		ทุกวันทำงาน

2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน เช่น จำนวนวันทำงาน เวลาเวลาหยุดพักทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงานในสภาพปัจจุบัน

รายละเอียด	เวลา	หน่วย
จำนวนวันทำงาน	30	วัน/เดือน
เวลาทำงาน	24	ชั่วโมง/วัน
เวลาหยุดพักทั้งหมด	3	ชั่วโมง/วัน
- เวลาหยุดพัก 1 ชั่วโมง/กะ	1	ชั่วโมง/กะ
เวลาทำงานสุทธิ (ทุกกระบวนการมีเวลาทำงานเท่ากัน)	21	ชั่วโมง/วัน

3. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน เช่น จำนวนพนักงาน จำนวนเครื่องจักร รอบเวลาในการผลิต อัตราส่วนงานดี เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในสภาพปัจจุบัน

ข้อมูล	กระบวนการ											หน่วย
	Sub(1) a'ssy	Sub(2) a'ssy	Final ass'y	Staging	Oven	Height inspection	Torque inspection	Visual	Microscope	QA Sampling	Packing	
จำนวนพนักงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	คน
จำนวนเครื่องจักร	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	1	เครื่อง
รอบเวลาในการผลิต (Cycle time:C/T)	7.02	8.69	8.48	21.60	1.44	2.46	2.36	3.71	3.45	5.58	1.11	วินาที/ชิ้น
อัตราส่วนงานดี (%Yield)	100	99	100	100	100	99	98	99.25	99	100	100	เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. **จำนวนพนักงาน** โดยทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานวางแผนการผลิต และสำรวจข้อมูลจากแต่ละสถานีงาน

2. **จำนวนเครื่องจักร** โดยทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานวางแผนการผลิต และสำรวจข้อมูลจากแต่ละสถานีงาน

3. **รอบเวลาในการผลิต** โดยทำการเก็บข้อมูลของรอบเวลาในการผลิต (Cycle time: C/T) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 **กระบวนการประกอบโดยใช้พนักงาน** จะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานที่ทำงานประจำทุกกะทำงาน และหาค่าเฉลี่ยของรอบเวลาในการผลิตจากพนักงานทั้งหมด จำนวน 13 คน

3.2 **กระบวนการประกอบโดยใช้เครื่องจักร** จะทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานซ่อมบำรุงและรักษาเครื่องจักร และสำรวจข้อมูลจากหน้าจอของเครื่องจักรที่สถานีงาน

4. รวบรวมข้อมูล จำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต ในช่วงที่ มีระดับคงที่ (ชั่วโมงที่ 3-4 ของกะทำงาน) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตในสภาพปัจจุบัน

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานในกระบวนการผลิต (WIP)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sub(1) a'ssy	2300	2300	6700	10000	8300	7600	4600	1100	1154	1654	1154	1254	2754	900	900
Sub(2) a'ssy	7500	5000	7500	6000	7000	5500	5000	7500	6000	6000	6500	5000	5500	5000	7500
Final ass'y	6500	6500	4500	6000	4000	2500	4500	6500	3000	4000	7500	5500	7000	5500	6500
Staging	8248	8248	12248	6748	6248	14748	12738	8738	8429	8929	8729	9229	10583	9243	9243
Oven	2000	2000	1500	3000	2500	3000	2500	1500	1500	500	500	1000	3000	3000	2500
Height inspection	4500	500	2500	2500	3000	6500	3850	1000	5000	4500	2500	5000	7653	2500	8000
Torque inspection	4997	499	4489	6978	8443	4478	3981	2334	6311	4465	3494	5473	6128	5488	7963
Visual	3846	500	1747	3341	8021	4623	2894	2404	3281	4815	2428	2382	6236	4369	4383
Microscope	3701	1920	1688	2415	10852	5386	2892	5341	3784	5310	3888	3374	7207	5342	5366
QA Sampling	2075	1325	4218	2825	2147	4763	12519	16281	16200	5400	4400	7200	12600	10800	9000
Packing	2538	4863	2081	2294	3853	5616	2119	5400	1600	1800	2800	1000	1200	4000	4400

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานในกระบวนการผลิต (WIP)															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	เฉลี่ย
Sub(1) a'ssy	900.0	900	100	1100	1100	1100	700	1100	1100	1100	1100	1100	1100	700	100	**2642.8**
Sub(2) a'ssy	6500.0	6500	5500	5500	4500	5000	4000	5500	7000	7500	5000	5500	7000	5500	5000	**5796.9**
Final ass'y	6000.0	1500	5500	6000	10000	5500	5500	4000	5000	5500	3000	2000	6000	4000	3500	**4984.4**
Staging	9243.0	9243	7243	9243	9243	9243	9243	4243	5755	5755	5755	7455	9455	9250	7250	**8358.4**
Oven	2000.0	2500	3000	1500	2000	500	3000	2000	1500	2500	500	1500	2000	500	1500	**1937.5**
Height inspection	3000.0	1500	5500	6500	4000	4000	5000	2000	5500	2472	4500	5500	2500	2000	4000	**3858.6**
Torque inspection	3995.0	6494	6983	5479	4485	4485	5979	4488	7479	4345	4484	7142	1477	3499	4997	**5032.8**
Visual	4368.0	4899	5846	4355	3384	3408	3424	4241	6254	4242	3417	3866	1994	2963	2481	**3711.5**
Microscope	1935.0	8755	7309	5319	3857	3404	3907	7175	5222	5706	5823	4860	454	3595	3674	**2329.8**
QA Sampling	9000.0	5405	3675	10800	10800	7200	9000	12600	9000	3600	9000	12600	9000	5400	10800	**3969.3**
Packing	600.0	1005	2680	1480	1200	1400	1400	4000	3600	3600	2600	1200	4200	3600	1400	**2685.3**

5. รวบรวมข้อมูลเวลาในกระบวนการ โดยจำแนกออกได้ดังนี้

1. เวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยทำการคำนวณระยะเวลานำในกระบวนการผลิต (Lead time: L/T) ด้วยการนำจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยหารด้วยจำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการ

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในสภาพปัจจุบัน

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตเฉลี่ย (ชิ้น)	รอบเวลาในการผลิต (sec/ชิ้น)	ความต้องการของลูกค้า (ชิ้น)	เวลานำระหว่างกระบวนการ (วัน)
Sub(1) a'ssy	2642.8	7.02	10000	0.26
Sub(2) a'ssy	5796.9	8.69	10000	0.58
Final assy	4984.4	8.48	10000	0.50
Staging	8358.4	21.60	10000	0.84
Oven	1937.5	1.44	10000	0.19
Height inspection	3858.6	2.46	10000	0.39
Torque inspection	5032.8	2.36	10000	0.50
Visual	3711.5	3.71	10000	0.37
Microscope	2329.8	3.45	10000	0.23
QA Sampling	3969.3	5.58	10000	0.40
Packing	2685.3	1.11	10000	0.27
		รวม		4.53

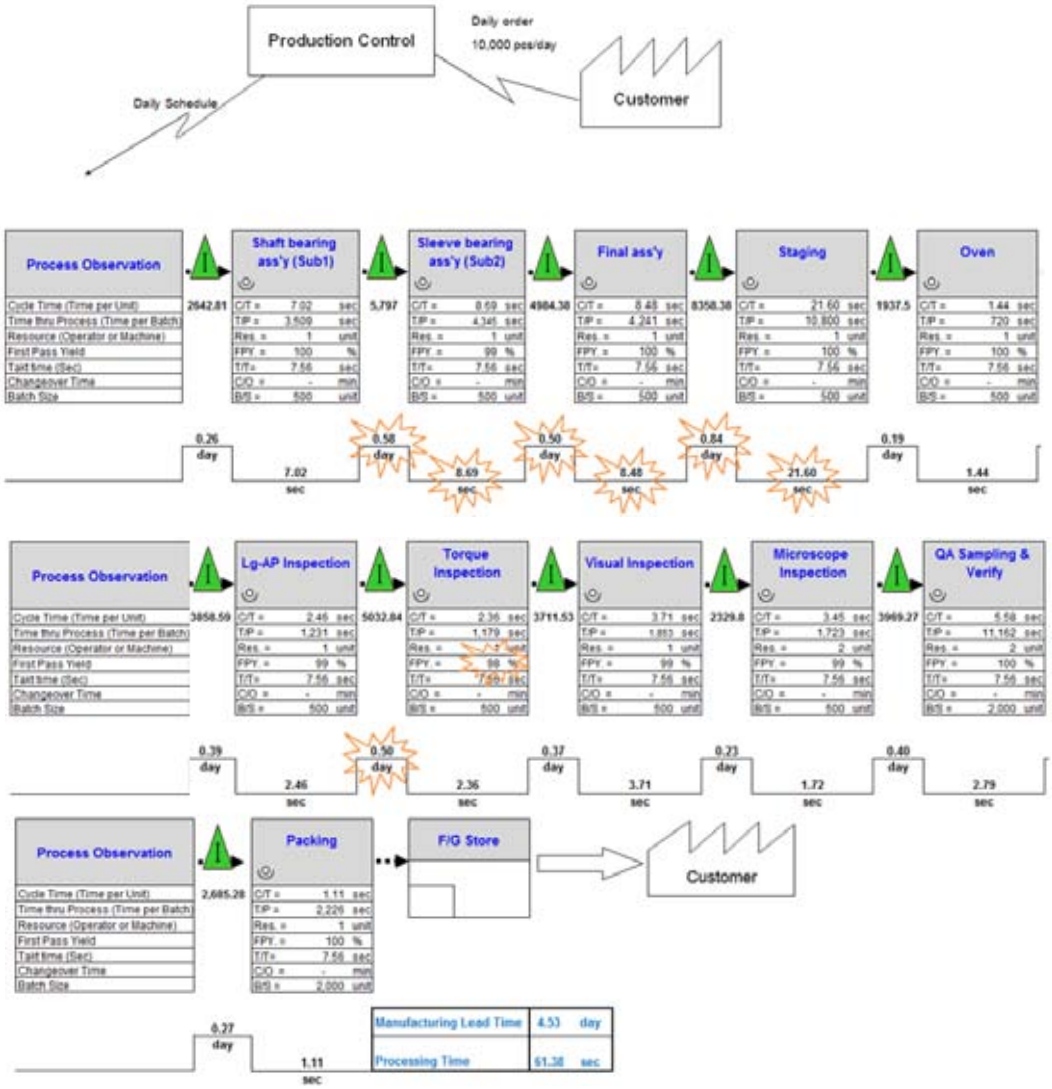
2. เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นแรก กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นที่สอง กระบวนการพักงาน กระบวนการอบงาน กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย กระบวนการตรวจสอบค่าความสูงของชิ้นงาน กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากรอบเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ (Cycle time: C/T)

5.4 สรุปผลรวมของเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่เพิ่ม/ไม่เพิ่มคุณค่า

ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตรวม (Manufacturing Lead time) = 4.53 วัน

รอบเวลาในการผลิตรวม (Total Cycle time) = 61.38 วินาที

จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลข้างต้นและ ทำการวาดแผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Map) เพื่อแสดงภาพรวมของระยะเวลานำในกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 4.1

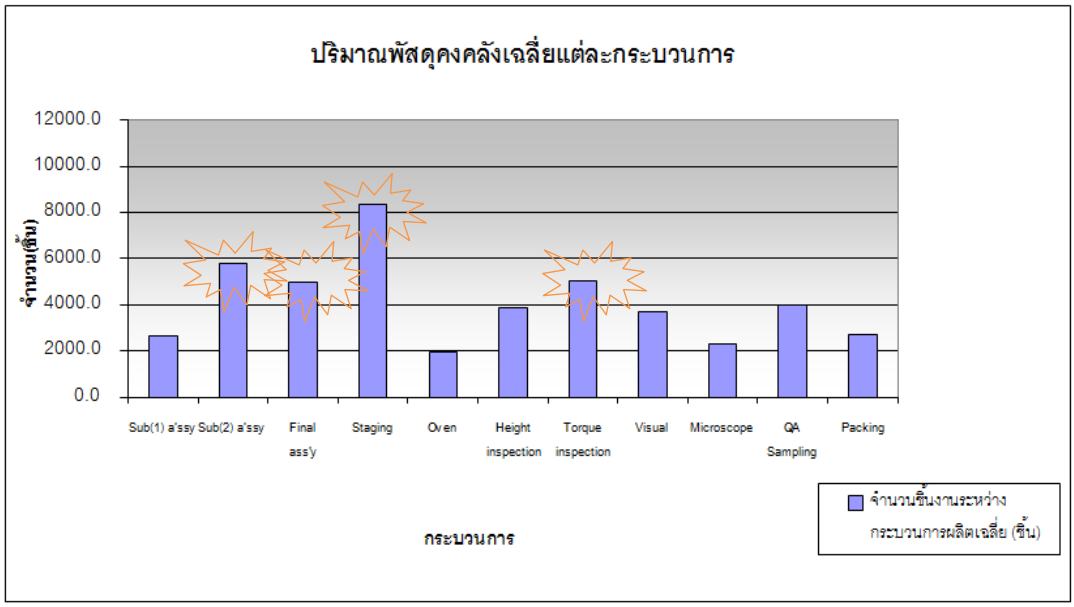


ภาพที่ 4.1 แผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน (Current Value Stream Mapping) ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา

จากภาพที่ 4.1 แสดงแผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน (Current Value Stream Mapping) สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์รุ่น A1 มีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ย 4.53 วัน ซึ่งทีมีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตสูง ได้แก่ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub(2)assembly) กระบวนการพักงาน (Staging) กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly)และกระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงานที่มีการตรวจเจออัตราส่วนงานเสียโดยเฉลี่ยประมาณ 2% และจากกระบวนการ มีระยะเวลาการรอคอย (Waiting time)ในการผลิตดังนี้ 0.58 วัน 0.50 วัน 0.84 วัน และ 0.50 วัน ตามลำดับ ซึ่งจากระยะเวลาการรอคอยทั้ง 4 กระบวนการดังกล่าว และอัตราส่วนของเสียที่สูงของค่าแรงบิดชิ้นงาน ส่งผลให้ระยะเวลานำในกระบวน การผลิตมากขึ้น ดังนั้นในขั้ นตอนถัดไปจะต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการปรับปรุงให้ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตลดลงให้ได้มากที่สุด

2. เก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต

ทำการเก็บรวบรวมจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ปริมาณงานระหว่างทำในแต่ละกระบวนการ

จากภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณระหว่างทำในแต่ละกระบวนการ พบว่ามีหลายกระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำค่อนข้างสูงได้แก่ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub (2) assembly) กระบวนการชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly) กระบวนการพักงาน (Staging) และกระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดชิ้นงาน (Torque inspection) ซึ่งต้องทำการลดปริมาณงานระหว่างทำในกระบวนการเหล่านี้ เพื่อส่งผลให้ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตลดลงด้วย

3. เก็บข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต

ทำการเก็บข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต ดังนี้

1. เวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยทำการคำนวณระยะเวลานำ ในกระบวนกระบวนการผลิต (Lead time: L/T) ด้วยการนำ จำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต เฉลี่ยหารด้วย จำนวนความต้องการของลูกค้า (10,000ชิ้นต่อวัน) และจากแผนภาพกระแสคุณค่าปัจจุบันสามารถสรุประยะเวลานำของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 โดยเฉลี่ย 4.53 วัน

2. เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองาน ได้แก่ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นแรก กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นที่สอง กระบวนการพักงาน กระบวนการอบงาน กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย กระบวนการตรวจสอบค่าความสูงของชิ้นงาน กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากรอบเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ (Cycle time: C/T)

3. เวลาที่ลูกค้าต้องการงาน (Takt time) ทำการคำนวณจากนำเวลาสุทธิในการทำงาน (21 ชั่วโมงต่อวัน) หารด้วยจำนวนความต้องการของลูกค้า (10,000ชิ้นต่อวัน) และจากข้อมูลผลิตภัณฑ์รุ่น A1 สามารถสรุปเวลาที่ลูกค้าต้องการงานเท่ากับ 7.56 วินาทีต่อชิ้น

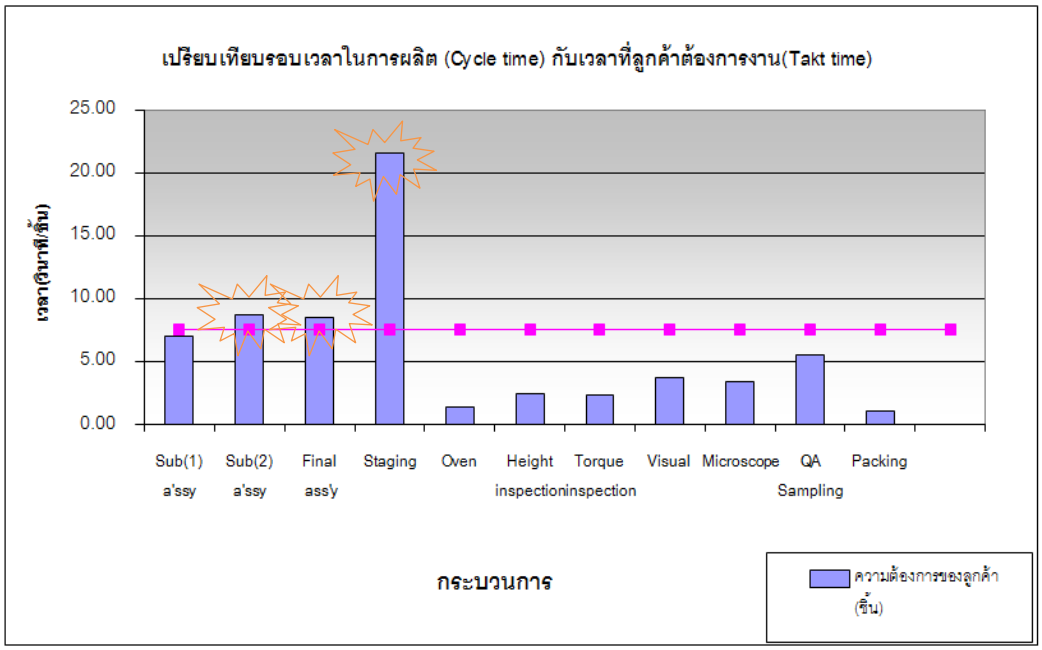
จากข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต สามารถ สรุปผลรวมของเวลาที่สูญเสีย ไปกับกิจกรรมที่เพิ่ม/ไม่เพิ่มคุณค่า หรือเป็นระยะเวลานำในการผลิตรวม ดังนี้

ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตรวม (Manufacturing Lead time) = 4.53 วัน

รอบเวลาในการผลิตรวม (Total Cycle time) = 61.38 วินาที

เวลาที่ลูกค้าต้องการงาน (Takt time) = 7.56 วินาทีต่อชิ้น

จากข้อมูลข้างต้นดังกล่าวทำการนำข้อมูลรอบเวลาในการผลิตเปรียบเทียบกับข้อมูลความต้องการของลูกค้าและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุในการปรับปรุงกระบวนการ ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) กับเวลาที่ลูกค้าต้องการ (Takt time)

จากภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) กับเวลาที่ลูกค้าต้องการ (Takt time) ซึ่งเวลาที่ลูกค้าต้องการเท่ากับ 7.56 วินาทีต่อชิ้น สามารถสรุปได้ว่ามี 3 กระบวนการที่มีรอบเวลาในการผลิตสูงกว่า เวลาที่ลูกค้าที่ต้องการ (Takt time) โดยต้องนำมาทำการปรับปรุงในลำดับแรกได้แก่

1. กระบวนการพักงาน (Staging) มีรอบเวลาในการผลิตสูงกว่าเวลาที่ลูกค้าที่ต้องการ (Takt time) สูงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีรอบเวลาโดยมีรอบเวลาในการผลิต เท่ากับ 21.6 วินาทีต่อชิ้น
2. กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub(2) assembly) มีรอบเวลาในการผลิตสูงกว่าเวลาที่ลูกค้าที่ต้องการ (Takt time) สูงเป็นลำดับที่ 2 โดยมีรอบเวลาโดยมีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 8.69 วินาทีต่อชิ้น

3. กระบวนการชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly) มีรอบเวลาในการผลิตสูงกว่าเวลาที่ลูกค้าที่ต้องการ (Takt time) สูงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีรอบเวลาโดยมีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 8.48 วินาทีต่อชิ้น

จากข้อมูลดังกล่าวต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการปรับปรุงลดรอบเวลาในการผลิตของกระบวนการเหล่านี้ให้ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ (Takt time)

4.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนนี้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยทำการจำแนกความสูญเปล่าตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำแนกความสูญเปล่าในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

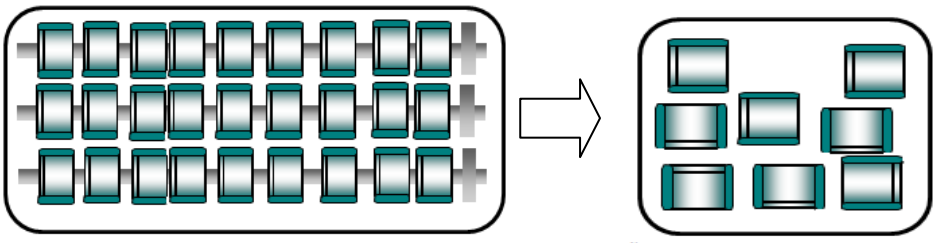
ลำดับที่	ปัญหา	รายละเอียด	กระบวนการ
1	ความสูญเปล่าจากการผลิตที่มากเกินไป	ไม่พบปัญหา	-
2	ความสูญเปล่าจากการรอคอย	รอบระยะเวลาในการผลิตในแต่ละกระบวนการไม่เท่ากัน	กระบวนการประกอบขั้นที่สอง กระบวนการประกอบขั้นสุดท้าย กระบวนการพักงาน
3	ความสูญเปล่าจากการขนส่ง	ไม่พบปัญหา	-
4	ความสูญเปล่าจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม	วิธีการในการผลิตไม่เหมาะสม	กระบวนการประกอบขั้นที่สอง กระบวนการประกอบขั้นสุดท้าย
5	ความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น	ไม่พบปัญหา	-
6	ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม	วิธีการในการผลิตไม่เหมาะสม	กระบวนการประกอบขั้นที่สอง กระบวนการประกอบขั้นสุดท้าย
7	ความสูญเปล่าจากข้อบกพร่อง	ปัญหาของเสียจากค่าแรงบิดชิ้นงานเฉลี่ย 2%	กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน

จากตารางที่ 4.6 ตารางจำแนกความสูญเปล่าในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่าสาเหตุของปัญหาที่จะนำไปหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในช่วงระยะการทำวิจัยคือ มีรอบระยะเวลาในการผลิตที่ไม่เหมาะสม วิธีการและการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสมและมีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการ โดยนำสาเหตุมาหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข ในแต่ละกระบวนการดังนี้

1.1 <u>กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง</u>

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง เป็นการประกอบโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งต้องใช้พนักงานในการประกอบชิ้นงาน มีรอบระยะเวลาในการผลิตสูงเฉลี่ย 8.69 sec/ชิ้น ซึ่งเป็นขั้นต อนการทำงานของกระบวนการประกอบสลีฟเข้ากับแบริ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ของกระบวนการนี้คือชิ้นส่วนที่สอง หรือที่เรียกว่าชิ้นส่วนสลีฟแบริ่ง

มีขั้นตอนในการปฏิบัติงานดังนี้ พนักงานใช้มือซ้ายหยิบชิ้นงานจากภาชนะที่วางอยู่ด้านขวามือ โดยชิ้นส่วนก่อนประกอบนั้นว างในถาดอย่างไม่เป็นระเบียบ สาเหตุเนื่องจากชิ้นงานก่อนทำการประกอบถูกส่งจากเวนเดอร์โดยมีการเรียงชิ้นงานใส่แท่งสเตนเลส เมื่อชิ้นงานเหล่านั้นถูกขนสงมาถึงสถานีงาน พนักงานที่ทำการประกอบจะทำการนำชิ้นงานเหล่านั้นออกจากแท่งสเตนเลสและเทลงใส่ภาชนะ ซึ่งพนักงานต้องเลือก กด้านชิ้นงาน(สลีฟ)ก่อนทำการประกอบให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดไว้ ทำให้พนักงานต้องใช้ความระมัดระวังมากในการทำงาน จากนั้นนำชิ้นงานวางบนอุปกรณ์เพื่อทำการประกอบและใช้ปลายเท้าด้านขวามือเหยียบปุ่มเครื่องจ่ายกาว ซึ่งต้องใช้สายตาในการทำงานตรวจสอบตำแหน่งของกาวที่ทา บนชิ้นงานและด้านของแบริ่งประกอบเข้ากับชิ้นงานที่ทากาวแล้วเพื่อให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดให้และใช้มือขวาหยิบชิ้นงานจากอุปกรณ์การประกอบนำไปวางบนภาชนะที่บรรจุชิ้นงานหลังการประกอบ ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานที่พนักงานทำการประกอบต้องใช้ความระมัดระวังและต้องตรวจสอบ บความถูกต้องในการทำงานควบคู่กันไป ทำให้เกิดรอบเวลาในการผลิตสูงขึ้น ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ลักษณะการจัดเรียงชิ้นงานก่อนทำการประกอบ

แนวทางในการปรับปรุงจะทำการเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ใส่ชิ้นงานก่อนทำการประกอบให้ชิ้นงานวางในด้านที่สามารถประกอบชิ้นส่วนตรงตามกับเอกสารที่กำหนดไว้ ส่งผลให้พนักงานไม่ต้องทำการระมัดระวังในการเลือกด้านชิ้นงาน ทำให้รอบเวลาในการผลิตลดลงได้

1.2 <u>กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย</u>

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง เป็นการประกอบโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ โดยต้องใช้พนักงานในการประกอบชิ้นงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนระหว่างชาร์ฟแบริ่งเข้ากับสลีฟแบริ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ของกระบวนการนี้คือแกนหมุนของฮาร์ดดิสก์หรือไพวอท มีรอบระยะเวลาในการผลิตสูงเฉลี่ย 8.48 sec/ชิ้น ขั้นตอ นการปฏิบัติงานของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายดังนี้ พนักงานใช้มือซ้ายหยิบสลีฟแบริ่งจากภาชนะที่อยู่ด้านซ้ายมือ ซึ่งมีการเอื้อมมือหยิบชิ้นงานเนื่องจากมีการจัดวางภาชนะที่อยู่ห่างมาวางบนอุปกรณ์เพื่อประกอบชิ้นงาน และใช้มือขวาหยิบชิ้นส่วนชาร์ฟแบริ่งจากถาด วางงานที่อยู่ด้านหน้าของพนักงานและใช้ปลายเท้าด้านขวามือเหยียบปุ่มเครื่องจ่ายกาว และต้องใช้สายตาในการทำงานตรวจสอบตำแหน่งของกาวที่ทาบนชิ้นงานเพื่อให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดให้ จากนั้นใช้มือขวาหยิบชิ้นงานที่อยู่บนอุปกรณ์การประกอบนำไปวางในตัวกดชิ้นงานตามระยะที่กำหนด เมื่อชิ้นงานครบเวลาที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน พนักงานใช้มือขวาหยิบชิ้นงานออกจากตัวกดชิ้นงานนำมาวางบนภาชนะที่บรรจุชิ้นงานหลังการประกอบ ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ค่อนข้างซับซ้อนและใช้ทักษะในการประกอบที่ค่อนข้างสูงดังกล่าว ก่อให้เกิดรอบเวลาในการผลิตสูงขึ้น

แนวทางในการปรับปรุงจะทำการจัดวางภาชนะที่ใช้ใส่ชิ้นงานก่อนทำการประกอบให้ได้ระยะที่พนักงานไม่ต้องทำการเอื้อมหยิบชิ้นงาน ทำให้รอบเวลาในการผลิตลดลงได้

1.3 <u>กระบวนการพักงาน</u>

กระบวนการพักงาน (Staging) ที่มีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 21.6 วินาทีต่อชิ้น เนื่องจากกระบวนการพักงานนี้เป็นกระบวนการที่ทำการพักงานในอุณหภูมิห้องหลังจากทำการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายเสร็จแล้วจะทำการพักงานที่ครบตามล็อต (500 ชิ้น/ล็อต) ที่กำหนดไว้ในอุณหภูมิห้อง ตามระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้ นั่นคือ 3 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้ ชิ้นงา นที่ประกอบเสร็จชิ้นแรกต้องรอชิ้นงานชิ้นสุดท้ายเพื่อให้ครบจำนวนตามล็อตนั้น เพื่อเข้าสู่กระบวนการพักงานระยะเวลา 3 ชั่วโมง กระบวนการพักงานนี้เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดปริมาณงานระหว่างทำ (Work in process) ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นงานเ หล่านั้นด้วย จากปัญหาดังกล่าว ระยะเวลาการพักงานจำนวน 3 ชั่วโมงของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ที่ส่งผลให้เกิด

ระยะเวลานำในการผลิตที่นานในปัจจุบันนั้น ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังถึงความจำเป็นที่จะต้องมีระยะเวลาการพักงานเป็น 3 ชั่วโมง

กระบวนพักงานมีรอบระยะเวลาในการผลิตสูงกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้นจากช่องว่างนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาถึงระยะเวลาการพักงานที่เหมาะสม และหากสามารถลดระยะเวลาการพักงานลงได้ โดยต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งจะทำการทดลองโดยยกเลิกการพักงานซึ่งต้องไม่กระทบกับคุณภาพของชิ้นงาน โดยใช้เครื่องมือของซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล สาเหตุของปัญหาเรื่องของเสียจากค่าแรงบิดของชิ้นงาน จากกระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน จะทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาโดยการหาปัจจัยที่ทำให้ค่าแรงบิดของชิ้นงานมีของเสีย และค่าเรโซแนนซ์ที่ต้องทำการปรับปรุงไปพร้อมกันซึ่งเป็นตัวแปรตอบสนองที่ลูกค้าให้ความสำคัญ ซึ่งการปรับปรุงกระบวนการโดยการลดของเสียนั้นจะทำการปรับปรุงทั้งค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ควบคู่กันไป โดยใช้เครื่องมือของซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และหากผลการทดลองสามรถทำการยกเลิกการพักงานลงได้ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพชิ้นงาน จะส่งผลให้รอบเวลาในการผลิตลดลงได้อย่างมาก

4.2.3 **ขั้นตอนในการวัดผลและเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอัตราส่วนงานเสีย** (Defect rate)

ขั้นตอนในการหาอัตรา ส่วนงาน เสีย ทำการรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลอัตราส่วนงานเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น A 1 ของเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 และทำการหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนงานเสีย ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลอัตราส่วนงานเสียก่อนการปรับปรุงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554

วันที่	อัตราส่วนงานเสีย	อัตราส่วนงานดี (%Yield)
1-ธ.ค.	2.00	98.00
2-ธ.ค.	2.03	97.97
3-ธ.ค.	1.91	98.09
4-ธ.ค.	1.79	98.21
6-ธ.ค.	1.67	98.33
7-ธ.ค.	1.95	98.05
8-ธ.ค.	1.78	98.22
9-ธ.ค.	1.96	98.04
10-ธ.ค.	1.94	98.06
11-ธ.ค.	1.81	98.19
12-ธ.ค.	1.99	98.01
13-ธ.ค.	2.00	98.00
14-ธ.ค.	1.93	98.07
15-ธ.ค.	1.88	98.12
16-ธ.ค.	1.91	98.09
17-ธ.ค.	1.72	98.28
18-ธ.ค.	1.89	98.11
19-ธ.ค.	2.02	97.98
20-ธ.ค.	1.98	98.02
21-ธ.ค.	1.98	98.02
เฉลี่ย	**1.91**	**98.09**

4.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

วัตถุประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ระบบการวัด คือ การวิเคราะห์แหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ด้วยการจำแนกค่าที่ได้จากการวัดออกเป็นค่าจริง ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ค่าความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด แ ละค่าความคลาดเคลื่อนอื่นๆ ซึ่งพบว่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัดจะประกอบด้วยค่าวัดที่มีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนิน การกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาดเป็นมาตรฐานเสียก่อน แล้วจึงค่ อยดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ

การทำวิจัยในครั้งนี้ ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่า เรโซแนนซ์ของชิ้นงาน โดยทำการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดค่าแ รงบิดของชิ้นงาน และเครื่องมือวั ดค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน

ในโครงการวิจั ยนี้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความ เที่ยงตรง ของระบบการวัด ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแม่นยำของระบบการวัดโดยใช้การประเมินผลค่า Repeatability และ Reproducibility (GR&R)

ทำการทดสอบระบบการวัด เพื่อวิเคราะห์ว่าสามารถเก็บข้ อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยแผนการศึกษา GR&R นี้ มีประเด็นดังนี้

1. ใช้ผู้วัดที่ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดีและมีหน้าที่รับผิดชอบในการวัดเพื่อการยอมรับหรือปฏิเสธชิ้นงานโดยตรง จำนวน 3 คน
2. เครื่องมือสำหรับการวัดจะใช้เครื่องทอร์ค และเครื่องเรโซแนนซ์ ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
3. จำนวนชิ้นงานที่จะทำการวัดจำนวน 10 ชิ้นงาน
4. จำนวนวัดซ้ำสำหรับชิ้นงานแต่ละชิ้น กำหนดให้วัด 3 ครั้ง และทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดชิ้นงานของค่าแรงบิดของชิ้นงาน ของพนักงาน A, B และ C

ชิ้นงานที่	พนักงาน A			พนักงาน B			พนักงาน C		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.87610	0.89770	0.9074	0.91260	0.85100	0.9058	0.90550	0.89460	0.8826
2	0.73170	0.75420	0.7494	0.77950	0.73770	0.7557	0.76700	0.78070	0.7722
3	0.82840	0.83560	0.836	0.84170	0.82470	0.8243	0.82510	0.86860	0.8028
4	0.78140	0.77180	0.7795	0.77680	0.77700	0.769	0.75760	0.76350	0.755
5	0.76100	0.70750	0.758	0.76290	0.74630	0.7655	0.75710	0.75140	0.7591
6	0.96450	1.00260	0.9987	0.99370	1.01270	0.9898	1.00730	1.01840	0.9823
7	0.69770	0.70270	0.6747	0.75280	0.71160	0.743	0.74410	0.74390	0.7158
8	0.74490	0.71750	0.7189	0.72480	0.72160	0.7224	0.73790	0.74070	0.7417
9	0.74690	0.74850	0.7432	0.74890	0.75250	0.801	0.79470	0.76050	0.7481
10	0.59410	0.61420	0.6125	0.61320	0.60950	0.631	0.63090	0.63560	0.6054

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดชิ้นงานของค่าเรโซแนนซ์ ของพนักงาน A, B และ C

ชิ้นงานที่	พนักงาน A			พนักงาน B			พนักงาน C		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	12.768	12.615	12.481	12.864	12.747	12.894	12.875	12.862	12.694
2	12.265	12.192	12.075	12.126	12.068	12.158	12.039	12.156	12.133
3	12.280	12.281	12.166	12.116	12.224	12.318	12.323	12.206	12.164
4	12.465	12.422	12.357	12.298	12.343	12.429	12.388	12.493	12.261
5	13.108	13.222	13.212	13.063	13.087	12.966	13.076	13.085	13.197
6	12.746	12.502	12.591	12.469	12.767	12.555	12.327	12.684	12.568
7	12.159	12.293	12.134	12.195	12.394	12.402	12.331	12.383	12.231
8	13.007	13.210	13.189	13.265	13.339	13.174	13.171	13.345	13.227
9	12.932	13.112	12.855	12.979	12.820	12.884	12.859	12.811	13.061
10	11.252	11.233	11.264	11.197	11.415	11.248	11.287	11.167	11.211

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดชิ้นงานของค่าแรงบิดของชิ้นงานของพนักงาน A, B และพนักงาน C

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Measurement1

Gage name: Torque tester
Date of study: 20 May'10
Reported by: 22 May'10
Tolerance:
Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part ID	9	0.870838	0.0967598	320.223	0.000
Operator	2	0.002818	0.0014090	4.663	0.023
Part ID * Operator	18	0.005439	0.0003022	1.058	0.415
Repeatability	60	0.017143	0.0002857		
Total	89	0.896237			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

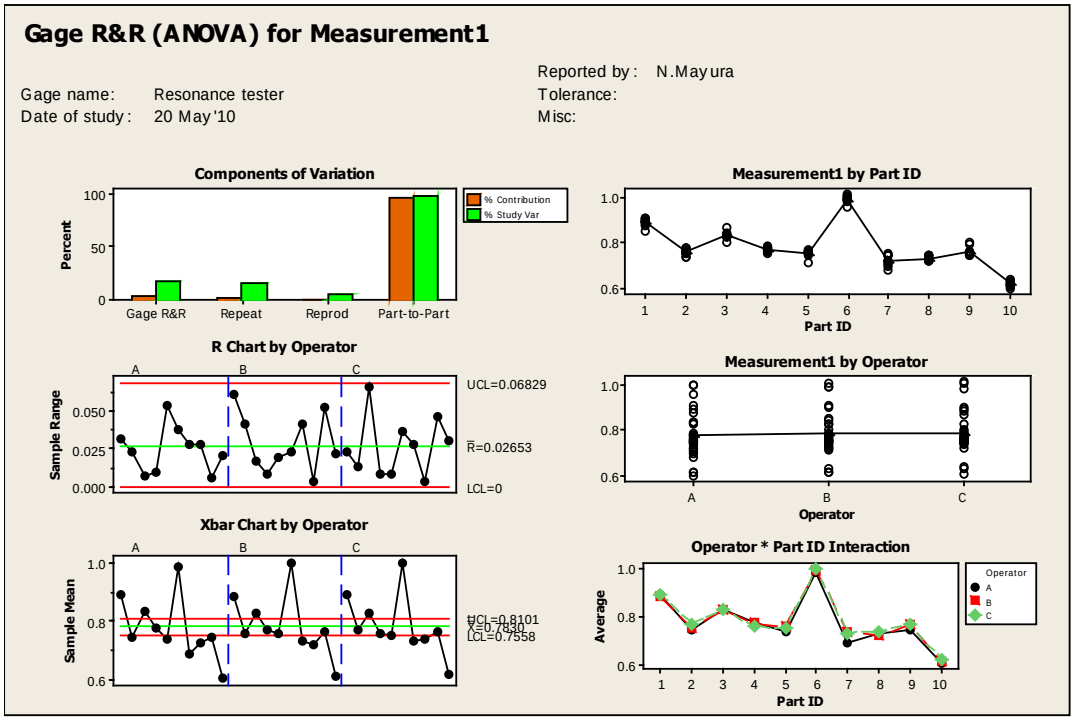
Source	DF	SS	MS	F	P
Part ID	9	0.870838	0.0967598	334.221	0.000
Operator	2	0.002818	0.0014090	4.867	0.010
Repeatability	78	0.022582	0.0002895		
Total	89	0.896237			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0003268	2.96
Repeatability	0.0002895	2.62
Reproducibility	0.0000373	0.34
Operator	0.0000373	0.34
Part-To-Part	0.0107189	97.04
Total Variation	0.0110457	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.018078	0.108470	17.20
Repeatability	0.017015	0.102090	16.19
Reproducibility	0.006109	0.036652	5.81
Operator	0.006109	0.036652	5.81
Part-To-Part	0.103532	0.621193	98.51
Total Variation	0.105099	0.630592	100.00

Number of Distinct Categories = 8



ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าแรงบิดของชิ้นงาน (GR&R) โดยใช้โปรแกรม MINITAB

จากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าแรงบิดชิ้นงาน ด้วยโปรแกรม MINITAB พบว่า เมื่อพิจารณาค่า Number of Distinct Categories ได้เท่ากับ 8 แสดงว่าระบบการวัดที่ได้สามารถแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงานได้ และค่า % Study Var ของ Total GR&R เท่ากับ 17.20 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

หมายเหตุ % Study Var ต้องน้อยกว่า 30% อ้างอิงเกณฑ์ AIAG ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดชิ้นงานของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน ของพนักงาน A, B และพนักงาน C

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Measurement2

Gage name: Resonance tester
Date of study: 20 May'10
Reported by: 22 May'10
Tolerance:
Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part ID	9	26.6249	2.95833	250.792	0.000
Operator	2	0.0029	0.00145	0.123	0.885
Part ID * Operator	18	0.2123	0.01180	1.215	0.279
Repeatability	60	0.5827	0.00971		
Total	89	27.4228			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

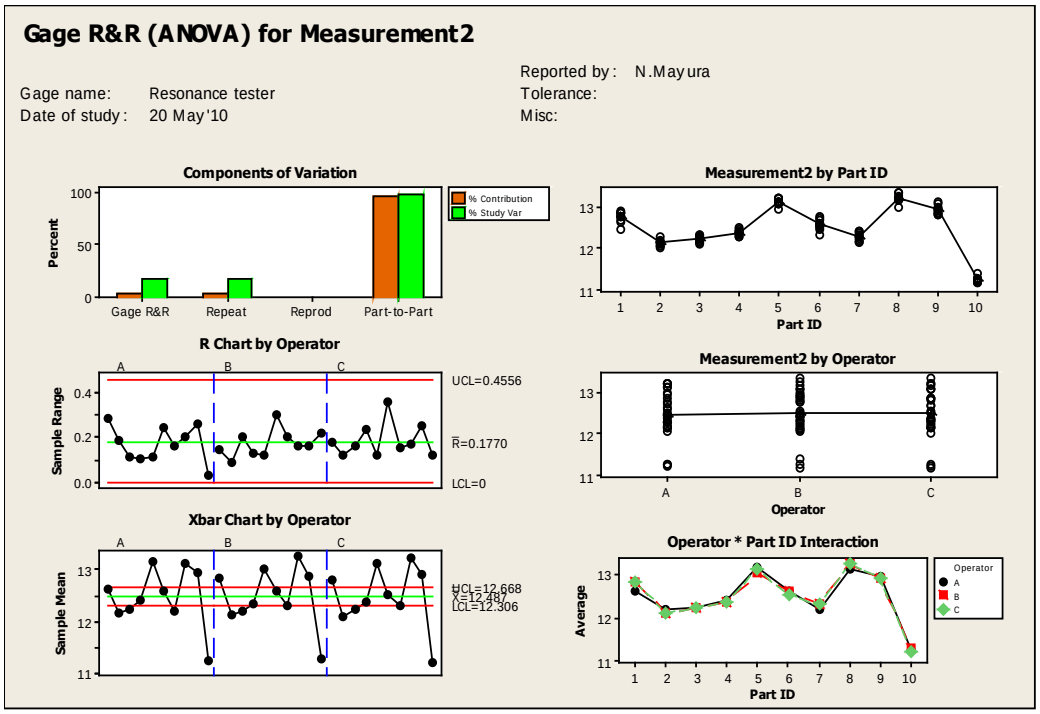
Source	DF	SS	MS	F	P
Part ID	9	26.6249	2.95833	290.256	0.000
Operator	2	0.0029	0.00145	0.142	0.868
Repeatability	78	0.7950	0.01019		
Total	89	27.4228			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.010192	3.02
Repeatability	0.010192	3.02
Reproducibility	0.000000	0.00
Operator	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.327570	96.98
Total Variation	0.337763	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.100956	0.60574	17.37
Repeatability	0.100956	0.60574	17.37
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00
Operator	0.000000	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.572338	3.43403	98.48
Total Variation	0.581173	3.48704	100.00

Number of Distinct Categories = 7



ภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าเรโซแนนซ์ (GR&R) โดยใช้โปรแกรม MINITAB

จากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าเรโซแนนซ์ ด้วยโปแกรม MINITAB พบว่าเมื่อพิจารณาค่า Number of Distinct Categories ได้เท่ากับ 7 แสดงว่าระบบการวัดสามารถแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงานได้ และค่า %Study Var ของ Total GR&R เท่ากับ 17.37 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากการวิเคราะห์ผลของระบบการวัดจากโปรแกรม MINITAB สามารถสรุปได้ว่าความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดของค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือได้

4.3.1 การวัดความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

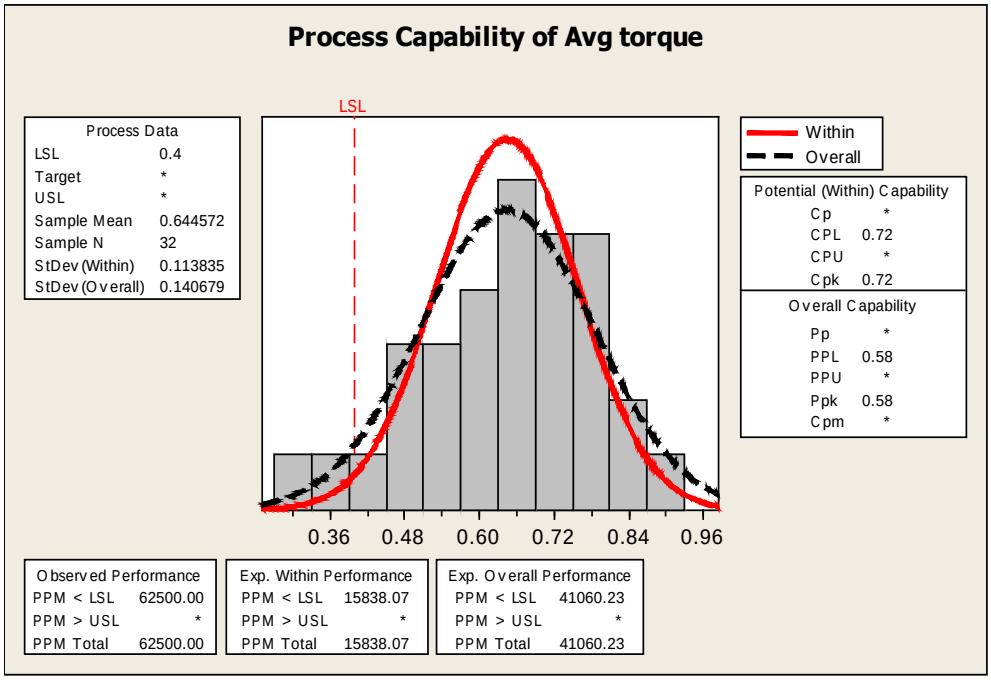
วัตถุประสงค์ของการทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการค่าแรงบิด และค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงานของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 เพื่อประเมินความผันแปรของกระบวนการและวิเคราะห์ความผันแปรที่เกิดขึ้น รวมถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ เพื่อหาทางลดความผันแปรที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาศึกษาความสามารถของกระบวนการ เริ่มต้นด้วยการออกแบบขนาดตัวอย่างสำห รับใช้วัดความสามารถของกระบวนการและรวบรวมข้อมูลการวัดค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1

1. การออกแบบขนาดตัวอย่าง

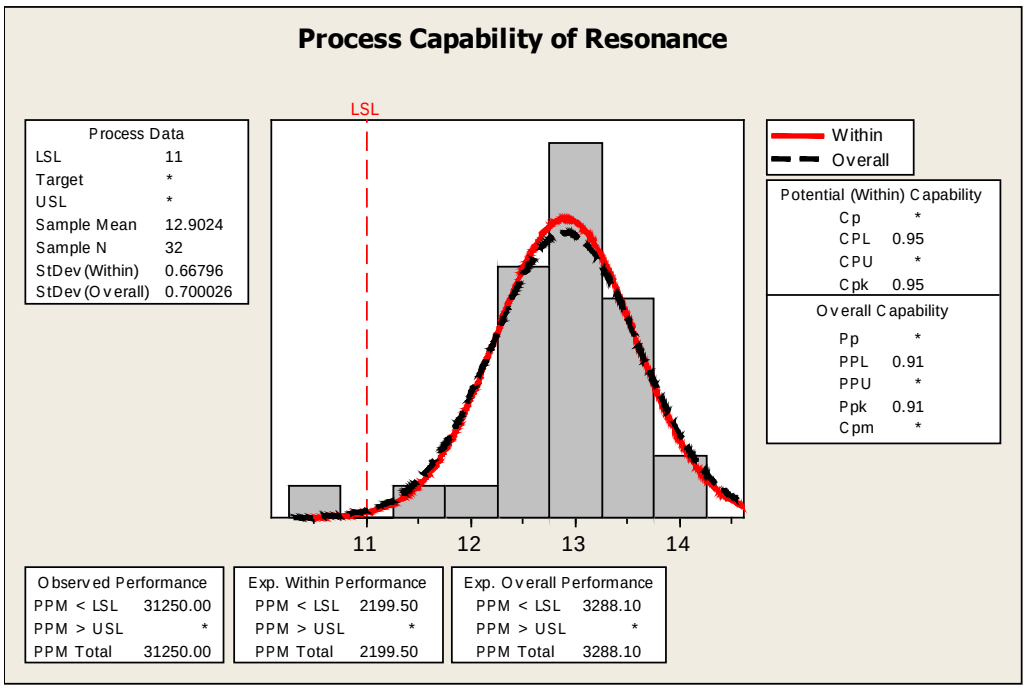
สำหรับขนาดตัวอย่างที่ต่ำที่สุดสำหรับการประมาณค่า C_{pk} นี้ Bothe (1997, p.657) ได้ประมาณค่าจากสมการ

$$n \cong \left[\frac{1}{9C_{pk}^2}+\frac{1}{2}\right]*\left[\frac{Z_{\alpha/2}}{e_{ppk}}\right]^2 \qquad (4.1)$$

เมื่อ e_{ppk} คือ ค่าความแตกต่างระหว่างพิกัดความเชื่อมั่นกับค่ากลาง ซึ่งจากสมการ (4.1) จะพบว่าในการประมาณค่า n จะต้องมีการประมาณค่า C_{pk} ขึ้นมาเบื้องต้นก่อน ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้น 32 ชิ้น เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสามารถของกระบวนของค่าแรงบิดของชิ้นงาน (Avg torque)และค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน ได้ค่า C_{pk} ดังภาพที่ 4.7 และ 4.8



ภาพที่ 4.7 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเบื้องต้นของค่าแรงบิดชิ้นงาน



ภาพที่ 4.8 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเบื้องต้นของค่าเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 4.7 ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดของชิ้นงาน (Avg torque) มีค่า C_{pk} เท่ากับ 0.72 และความสามารถของกระบวนการของค่า เรโซแนนซ์ ของชิ้นงาน (Resonance) มีค่า C_{pk} เท่ากับ 0.95 ดังนั้นจากสมการที่ (4.1) สามารถคำนวณหาขนาดตัวอย่างโดยใช้ค่า C_{pk} ที่ประมาณได้เบื้องต้น โดยเลือกค่า C_{pk} ที่มีค่าน้อยเป็นตัวแทนของการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง นั่นคือ C_{pk} ของค่าแรงบิดชิ้นงานเท่ากับ 0.72 ดังนี้

$$n \cong \left[\frac{1}{9(0.72)^2} + \frac{1}{2}\right] * \left[\frac{Z_{\alpha/2}}{e_{ppk}}\right]^2 \tag{4.2}$$

$$n \geq 0.654 * \left[\frac{Z_{\alpha/2}}{e_{ppk}}\right]^2 \tag{4.3}$$

เมื่อกำหนดให้ช่วงความเชื่อมั่นแบบสองด้าน 95% ของดัชนี C_{pk} จะได้

$$n \geq 0.654 * \left[\frac{Z_{0.025}}{0.05}\right]^2$$

$$n \geq 0.654 * \left[\frac{1.96}{0.05}\right]^2 \cong \text{ 250 ตัวอย่าง}$$

ดังนั้น ควรใช้จำนวนขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 250 ตัวอย่าง ในการเก็บข้อมูลเพื่อหา C_{pk} ก่อนทำการทดลองจากผลการคำนวณของค่าแรงบิดชิ้นงาน

2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุงในเรื่อง จะมีค่าแรงบิดของชิ้นงาน (Torque) เริ่มด้วยการทดสอบสมมุติฐาน 2 ข้อ ดังนี้ 1) ค่าแรงบิดมีการกระจายตัวแบบปกติ 2) ค่าแรงบิดอยู่ในสภาวะควบคุมได้ (in-control)

ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดของชิ้นงาน

1. **การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่**

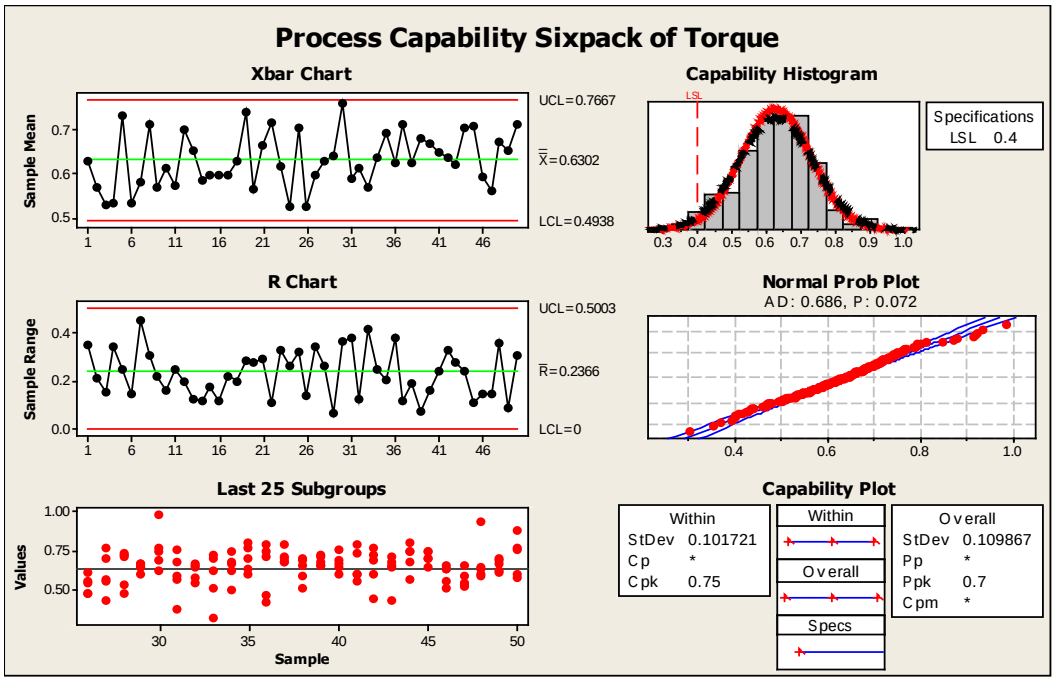
   H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

   H_1 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

   จะ Reject H_0 เมื่อ p-value $\leq$ 0.05 (ระดับนัยสำคัญ)

2. **การตรวจสอบสภาวะของกระบวนการ**

   กระบวนการต้องอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้ โดยดูจากแผนภูมควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย



ภาพที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดชิ้นงาน

จากภาพที่ 4.9 แสดงผล การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) โดยใช้โปรแกรม Minitab จากการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ พบว่าค่า P-value จากการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมีค่า 0.072 มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ไม่ reject H_0 สรุปได้ว่าข้อมูลค่าแรงบิดของชิ้นงานมีการแจกแจงแบบปกติ และดูจากแผนภูมิ X bar – R chart แล้วนั้นพบว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมได้

จากผลการวิเครา ะห์ความสามารถของกระบวนการ ดัง ภาพ ที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า ความสามารถของค่าแรงบิดแรงบิดของชิ้นงาน มีค่าเฉลี่ย 0.630 gf.cm. และมีค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.109 โดยมีค่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่างที่ 0.4 gf.cm. ซึ่งเห็นได้จากค่าดัชนีชี้ วัดความสามารถของกระบวนการ ค่า Cpk ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.75 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเป้าหมายที่ลูกค้า กำหนด (Cpk >1.33) จากค่า Cpk ที่ค่อนข้างต่ำนั้นต้องทำการปรับปรุงความสามารถของ กระบวนการให้ดีขึ้นและให้ได้ตามเป้าหมายที่ลูกค้ากำหนด โดยการออก แบบการทดลองเพื่อหา พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถทำให้ค่าแรงบิดของชิ้นงานมีค่าความสามารถของ กระบวนการดีขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่า Resonance

1. **การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ หรือไม่**

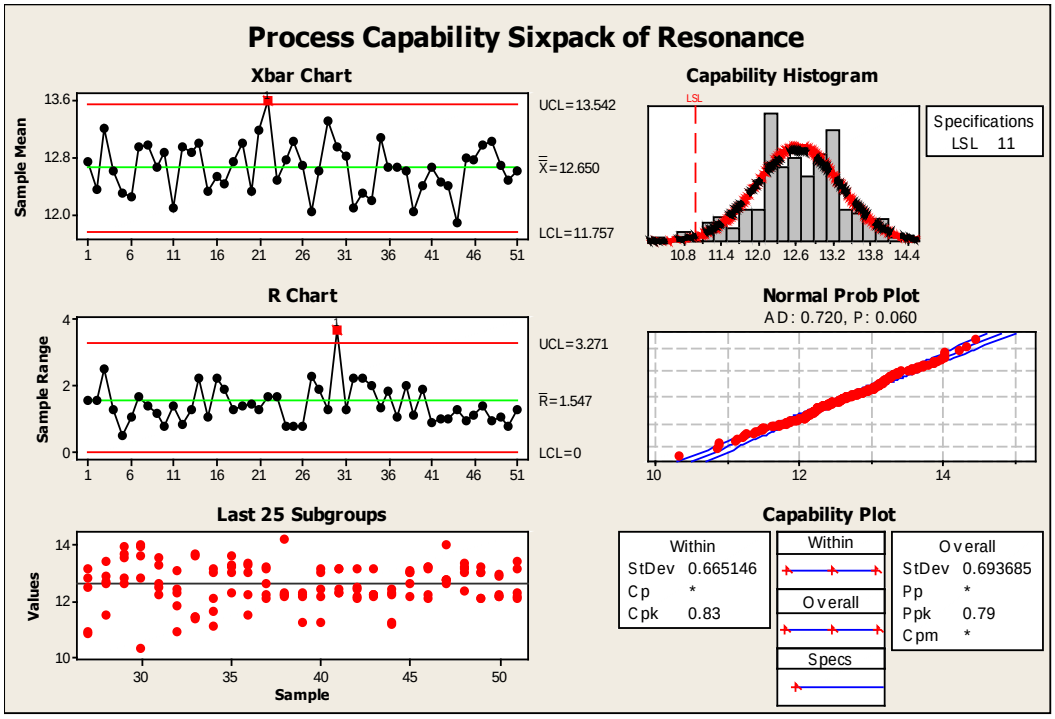
   H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

   H_1 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

   จะ Reject H_0 เมื่อ p-value $\leq$ 0.05 (ระดับนัยสำคัญ)

2. **การตรวจสอบสภาวะของกระบวนการ**

   กระบวนการต้องอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้ โดยดูจากแผนภูมควบคุมค่าเฉลี่ย และค่าพิสัย



ภาพที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 4.10 แสดงผลการทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) โดยใช้โปรแกรม Minitab จากการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ พบว่าค่า P-value จากการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมีค่า 0.060 มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นไม่ reject H_0 สรุปได้ว่าข้อมูลค่าเรโซแนนซ์มีการแจกแจงแบบปกติ และดูจากแผนภูมิ X bar - R chart แล้วนั้นพบว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมได้

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ดังภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าความสามารถของค่า Resonance มีค่าเฉลี่ย 12.65 kHz. และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.694 โดยมีค่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่างที่ 11 kHz. ซึ่งเห็นได้จากค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ นั่นคือ ค่า Cpk ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.83 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเป้าหมายที่ลูกค้ากำหนด (Cpk >1.33) จากค่า Cpk ที่ค่อนข้างต่ำนั้นต้องทำการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้นและให้ได้ตามเป้าหมายที่ลูกค้ากำหนด โดยการทดสอบและออกแบบการทดลองเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถทำให้ค่าเรโซแนนซ์มีค่าความสามารถของกระบวนการดีขึ้น

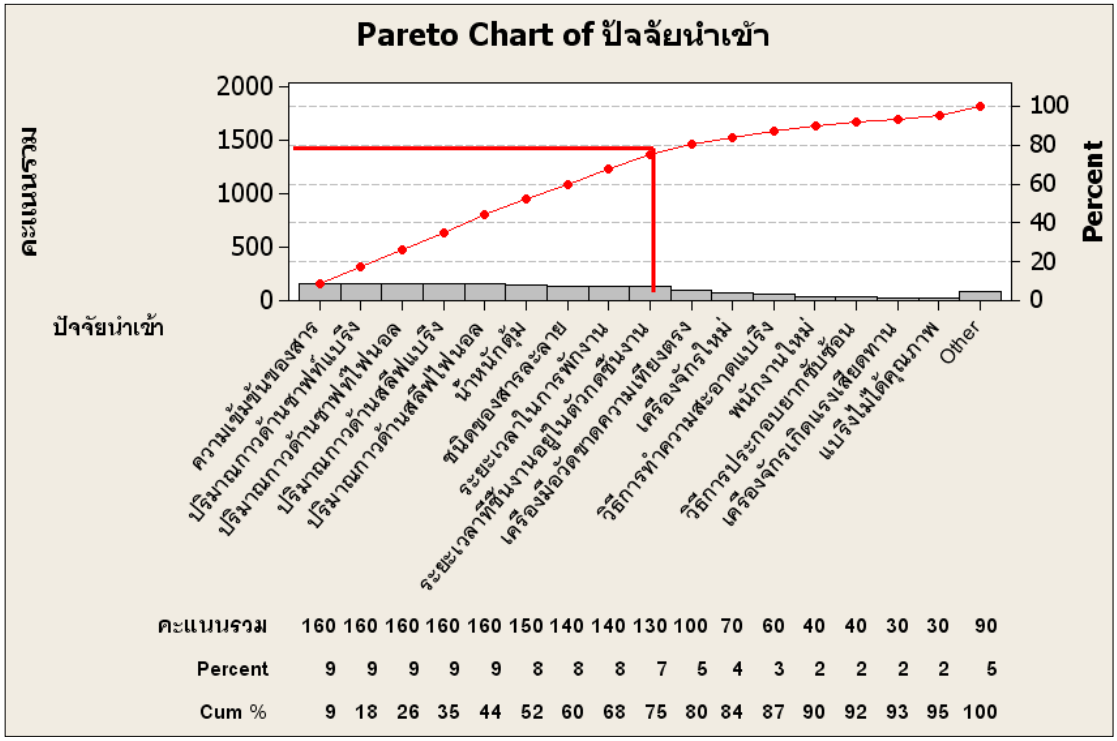
3. การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า

เป็นขั้นตอนที่ใช้การระดมสมองจากคณะทำงานเพื่อทำให้ทราบถึงปัจจัยนำเข้าที่มีผลความผันแปรและค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน โดยนำปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่เกิดจากการระดมสมองมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C&E Matrix) เพื่อเรียงลำดับความสำคัญและกรองปัจจัยนำเข้า ดังตารางที่ 4.12

ตาราง 4.12 การวิเคราะห์สาเหตุและผลโดยใช้ C&E Matrix

C&E Matrix					
ลำดับ	สาเหตุ	ปัจจัยนำเข้า	ผลค่าเฉลี่ย (10)	ผลต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (10)	คะแนนรวม
1	Man	พนักงานใหม่	0	4	40
		ความล้าของพนักงาน	0	3	30
2	Machine/Fixture	เครื่องจักรใหม่	4	2	70
		เครื่องจักรเสีย	0	4	0
		เครื่องจักรเกิดแรงเสียดทาน	0	3	30
		น้ำหนักถ่วง (Preload weight)	10	5	150
3	Material	ขาฟหไม่ได้คุณภาพ	0	3	30
		สลีฟไม่ได้คุณภาพ	0	3	30
		แบริ่งไม่ได้คุณภาพ	0	3	30
4	Method	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	8	8	160
		ปริมาณกาวด้านสลีฟไฟนอล	8	8	160
		ปริมาณกาวด้านขาฟห์แบริ่ง	8	8	160
		ปริมาณกาวด้านขาฟหไฟนอล	8	8	160
		ระยะเวลาในการพักงาน	6	8	140
		ชนิดของสารละลาย	7	7	140
		ความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา	8	8	160
		ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในเตาอบชิ้นงาน	10	3	130
		วิธีการทำความสะอาดแบริ่ง	3	3	60
		วิธีการประกอบยากซับซ้อน	0	4	40
5	Measurement	เครื่องมือวัดขาดความเที่ยงตรง	5	5	100

จาก C&E Matrix นำคะแนนรวมจากปัจจัยนำเข้าต่างๆมาพล็อตกราฟพาเรโตได้ผลดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 แผนภาพพาเรโตแสดงความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าปัจจัยนำเข้าที่มีคะแนนรวมกัน 80% จะนำมาทดลองจะเป็นปัจจัยในลักษณะค่าเซตติ้งทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง ปริมาณกาวด้านสลีฟไฟนอล ปริมาณกาวด้านซาฟท์แบริ่ง ปริมาณกาวด้านซาฟท์ไฟนอล เวลาในการพักงาน ความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน และน้ำหนักของตัวกดชิ้นงาน ในส่วนของปัจจัยจากเครื่องมือวัดมีการวัดความเที่ยงตรง (Calibration) ของเครื่องมือวัดก่อนการทำการทดลองและก่อนปฏิบัติงาน จึงไม่นำไปปรับปรุงต่อ จากนั้นจะนำปัจจัยเข้าทั้ง 8 ไปทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญในระยะถัดไป

สามารถสรุปปัจจัยนำเข้าที่จะนำมาทดสอบในระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ดังนี้

ตารางที่ 4.13 ปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลต่อตัวแปรตอบสนองทั้ง 8 ปัจจัย

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์ (ปัจจัยนำเข้า)	ระดับพารามิเตอร์ (Level)	
		ระดับต่ำ	ระดับสูง
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	0.5	0.7
B	ปริมาณกาวด้านสลีฟไฟนอล	0.5	0.7
C	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟแบริ่ง	0.3	0.5
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล	0.3	0.5
E	เวลาในการพักงาน	0	3
F	ความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกริยา	No clean	KA1%
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน	15 min	20 min
H	น้ำหนักของตัวกดชิ้นงาน	900gf.	940gf.

บทที่ 5
ผลการดำเนินงานวิจัยระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จะเป็นการนำปัจจัย นำเข้าที่ได้จากการระดมสมองทั้ง 8 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง ปริมาณกาวด้านสลีฟไฟนอล ปริมาณกาวด้านชาฟท์แบริ่ง ปริมาณกาวด้านชาฟท์ไฟนอล ระยะเวลาในการพักงาน ความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน และน้ำหนักของตัวกดชิ้นงาน ทำการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ

5.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยและความผันแปรของค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน

จากการออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเลือกการทดลองแบบ 2^{8-4} เท่ากับ 16 runs Resolution IV เนื่องมาจากต้องการทดสอบนัยสำคัญของปัจจัยและเลือกเฉพาะตัวที่มีนัยสำคัญไปทดลองหาค่าที่เหมาะสมต่อไป ดัง ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของการออกแบบการทดลอง โดยโปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB

Fractional Factorial Design

```
Factors:   8   Base Design:         8, 16   Resolution:    IV
Runs:     16   Replicates:              1   Fraction:    1/16
Blocks:    1   Center pts (total):      0

Design Generators: E = BCD, F = ACD, G = ABC, H = ABD

Alias Structure (up to order 4)

I + ABCG + ABDH + ABEF + ACDF + ACEH + ADEG + AFGH + BCDE + BCFH + BDFG + BEGH
     + CDGH + CEFG + DEFH

A + BCG + BDH + BEF + CDF + CEH + DEG + FGH
B + ACG + ADH + AEF + CDE + CFH + DFG + EGH
C + ABG + ADF + AEH + BDE + BFH + DGH + EFG
D + ABH + ACF + AEG + BCE + BFG + CGH + EFH
E + ABF + ACH + ADG + BCD + BGH + CFG + DFH
F + ABE + ACD + AGH + BCH + BDG + CEG + DEH
G + ABC + ADE + AFH + BDF + BEH + CDH + CEF
H + ABD + ACE + AFG + BCF + BEG + CDG + DEF
AB + CG + DH + EF + ACDE + ACFH + ADFG + AEGH + BCDF + BCEH + BDEG + BFGH
AC + BG + DF + EH + ABDE + ABFH + ADGH + AEFG + BCDH + BCEF + CDEG + CFGH
AD + BH + CF + EG + ABCE + ABFG + ACGH + AEFH + BCDG + BDEF + CDEH + DFGH
AE + BF + CH + DG + ABCD + ABGH + ACFG + ADFH + BCEG + BDEH + CDEF + EFGH
AF + BE + CD + GH + ABCH + ABDG + ACEG + ADEH + BCFG + BDFH + CEFH + DEFG
AG + BC + DE + FH + ABDF + ABEH + ACDH + ACEF + BDGH + BEFG + CDFG + CEGH
AH + BD + CE + FG + ABCF + ABEG + ACDG + ADEF + BCGH + BEFH + CDFH + DEGH
```

ตารางที่ 5.2 การออกแบบการทดลอง (Design Matrix) โดยโปรแกรม MINITAB

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Slv brg	Slv final	Sft brg	Sft final	Staging	Activator	Preload time	Preload weight
1	1	1	1	0.5	0.5	0.3	0.3	0	0	15	900
2	2	1	1	0.7	0.5	0.3	0.3	0	1	20	940
3	3	1	1	0.5	0.7	0.3	0.3	3	0	20	940
4	4	1	1	0.7	0.7	0.3	0.3	3	1	15	900
5	5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.3	3	1	15	940
6	6	1	1	0.7	0.5	0.5	0.3	3	0	20	900
7	7	1	1	0.5	0.7	0.5	0.3	0	1	20	900
8	8	1	1	0.7	0.7	0.5	0.3	0	0	15	940
9	9	1	1	0.5	0.5	0.3	0.5	3	1	20	900
10	10	1	1	0.7	0.5	0.3	0.5	3	0	15	940
11	11	1	1	0.5	0.7	0.3	0.5	0	1	15	940
12	12	1	1	0.7	0.7	0.3	0.5	0	0	20	900
13	13	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	20	940
14	14	1	1	0.7	0.5	0.5	0.5	0	1	15	900
15	15	1	1	0.5	0.7	0.5	0.5	3	0	15	900
16	16	1	1	0.7	0.7	0.5	0.5	3	1	20	940

การหาขนาดตัวอย่าง (Sample size) ในแต่ละการปรับตั้ง โดยโปรแกรม MINITAB

ในการหาขนาดของตัวอย่าง โดยโปรแกรม MINITAB ต้องใช้ข้อมูลดังนี้

1. **Number of factors**
   - 8 factors (อ้างอิงจากตารางที่ 5.1)
2. **Number of corner points**
   - 16 run (อ้างอิงจากตารางที่ 5.1)
3. **Effect**
   - Effect ของค่าแรงบิดของชิ้นงาน โดยเฉลี่ย 0.20 gf.cm.
   - Effect ของค่า Resonance โดยเฉลี่ย 0.50 kHz.

ค่า Effect ของตัวแปรตอบสนองทั้ง 2 ตัวแปรนั้น อ้างอิงจากการเก็บข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกันกับผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา ที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับจากระดับต่ำไประดับสูงจะทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองเปลี่ยนไปโดยเฉลี่ยข้างต้น

4. **Power Values**

ในการทดลองนี้ใช้ เท่ากับ 0.99

5. **Standard deviation**

5.1 ค่าแรงบิดของชิ้นงาน ในภาพที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดของชิ้นงาน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดของชิ้นงานเท่ากับ 0.101

5.2 ค่าเรโซแนนซ์ ในภาพที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าเรโซแนนซ์ พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานท่ากับ 0.665

ตารางที่ 5.3 การหาขนาดของตัวอย่าง (Sample size) ของค่าแรงบิดของชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม MINITAB

Power and Sample Size

2-Level Factorial Design

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.1097

Factors: 9 Base Design: 9, 16

Blocks: none

Center Points	Effect	Reps	Total Runs	Target Power	Actual Power
0	0.2	2	32	0.97	0.997934
0	0.2	2	32	0.98	0.997934
0	0.2	2	32	0.99	0.997934

จากการคำนวณ พบว่าจำนวนซ้ำ (Replicate) สำหรับการออกแบบการทดลองที่จำนวน 2 replicate แต่เนื่องด้วยมีข้อจำกัดในการปรับตั้งหลายๆ replicate ดังนั้นในการทดลองแต่ละการปรับตั้งจะใช้จำนวน Repeat เท่ากับ 2 แทนจำนวนซ้ำ (Replicate) นั่นคือ ในแต่ละการปรับตั้งจะทำการเก็บข้อมูลของค่าแรงบิดของ ชิ้นงานอย่างน้อย 2 ข้อมูลการจะให้ค่ากำลังในการทดสอบ (Power of Test) มีค่าเท่ากับ 0.9979394

ตารางที่ 5.4 การหาขนาดของตัวอย่าง (Sample size) ของค่าเรโซแนนซ์โดยใช้โปรแกรม MINITAB

Power and Sample Size

2-Level Factorial Design

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.694

Factors: 9 Base Design: 9, 16

Blocks: none

Center Points	Effect	Reps	Total Runs	Target Power	Actual Power
0	0.5	8	128	0.97	0.981255
0	0.5	8	128	0.98	0.981255
0	0.5	9	144	0.99	0.990101

จากการคำนวณ พบว่าจำนวนซ้ำ (Replicate) สำหรับการออกแบบการทดลองที่จำนวน 9 replicate แต่เนื่องด้วยมีข้อจำกัดในการปรับตั้งหลายๆ replicate ดังนั้นในการทดลองแต่ละการปรับตั้งจะใช้จำนวน Repeat เท่ากับ 9 แทนจำนวนซ้ำ (Replicate) นั่นคือ ในแต่ละการปรับตั้งจะทำการเก็บข้อมูลของค่าเรโซแนนซ์ เท่ากับ 9 ข้อมูลการจะให้ค่ากำลังในการทดสอบ (Power of Test) มีค่าเท่ากับ 0.990101 จากนั้นเลือกใช้การเก็บข้อมูลจำนวน 10 ข้อมูล ในการวิเคราะห์ผลทั้งค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์

การทำการทดลอง

1. **การเตรียมการทดลอง**

ทำการเตรียมการทดลองโดยเตรียมเครื่องจักรในการประกอบชิ้นงาน อุปกรณ์และวัตถุดิบทุกอย่างให้พร้อม จากนั้นทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการทำการทดลองให้เข้าใจและทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยทำการแยกพื้นที่ในการทดลองอย่างชัดเจน เพื่อป้องกันการปะปนกันของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองแ ละชิ้นงานที่ประกอบปกติ

2. **ขั้นตอนการทดลอง**

- ทำการทดลองตาม Run Order ตามตารางการออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 5.2 การออกแบบการทดลอง (Design Matrix) โดยการกำหนดปัจจัยให้เป็นไปตามแต่ละ Run Order ที่ทำการกำหนด
- ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ชิ้นงาน ในแต่ละ Run Order
- ทำการทดลองจนครบ 16 Runs
- ทำการวัดและเก็บข้อมูล ดังนี้
    1. ค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของชิ้นงาน
    2. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดของชิ้นงาน
    3. ค่าเฉลี่ยของค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน
    4. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน

3. **ผลการทดลอง**

จากการเก็บข้อมูลจากการทดลอง โดยนำชิ้นงานมาวัดชิ้นงานโดยเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดของชิ้นงาน รวมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตร ฐานของค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน และบันทึกข้อมูลลงในตารางการทดลอง 16 การทดลอง โดยการทดลองละ 10 ซ้ำ ได้ผลดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 รูปแบบการทดลองและผลการทดลองวัดค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนอง ทั้ง 4 ตัวแปร

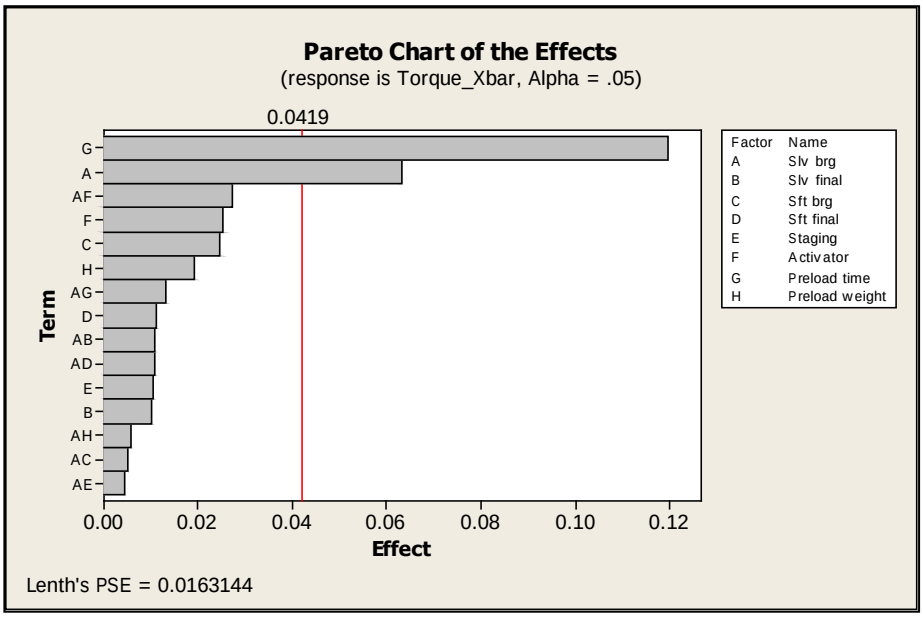
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Slv brg	Slv final	Sft brg	Sft final	Staging	Activator	Preload time	Preload weight	Torque_Xbar	Torque_Stdev	Res_Xbar	Res_Stdev
1	1	1	1	0.5	0.5	0.3	0.3	0	0	15	900	0.6288	0.0754	11.6630	0.1957
2	2	1	1	0.7	0.5	0.3	0.3	0	1	20	940	0.7950	0.0657	12.7216	0.3113
3	3	1	1	0.5	0.7	0.3	0.3	3	0	20	940	0.7207	0.0661	12.8764	0.2637
4	4	1	1	0.7	0.7	0.3	0.3	3	1	15	900	0.6994	0.0556	13.0227	0.3001
5	5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.3	3	1	15	940	0.5780	0.0901	12.8357	0.2189
6	6	1	1	0.7	0.5	0.5	0.3	3	0	20	900	0.7335	0.0612	13.1188	0.3132
7	7	1	1	0.5	0.7	0.5	0.3	0	1	20	900	0.7086	0.0609	12.8986	0.2370
8	8	1	1	0.7	0.7	0.5	0.3	0	0	15	940	0.6176	0.0672	11.7697	0.2232
9	9	1	1	0.5	0.5	0.3	0.5	3	1	20	900	0.7312	0.0873	13.1634	0.2526
10	10	1	1	0.7	0.5	0.3	0.5	3	0	15	940	0.6210	0.0556	13.0284	0.2882
11	11	1	1	0.5	0.7	0.3	0.5	0	1	15	940	0.5702	0.0757	12.5278	0.2354
12	12	1	1	0.7	0.7	0.3	0.5	0	0	20	900	0.7678	0.0646	13.5339	0.2106
13	13	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	20	940	0.6963	0.0701	13.4109	0.3031
14	14	1	1	0.7	0.5	0.5	0.5	0	1	15	900	0.6936	0.0708	13.1600	0.1823
15	15	1	1	0.5	0.7	0.5	0.5	3	0	15	900	0.5506	0.0713	13.4048	0.2354
16	16	1	1	0.7	0.7	0.5	0.5	3	1	20	940	0.7610	0.0755	13.4015	0.3170

ผลการทดลอง โดยโปรแกรม MINITAB

1. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองของการออกแบบการทดลองเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรม MINITAB สามารถแสดงผลปัจจัยหลัก และอันตรกริยาที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปแบบของแผนภาพพาเรโต (Pareto Chart of the Standardized Effects) รวมถึงแสดงผลของการออกแบบการทดลองของผลหลัก ของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 5.1, 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

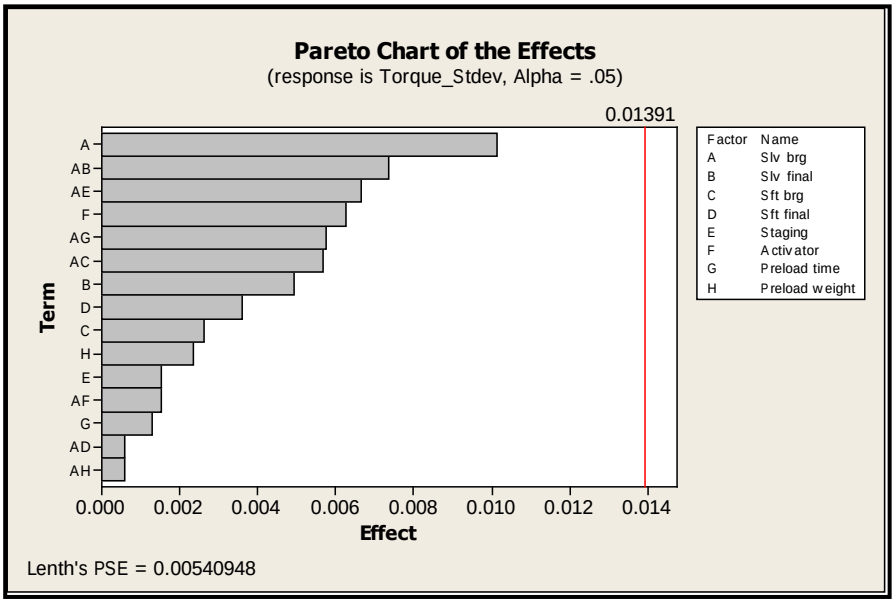
1.1 ผลการทดลองค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดชิ้นงาน



ภาพที่ 5.1 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยค่าแรงบิดชิ้นงาน

จากภาพที่ 5.1 สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักของปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง) และปัจจัย G (ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน) มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

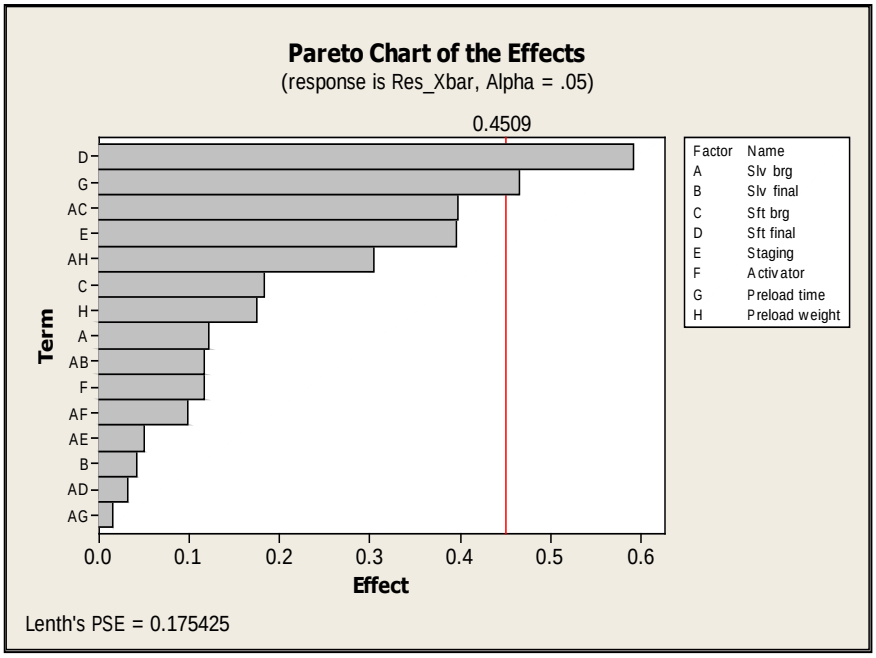
1.2 ผลการทดลองค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดชิ้นงาน



ภาพที่ 5.2 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าความเบียงเบนมาตรฐานค่าแรงบิดชิ้นงาน

จากภาพที่ 5.2 สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 8 ปัจจัย ไม่มีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ

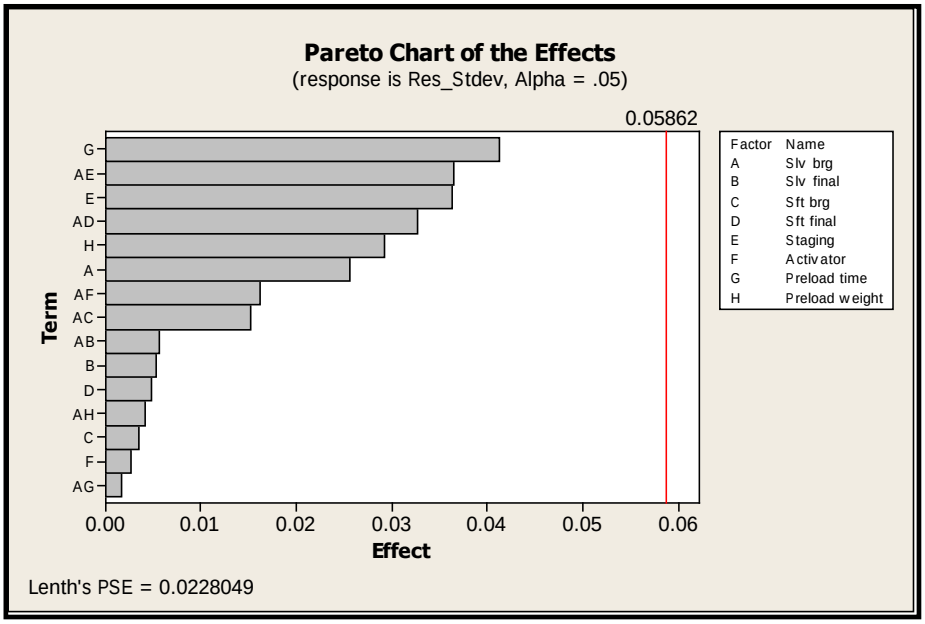
1.3 ผลการทดลองค่าเฉลี่ยของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน



ภาพที่ 5.3 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของค่าเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 5.3 สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักของปัจจัย D(ปริมาณกาวชาร์ฟไฟนอล) และ G (ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน) มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่า เรโซแนนซ์ของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.4 ผลการทดลองค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเรโซแนนซ์



ภาพที่ 5.4 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 5.4 สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 8 ปัจจัย ไม่มีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเรโซแนนซ์อย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของชิ้นงาน และค่าเฉลี่ยของของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง) ปัจจัย D (ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล) และ ปัจจัย G (ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน) และในส่วนผลการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตฐานของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์สามารถสรุปได้ว่าทั้ง 8 ปัจจัยไม่มีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ สรุปได้ดังตารางที่ 5.6 และจากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นเนื่องจากปัจจัยนำเข้าไม่มีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ แต่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดชิ้นงานละค่าเรโซแนนซ์จำนวน 3 ปัจจัย ดังนั้นในขั้นตอนถัดไปจะทำการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่ดีที่สุดต่อค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดชิ้นงานละค่าเรโซแน นซ์ สรุปได้ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.6 สรุปผลการทดลองการหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าแฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์

ค่าผลตอบสนอง	ผลการทดลอง	ปัจจัยนำเข้า
ค่าเฉลี่ยค่าแรงบิดชิ้นงาน	มีนัยสำคัญ	ปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟ) ปัจจัย G (ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน)
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าแรงบิดชิ้นงาน	ไม่มีนัยสำคัญ	-
ค่าเฉลี่ยค่าเรโซแนนซ์	มีนัยสำคัญ	ปัจจัย D (ปริมาณกาวด้านชาร์ฟ) ปัจจัย G (ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน)
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเรโซแนนซ์	ไม่มีนัยสำคัญ	-

ตารางที่ 5.7 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ค่าแฉลี่ยแของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์)

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์ (ปัจจัยนำเข้า)
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน

บทที่ 6
ผลการดำเนินงานวิจัยระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ในส่วนของการลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต จะเป็นแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการที่ระยะเวลานำยาวนานทั้ง 4 กระบวนการให้มีระยะเวลานำลดลง ได้แก่ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นแรกและขั้นที่สอง กระบวนการพักงาน และกระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน และในส่วนการลดอัตราส่วนของเสียเป็นการนำปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญมาหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนั้นที่ ทำให้ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่า เรโซแนนซ์ของชิ้นงานเพิ่มขึ้นและได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

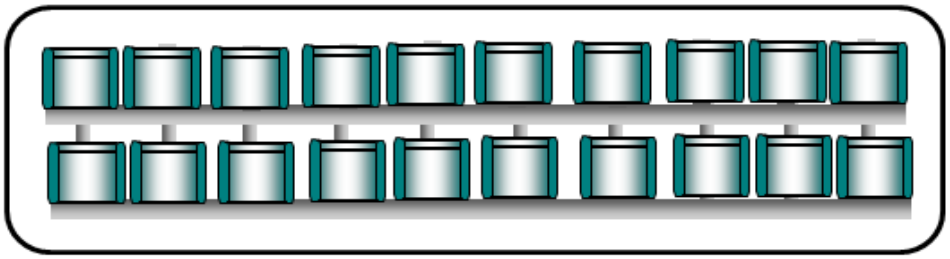
6.1 การปรับปรุงการลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

1. กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง เป็นการประกอบโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งต้องใช้พนักงานในการประกอบชิ้นงาน มีรอบระยะเวลาในการผลิตสูงเฉลี่ย 8.69 sec/ชิ้น ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานของกระบวนการประกอบสลีฟเข้ากับแบริ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ของกระบวนการนี้คือชิ้นส่วนที่สอง หรือที่เรียกว่าชิ้นส่วนสลีฟแบริ่ง

มีขั้นตอนในการปฏิบัติงานดังนี้ พนักงานใช้มือซ้ายหยิบชิ้นงานจากภาชนะที่วางอยู่ด้านขวามือ โดยชิ้นส่วนก่อนประกอบนั้นวางในถาดอย่างไม่เป็นระเบียบ สาเหตุเนื่องจากชิ้นงานก่อนทำการประกอบถูกส่งจากเวนเดอร์โดยมีการเรียงชิ้นงานใส่แท่งสเตนเลส เมื่อชิ้นงานเหล่านั้นถูกขนส่งมาถึงสถานีงาน พนักงานที่ทำการประกอบจะทำการนำชิ้นงานเหล่านั้นออกจากแท่งสเตนเลสและเทลงใส่ภาชนะ ซึ่งพนักงานต้องเลือกด้านชิ้นงาน (สลีฟ)ก่อนทำการประกอบให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดไว้ ทำให้พนักงานต้องใช้ความระมัดระวังมากในการทำงาน จากนั้นนำชิ้นงานวางบนอุปกรณ์เพื่อทำการประกอบและใช้ปลายเท้าด้านขวามือเหยียบปุ่มเครื่องจ่ายกาว ซึ่งต้องใช้สายตาในการทำงานตรวจสอบตำแหน่งของกาวที่ทาบนชิ้นงานและด้านขอ งแบริ่งประกอบเข้ากับชิ้นงานที่ทากาวแล้วเพื่อให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดให้และใช้มือขวาหยิบชิ้นงานจากอุปกรณ์การประกอบนำไปวางบนภาชนะที่บรรจุชิ้นงานหลังการประกอบ ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานที่พนักงานทำการประกอบต้องใช้ความระมัดระวังและต้องตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานควบคู่กันไป ทำให้เกิดรอบเวลาในการผลิตสูงขึ้น

การปรับปรุงทำการเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ใส่ชิ้นงานก่อนทำการประกอบจากเวนเดอร์จากเรียงในแท่งสเตนเลสเป็นแบบตาข่าย โดยชิ้นงานจะวางในด้านที่สามารถประกอบชิ้นส่วนตรงตามกับเอกสารที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังไม่ต้องทำการขนถ่าย ยภาชนะเนื่องจากใช้ภาชนะแบบตาข่ายเป็นภาชนะก่อนการประกอบได้อย่างต่อเนื่อง ดังภาพที่ 6.1 จากการเปลี่ยนภาชนะดังกล่าวข้างต้นทำให้รอบเวลาในการผลิตลดลงจาก 8.69 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเป็น 7.54 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งทำให้รอบเวลาในการผลิตของกระบวนการนี้ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ (7.56 วินาทีต่อชิ้น)



การเรียงชิ้นงานจากเวนเดอร์โดยการใช้แบบตาข่าย

ภาพที่ 6.1 ลักษณะการจัดเรียงชิ้นงานก่อนทำการประกอบหลังการปรับปรุง

2. กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง เป็นการประกอบโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ โดยต้องใช้พนักงานในการประกอบชิ้นงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนระหว่างชาร์ฟแบริ่งเข้ากับสลีฟแบริ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ของกระบวนการนี้คือแกนหมุนของฮาร์ดดิสก์หรือไพวอท มีรอบระยะเวลาในการผลิตสูงเฉลี่ย 8.48 sec/ชิ้น ขั้นตอนการปฏิบัติงานของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายดังนี้ พนักงานใช้มือซ้ายหยิบสลีฟแบริ่งจากภาชนะที่อยู่ด้านซ้ายมือ ซึ่งมีการเอื้อมมือหยิบชิ้นงานเนื่องจากมีการจัดวางภาชนะที่อยู่ห่างมาวางบนอุปกรณ์เพื่อประกอบชิ้นงาน และใช้มือขวาหยิบชิ้นส่วนชาร์ฟแบริ่งจากถาดวางงานที่อยู่ด้านหน้าของพนักงานและใช้ปลายเท้าด้านขวามือเหยี ยบปุ่มเครื่องจ่ายกาว และต้องใช้สายตาในการทำงานตรวจสอบตำแหน่งของกาวที่ทาบนชิ้นงานเพื่อให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดให้ จากนั้นใช้มือขวาหยิบชิ้นงานที่อยู่บนอุปกรณ์การประกอบนำไปวางในตัวกดชิ้นงานตามระยะที่กำหนด เมื่อชิ้นงานครบเวลาที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน พนักงานใช้ มือขวาหยิบชิ้นงานออกจากตัวกดชิ้นงานนำมาวางบนภาชนะที่บรรจุชิ้นงานหลังการประกอบ ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ค่อนข้างซับซ้อนและใช้ทักษะในการประกอบที่ค่อนข้างสูงดังกล่าว ก่อให้เกิดรอบเวลาในการผลิตสูงขึ้น

ทำการปรับปรุงจะทำการจัดวางภาชนะที่ใช้ใส่ชิ้นงานก่อนทำการ ประกอบให้ได้ระยะที่พนักงานไม่ต้องทำการเอื้อมหยิบชิ้นงาน ทำให้รอบเวลาในการผลิตลดลงจากรอบเวลาในการผลิตก่อนปรับปรุงเฉลี่ย 8.48 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเป็น 7.55 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งทำให้รอบเวลาในการผลิตของกระบวนการนี้ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ (7.56 วินาทีต่อชิ้น)

3. กระบวนการพักงาน

กระบวนการพักงาน (Staging) ที่มีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 21.6 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งสูงกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการงาน (7.56 วินาทีต่อชิ้น) กระบวนการพักงานนี้เป็นกระบวนการที่ทำการพักงานในอุณหภูมิห้องหลังจากทำการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายเสร็จแล้วจะทำการพักงานที่ครบตามล็อต (500 ชิ้น/ล็อต) ที่กำหนดไว้ในอุณหภูมิห้อง ตามระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้ นั่นคือ 3 ชั่วโมง มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้ ชิ้นงานที่ประกอบเสร็จชิ้นแรกต้องรอชิ้นงานชิ้นสุดท้ายเพื่อให้ครบจำนวนตามล็อตนั้น เพื่อเข้าสู่กระบวนการพักงานระยะเวลา 3 ชั่วโมง กระบวนการพักงานนี้เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดปริมาณงานระหว่างทำ (Work in process) ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นงานเหล่านั้นด้วย

จากการปรับปรุงอัตราส่วนของเสียจากค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ โดยใช้เครื่องมือซิกซ์ซิกมา ซึ่งใ นระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ผู้วิจัยได้ทำการเลือกการทดลองแบบ 2^{8-4}เท่ากับ16 runs Resolution IV ซึ่งเป็นการทดสอบนัยสำคัญของปัจจัยและเลือกเฉพาะตัวที่มีนัยสำคัญไปทดลองหาค่าที่เหมาะสมในระยะถัดไป พบว่าระยะเวลาการพักงานเป็นปัจจัยนำเข้า 1 ใน 8 ปัจจัย และจากสรุปผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการพักงานไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ จากผลการทดลองดังกล่าวระยะเวลาในการพักงานไม่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ดังนั้นจึงสามารถยกเลิกกกระบวนการพักงานได้ ส่งผลให้รอบเวลาในการผลิตต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการนั่นคือรอบเวลาในการผลิตก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 21.6 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเป็นศูนย์

4. กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน

การเกิดของเสียค่าแรงบิดของชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการประกอบซึ่งถูกตรวจจับเจอที่กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน ทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่กระบวนการประกอบชิ้นงานโดยการหาระดับปัจจัยที่ทำใ ห้ค่าแรงบิดของชิ้นงานมีของเสียลดลง พร้อมทั้งปรับปรุงค่าเรโซแนนซ์ไปพร้อมกันซึ่งเป็นผลตอบสนองที่มีความสำคัญต่อลูกค้าและต้องทำการปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือของซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จะเป็นการนำปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญมา ทำการ หาระดับ ของ ปัจจัยนั้นที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าความเรโซแนนซ์ชิ้นงานเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ได้ใช้การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์เบนเคน(Box-Benhken Design) 3 ปัจจัย ทั้งหมด 15 Runs ดังตารางที่ 6.1, 6.2, 6.3 และ 6.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยนำเข้าและระดับพารามิเตอร์ของปัจจัยนำเข้า

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์	ระดับพารามิเตอร์ (Level)		
		ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	0.5	0.6	0.7
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล	0.3	0.4	0.5
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดงาน	15	17.5	20

ตารางที่ 6.2 รายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB ของการทดลองแบบ Box behnken

Box-Behnken Design

Factors:	3	Replicates:	1
Base runs:	15	Total runs:	15
Base blocks:	1	Total blocks:	1

Center points: 3

ตารางที่ 6.3 การออกแบบการทดลอง (Box behnken Design matrix) โดยโปรแกรม MINITAB

RunOrder	PtType	Blocks	Adhesive Slv brg<A>	Adhesive Sft final<D>	Preload time<G>
1	2	1	0.5	0.3	17.5
2	2	1	0.7	0.3	17.5
3	2	1	0.5	0.5	17.5
4	2	1	0.7	0.5	17.5
5	2	1	0.5	0.4	15
6	2	1	0.7	0.4	15
7	2	1	0.5	0.4	20
8	2	1	0.7	0.4	20
9	2	1	0.6	0.3	15
10	2	1	0.6	0.5	15
11	2	1	0.6	0.3	20
12	2	1	0.6	0.5	20
13	0	1	0.6	0.4	17.5
14	0	1	0.6	0.4	17.5
15	0	1	0.6	0.4	17.5

ตารางที่ 6.4 รูปแบบการทดลองและผลการทดลองวัดค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองทั้ง 2 ตัวแปร (ค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์)

RunOrder	PtType	Blocks	Adhesive Slv brg<A>	Adhesive Sft final<D>	Preload time<G>	Torque_Xbar	Res_Xbar
1	2	1	0.5	0.3	17.5	0.71083	12.918
2	2	1	0.7	0.3	17.5	0.77929	12.930
3	2	1	0.5	0.5	17.5	0.72434	12.988
4	2	1	0.7	0.5	17.5	0.76283	13.225
5	2	1	0.5	0.4	15	0.71246	12.921
6	2	1	0.7	0.4	15	0.78000	13.153
7	2	1	0.5	0.4	20	0.71894	12.961
8	2	1	0.7	0.4	20	0.80706	13.200
9	2	1	0.6	0.3	15	0.72706	12.988
10	2	1	0.6	0.5	15	0.75473	13.091
11	2	1	0.6	0.3	20	0.73983	13.014
12	2	1	0.6	0.5	20	0.77576	13.127
13	0	1	0.6	0.4	17.5	0.73222	13.048
14	0	1	0.6	0.4	17.5	0.73011	13.060
15	0	1	0.6	0.4	17.5	0.73628	13.068

6.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า

การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ สามารถนำปัจจัยนำเข้าจากตารางที่ 6.1 หาระดับที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โปรแกรม MINITAB โดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ซึ่งจะแสดงระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด ที่มีผลให้ค่าเฉลี่ยของแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงานมีค่ามากที่สุด ซึ่ง การวิเคราะห์ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6.5 และ 6.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.5 ผลลัพธ์การทดลองหาพื้นผิวตอบสนองของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดชิ้นงาน

Estimated Regression Coefficients for Torque_Xbar

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.732867	0.007616	96.231	0.000
Adhesive Slv brg<A>	0.032826	0.004664	7.039	0.001
Adhesive Sft final<D>	0.007582	0.004664	1.626	0.165
Preload time<G>	0.008416	0.004664	1.805	0.131
Adhesive Slv brg<A>* Adhesive Slv brg<A>	0.008362	0.006865	1.218	0.278
Adhesive Sft final<D>* Adhesive Sft final<D>	0.003094	0.006865	0.451	0.671
Preload time<G>*Preload time<G>	0.013384	0.006865	1.950	0.109
Adhesive Slv brg<A>* Adhesive Sft final<D>	-0.007494	0.006595	-1.136	0.307
Adhesive Slv brg<A>*Preload time<G>	0.005143	0.006595	0.780	0.471
Adhesive Sft final<D>* Preload time<G>	0.002067	0.006595	0.313	0.767

S = 0.0131907 PRESS = 0.0136493
R-Sq = 92.59% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 79.24%

Analysis of Variance for Torque_Xbar

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	0.010864	0.010864	0.001207	6.94	0.023
Linear	3	0.009647	0.009647	0.003216	18.48	0.004
Square	3	0.000870	0.000870	0.000290	1.67	0.288
Interaction	3	0.000348	0.000348	0.000116	0.67	0.608
Residual Error	5	0.000870	0.000870	0.000174		
Lack-of-Fit	3	0.000850	0.000850	0.000283	28.84	0.034
Pure Error	2	0.000020	0.000020	0.000010		
Total	14	0.011734				

ตารางที่ 6.6 ผลลัพธ์การทดลองหาพื้นผิวตอบสนองของค่าเฉลี่ยของค่าเรโซแนนซ์

Estimated Regression Coefficients for Res_Xbar

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	13.0587	0.02479	526.821	0.000
Adhesive Slv brg<A>	0.0900	0.01518	5.929	0.002
Adhesive Sft final<D>	0.0726	0.01518	4.784	0.005
Preload time<G>	0.0186	0.01518	1.227	0.274
Adhesive Slv brg<A>* Adhesive Slv brg<A>	-0.0198	0.02234	-0.888	0.415
Adhesive Sft final<D>* Adhesive Sft final<D>	-0.0236	0.02234	-1.055	0.340
Preload time<G>*Preload time<G>	0.0199	0.02234	0.891	0.414
Adhesive Slv brg<A>* Adhesive Sft final<D>	0.0562	0.02147	2.620	0.047
Adhesive Slv brg<A>*Preload time<G>	0.0018	0.02147	0.082	0.938
Adhesive Sft final<D>* Preload time<G>	0.0025	0.02147	0.116	0.912

S = 0.0429335 PRESS = 0.144676
R-Sq = 93.27% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 81.15%

Analysis of Variance for Res_Xbar

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	0.127701	0.127701	0.014189	7.70	0.018
Linear	3	0.109770	0.109770	0.036590	19.85	0.003
Square	3	0.005238	0.005238	0.001746	0.95	0.484
Interaction	3	0.012693	0.012693	0.004231	2.30	0.195
Residual Error	5	0.009216	0.009216	0.001843		
Lack-of-Fit	3	0.009014	0.009014	0.003005	29.65	0.033
Pure Error	2	0.000203	0.000203	0.000101		
Total	14	0.136918				

จากตารางที่ 6.5 และ 6.6 แสดงผลลัพธ์การทดลองหาพื้นผิวตอบสนองของค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน โดยสามารถคำนวณค่าทำนายของตัวแปรตอบสนองได้จากการนำค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่ได้จากผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งนำมาเขียนเป็นสมการทำนาย ดังสมการ 6.1 และ 6.2 ตามลำดับ

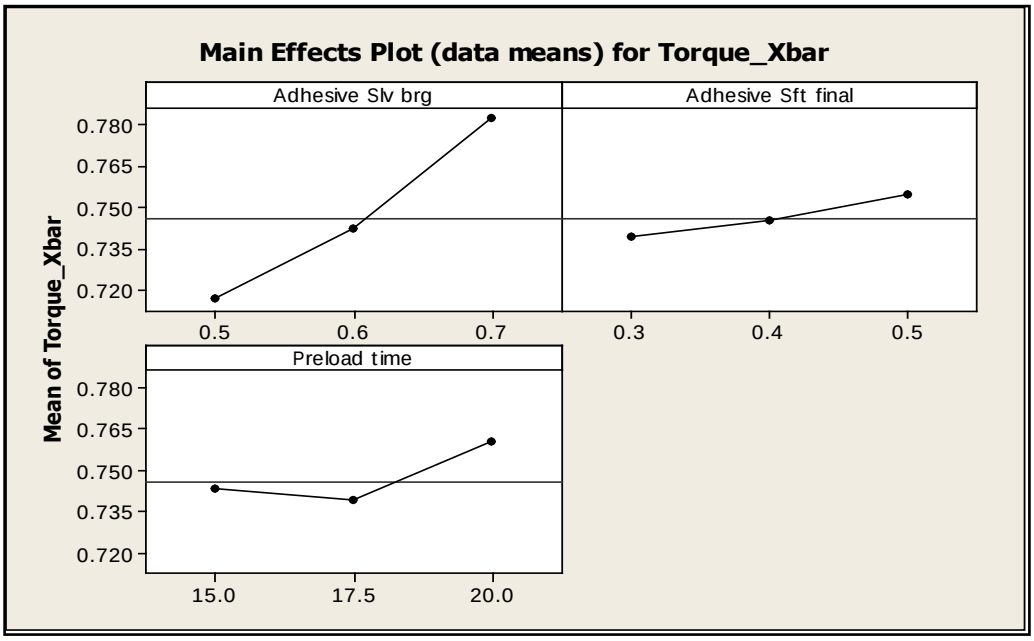
Mean of Torque ($\overline{y_1}$) = 0.7328 + 0.0328(A) (6.1)

Mean of Resonance ($\overline{y_2}$) = 13.0587 + 0.0562(A) (D) (6.2)

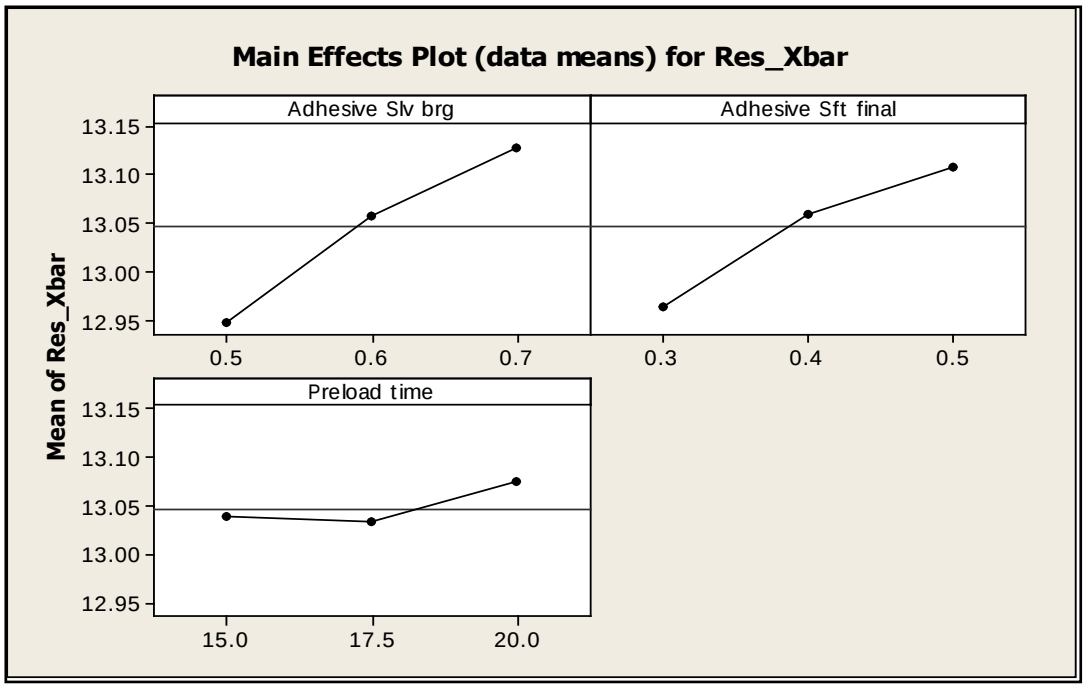
โดยตัวแบบนี้มีค่า R^2 (Adj) เท่ากับ 79.24% และ 81.15% ตามลำดับ

การวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัย ผลการวิเคราะห์หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสมการทำนายค่าตัวแปรตอบสนองมีรูปแบบเป็นสมการเส้นตรง ดังนั้นสามารถกำหนดระดับที่ดีที่สุดของปัจจัยนำเข้าในช่วงระดับที่ทำการทดลองได้จาก Main Effect Plot ด้วยโปรแกรม MINITAB พบว่าปัจจัยที่มีผลทำให้ตัวแปรตอบสนองทั้งค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนท์มีค่าเฉลี่ยที่มากที่สุด คือ ปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง) ต้องทำการปรับตั้งที่ค่าระดับสูงคือ 0.7 มิลลิกรัม , ปัจจัย D (ปริมาณกาวด้านชาฟท์ไฟนอล) ทำการ

ปรับตั้งที่ค่าระดับสูงคือ 0.5 มิลลิกรัม และ ปัจจัย G (ระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน) ทำการปรับตั้งที่ค่าระดับต่ำคือ 15 นาที เนื่องจากปัจจัย G ไม่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง ดังนั้นจึงเลือกปรับตั้งค่าที่ดับที่ต่ำ เพื่อไม่เป็นการกระทบกับยอดการผลิตชิ้นงาน ดังภาพที่ 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 6.2 Main Effect Plot ของค่าทอร์คจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม MINITAB



ภาพที่ 6.3 Main Effect Plot ของค่าเรโซแนนท์จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม MINITAB

จากภาพที่ 6.2 และ 6.3 สามารถสรุปเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงกระบวนการ นั่นคือปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง เท่ากับ 0.70 มิลลิกรัม ส่วนปริมาณกาวด้านซาฟท์แบริ่งเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมและระยะเวลาที่ชิ้นงานต้องอยู่ในตัวกดชิ้นงานเป็นเวลา 15 นาที

6.3 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

การปรับปรุงอัตราส่วนงานเสีย (Defect rate)

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง) D (ปริมาณกาวด้านชาฟท์ไฟนอล) และ H (ระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน) ซึ่งนำไปหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อหาค่าเฉลี่ยเข้าใกล้เป้าหมายมากที่สุด และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด โดยได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 6.7 เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีดีขึ้น ทำให้ค่าความสามารถของกระบวนการเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 6.7 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์(ปัจจัยนำเข้า)	ระดับพารามิเตอร์
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	0.7 มิลลิกรัม
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล	0.5 มิลลิกรัม
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน	15 นาที

บทที่ 7
ผลการดำเนินงานวิจัยในระยะการติดตามควบคุม (Control phase)

ระยะการติดตามควบคุม เป็นขั้นตอนที่ประกอบไปด้วยทดสอบยืนยันผลและเป็นการจัดทำแผนควบคุม (Control plan) เพื่อควบคุมกระบวนการหลังการปรับปรุงให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้

7.1 การทดสอบยืนยันผล

1. การทดสอบยืนยันผลเรื่องระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

การทดสอบยืนยันผลในเรื่องระยะเวลานำในกระบวนผลิตนั้น ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาในการผลิตและจำนวนชิ้นงานในระหว่างการผลิตหลังการปรับปรุงและรวบรวมข้อมูลจัดทำแผนภาพกระแสคุณค่าสภาพอนาคต (Future Value Stream Mapping) ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า เช่น ความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนของสินค้ารุ่น A1 และความถี่ในการจัดส่งสินค้า เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าสภาพหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนของสินค้ารุ่น A1	300,000	ชิ้น/เดือน (10,000 ชิ้น/วัน)
ความถี่ในการจัดส่งสินค้า		ทุกวันทำงาน

2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงาน เช่น จำนวนวันทำงาน เวลาเวลาหยุดพักทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการทำงานสภาพหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	เวลา	หน่วย
จำนวนวันทำงาน	30	วัน/เดือน
เวลาทำงาน	24	ชั่วโมง/วัน
เวลาหยุดพักทั้งหมด	3	ชั่วโมง/วัน
- เวลาหยุดพัก 1 ชั่วโมง/กะ	1	ชั่วโมง/กะ
เวลาทำงานสุทธิ (ทุกกระบวนการมีเวลาทำงานเท่ากัน)	21	ชั่วโมง/วัน

3. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน เช่น จำนวนพนักงาน จำนวนเครื่องจักร รอบเวลาในการผลิต อัตราส่วนงานดี เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานสภาพหลังการปรับปรุง

ข้อมูล	กระบวนการ										หน่วย
	Sub(1) a'ssy	Sub(2) a'ssy	Final ass'y	Oven	Height inspection	Torque inspection	Visual	Microscope	QA Sampling	Packing	
จำนวนพนักงาน	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	คน
จำนวนเครื่องจักร	1	1	1	1	1	1	-	-	-	1	เครื่อง
รอบเวลาในการผลิต (Cycle time:C/T)	7.02	7.54	7.55	1.44	2.41	2.38	3.70	3.46	5.56	1.12	วินาที/ชิ้น
อัตราส่วนงานดี (%Yield)	100	99	100	100	99	99.22	99.25	99	100	100	เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 7.3 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. **จำนวนพนักงาน** โดยทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานวางแผนการผลิต และสำรวจข้อมูลจากแต่ละสถานีงาน

2. **จำนวนเครื่องจักร** โดยทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานวางแผนการผลิต และสำรวจข้อมูลจากแต่ละสถานีงาน

3. **รอบเวลาในการผลิต** โดยทำการเก็บข้อมูลของรอบเวลาในการผลิต (Cycle time: C/T) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 **กระบวนการประกอบโดยใช้พนักงาน** จะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงาน ที่ทำงานประจำทุกกะทำงาน และหาค่าเฉลี่ยของรอบเวลาในการผลิตจากพนักงานทั้งหมด จำนวน 13 คน

3.2 **กระบวนการประกอบโดยใช้เครื่องจักร** จะทำการขอข้อมูลจากหน่วยงานซ่อมบำรุงและรักษาเครื่องจักร และสำรวจข้อมูลจากหน้าจอของเครื่องจักรที่สถานีงาน

4. รวบรวมข้อมูล จำนวน ชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต ในช่วงที่ มีระดับคงที่ (ชั่วโมงที่ 3-4 ของกะทำงาน) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตสภาพหลังการปรับปรุง

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานในกระบวนการผลิต (WIP)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sub(1) a'ssy	1322.9	2200	2200	6600	9900	8200	7500	4500	1000	1054	1554	1054	1154	2654	800	800.0
Sub(2) a'ssy	2540.3	4000	2000	4500	3000	4000	2500	2000	4500	3000	3000	3500	2000	2500	2000	4500.0
Final assy	1494.4	4500	4500	2500	4000	2000	500	2500	4500	1000	2000	5500	3500	5000	3500	4500.0
Oven	781.7	2150	2150	1650	3150	2650	3150	2650	1650	1650	650	650	1150	3150	3150	2650.0
Height inspection	1766.4	4050	550	2050	2050	2550	6050	3400	550	4550	4050	2050	4550	7203	2050	3550.0
Torque inspection	2062.8	2497	500	3989	4478	7943	3978	3481	1834	5811	3965	2994	2973	2628	3988	3463.0
Visual	2034.2	3646	300	1547	3141	7821	4423	2694	2204	3081	4615	2228	2182	6036	4169	4183.0
Microscope	2684.3	3601	1820	1588	2315	10752	5286	2792	5241	3684	5210	3788	3274	7107	5242	5266.0
QA Sampling	1234.1	1975	1225	4118	2725	2047	4663	2419	2181	1100	5300	4300	7100	2500	1700	8900.0
Packing	8184.8	2638	4963	2181	2394	3953	5716	2219	5500	1700	1900	2900	1100	1300	4100	4500.0

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานในกระบวนการผลิต (WIP)															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	เฉลี่ย
Sub(1) a'ssy	800.0	800	800	0	1000	1000	1000	600	1000	1000	1000	1000	1000	1000	600	**2549.1**
Sub(2) a'ssy	4500.0	3500	3500	2500	2500	1500	2000	1000	2500	4000	4500	2000	2500	4000	2500	**2812.5**
Final assy	4500.0	4000	500	3500	4000	8000	3500	3500	2000	3000	3500	1000	500	4000	2000	**3046.9**
Oven	2650.0	2150	2650	3150	1650	2150	650	3150	2150	1650	2650	650	1650	2150	650	**2087.5**
Height inspection	3550.0	2550	1050	5050	6050	3550	3550	4550	1550	5050	2022	4050	5050	2050	1550	**3299.2**
Torque inspection	3463.0	3495	5994	6483	4979	3985	3985	5479	3988	6979	3845	3984	6642	977	2999	**3932.0**
Visual	4183.0	4168	4699	5646	4155	3184	3208	3224	4041	6054	4042	3217	3666	1794	2763	**3511.5**
Microscope	5266.0	1835	8655	7209	5219	3757	3304	3807	7075	5122	5606	5723	4760	354	3495	**2279.6**
QA Sampling	8900.0	8900	5305	3575	10700	10700	7100	8900	12500	8900	3500	8900	1500	8900	5300	**2841.1**
Packing	4500.0	700	1105	2780	1580	1300	1500	1500	4100	3700	3700	2700	1300	4300	3700	**2785.3**

5. รวบรวมข้อมูลเวลาในกระบวนการ โดยจำแนกออกได้ดังนี้

1. เวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยทำการคำนวณระยะเวลานำในกระบวนการผลิต (Lead time: L/T) ด้วยการนำจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยหารด้วยจำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการ

ตารางที่ 7.5 ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าสภาพหลังการปรับปรุง

กระบวนการ	จำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตเฉลี่ย (ชิ้น)	รอบเวลาในการผลิต (sec/ชิ้น)	ความต้องการของลูกค้า (ชิ้น)	เวลานำระหว่างกระบวนการ (วัน)
Sub(1) a'ssy	2549.1	7.02	10000	0.25
Sub(2) a'ssy	2812.5	7.54	10000	0.28
Final ass'y	3046.9	7.55	10000	0.30
Oven	2087.5	1.44	10000	0.21
Height inspection	3299.2	2.41	10000	0.33
Torque inspection	3932.0	2.38	10000	0.39
Visual	3511.5	3.70	10000	0.35
Microscope	2279.8	3.46	10000	0.23
QA Sampling	2841.1	5.56	10000	0.28
Packing	2785.3	1.12	10000	0.28
		รวม		2.91

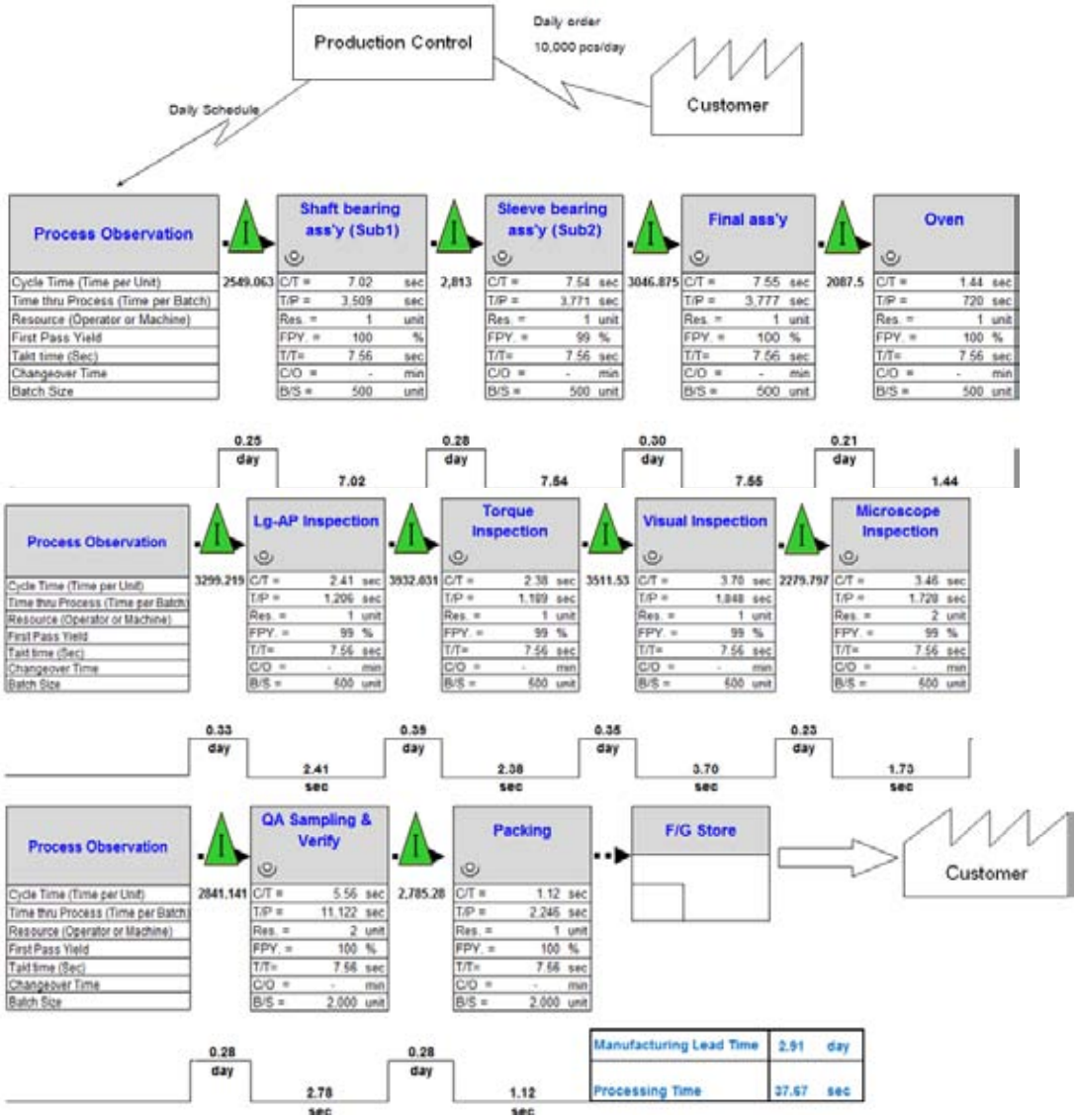
2. เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นแรก กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นที่สอง กระบวนการพักงาน กระบวนการอบงาน กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย กระบวนการตรวจสอบค่าความสูงของชิ้ นงาน กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากรอบเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ (Cycle time: C/T)

5.5 สรุปผลรวมของเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่เพิ่ม/ไม่เพิ่มคุณค่า

ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตรวม (Manufacturing Lead time) = 2.91 วัน

รอบเวลาในการผลิตรวม (Total Cycle time) = 37.67 วินาที

จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลข้างต้นและ ทำการวาดแผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Map) เพื่อแสดงภาพรวมของเวลานำในกระกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 7.1

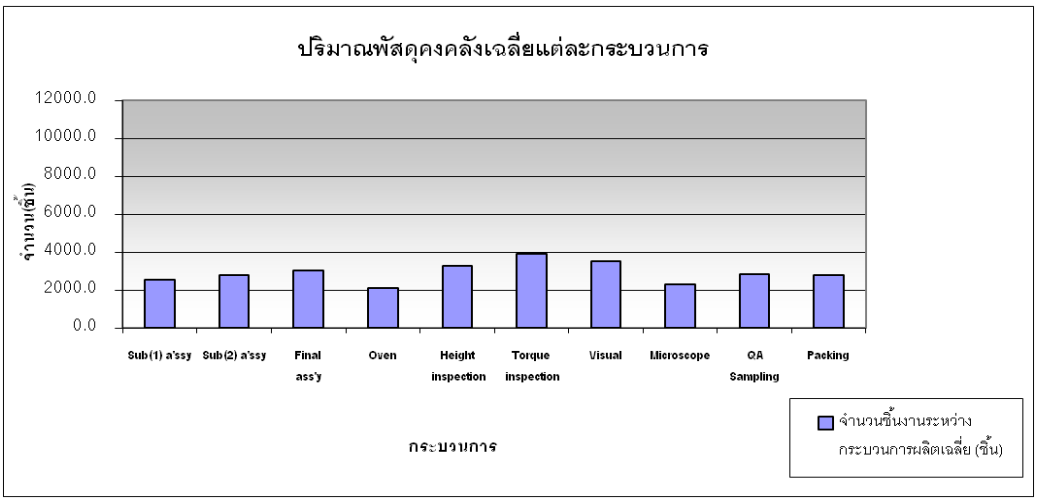


ภาพที่ 7.1 แผนภาพกระแสคุณค่าสภาพอนาคต (Future Value Stream Mapping) ของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา

จากภาพที่ 7.1 แสดงแผนภาพกระแสคุณค่าสภาพปัจจุบัน (Current Value Stream Mapping) สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์รุ่น A1 มีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตลดลงโดยเฉลี่ย จากก่อนการปรับปรุง 4.53 วัน ลดลงเป็น 2.91 วัน

2. เก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต

ทำการเก็บรวบรวมจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 7.2



ภาพที่ 7.2 ปริมาณงานระหว่างทำในแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 7.2 แสดงปริมาณระหว่างทำในแต่ละกระบวนการ พบว่าปริมาณงานระหว่างทำของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub (2) assembly) กระบวนการชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly) กระบวนการพักงาน (Staging) และกระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดชิ้นงาน (Torque inspection) มีจำนวนลดลง

3. เก็บข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต

ทำการเก็บข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต ดังนี้

1. เวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยทำการคำนวณระยะเวลานำ ในกระบวนการผลิต (Lead time: L/T) ด้วยการนำจำนวนชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตเฉลี่ยหารด้วย จำนวนความต้องการของลูกค้า (10,000ชิ้นต่อวัน) และจากแผนภาพกระแสคุณค่าปัจจุบันสามารถสรุประยะเวลานำของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 โดยเฉลี่ย 2.91 วัน

2. เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองาน ได้แก่ กระบว นการผลิตชิ้นส่วนขั้นแรก กระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นที่สอง กระบวนการพักงาน กระบวนการอบงาน กระบวนการตรวจสอบค่าแรงบิดของชิ้นงาน กระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย กระบวนการตรวจสอบค่าความสูงของชิ้นงาน กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากรอบเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ (Cycle time: C/T)

3. เวลาที่ลูกค้าต้องการงาน (Takt time) ทำการคำนวณจากนำเวลาสุทธิในการทำงาน (21 ชั่วโมงต่อวัน) หารด้วยจำนวนความต้องการของลูกค้า (10,000ชิ้นต่อวัน) และจากข้อมูลผลิตภัณฑ์รุ่น A1 สามารถสรุปเวลาที่ลูกค้าต้องการงานเท่ากับ 7.56 วินาทีต่อชิ้น

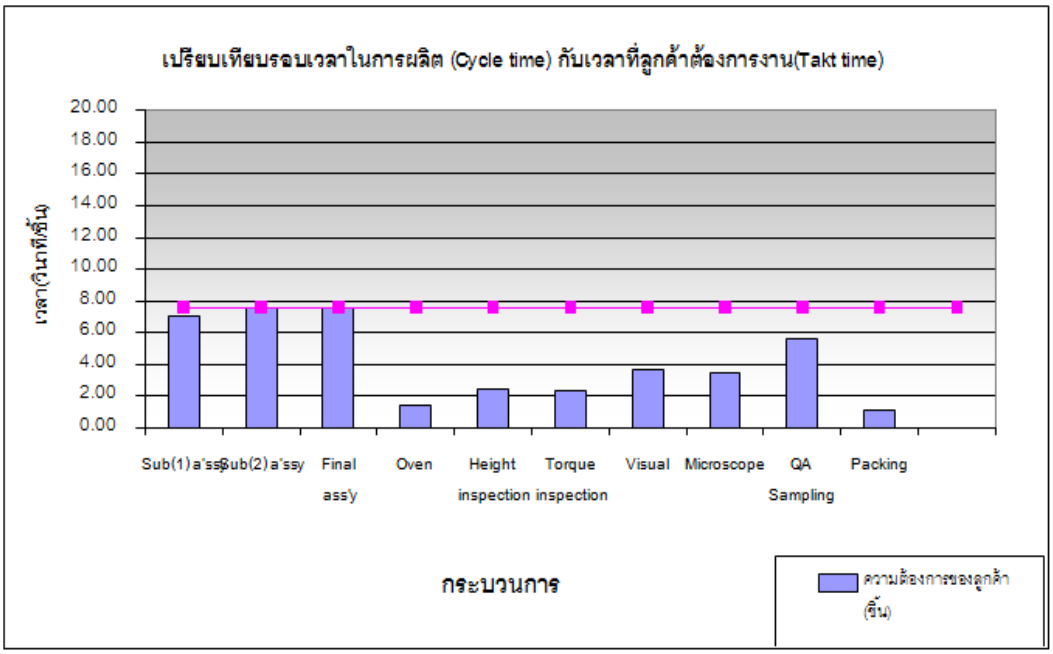
จากข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต สามารถ สรุปผลรวมของเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่เพิ่ม/ไม่เพิ่มคุณค่า หรือเป็นระยะเวลานำในการผลิตรวม ดังนี้

ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตรวม (Manufacturing Lead time) = 2.91 วัน

รอบเวลาในการผลิตรวม (Total Cycle time) = 37.67 วินาที

เวลาที่ลูกค้าต้องการงาน (Takt time) = 7.56 วินาทีต่อชิ้น

จากข้อมูลข้างต้นดังกล่าวทำการนำข้อมูลรอบเวลาในการผลิตเปรียบเทียบกับข้อมูลความต้องการของลูกค้าและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุในการปรับปรุงกระบวน ดังภาพที่ 7.3



ภาพที่ 7.3 เปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิต (Cycle times) กับเวลาที่ลูกค้าต้องการ (Takt time) หลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) กับเวลาที่ลูกค้าต้องการ (Takt time) ซึ่งเวลาที่ลูกค้าต้องการเท่ากับ 7.56 วินาทีต่อชิ้น สามารถสรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงทั้ง 3 กระบวนการที่มีรอบเวลาในการผลิตสูงกว่า เวลาที่ลูกค้าที่ต้องการ (Takt time) สามารถลดรอบเวลาในการผลิตให้ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการงาน ทั้ง 3 กระบวนการ ดังนี้

1. การกระบวนการ พักงาน (Staging) มีรอบเวลาในการผลิต ก่อนการปรับปรุง เท่ากับ 21.6 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงมีรอบเวลาในการผลิตเป็นศูนย์ ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ
2. กระบวนการประกอบชิ้นส่วนที่สอง (Sub(2) assembly) มีรอบเวลาในการผลิตก่อนปรับปรุงเฉลี่ย 8.69 วินาทีต่อชิ้น หลังป รับปรุงมีรอบเวลาในการผลิตเป็น 7.54 วินาทีต่อชิ้น ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ
3. กระบวนการชิ้นส่วนขั้นสุดท้าย (Final assembly) มีรอบเวลาในการ ผลิตก่อนปรับปรุงเฉลี่ย 8.48 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงมีรอบเวลาในการผลิตเป็น 7.55 วินาทีต่อชิ้น ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการ

7.1.2 การทดสอบยืนยันผลเรื่องการลดอัตราส่วนงานเสีย

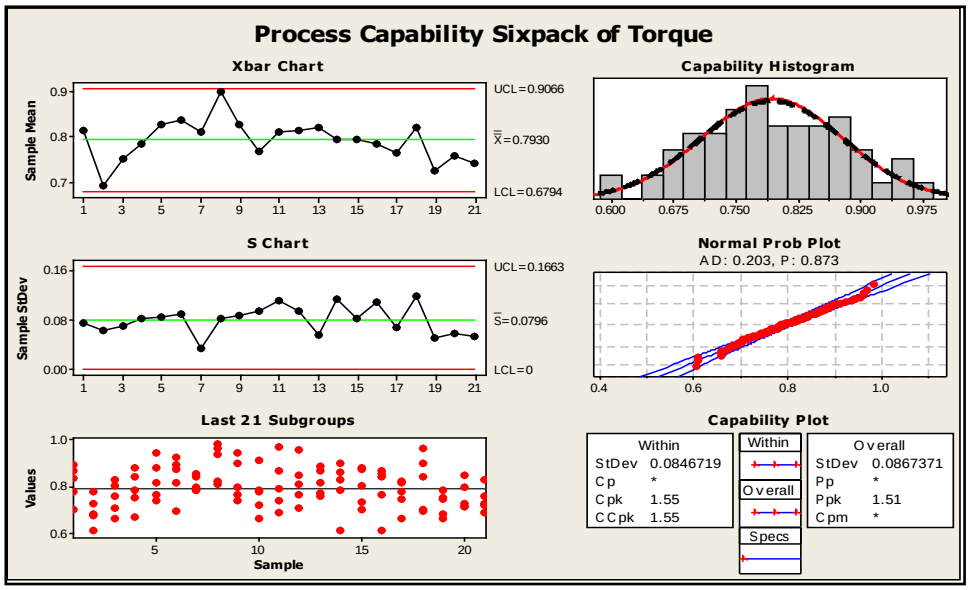
การทดสอบยืนยันผลเป็นการทดสอบพื่อสรุปค่าเฉลี่ยของต่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์หลังจากทำการปรับระดับของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลให้ค่าผลตอบสนองมีค่าที่ดีที่สุดตามที่ทำการทดลองจากระยะการปรับปรุงกระบวนการ สรุปดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์(ปัจจัยนำเข้า)	ระดับพารามิเตอร์
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	0.7 มิลลิกรัม
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล	0.5 มิลลิกรัม
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน	15 นาที

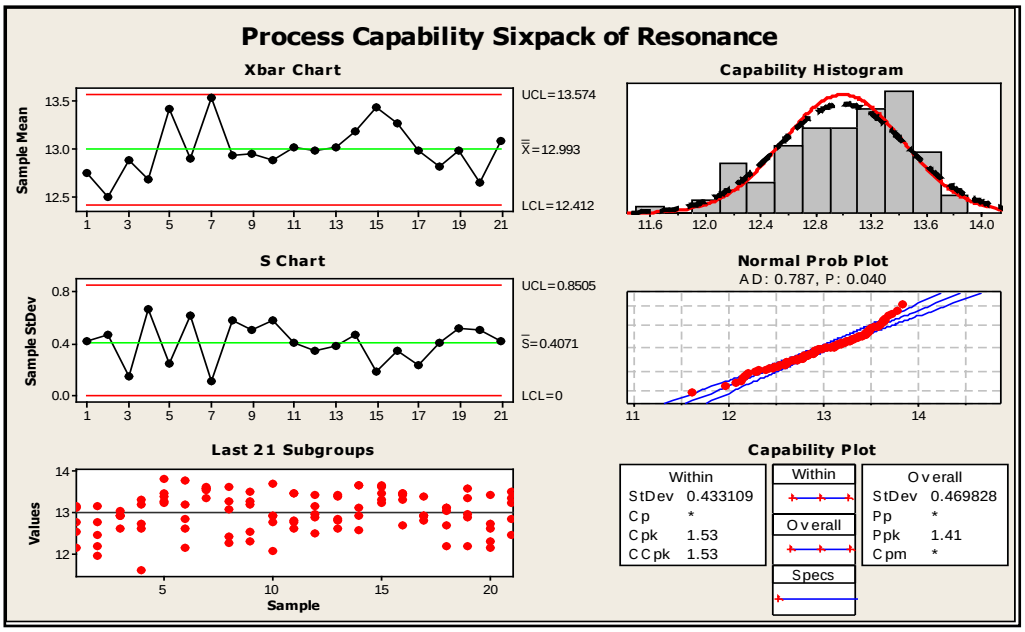
ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเพื่อยืนยันผลการทดลองสำหรับตัวแปรผลตอบสนอง คือความสามารถของกระบวนการ (Cpk)

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการเก็บข้อมูลในการทดสอบยืนยันผล โดยทำการเก็บข้อมูลของของค่าแรงบิดของชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ ของชิ้นงานก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการเพื่ อหาความสามารถของกระบวนการ ดังภาพที่ 7.4 และ 7.5



ภาพที่ 7.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดของชิ้นงาน

จากภาพที่ 7.4 แสดงความสามารถของกระบวนการ พบว่าความสามารถของค่าแรงบิดชิ้นงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.793 gf.cmซึ่งมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.630 gf.cm. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจากก่อนการปรับปรุง Cpk 0.75 และหลังการปรับปรุง Cpk 1.55 เป็นไปตามมาตรฐานยอมรับ Cpk 1.33



ภาพที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 7.5 แสดงความสามารถของกระบวนการ พบว่าความสามารถของค่าเรโซแนนซ์ชิ้นงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.99 kHz. ซึ่งมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.65 kHz. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจากก่อนการปรับปรุง Cpk 0.83 และหลังการปรับปรุง Cpk 1.53 เป็นไปตามมาตรฐานยอมรับ Cpk 1.33

ตารางที่ 7.7 เปรียบเทียบผลของความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

ระยะ	ค่าเฉลี่ย ค่าแรงบิดชิ้นงาน (gf.cm.)	ค่าเฉลี่ย ค่าเรโซแนนซ์ (kHz.)	ค่า Cpk ค่าแรงบิดชิ้นงาน	ค่า Cpk ค่าเรโซแนนซ์
ก่อนปรับปรุง	0.63	12.66	0.75	0.83
หลังปรับปรุง	0.793	12.993	1.55	1.53

7.2 การตรวจติดตามโดยใช้แผนควบคุม (Control Plan)

7.2.1 แผนควบคุมของเรื่องการลดอัตราส่วนงานเสีย

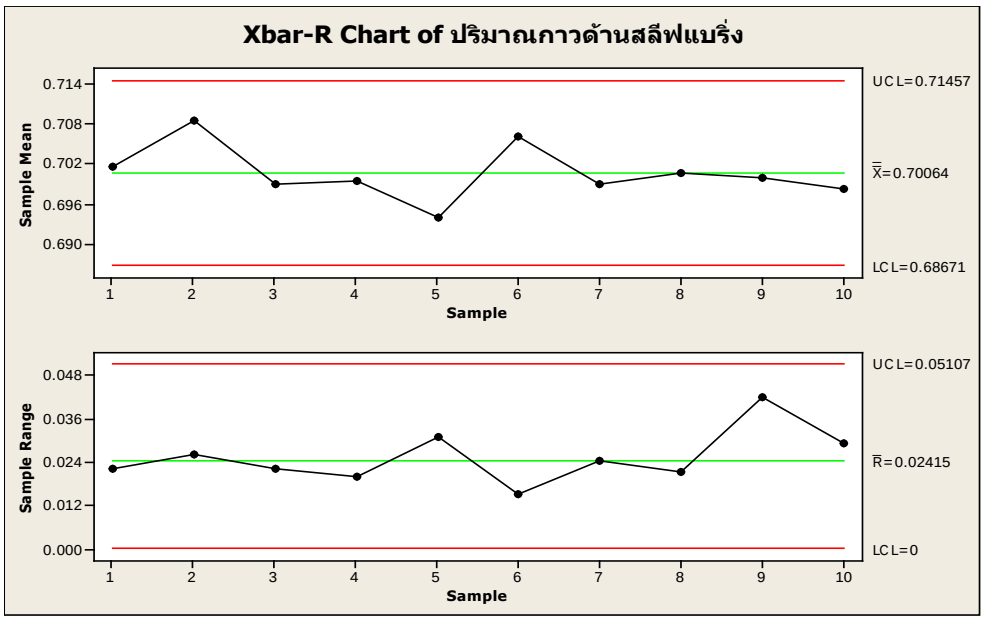
หลังจากที่มีการปรับปัจจัยนำเข้าตามค่าที่เหมาะสม ที่ได้จากการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการมาจัดทำแผนควบคุมทั้ง 3 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์(ปัจจัยนำเข้า)	ระดับพารามิเตอร์
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	0.7 มิลลิกรัม
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล	0.5 มิลลิกรัม
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน	15 นาที

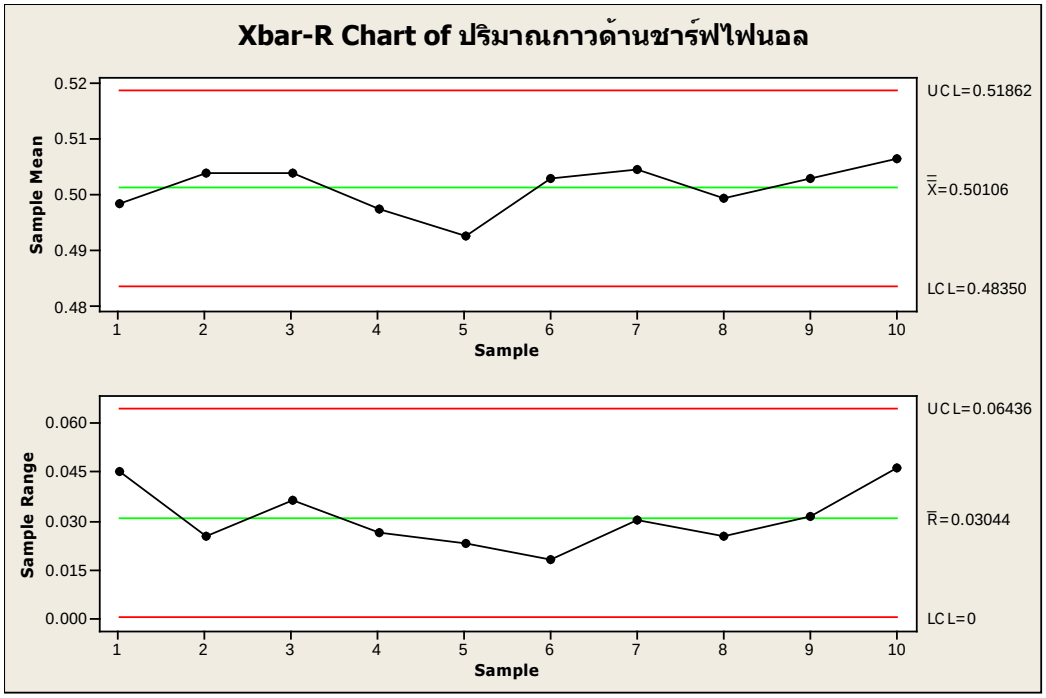
จากนั้นได้จัดทำแผนควบคุม (Control plan) เพื่อใช้ควบคุมกระบวนการโดยมีการควบคุมปัจจัยจำนวน 3 ปัจจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง ได้ทำการกำหนดในเอกสารการปฏิบัติงานเท่ากับ 0.70 มิลลิกรัม และทำการตรวจสอบค่าน้ำหนักของปริมาณกาวโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 5 ชิ้น ทุกๆ 8 ชั่วโมง ด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ดังภาพที่ 7.6



ภาพที่ 7.6 แผนภูมิควบคุมปัจจัยนำเข้าปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง)

● ปริมาณกาวด้านชาฟท์ไฟนอล ได้ทำการกำหนดในเอกสารการปฏิบัติงานเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม และทำการตรวจสอบค่าน้ำหนักของปริมาณกาวโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 5 ชิ้น ทุกๆ 8 ชั่วโมง ด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ดังภาพที่ 7.7



ภาพที่ 7.7 แผนภูมิควบคุมปัจจัยนำเข้าปัจจัย D (ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล)

● ระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน ได้ทำการกำหนดในเอกสารการปฏิบัติงานเท่ากับ 15 นาที โดยทำการปรับเครื่องจักรจากเดิมที่ไม่มีการกำหนดระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน เป็น 15 นาที

หลังจากทำการกำหนดแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยของปัจจัยนำเข้า A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง) และปัจจัย D (ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล) แล้วนั้นยังมีการกำหนดการแก้ไขเมื่อกระบวนการไปเป็นไปตามการควบคุม (Out of Control Action Plan) โดยทำการกำหนดกฎของการควบคุม (Rules) ให้พนักทราบเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมและต้องทำการแก้ไขให้กระบวนการกลับเข้ามาอยู่ในการควบคุม ดังนี้

■ ขนาดและความถี่ในการชักสิ่งตัวอย่าง

การกำหนดขนาดและความถี่ในการชักสิ่งตัวอย่าง จะใช้จำนวนสิ่งตัวอย่าง 5 ตัว ทุกๆ 8 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นจำนวนและความถี่ในการชักสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสมโดยทำการคำนวณจากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิตและส ามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการได้ภายในระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด โดยเป็นข้อตกลงกับทางลูกค้า และองค์กรมีการกำหนดเป็นเอกสารควบคุมการผลิต

■ กฎการตัดสินใจ

มีการใช้กฎการตัดสินใจเพื่อเป็นการเฝ้าระวังและบอกถึงสภาวะของกระบวนการที่ออกนอกการควบคุม จะอ้างอิงกฎในการตัดสินใจ 5 ข้อ ดังตารางที่ 7.9

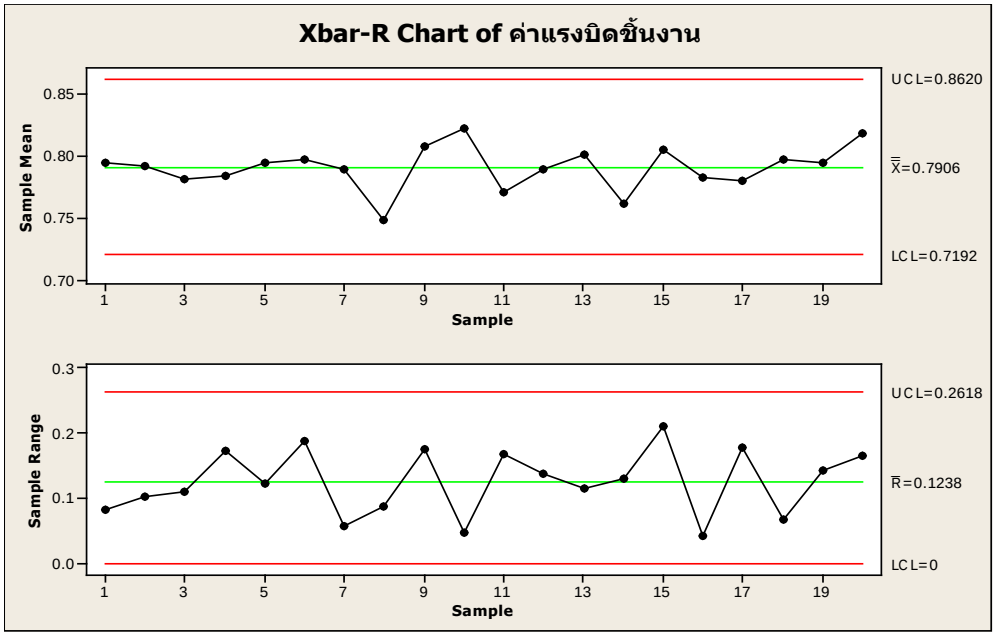
ตารางที่ 7.9 กฎการตัดสินใจ 5 ข้อ เพื่อบอกสภาวะการออกนอกการควบคุมของกระบวนการ

Test 1	1 point more than UCL/LCL
Test 2	9 consecutive points in same side of CL
Test 3	6 consecutive points all increasing or decreasing
Test 4	2 out of 3 points > 2 standard deviations from center line(same side)
Test 5	14 points in a row, alternating up and down

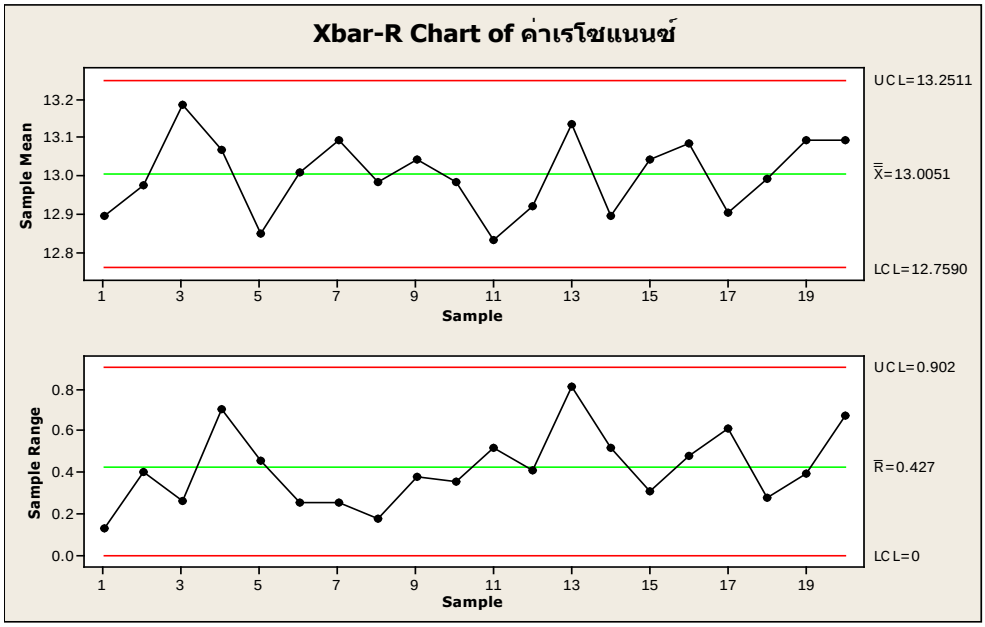
■ แผนการแก้ไขและป้องกันเมื่อเกิดสภาวะออกนอกการควบคุม

ได้มีการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานเมื่อข้อมูลของค่าตอบสนองทั้งสองในแผนภูมิควบคุมเกิดสภาวะออกนอกการควบคุม (Out of Control) ซึ่งอ้างอิงจากกฎการตัดสินใจทั้ง 5 ปัจจัย ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น นั่นคือจัดทำเอก สารแผนการแก้ไขเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (OCAP) และทำให้กระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะอยู่ในการควบคุม (In Control) และทำการอบรมพนักงานในส่วนที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงาน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ได้เริ่มใช้แผนภูมิควบคุมค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเ รโซแนนซ์ โดยจัดทำเป็นแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ดังภาพที่ 7.8 และ 7.9 ตามลำดับ



ภาพที่ 7.8 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของค่าแรงบิดของชิ้นงาน



ภาพที่ 7.9 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน

จากแผนภูมิควบคุมดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า กระบวนการอยู่ภายในการควบคุม (In Control) โดยมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดชิ้นงาน 0.79 gf.cm. และค่าเฉลี่ยของค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน 13.00 kHz. ซึ่งถือว่ามีค่าดีขึ้นกว่าก่อนการปรับปรุง พร้อมทั้งจากการเก็บข้อมูลอัตราส่วนงานง านเสียของเดือนเมษายน 2555 หลังการปรับปรุงพบว่าอัตราส่วนงานเสียมีแนวโน้มลดลงกว่าก่อนการปรับปรุงโดยอัตราส่วนงานเสียก่อนปรับปรุงลดลงโดยเฉลี่ยจาก 2% เป็น 0.78% ดังแสดงในตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 ข้อมูลอัตราส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 หลังการปรับปรุงของเดือนเมษายน พ.ศ. 2555

วันที่	อัตราส่วนงานเสีย (Defect rate)	อัตราส่วนงานดี (%Yield)
1-เม.ย.	0.69	99.31
2-เม.ย.	0.64	99.36
3-เม.ย.	0.76	99.24
4-เม.ย.	0.82	99.18
5-เม.ย.	1.03	98.97
6-เม.ย.	0.74	99.26
7-เม.ย.	0.95	99.05
18-เม.ย.	0.73	99.27
19-เม.ย.	0.71	99.29
20-เม.ย.	0.88	99.12
21-เม.ย.	0.65	99.35
22-เม.ย.	0.86	99.14
23-เม.ย.	0.66	99.34
24-เม.ย.	0.85	99.15
25-เม.ย.	0.67	99.33
26-เม.ย.	0.75	99.25
27-เม.ย.	0.61	99.39
28-เม.ย.	0.86	99.14
29-เม.ย.	0.83	99.17
30-เม.ย.	0.92	99.08
เฉลี่ย	**0.78**	**99.22**

บทที่ 8
บทสรุป

8.1 บทนำ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนหมุนฮาร์ดดิสก์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ โดยการลดระยะเวลานำและลดของเสีย จากค่าแรงบิดของชิ้นงานที่ออกนอกค่าการยอมรับ ในกระบวนการผลิต แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในการนำแนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมามาใช้ร่วมกันในการปรับปรุงกระบวนการนั้นเพื่อนำจุดแข็งของซิกซ์ ซิกมาที่มุ่งเน้นในการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งใช้เครื่องมือทางสถิติมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและการแก้ปัญหาซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการ และนำมารวมกับแนวคิดลีนที่มีจุดแข็งในการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตและมุ่งเน้นในเรื่องของเวลาและความรวดเร็ว ซึ่งเมื่อใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมามาใช้ร่วมกันจะสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพและมีความรวดเร็วสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าไ ด้ทั้งด้านคุณภาพและความรวดเร็วในการส่งมอบที่เป็นเลิศ และผลของการปรับปรุงแต่ละระยะ เป็นดังนี้

8.2 บทสรุประยะการนิยามปัญหา

ในส่วนของขั้นตอนของการนิยามปัญหา งานวิจัยนี้จะพิจารณาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนของเสีย และระยะเวลานำในการผลิต ที่ยาวนาน โดยทำการศึกษากร ะบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 ของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้ผังการไหลของกระบวนการ (Process flow) ศึกษาข้อมูลระยะเวลานำของกระบวนการผลิตปัจจุบัน โดยทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ส่วนแรกเป็นการลดระยะเวลานำของกระบวนการผลิตโดยการใช้ ปัจจุบันมีระยะเวลานำในกระบวนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 วัน โดยมีเป้าหมายให้ระยะเวลานำในกระบวนการผลิตลดลง และในส่วนที่สองการลดของเสียจากค่าแรงบิดและค่า เรโซแนนซ์ของชิ้นงานออกนอกค่าการยอมรับจากกระบวนการปัจจุบัน 0.75 และ 0.83 ตามลำดับ ให้เพิ่ มเป็น 1.33 และได้กำหนดคณะทำงานโครงการซิกซ์ ซิกมา ในการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

8.3 บทสรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

8.3.1 การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

ทำการศึกษาในส่วนของระยะเวลานำในกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณงานระหว่างทำ รอบเวลาในการผลิตแต่ละกระบวนการ และทำการคำนวณหาระยะเวลานำของกระบวนการผลิต โดยใช้ Current Value Stream mapping ซึ่งระยะเวลานำในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 เฉลี่ย 4.53 วัน

8.3.2 การปรับปรุงอัตราส่วนงานเสีย

ในส่วนแรกของขั้นตอนของระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด โดยใช้ GR&R โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากค่าวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน โดยทำการทดสอบพนักงานจำนวน 2 คน ทำการวัดชิ้นงาน 10 ชิ้น คนละ 3 ซ้ำ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ว่า ระบบการวัดมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ และสามารถให้การยอมรับความผันแปรของกระบวนการวัดได้

และทำการศึกษาในส่วนของความสามารถของกระบวนการ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน จำนวน 250 ตัวอย่าง พบว่ากระบวนการผลิตในปัจจุบันมีความสามารถของกร ะบวนการค่อนข้างต่ำคืออยู่ที่ Cpk 0.75 และ 0.83 ตามลำดับ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ที่ 1.33

ทำการระดมสมอง เพื่อหาสาเหตุที่มีผลต่อระยะเวลานำที่ยาวนานนั่นคือในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนขั้นแรก มีการเบิกวัตถุดิบมาไว้ที่หน้าสถานีงาน (Work station) เป็นจำนวนมาก โดยที่พนักงานไม่ได้สนใจสถานีงานใกล้เคียงว่ามีความต้องการงานมากน้อยเท่าไหร่ ซึ่งเป็นลักษณะการผลิตแบบผลัก จึงทำให้มีปริมาณงานระหว่างทำสูง และในส่วนสาเหตุที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดและค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน โดยใช้ ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Matrix) พบว่าสาเหตุที่มีความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดและค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน มีอยู่ 8 ปัจจัย คือ ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง ปริมาณกาวด้านสลีฟไฟนอล ปริมาณกาวด้านชาฟท์แบริ่ง ปริมาณกาวด้านชาฟท์ไฟนอล เวลาในการพักงาน ความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา ระยะเวลาที่

ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงานและน้ำหนักของตัวกดชิ้นงาน ซึ่งจะนำไปทดสอบและวิเคราะห์ผลในระยะต่อไป

8.4 บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

8.4.1 การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

จัดทำตารางจำแนกความสูญเปล่าในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งพบว่าสาเหตุของปัญหาที่จะนำไปหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในช่วงระยะการทำวิจัยคือในขั้นตอนกระบวนการประกอบชิ้นส่วนขั้นที่สอง สาเหตุเนื่องจากอุปกรณ์ในเรียงชิ้นงานก่อนทำการประกอบซึ่งถูกส่งจากเวนเดอร์โดยมีการเ รียงชิ้นงานใส่แท่งสเตนเลส เมื่อชิ้นงานเหล่านั้นถูกขนสงมาถึงสถานีงาน พนักงานที่ทำการประกอบจะทำการนำชิ้นงานเหล่านั้นออกจากแท่งสเตนเลสและเทลงใส่ภาชนะ ซึ่งพนักงานต้องเลือกด้านชิ้นงาน(สลีฟ)ก่อนทำการประกอบให้ถูกต้องตามเอกสารที่กำหนดไว้ ทำให้พนักงานต้องใช้ความระ มัดระวังมากในการทำงาน และกระบวนการประกอบขั้นสุดท้ายมีสาเหตุเนื่องมาจากการจัดวางอุปกรณ์ก่อนการประกอบไว้ไกลพนักงานทำให้พนักงานต้องเอื้อม ส่งผลให้รอบเวลาในการผลิตสูงกว่าความต้องการของลูกค้า โดยจะทำการปรับปรุงและแก้ไขโดยใช้เครื่องมือของลีน หลัก ECRS เพื่อปรับปรุงรอบเวลาการผลิตให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า จากการปรับปรุงอัตราส่วนของเสียดังกล่าวนั้นจากค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ ซึ่งในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จากการออกแบบการทดลอง แบบแฟคทอเรียล ผู้วิจัยได้ทำการเลือกการทดลองแบบ 2^{8-4}เท่ากับ16 runs Resolution IV ซึ่งเป็นการทดสอบนัยสำคัญของปัจจัยและเลือกเฉพาะตัวที่มีนัยสำคัญไปทดลองหาค่าที่เหมาะสมในระยะถัดไป พบว่าระยะเวลาการพักงานเป็นปัจจัยนำเข้า 1 ใน 8 ปัจจัย และจากสรุปผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการพักงานไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งค่ าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์ จากผลการทดลองดังกล่าวระยะเวลาในการพักงานไม่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน

8.4.2 การปรับปรุงอัตราส่วนงานเสีย (Defect rate)

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อต่อค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงบิดและค่าความสั่นพ้องของชิ้นงาน โดยทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียล จากผลการทดลองสรุปได้ว่าปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์อย่างมีนัยสำคัญ 3 ปัจจัย ได้แก่ และไม่มีปัจจัยนำเข้ามีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัย A (ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง) ปัจจัย D (ปริมาณ

กาวด้านชาร์ฟไฟนอล) และ ปัจจัย G (ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน) ซึ่งต้องนำปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวเพื่อหาระดับของปัจจัยที่ดีที่สุดในระยะถัดไป และในส่วนผลการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเบี่ย งเบนมาตฐานของค่าแรงบิดชิ้นงาน และค่าเรโซแนนซ์สามารถสรุปได้ว่าทั้ง 8 ปัจจัยไม่มีผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งของค่าแรงบิดชิ้นงานและค่าเรโซแนนซ์

8.5 บทสรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

8.5.1 การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิต

หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้ทำการเก็บข้อมูลในส่วนของระยะเวลานำในกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณงานระหว่างทำ รอบเวลาในการผลิตแต่ละกระบวนการ และทำการคำนวณหาระยะเวลานำของกระบวนการผลิต โดยใช้ Future Value Stream mapping ซึ่งระยะเวลานำในกระบวนกา รผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น A1 เฉลี่ยลดลงจากเดิม 4.53 วัน เป็น 2.91 วัน และสามารถสรุปได้ว่าหลังการปรับปรุง กระบวนการที่มีรอบเวลาในการผลิตสูงกว่า เวลาที่ลูกค้าที่ต้องการ (Takt time) สามารถลดรอบเวลาในการผลิตให้ต่ำกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการงาน (Takt time)

8.5.2 การปรับปรุงอัตราส่วนงานเสีย (Defect rate)

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วยปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง ปริมาณกาวด้านชาฟท์แบริ่งและระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดชิ้นงาน เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด โดยทำให้ค้าเ ฉลี่ยของค่าแรงบิดและค่าความสั่นพ้องของกระบวนกระบวนการเข้าใกล้เป้าหมายมากที่สุดและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด โดยได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 8.1 เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

ตารางที่ 8.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์	ระดับพารามิเตอร์ (Level)		
		ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
A	ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง	0.5	0.6	0.7
D	ปริมาณกาวด้านชาร์ฟไฟนอล	0.3	0.4	0.5
G	ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในตัวกดงาน	15	17.5	20

8.6 บทสรุประยะการติดตามควบคุม

ระยะการติดตามควบคุม ได้ทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญตามค่าที่กำหนดไว้และทำการใช้จริง โดยทำการจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) โดยทำการควบคุมปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัย ดังนี้ ปริมาณกาวด้านสลีฟแบริ่ง และด้านชาฟท์ไฟนอล ได้ทำการกำหนดในเอกสารการปฏิบัติงานเท่ากับ 0.70 และ 0.50 มิลลิกรัม และทำการตรวจสอบค่าน้ำหนักของปริมาณกาวด้วยจำนวนตัวอย่าง 5 ชิ้น ทุกๆ 8 ชั่วโมง และในส่วนของระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน ได้ทำการกำหนดในเอกสารการปฏิบัติงานเท่ากับ 15 นาที โดยทำการปรับเครื่องจักรจากเดิมที่ไม่มีการกำหนดระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ในตัวกดชิ้นงาน เป็น 15 นาที

ผลการปรับปรุงหลังการกำหนดใช้แผนภูมิหลังการทดสอบเพื่อยืนยันผล หลังจากการทดสอบเพื่อยืนยันผลและจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ของชิ้นงาน สรุปได้ว่าแสดงความสามารถของกระบวนการ พบว่าความสามารถของค่าแรงบิดชิ้นงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 gf.cm. ซึ่งมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.63 gf.cm. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจากก่อนการปรับปรุงจาก 0.75 และหลังการปรับปรุงเพิ่มเป็น 1.55 และความสามารถของค่าเรโซแนนซ์ชิ้นงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.99 kHz. ซึ่งมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.65 kHz. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจากก่อนการปรับปรุงจาก 0.83 และหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 1.51 เป็นไปตามมาตรฐานยอมรับ Cpk 1.33 และจากการเก็บข้อมูลอัตราส่วนงานเสีย (Defect rate) หลังการปรับปรุงของเดือนเมษายน พ .ศ. 2555 ลดลงโดยเฉลี่ยจาก 2% เป็น 0.78% ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนของเสียโดยเฉลี่ยต่อปีจากยอดการผลิตที่พยากรณ์ไว้จาก 2,055,563 บาทต่อปี เป็น 858,367 บาทต่อปี

8.7 **ข้อเสนอแนะ**

การทำวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A1 เท่านั้นควรทำการศึกษาผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นที่มีการผลิตเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เพิ่มขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษม กิจวาสน์. การปรับปรุงดัชนีวัดความสามารถในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานบรรจุแก๊ส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

เกียรติขจร โฆมานะสิน. LEAN วิถีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรเป็นเลิศ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2550.

เทพฤทธิ์ นทีรัยไทวะ.การพัฒนาแนวทางในการลดเวลานำของการผลิตในโรงงานผลิตเทปลูกไม้ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ธีรพร เสนพรหม.การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

นฤพล เลิศอนันต์. การลดความสูญเสียของการผลิตตู้แช่โชว์สินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

นิพนธ์ บัวแก้ว. รู้จัก...ระบบการผลิตแบบลีน(Lean manufacturing system). กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2547.

พิมพ์ชนก ไพศาสภาณุมาศ.การการลดระยะเวลานำในการผลิตในโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ภาณุ ชุดเจือจีน.การลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อ. การพัฒนาต้นแบบในการลดความสูญเปล่า 7 ประการสำหรับวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องสำอาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วรพจน์ ยอดมนต์. การลดเวลาสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

อ้อมใจ พงษาเกษตร.การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์ โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ภาษาอังกฤษ

Linker, J.P. The basic of Performance measurement. USA: Productivity Press 1997.

Womack, J.P., Jone, D. T., and Roos, D. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production. New York: Rawson and Associates, 1990.

Womack, J.P., Jone, D. T., and Roos, D.Lean Thinking. New York: Simon & Schuster, 1996.

ภาคผนวก ก

เอกสารที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต

ตารางที่ 1 แบบบันทึกเวลานำในการผลิต

ขอเก็บข้อมูลระยะเวลานำของการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A1

No._____

No	Process	วัน-เวลาเริ่ม	วัน-เวลา เสร็จ	Remark
1	Sleeve brg ass'y			
2	Shaft brg ass'y			
3	Final Ass'y (Sm)			
4	Staging			
5	Oven			
6	Height inspection			
7	Torque inspection			
8	Visual&Binding			
9	Microscope			
10	QA sampling			
11	Packing			

ตารางที่ 2 แบบบันทึกปริมาณงานระหว่างทำ

ขอเก็บข้อมูลปริมาณงานระหว่างทำของการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A1

No._____

No	Process	วันที่ทำการผลิต	กะที่ทำการผลิต	Remark
1	Sleeve brg ass'y			
2	Shaft brg ass'y			
3	Final Ass'y (Sm)			
4	Staging			
5	Oven			
6	Height inspection			
7	Torque inspection			
8	Visual&Binding			
9	Microscope			
10	QA sampling			
11	Packing			

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมยุรา หนองเส เกิดเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2523 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เมื่อปี พ.ศ. 2546 และเมื่อปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย