

การลดของเสียและเวลานำในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยใช้เทคนิค ลีน ซิกซ์ ซิกมา

Defect and Lead Time Reduction in Hard Disk Drive Component Manufacturing Process Using Lean Six Sigma Technique

พัชริดา ดวงบุงรงค์ และ รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว*

Patcharida Doungburong and Rungchat Chompu-inwai

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์: 053-944126 โทรสาร: 053-944185

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
E-mail: rungchatc@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยในปัจจุบันบริษัทประสบปัญหาการผลิตไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า บริษัทจึงมีความต้องการที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้เพิ่มมากขึ้น และเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้ บริษัทยังประสบปัญหาการเกิดของเสียระหว่างการผลิต ผู้วิจัยจึงได้นำเครื่องมือและเทคนิค ลีน ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการศึกษา วิเคราะห์และหาแนวทางในการปรับปรุง โดยได้ดำเนินงานวิจัยตามขั้นตอนซิกซ์ ซิกมา คือ DMAIC อันประกอบไปด้วย การนิยามปัญหา การวัดสภาพของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงแก้ไขปัญหา และการควบคุม โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ด้าน คือ เพื่อลดของเสียและเพื่อลดเวลานำในการผลิต ด้านการลดของเสียนั้น จากแผนภูมิพาเรโต พบว่าปัญหาที่ต้องทำการแก้ไขก่อนคือ ปัญหาการฉีดกาวที่น้อยเกินไป ทำให้กาวไม่เต็มร่องการฉีด ต้องมีการฉีดกาวซ้ำ และเมื่อมีการฉีดซ้ำเกิน 2 ครั้ง จะกลายเป็นของเสีย จึงได้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เพื่อหาปัจจัยการฉีดกาวที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ผลการทดลองพบว่า ระดับที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องฉีดกาวเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด คือ ระดับแรงดันลมที่ $(-a+a)/2$ เมกกะปาสกาล ความเร็วในการจ่ายกาวที่ $(-b+b)/2$ มิลลิเมตร/วินาที และความสูงจากปลายเข็มถึงตัวชิ้นงาน $(-c+c)/2$ ไมครอน เมื่อทำการทดลองยืนยันผล ไม่พบของเสียเลยและสามารถลดการเกิดของเสียได้ทั้งหมด ส่วนด้านการลดเวลานำในการผลิต ได้ทำการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมด้วยสายธารคุณค่า และได้ทำการจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมอริโนในการหาจุดคอขวดของกระบวนการ จากนั้นจึงได้นำหลัก E-C-R-S มาใช้ในการลดขั้นตอนการทำงาน โดยเฉพาะขั้นตอนที่เป็นคอขวดและเป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า อันได้แก่ กิจกรรมในสถานีงานที่ 11, 12 และ 13 และได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันว่าการตัดกิจกรรมในสถานีงานที่ 12 ซึ่งเป็นงานที่ซ้ำซ้อนกับกิจกรรมในสถานีงานที่ 9 ออกนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน และยังสามารถกำจัดกิจกรรม ในสถานีงานที่ 11 และ 13 ลงได้ด้วย โดยสามารถลดเวลานำในการผลิตจากเดิม 134 นาที ลงเหลือ 52.35 นาที คิดเป็น 60.93% จากนั้นได้มีการควบคุมโดยการกำหนดมาตรฐานการทำงาน เพื่อให้มีแนวทางการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

The case study company focused upon here manufactures hard disk drive components, and is experiencing difficulties in producing enough products to meet increasing demand. The company therefore needs to improve its production process in order to enhance productivity and be able to satisfy such demand. However, it has been experiencing a defects problem during the production process. As a result, the researcher employed Lean Six Sigma tools and techniques in this study in order to conduct an analysis of the production process and seek to improve it in accordance with DMAIC - problem definition, measurement, analysis, improvement and control. The main objectives of this research were to seek to reduce the production process lead time and also reduce defect levels. According to a Pareto analysis, defect is produced due to insufficient adhesive being injected into the product grooves, leading to an incomplete filling and requiring repeated injections. However, after two injections the products are classified as defects. As a result, an experimental factorial analysis 2^k design was employed to determine how the product-adhesive injection process leads to defect, the results showing that the appropriate adjustment needed to the adhesive air spraying process in order to create minimum defect was to set the air pressure at $(-a+a)/2$ MPa, to set the dispensing speed at $(-b+b)/2$ mm/second, and to set the height of the needle in relation to the target system at $(-c+c)/2$ microns. In addition, after conducting a confirmatory experiment using these settings, no defect was produced. It was found that this new process could reduce the entire defect. With regard to the lead time, production activities were analyzed using the Value Stream Mapping. Furthermore, simulation software based on Arena was used to identify where the process bottlenecks occur. The E-C-R-S step was also used in the process to eliminate the bottleneck points and non-value added activities, such as the processes on station 11, 12 and 13. Another experiment was then conducted in order to confirm whether eliminating the station 12 does or does not affect workpiece quality. Furthermore, the elimination of the station 12 could also eliminate the process on station 11 and 13, and resulted in a production lead time reduction of 60.93%, from 134 minutes to 52.35 minutes. The established solution was then implemented - controlling the production process using standard work settings - so as to provide a guideline for more effective production performance in the future.

1. บทนำ

บริษัทผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย แขนของหัวอ่าน-เขียน แผงสวิทช์กด และเส้นใยนำแสง ซึ่งในปัจจุบันมียอดการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการทางการตลาดที่เพิ่มขึ้น โดยจากข้อมูลในเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 นั้นผลิตภัณฑ์ A ที่มีการผลิตมากที่สุด คือ 70% ของการผลิตทั้งหมดของบริษัท มีการสั่งผลิตเพิ่มมากขึ้นจากเดิมในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 จาก 6,134 ชิ้นต่อกะการทำงาน (10.33 ชั่วโมง) เป็น 6,200 ชิ้นต่อกะการทำงาน ทำให้บริษัทมีความจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ทันกับการส่งงาน โดยในเบื้องต้นพบว่ามีปัญหาการเกิดจุดคอขวด และมีกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่า เป็นปัญหาหลักที่สามารถพบเห็นได้ทันทีของกระบวนการผลิต โดยกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าจากหลักความสูญเปล่า 7 ประการ ได้แก่ ของเสีย การผลิตที่มากเกินไปโดยไม่จำเป็น การมีสินค้าคงคลังมากเกินไป

ความจำเป็น การมีกระบวนการที่ไม่จำเป็น การเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่จำเป็น การขนส่งที่ไม่จำเป็น การรอคอย [1] และจุดคอขวด คือ กระบวนการที่จำกัดผลผลิต (Output) ของทั้งระบบ โดยมีจำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบมากที่สุด [2]

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าเทคนิคคลื่น ชิกซ์ ชิกลา ได้ถูกยอมรับว่าเป็นแนวทางสนับสนุนการพัฒนาผลิตภาพทั่วทั้งองค์กร โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนจากความสูญเปล่า และการยกระดับคุณภาพในอุตสาหกรรมการผลิตที่มุ่งเน้นการลดเวลานำ โดยได้มีการนำเทคนิคดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยที่หลากหลาย อาทิ เช่น

งานวิจัย [3] ได้เสนอการแก้ปัญหาการลดเวลานำในการผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้คลื่น ชิกซ์ ชิกลา ตามหลัก DMAIC อันประกอบไปด้วยการนิยามปัญหา (Define) การวัดสภาพของปัญหา (Measure) การวิเคราะห์สาเหตุ

ของปัญหา (Analyze) การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve) และการควบคุม (Control) เพื่อค้นหาสาเหตุของเวลานำที่ยาวนาน อันได้แก่ กฎการปล่อยงานไม่เหมาะสม การจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่ไม่เหมาะสม รูปแบบการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า การส่งต่องานระหว่างสถานีงานอย่างไม่เป็นระบบ โดยวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้นำการจัดการผลิตแบบดึง การควบคุมด้วยสายตา การฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน การจัดการกับคอขวดของกระบวนการ เช่น การปรับปรุงผังการผลิต การรวมและเปลี่ยนแปลงลำดับสถานีงาน ซึ่งผลการปรับปรุงทำให้โรงงานกรณีศึกษามีระบบการไหลของงานที่รวดเร็วขึ้น ทำให้มีผลิตภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.3 เท่า จำนวนงานระหว่างทำลดลง 40 % ส่งผลให้เวลานำในการผลิตเฉลี่ยแวนตาลดลงเหลือ 1.29 วัน หรือ 31.06 ชั่วโมง และมีความสามารถในการส่งสินค้าให้ลูกค้า ทันกับระยะเวลาเป้าหมายคิดเป็น 91.67 %

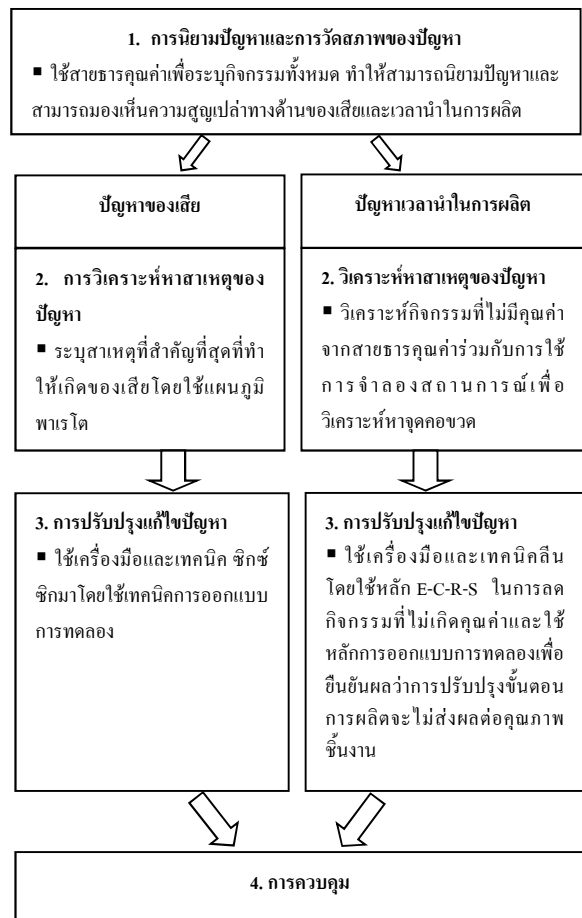
ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะลดเวลานำในการผลิตและลดของเสียที่เกิดระหว่างการผลิตขึ้นส่วนผลิตภัณฑ์ A โดยนำเครื่องมือการผลิตแบบลีนมาใช้ลดเวลานำในการผลิต ซึ่งระบบการผลิตแบบลีนคือระบบที่มุ่งเน้นในเรื่องการไหลของงาน และกำจัดความสูญเปล่าต่างๆของงาน และเพิ่มคุณค่าให้กับตัวสินค้าอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด และนำเครื่องมือซิกซ์ ซิกมา มาใช้เพื่อลดความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ โดยซิกซ์ ซิกมา เป็นวิธีการทางสถิติที่เป็นระบบเพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์โดยมุ่งหวังคุณภาพที่เป็นเลิศ [4]

อนึ่ง เนื่องจากข้อมูลกระบวนการในการผลิต และระดับของแต่ละปัจจัย เป็นความลับของทางบริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถเปิดเผยได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้สัญลักษณ์แทนข้อมูลเหล่านั้น

2. วิธีการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้ยึดแนวทางตามกระบวนการพัฒนาแบบซิกซ์ ซิกมา และใช้เครื่องมือของ

ลีน และซิกซ์ ซิกมาาร่วมกัน โดยมีขั้นตอนงานวิจัยแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก คือ DMAIC โดยแบ่งส่วนที่ต้องศึกษาและปรับปรุงเป็น 2 ส่วนคือ การลดของเสียและการลดเวลานำในการผลิต โดยสามารถอธิบายวิธีการและขั้นตอนในการทำวิจัยดังแสดงในรูปที่ 1 โดยรายละเอียดวิธีวิจัยแต่ละขั้นตอนจะได้กล่าวพร้อมกับการนำเสนอผลการวิจัยในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 1 ขั้นตอนในการทำวิจัย

3. ผลการวิจัย

เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไปแล้ว มีผลการวิจัยดังนี้

3.1 ผลการนิยามปัญหา

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเลือกผลิตภัณฑ์และตรวจสอบถึงปัญหาที่แท้จริงของกระบวนการนั้นว่ามี

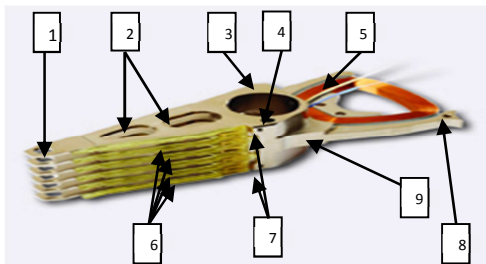
จุดไหนที่ควรทำการปรับปรุงก่อน ซึ่งจากการศึกษาปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเพื่อใช้ในการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่ทำการปรับปรุงด้วยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ A นั้นมีปริมาณการผลิตมากที่สุด และมีการสั่งผลิตเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากความต้องการทางการตลาดที่เพิ่มขึ้น จึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ A เป็นผลิตภัณฑ์ในการวิจัย

3.2 ผลการวัดสภาพของปัญหา

ทำการศึกษาเฉพาะในส่วนของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในช่วงเวลาการผลิตในกะเช้า (10.33 ชั่วโมง ไม่รวมเวลาพักของพนักงาน) ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

1. ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนระหว่างอาร์มและคอยล์ ประกอบด้วย 6 สถานีงาน
2. ขั้นตอนการเชื่อมต่ออาร์มและคอยล์ด้วยกาว ประกอบด้วย 9 สถานีงาน
3. ขั้นตอนการติดตั้งแดมเปอร์ (Damper) ประกอบด้วย 3 สถานีงาน

ซึ่งลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ แสดงในรูปที่ 2 และมีรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 1 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์ A

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ A

หมายเลข	รายละเอียด
1	ซาวจ โฮล (Swage hole)
2	วินโดว์ (Window)
3	คาคัม (Datum)
4	โคมบ์ โฮล (Comb hole)
5	คอยล์ (Coil)
6	ไวร์ สล็อต (Wire slot)

ตารางที่ 1 (ต่อ) ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ A

หมายเลข	รายละเอียด
7	โซลเดอร์ พิน (Solder pin)
8	คอยล์ ซัพพอร์ต (Coil Support)
9	อาร์ม (Arm)

โดยขั้นตอนการผลิตในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ A สามารถอธิบายได้ว่า วัตถุดิบจะถูกนำเข้ามา เมื่อมีวัตถุดิบเข้ามาในระบบ จะต้องมีการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนเข้า ว่า เป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ หากวัตถุดิบมีความบกพร่อง จะถูกกำจัดทิ้งทันที จากนั้นจะถูกนำเข้าสู่ขั้นตอนการประกอบ ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างคนงานและเครื่องจักรและมีการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมดว่าผ่านตามข้อกำหนดของขั้นตอนหรือไม่ หากไม่ผ่านจะต้องนำไปแก้ไขชิ้นงาน หากผ่านข้อกำหนดจะเข้าสู่ขั้นตอนการเชื่อมด้วยกาวและการไล่ความชื้นออกจากชิ้นงาน จากนั้นจึงทำการตรวจสอบทุกชิ้นงานว่าผ่านเงื่อนไขข้อกำหนดหรือไม่ หากไม่ผ่านเงื่อนไข ชิ้นงานจะถูกแก้ไข แล้วผ่านเข้าสู่กระบวนการติดตั้งแผ่นแดมเปอร์ต่อไป และมีการตรวจสอบขั้นสุดท้ายอีกครั้ง จึงถือว่าเสร็จสิ้นขั้นตอนการทำงาน ผู้วิจัยได้สร้างสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) ปัจจุบันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A ดังรูปที่ 3 เพื่อทำการศึกษากิจกรรมใดเป็นกิจกรรมที่สร้างคุณค่าและไม่สร้างคุณค่าให้กระบวนการ โดยทำการสร้างสายธารคุณค่าปัจจุบันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A ครอบคลุมตั้งแต่กิจกรรมการนำวัตถุดิบเข้าสู่ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนระหว่างอาร์มและคอยล์ จนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการติดตั้งแดมเปอร์ และสามารถแสดงรายละเอียดของสายธารคุณค่าดังตารางที่ 2

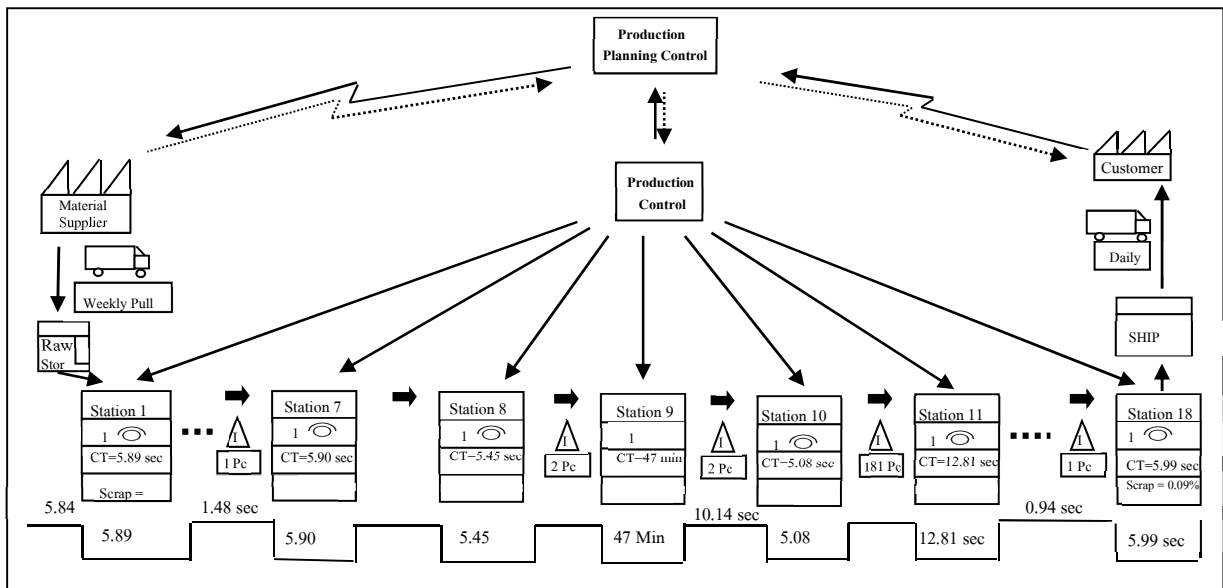
จากแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A นั้น ปัญหาที่พบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ปัญหาของเสีย และปัญหาเวลานำในการผลิต โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาของเสีย

การผลิตผลิตภัณฑ์ A พบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคิดเป็น 5 % โดยสาเหตุของการเกิดของเสียทั้งหมด จากมากไปน้อยคือ วัสดุดิบ 2.64 % การฉีดกาวที่น้อยเกินไปทำให้กาวไม่เต็มร่องของการฉีด 1.19 % การเกิดฟองอากาศ 0.66 % การเชื่อมกาวผิดพลาด คือ ไม่มีการเชื่อมกาว 0.64 % การใส่พินไม่ถูกตำแหน่ง 0.45 % และการติดตั้งแตรเปอร์ผิดพลาด 0.09 %

2. ปัญหาเวลานำในการผลิต

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A มีเวลานำในการผลิตทั้งสิ้น 134 นาที โดยมีกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าคือ เวลาในการรอเข้ารับบริการในแต่ละสถานีงานเป็นเวลา 22.83 นาที โดยกิจกรรมที่มีการรอเข้ารับบริการมากที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ เวลาในการรอเข้ารับบริการของสถานีงานที่ 12, 13, 2 และ 14 โดยใช้เวลาในการรอเข้ารับบริการ 558.30, 430.52, 206.40 และ 86.33 วินาทีตามลำดับ



รูปที่ 3 แผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A

ตารางที่ 2 รายละเอียดสายธารคุณค่าปัจจุบันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A ใน 18 สถานีงาน

สถานีงาน	เวลาในการทำงาน: Cycle Time (CT)	ประเภททรัพยากร	%ของเสีย (Scrap)	เวลารอเข้าเข้าสถานีงาน
1	5.87 วินาที	1 คน	0.64	5.84 วินาที
2	5.97 วินาที	1 คน	-	206.40 วินาที
3	5.88 วินาที	1 คน	-	0.98 วินาที
4	5.86 วินาที	1 คน	-	0.60 วินาที
5	5.96 วินาที	1 คน	-	12.12 วินาที
6	5.96 วินาที	1 คน	0.45	6.16 วินาที
7	5.90 วินาที	1 คน	-	1.48 วินาที
8	5.44 วินาที	1 คน	-	-
9	47 นาที	1 เครื่องจักร	-	-
10	5.07 วินาที	1 คน	-	10.14 วินาที

ตารางที่ 2 (ต่อ) รายละเอียดสายธารคุณค่าปัจจุบันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A ใน 18 สถานีงาน

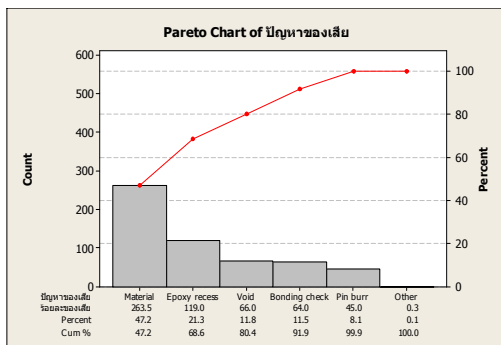
สถานีงาน	เวลาในการทำงาน: Cycle Time (CT)	ประเภททรัพยากร	%ของเสีย (Scrap)	เวลารอเข้าเข้าสถานีงาน
11	12.81 วินาที	1 คน	-	-
12	47 นาที	1 เครื่องจักร	-	558.30 วินาที
13	5.27 วินาที	1 คน	6.4	430.52 วินาที
14	5.76 วินาที	1 คน	1.19	86.33 วินาที
15	5.70 วินาที	1 คน	0.48	4.27 วินาที
16	5.87 วินาที	1 คน	-	18.14 วินาที
17	5.96 วินาที	1 คน	-	29.45 วินาที
18	5.88 วินาที	1 คน	0.09	0.94 วินาที

3.3 ผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการวัดสภาพของปัญหา นำไปสู่การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัญหาของเสีย

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาของเสียที่ต้องทำการแก้ไข ก่อนโดยใช้แผนภูมิพาเรโต โดยคิดเทียบเป็น 100 % ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังพาเรโตแสดงประเภทของเสีย

จากรูปที่ 4 และจากการระดมสมองร่วมกับบริษัท ทรินิตี้ศึกษา ได้ข้อสรุปว่าปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นนั้น ปัญหาที่มีสัดส่วนมากที่สุด คือ ปัญหาวัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด อย่างไรก็ตามวัตถุดิบที่นำมาใช้นั้นไม่ได้เกิดจากการผลิตในโรงงานเอง และเป็นวัตถุดิบที่มาจากซัพพลายเออร์ ดังนั้นจึงไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ ดังนั้น บริษัท ทรินิตี้ศึกษาจึงได้เลือกปัญหาที่ 2 คือ ปัญหาการฉีดกาวที่น้อยเกินไป ทำให้อาร์มและคอยล์ไม่ติดกัน ซึ่งจากการศึกษา พบว่าการเกิดของเสียประเภทนี้มีทั้งหมด 21.3% โดยเกิดจากการทำการแก้ไขชิ้นงานมากกว่า 80% นั่นคือ หากมีการแก้ไขงานมากกว่า 2 ครั้งขึ้นไปจะถือเป็นของเสียทันที จึงควรมีการแก้ไขให้เกิดการแก้ไขชิ้นงานให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้มีของเสียเกิดขึ้น

2. ปัญหาเวลานำในการผลิต

จากขั้นตอนการวัดสภาพของปัญหาในขั้นตอนที่แล้ว ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์กิจกรรมจากสายธารคุณค่า

จากสายธารคุณค่าสามารถนำมาวิเคราะห์หว่ากิจกรรมใดเป็นกิจกรรมที่มีคุณค่าและกิจกรรมใดเป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า โดยกิจกรรมที่มีคุณค่า คือ กิจกรรมที่เปลี่ยนวัตถุดิบให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้า เช่น กิจกรรมการใส่พิน การเชื่อมกาว การประกอบชิ้นส่วน เป็นต้น

ส่วนกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า แบ่งออกเป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า ประเภทที่ 1 (ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ) เช่น การใส่ชิ้นงานลงฟ็อกเจอร์ การตรวจนับชิ้นงาน และกิจกรรมการตรวจสอบต่างๆ โดยกิจกรรมกลุ่มนี้ สามารถทำการปรับลดได้หากมีการตรวจสอบแล้วว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการผลิต ส่วนกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า ประเภทที่ 2 (ไม่มีคุณค่าและไม่จำเป็นต้องทำ) เช่น กิจกรรมการขนส่ง ขนย้ายชิ้นงาน ซึ่งกิจกรรมกลุ่มนี้เป็นกิจกรรมที่สามารถลดหรือกำจัดได้ทันที โดยการปรับกระบวนการใหม่ เช่น การปรับผังโรงงาน เป็นต้น [5]

การวิเคราะห์กิจกรรมที่ได้มาจากการระดมสมองกับบริษัท ทรินิตี้ศึกษา พบว่ากิจกรรมที่ใช้เวลาในการรอเข้ารับบริการมากที่สุดคือเวลาในการรอเข้ารับบริการของสถานีงานที่ 12 ใช้เวลาในการรอเข้ารับบริการสูงถึง 558.30 วินาที หรือ 9.30 นาที และจากการวิเคราะห์กิจกรรมพบว่ากิจกรรมในสถานีงานที่ 12 เป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า ประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สามารถทำการปรับลดได้ หากมีการตรวจสอบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยทั้งนี้ กิจกรรมในสถานีงานที่ 9 และสถานีงานที่ 12 เป็นการทำงานซ้ำซ้อนกัน ผู้วิจัยจึงได้เสนอให้มีการนำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาใช้เพื่อพิสูจน์ว่าการลดรอบเวลาการทำงานที่ซ้ำซ้อนจากเดิม 2 รอบทั้งในสถานีงานที่ 9 และสถานีงานที่ 12 ให้เหลือเพียง 1 รอบ นั่นคือ ทำเฉพาะในสถานีงานที่ 9 และตัดสถานีงานที่ 12 ออกไปนั้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการผลิต และยังสามารถกำจัดกิจกรรมในสถานีที่ 11 และ 13 ได้ทันที โดยแผนการปรับปรุงแก้ไขปัญหามาตรับได้โดยใช้สายธารคุณค่าแห่งอนาคต ซึ่งเป็นการวางแผนกระบวนการเพื่อให้เกิดการปรับปรุงในอนาคต

2) ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอรินา เพื่อวิเคราะห์หาจุดคอขวด

งานที่อยู่ในระบบ (Work in Process) คือ ปริมาณงานที่อยู่ในกระบวนการ แต่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ และงานที่อยู่ในระบบ คือจุดที่ใช้ชีวิตจุดคอขวดของระบบ โดยจุดคอขวดอยู่ในสถานีงานที่ 11 จึงส่งผลให้เกิดจุดคอขวดเพิ่มขึ้นที่สถานีงานที่ 12 และสถานีงานที่ 13 ซึ่งได้ผลตรงกับกรณีวิเคราะห์กิจกรรมโดยใช้สายธารคุณค่า ดังนั้นแสดงว่าขั้นตอนในสถานีงานที่ 12 และ 13 เป็นขั้นตอนที่ควรปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดการไหลของกระบวนการ เป็นอันดับแรก

3.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

เมื่อรู้สาเหตุของปัญหาแล้วในขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการแก้ไข และมีผลการแก้ไขดังนี้

1. ผลการแก้ไขปัญหาของเสีย

จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพาเรโตและการระดมสมองร่วมกับบริษัทกรณีศึกษาได้ข้อสรุปว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดจากการฉีดกาวที่น้อยเกินไปทำให้อาร์มและคอยล์ไม่ติดกัน ทำให้ต้องทำงานซ้ำโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) เพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องฉีดกาว โดยมีผลตอบคือ % ของเสียที่เกิดขึ้นในลอต 10 ชิ้น โดยใช้เทคนิคออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวน ที่ 3 ปัจจัย 2 ระดับ ทำการทดลองที่จุดศูนย์กลางซ้ำ จำนวน 5 การทดลอง โดยได้กำหนดปัจจัยและระดับดังตารางที่ 3

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ [6] พบว่า ข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วนของเสียนั้น จะมีการกระจายตัวเป็นแบบไบโนเมียล ซึ่งค่าความแปรปรวนของผลตอบนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของผลตอบ ซึ่งทำให้สมมุติฐานที่ว่า ค่าความแปรปรวนมีค่าคงที่ (Constant Variance) นั้นไม่เป็นความจริง ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีค่าความแปรปรวนที่คงที่ จึงต้องมีการประยุกต์ใช้การแปลงผลตอบที่มีลักษณะเป็นจำนวนสัดส่วนของเสีย โดยใช้วิธีการของ Freeman and Turkey transformation (F&T) [6]

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองและระดับ

ปัจจัย	หน่วย	ระดับ		
		ต่ำ (-1)	กลาง (0)	สูง (+1)
แรงดันลม (A)	เมกะปาสกาล	-a	(-a+a)/2	+a
ความเร็วในการจ่ายกาว (B)	มิลลิเมตร/วินาที	-b	(-b+b)/2	+b
ความสูงจากปลายเข็มถึงตัวชิ้นงาน (C)	ไมครอน	-c	(-c+c)/2	+c

การคำนวณค่า F&T ใช้สูตร ดังนี้

$$\frac{\arcsin \sqrt{\frac{x}{n+1}} + \arcsin \sqrt{\frac{x+1}{n+1}}}{2} \quad (1)$$

โดยที่ x คือ จำนวนชิ้นงานที่เสีย

และ n คือ จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในแต่ละการทดลอง คือ ผลตอบ F&T เป็นผลตอบชนิดยิ่งน้อยยิ่งดี

ตัวอย่างการคำนวณค่า F&T ที่พบของเสีย 4 ชิ้นในลอต 10 ชิ้น สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} F\&T &= \frac{\arcsin \sqrt{\frac{4}{10+1}} + \arcsin \sqrt{\frac{4+1}{10+1}}}{2} \\ &= 0.69358 \end{aligned} \quad (2)$$

โดยสามารถประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อค่าผลตอบและการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ดังตารางที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลผลตอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ แรงดันลม (A) และสมการทำนายผลไม่ใช่เส้นตรง

ตารางที่ 4 การประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อค่าผลตอบและการวิเคราะห์ความแปรปรวน

พจน์	ผลกระทบ	สัมประสิทธิ์	ค่า T	ค่า P-Value
ค่าคงที่		1.0189	18.03	0.000
A	0.7975	0.3988	7.06	0.002*
B	0.0735	0.03988	0.65	0.551
C	-0.0258	-0.0129	-0.23	0.830
A×B	-0.0735	-0.0367	-0.65	0.551
B×C	0.0258	0.0129	0.23	0.830
A×B×C	-0.0258	-0.0129	-0.23	0.830
จุดศูนย์กลาง	-0.7533	0.09112		
การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับผลตอบ				
แหล่ง	องศาอิสระ	ผลรวมกำลัง 2 (Sum of Square)	ค่า F	ค่า P-Value
ผลกระทบหลัก	3	1.28422	16.76	0.010
อันตรกิริยา 2 ทาง	3	0.01346	0.18	0.908
แหล่ง	องศาอิสระ	ผลรวมกำลัง 2 (Sum of Square)	ค่า F	ค่า P-Value
อันตรกิริยา 3 ทาง	1	0.00134	0.05	0.830
ความโค้ง	1	1.74620	68.36	0.001*
ส่วนตกค้าง	4	0.10218		
ผลรวม	12	3.14740		

R-Sq = 96.75% R-Sq (adj) = 90.26%

ตารางที่ 5 การประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อผลตอบโดยพิจารณาพจน์ที่มีนัยสำคัญ

พจน์	สัมประสิทธิ์	ค่า T	ค่า P-Value
ค่าคงที่	0.2656	5.226	0.000
A	0.3988	9.926	0.000
A×A	0.7533	11.630	0.000

R-Sq = 95.90% R-Sq (adj) = 95.08%

สร้างสมการทำนายผลและหาค่าระดับปัจจัย A ที่เหมาะสม

จากตารางที่ 5 สามารถสร้างสมการทำนายผลค่า F&T ของเปอร์เซ็นต์ของเสีย (Y) ได้คือ

$$\hat{y} = 0.2656 + 0.3988A + 0.7533A^2 \quad (3)$$

จากนั้นเมื่อแทนค่า $\hat{y} = 0.15314$ ซึ่งเป็นค่า F&T ของของเสีย 0% จะได้

$$0.15314 = 0.2656 + 0.3988A + 0.7533A^2$$

แล้วหาค่า A จากสมการ

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4)$$

จะได้

$$A = \frac{-0.3988 \pm \sqrt{0.3988^2 - 4(0.7533)(0.1125)}}{2(0.7533)}$$

$$A = 0.514 \sim 0.50 \text{ เมกะปาสคาล}$$

นั่นคือ ควรจะตั้งค่าปัจจัย A (แรงดันลม) ที่ 0.50 เมกะปาสคาล ซึ่งก็คือที่ระดับกลาง คือ $(-a+a)/2$ เมกะปาสคาล ซึ่งจะทำให้เกิดจำนวนของเสียน้อยที่สุด ส่วนปัจจัย B ความเร็วในการจ่ายกาว และปัจจัย C ความสูงจากปลายเข็มถึงตัวชิ้นงาน ไม่มีผลต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะกำหนดให้ตั้งค่าตามการใช้งานในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา นั่นคือ กำหนดระดับปัจจัย B ที่ $(-b+b)/2$ มิลลิเมตร/วินาที และกำหนดระดับปัจจัย C ที่ $(-c+c)/2$ ไมครอน

การทดลองซ้ำเพื่อยืนยันเงื่อนไขที่เหมาะสม

เมื่อได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จากนั้นทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง โดยเป็นการทดลองบนค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย โดยเก็บข้อมูลจากการผลิตจริงทั้งหมด 10 ครั้ง ครั้งละ 10 ชิ้น แล้วนับจำนวนชิ้นงานที่เสีย ไม่พบของเสียเกิดขึ้นเลย

2. ผลการแก้ไขปัญหาวลานในการผลิต

ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา สรุปได้ว่ากิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นกิจกรรมที่

สามารถปรับลดได้หากมีการตรวจสอบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการผลิต คือ กิจกรรมในสถานีงานที่ 12 ซึ่งเป็นกิจกรรมการทำงานซ้ำซ้อนกับกิจกรรมในสถานีงานที่ 9 โดยใช้เวลาในการรอเข้ารับบริการสูงถึง 9.30 นาที และคอขวดของกระบวนการเกิดขึ้นจากกิจกรรมในสถานีงานที่ 12 นี้เช่นกัน ดังนั้นหากสามารถตัดกิจกรรมในสถานีงานที่ 12 ได้จะช่วยให้การไหลของกระบวนการดีขึ้นและลดเวลานำในการผลิตลง ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการ E-Eliminate คือ การขจัดขั้นตอนหรือวิธีการทำงาน C-Combine คือ การรวบรวมขั้นตอนต่างๆ R-Rearrange คือ การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ตามลำดับก่อนหลัง และ S-Simplify คือ การปรับปรุงให้ขั้นตอนหรือวิธีการทำงานต่างๆมีความง่ายขึ้น (E-C-R-S) [7] โดยตัดกิจกรรมในสถานีงานที่ 12 ออกซึ่งจะสามารถลดขั้นตอนกิจกรรมในสถานีที่ 11 และ 13 ลงไปได้ด้วย อย่างไรก็ตาม การจะตัดกิจกรรมในสถานีงานที่ 12 ซึ่งซ้ำซ้อนกับกิจกรรมในสถานีงานที่ 9 ให้เหลือเพียง สถานีงานที่ 9 นั้นจำเป็นต้องทำการทดสอบว่าการทำงานเฉพาะสถานีงานที่ 9 จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาการเกิดค่าการกระโดดทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัญหาที่ลูกค้าไม่สามารถยอมรับได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการเกิดค่าการกระโดดทางไฟฟ้าระหว่างการทำงาน 1 รอบ (เฉพาะสถานีงานที่ 9) และการทำงาน 2 รอบ (ทำทั้งสถานีงานที่ 9 และสถานีงานที่ 12) ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 15 ครั้ง แต่แต่ละครั้งมีจำนวนการตรวจ 10 ชิ้น โดยการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจริงที่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิที่ x องศาเซลเซียสตามข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งผลพบว่า การทำงาน 1 รอบ (เฉพาะในสถานีงานที่ 9) ไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาการกระโดดทางไฟฟ้า นอกจากนี้ยังได้ทดสอบ Bonding Force Test ซึ่งเป็นการทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดระหว่างคอยล์และอาร์ม โดยได้ทำการทดสอบการรับแรงที่ 2 จุด คือ Long leg และ Short leg และทดสอบค่า Resonance Test เพื่อทดสอบการสั่นพ้องที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชิ้นงาน จากนั้นทำการทดสอบ

สมมุติฐาน t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6 และ 7 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า คุณสมบัติทั้งสองด้านนี้ของการทำงาน 1 รอบ (เฉพาะในสถานีงานที่ 9) และการทำงาน 2 รอบ (ทั้งในสถานีงานที่ 9 และ 12) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถตัดรอบการทำงานลงให้เหลือเพียง 1 รอบ คือตัดสถานีงานที่ 12 ออกและสามารถลดขั้นตอนกิจกรรมในสถานีที่ 11 และ 13 ได้ด้วย โดยสามารถลดเวลานำในการผลิตจาก 134 นาที เหลือ 52.35 นาที คิดเป็น 60.93 % โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน

3.5 ผลการควบคุม

หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A แล้วพบว่า ผลการปรับปรุงบรรลุตามวัตถุประสงค์ นั่นคือ ของเสียและเวลานำในการผลิตลดลง ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีปฏิบัติงานเพื่อเป็นการควบคุมให้พนักงานดำเนินการตามที่เสนอไว้ พร้อมทั้งสามารถเข้าไปตรวจสอบ ติดตามผล และแก้ไขปัญหาได้ทันที โดยได้จัดทำเอกสารมาตรฐานการทำงานตามแนวทางที่ได้เสนอการปรับปรุงแก้ไข

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบค่า Bonding Force test เพื่อทำการเปรียบเทียบการทำงาน 1 รอบ (เฉพาะในสถานีงานที่ 9) และการทำงาน 2 รอบ (ทั้งในสถานีงานที่ 9 และ 12) อย่างละ 10 ชิ้น

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ยค่า Bonding Force Test		P-Value
	เฉพาะสถานีงานที่ 9	สถานีงานที่ 9 และ 12	
ค่า Long leg, หน่วย: Ibf	10.3	9.42	0.726
ค่า Short leg, หน่วย: Ibf	9.59	9.45	0.309

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบค่า Resonance test เพื่อทำการเปรียบเทียบการทำงาน 1 รอบ ในสถานีงานที่ 9 และการทำงาน 2 รอบในสถานีงานที่ 12 อย่างละ 10 ชิ้น

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ยค่า Resonance Test		P-Value
	เฉพาะสถานีงานที่ 9	สถานีงานที่ 9 และ 12	
ค่าคอยล์ ทอร์ชั่น (Coil Torsion Mode FREQ), หน่วย: kHz	0.0227	0.0244	0.765
ค่าอาร์มเบนด์จิ่ง (Arm Bending Mode FREQ), หน่วย: kHz	0.00924	0.00920	0.774
ค่าคอยล์ สวีย์ (Coil Sway Mode FREQ), หน่วย: kHz	0.0158	0.0189	0.341
ค่าอาร์ม สวีย์ (Arm Sway Mode FREQ), หน่วย: kHz	0.0215	0.0230	0.821

4. อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยพบว่า สามารถนำเครื่องมือลีน ชิکش ชิคมามาใช้เพื่อลดของเสียและเวลานำในการผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้โดยการใช้

เครื่องมือลีน และเครื่องมือ ชิکش ชิคมาร่วมกันนั้นเป็นการมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพไปพร้อมกับปรับปรุงการไหลของกระบวนการผลิต โดยใช้เครื่องมือลีนเพื่อลดความสูญเปล่า สร้างมาตรฐานการไหลและลดเวลานำในการผลิต ส่วนการใช้เครื่องมือชิکش ชิคมามา เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการและปรับปรุงคุณภาพ

อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า การใช้เครื่องมือลีน ชิکش ชิคมานี้ ทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพในอัตราเร็วในการผลิตที่ดีขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ดำเนินการสำเร็จลงโดยได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของบริษัททรูเน็กซ์ศึกษาทุกท่านที่ให้ความร่วมมือคำแนะนำและคำปรึกษา ทั้งในด้านข้อมูลและการทำงานเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิพนธ์ บัวแก้ว. (2008). Introduction to Lean Manufacturing. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.
- [2] Productivity Press Development Team. (2003). Identifying Waste on the Shopfloor. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.
- [3] พิมพ์ชนก ไพบูลญาณูมาศ และ นภัสดวงศี โอสถศีลปี่ (2550). การลดระยะเวลาในการผลิตในโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้แนวคิดลีน ชิکش ชิคมามา, เอกสารการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 24-26 ตุลาคม 2550, หน้า 520-526.
- [4] วิทยา สุหฤตดำรง และ พรเทพ เหลือทรัพย์สุข. (2553). *What is Lean Six Sigma?*. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.
- [5] วิทยา สุหฤตดำรง และคณะ. 2550. *มุ่งสู่ลีนด้วยการจัดการสายธารคุณค่า (Value Stream Management)*. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.
- [6] Freeman, M.F. and Turkey, J.W. (1950). Transformations Related to the Angular and the Square Root, *Annals of Mathematics* (21), pp. 607-611.
- [7] Productivity Press Development Team. (2003). Identifying Waste on the Shopfloor. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.