

PROCEEDINGS

IE Network Conference

2017

The Empress Hotel
Chiang Mai, July 12th-15th 2017.

INDUSTRY 4.0 CHALLENGES FOR THAILAND



Proceeding download link



IE Network
2017



การเพิ่มความสามารถการผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร Production Capacity Increment for the Machine Spare Parts Production Line

อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐิ^{1*} และ จูมพล บำรุงวงศ์²

^{1*}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

²ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: amarin.wongsetti@gmail.com*

Amarin Wongsetti^{1*} and Joompon Bamrungwong²

^{1*}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Siam University,

²Department of industrial Physics and Medical Instrumentation, Faculty of Applied Science,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

E-mail: amarin.wongsetti@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรตามความต้องการของลูกค้าซึ่งประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรีเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการที่เป็นคอขวดในสายการผลิต จากศึกษาเวลาของกระบวนการพบว่าในขั้นตอนการตัดแปดผิวชิ้นงานของกระบวนการซีเอ็นซี คือกระบวนการที่เป็นคอขวดในสายการผลิต ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงโดยการประยุกต์หลักการฟังก์ชันโมดูลพิเศษของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านงานผลิตเข้ามาลดเวลาการตัดแปดผิวชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์หาค่าความเร็วรอบและอัตราป้อนของงานกัดรวมทั้งสร้างเส้นทางของคมตัดอย่างเหมาะสม ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดรอบเวลาการผลิตเครื่อง CNC จาก 978 วินาที/ชิ้นเป็น 688 วินาที/ชิ้น จากเป้าหมาย 728 วินาที/ชิ้น และสามารถเพิ่มความสามารถการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรจาก 67 ชิ้น/วัน เป็น 94 ชิ้น/วัน จากเป้าหมาย 89 ชิ้น/วัน หรือ 1,675ชิ้น/เดือน เป็น 2,350 ชิ้น/เดือน จากเป้าหมาย 2,208 ชิ้น/เดือน

คำหลัก ความสามารถในการผลิต คิวซีสตอรี เทคนิค ซีเอ็นซี

Abstract

This thesis aims to enhance the production capacity of the spare part's boring machine manufacturing following the customer requirement base on the QC Story approach which was applied to improve the bottle neck of the production line. Base on the time study result found that the milling step of the CNC process which is the bottleneck of production line so it was improved by the special module of the CAM software which is applied for improvement the cycle time of CNC process and increasing the production capacity by optimization the feeding, cutting and part of the cutting tools. The improvement result found that the cycle time of CNC process can be improved from 978 sec./pc to 688 sec./pc from Takt Time target 728 sec./pc and enhance the production capacity of the Machine Spare Parts Production Line from 67 pcs./day to 90 pcs./day from 89 pcs./day target or from 1,675 pcs./month to 2,350 pcs./month from 2,208 pcs./month target.

Keywords: Production Capacity, QC Story, Takt Time, CNC



1. บทนำ

ณ ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่างๆที่ใช้เครื่องจักรกลในการผลิตสินค้า รวมทั้งความต้องการสั่งซื้อชิ้นส่วนเพื่อการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมื่อความต้องการทางชิ้นส่วนเครื่องจักรสูงขึ้น ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิตและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โดยทำการลดเวลาในกระบวนการที่เป็นคอขวดในสายการผลิตด้วยหลักการ QC Story พร้อมทั้งประยุกต์และกัลกคอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (Computer – Aided Manufacturing, CAM) ในการปรับปรุงกระบวนการ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ได้แก่ กระบวนการทางการแก้ปัญหาแบบ QC Story ของ JUSE คอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (Computer – Aided Manufacturing, CAM) และหลักการวิเคราะห์ทางกระบวนการผลิต

2.1 กระบวนการทางการแก้ปัญหาแบบ QC Story ของ JUSE

กระบวนการทางการแก้ปัญหาแบบ QC Story ของ JUSE (Subsection heading) คือ กระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอนอย่างลึกซึ้งเพื่อลดความไม่พึงพอใจของลูกค้าโดยจำแนกได้ขั้นตอน 7 คือ 1) การกำหนดปัญหา 2) สำรวจสถานภาพปัจจุบัน 3) กำหนดเป้าหมายและแผนงาน 4)วิเคราะห์สาเหตุ 5) พิจารณามาตรการแก้ไข 6) ยืนยันผลลัพธ์ 7) จัดทำมาตรฐาน [1] แก้ปัญหาแบบ QC Story ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมกรณีศึกษาของรถชุดตีนตะขาบ [2] และโรงงานผลิตอาหารสัตว์ [3]

2.2 คอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (Computer – Aided Manufacturing, CAM) [4]

คอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (CAM) คือโปรแกรมทางวิศวกรรมที่ใช้สำหรับสร้างทางเดินของเครื่องมือตัดของเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) วิธีการสร้างโปรแกรม NC (Numerical Control, Part program or G-code program) นั้น ระบบจะอาศัยข้อมูลรูปทรงเรขาคณิตที่ออกแบบบนโปรแกรมช่วยออกแบบ (CAD) มาใช้เป็นข้อมูลตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ดังนั้นส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิตจึงได้แก่โปรแกรม CAD ซึ่งมีข้อมูลรูปทรงของชิ้นงานที่จะผลิต ข้อมูลการผลิต และการเชื่อมต่อระบบ โปรแกรม CAM สามารถสร้างโปรแกรมเอ็นซี หรือคำสั่งรหัสจี (Numerical Control

Programming, NC, G-code) โดยอาศัยการทำงานของระบบแปลคำสั่ง (Post Processor) การเขียนโปรแกรมเอ็นซีเป็นการสร้างข้อมูลของตำแหน่งเครื่องมือตัด (Tool Path) ในการเดินตัดชิ้นงานซึ่งชิ้นงานถูกติดตั้งบนโต๊ะงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี โปรแกรม CAM สามารถใช้เพื่อการจำลองและการตรวจสอบทางเดินของเครื่องมือตัดได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งระบบ CAM จะสร้างทางเดินของเครื่องมือตัดเป็นแฟ้มภาษา APT (Automatically Programmed Tool) หรือภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สื่อสารระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมาเพื่ออธิบายรูปทรงชิ้นงานและควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ซึ่งทำการแปลง APT ไปเป็นรหัสของเครื่องจักร หรือรหัสจี (G-Code)

2.3 หลักการวิเคราะห์ทางกระบวนการผลิต

Cycle Time คือเวลาที่ใช้ในการผลิตหรือประกอบงานหนึ่งรอบกระบวนการ [5]

Takt Time คือจังหวะความต้องการของลูกค้าซึ่งสามารถวิเคราะห์จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ [5]

$$Takt\ Time = \frac{Production\ Time}{Product\ Demand} \quad (1)$$

โดยที่ *Production Time* คือเวลาที่ใช้ในการผลิตที่มีอยู่ (วินาที) และ *Production Demand* คือ ปริมาณสินค้าที่ต้องการใน 1 วัน (ชิ้น) ถ้า Cycle time > Takt time กระบวนการผลิตไม่สามารถผลิตตามความต้องการของลูกค้า หาก Cycle time < Takt time กระบวนการผลิตมีการผลิตสินค้าที่เกินความต้องการของลูกค้า และถ้า Cycle time = Takt time กำลังการผลิตเพียงพอกับความต้องการของลูกค้า ในการดำเนินงานปรับปรุงกระบวนการควรลด Cycle time ให้น้อยกว่า Takt time ประมาณ 5 % เพื่อรองรับความไม่แน่นอนระหว่างดำเนินการ [6]

กำลังการผลิต คือ ความสามารถในการผลิตสูงสุดของกระบวนการสามารถซึ่งสามารถวิเคราะห์ในกระบวนการที่เป็นขอขวด ดังความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ [6]

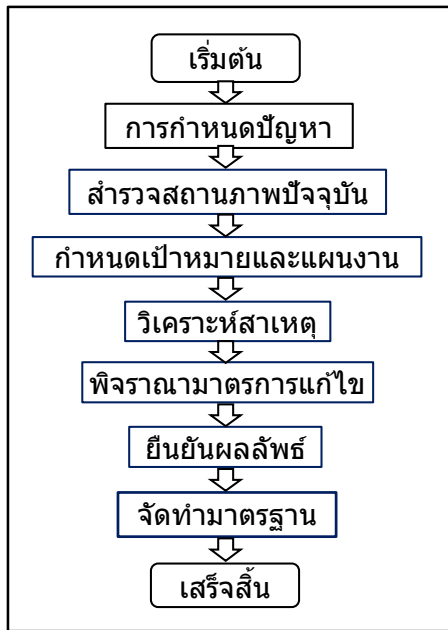
$$\text{กำลังการผลิต} = \frac{\text{เวลาทำงานสุทธิ}}{\text{รอบเวลาการผลิตคอขวด}} \quad (2)$$

โดยที่ เวลาทำงานสุทธิ คือเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าเพียงอย่างเดียวทั้งหมด (วินาที) และ รอบเวลาการผลิตคอขวด คือรอบการผลิตในจุดปฏิบัติงานที่ช้าที่สุด (วินาที) [6]



3. ขั้นตอนการทำงานวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยสามารถแบ่งได้ 7 ขั้นตอนดังรูปที่ 1

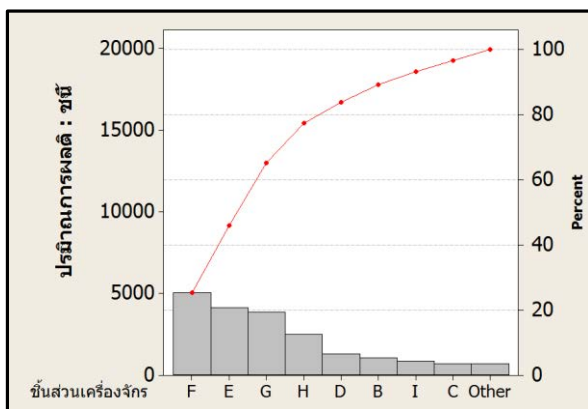


รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

จากรูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการกำหนดปัญหา จนถึงการจัดทำมาตรฐาน

3.1 การกำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหาเริ่มจากการจำแนกชิ้นส่วนเครื่องจักรในแต่ละรุ่นตามปริมาณการผลิตรวมระยะเวลา 3 เดือน เพื่อใช้ในการจำแนกความสำคัญสำหรับการปรับปรุงกระบวนการ ดังแผนภาพพาราเรโตรูปที่ 2



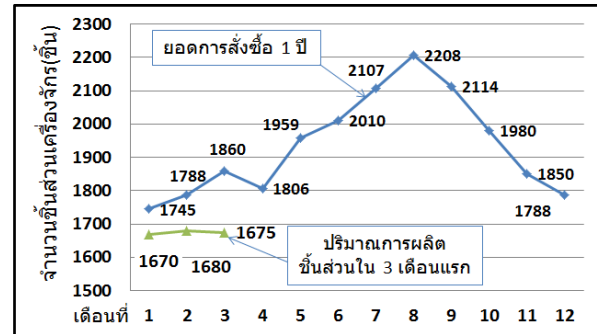
รูปที่ 2 แผนภาพพาราเรโตแสดงปริมาณชิ้นส่วนเครื่องจักรในแต่ละรุ่นในรอบ 3 เดือน

จากรูปที่ 2 แผนภาพพาราเรโตพบว่าปริมาณชิ้นส่วนเครื่องจักรรุ่น F มีความสำคัญสูงสุดในชิ้นส่วนเครื่องจักรทุกรุ่น โดยมีปริมาณการผลิตรวมสูงสุด 5,025 ชิ้นในระยะเวลา

3 เดือน ดังนั้นจึงเลือกชิ้นส่วนเครื่องจักรรุ่น F สำหรับการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิตตามความต้องการของลูกค้า

3.2 สํารวจสถานภาพปัจจุบัน

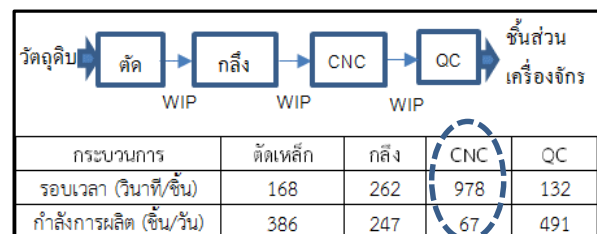
การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรรุ่น F ใน 3 เดือนแรกก่อนการปรับปรุงและยอดการสั่งซื้อจากลูกค้าในช่วงเวลา 12 เดือนดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณการผลิตชิ้นส่วนรุ่น F และยอดการสั่งซื้อจากลูกค้าระยะเวลา 12 เดือน

จากรูปที่ 3 พบว่าในช่วงเวลา 3 เดือนแรกสามารถผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรรุ่น F 5,025 ชิ้น หรือ เฉลี่ยต่อเดือน 1,675 ชิ้น/เดือน ซึ่งไม่สามารถตอบสนองต่อยอดการสั่งซื้อของลูกค้าเดือน 3 เดือนแรก เนื่องจากขีดความสามารถของกระบวนการผลิตต่ำกว่าและมีความเสี่ยงต่อไม่สามารถตอบสนองต่อยอดการสั่งซื้อในเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 12 ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิตให้ตอบสนองต่อยอดการสั่งซื้อซึ่งเพิ่มอย่างต่อเนื่องในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 12

รายละเอียดของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรชิ้นส่วน F ดังแสดงรูปที่ 3



รูปที่ 4 ข้อมูลกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร

รูปที่ 4 การผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ 1) ตัดเหล็ก 2) การกลึงขอบ 3) CNC 4) ตรวจสอบ QC จากการศึกษาเวลาในสายการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรรุ่น F พบว่ากระบวนการ CNC ใช้รอบการผลิต



สูงสุดโดย คือ 978 วินาที/ชิ้น และกำลังการผลิตสูงสุดต่อวัน 67 ชิ้น/วัน ซึ่งปริมาณสินค้าที่ผลิตไม่เพียงพอต่อปริมาณการสั่งซื้อตลอด 12 เดือน ในเดือนที่ 8 มียอดการผลิตสูงสุด 2,208 ชิ้นเดือน หรือ 89 ชิ้น/วัน ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดรอบเวลาทำงานและเพิ่มกำลังการผลิต

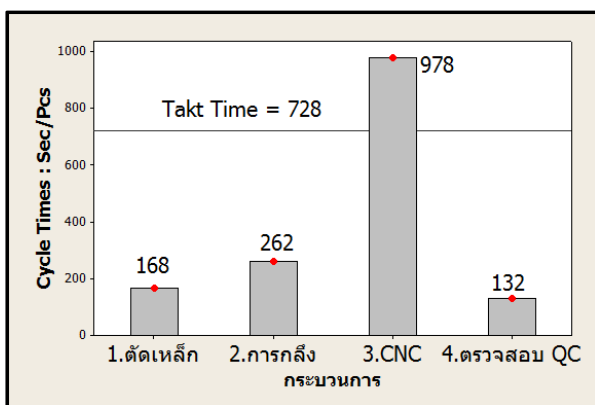
รายละเอียดเพิ่มเติมของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร คือ 25 วันทำงาน/เดือน 3 กะทำงาน/วัน เวลาทำงานสุทธิ 6 ชม./กะการทำงานจากเวลา 8 ชม./กะ เวลาพักของพนักงาน 1.5 ชม./กะ เวลาปรับแต่งเครื่องจักร 30 นาที อัตราการเดินเครื่องจักร 93% อัตราคุณภาพ 99.3 % วน กระบวนการ CNC

3.3 กำหนดเป้าหมายและแผนงาน

กำหนดเป้าหมายการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วน โดยให้ Cycle time ในกระบวนการที่เป็นคอขวดน้อยกว่าหรือเท่ากับ Takt time เพื่อสามารถผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรตามปริมาณลูกค้าต้องการ จากการศึกษาเวลาพบว่าค่า Cycle time ในกระบวนการ CNC เท่ากับ 978 วินาทีต่อชิ้น ในส่วน Takt time ของกระบวนการหาได้จากสมการที่ 1 แทนค่าลงในสมการ 1

$$\text{Takt time} = \frac{64,800}{89} = 728 \text{ วินาที/ชิ้น}$$

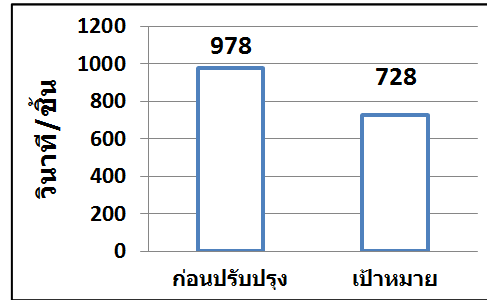
จากรูปที่ 4 สามารถนำรอบการผลิตในแต่ละกระบวนการ และค่า Takt time มาวิเคราะห์สมดุลการผลิตก่อนการปรับปรุงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภาพสมดุลการผลิต (ก่อนการปรับปรุง)

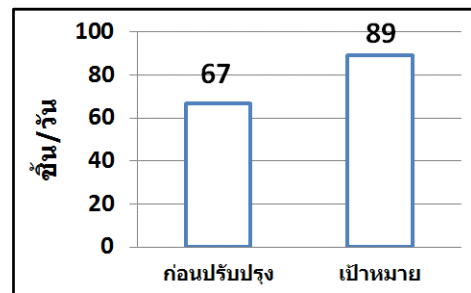
จากรูปที่ 5 พบว่ารอบการผลิตของกระบวนการ CNC มากกว่า Takt Time ดังนั้นจึงต้องทำการลดรอบการผลิตจาก 978 วินาที/ชิ้น ให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 728 วินาที/ชิ้น การตั้งเป้าหมายการปรับปรุงกระบวนการสามารถสรุป

ดังรูปที่ 6 (รอบการผลิต) และรูปที่ 7 (กำลังการผลิต)



รูปที่ 6 แผนภาพแสดงเป้าหมายการกระบวนการเชิงรอบการผลิต

จากรูปที่ 6 แสดงเป้าหมายการกระบวนการเชิงรอบการผลิต โดยต้องการลดรอบการผลิตจาก 978 วินาที/ชิ้น ให้น้อยกว่า Takt Time 728 วินาที/ชิ้น

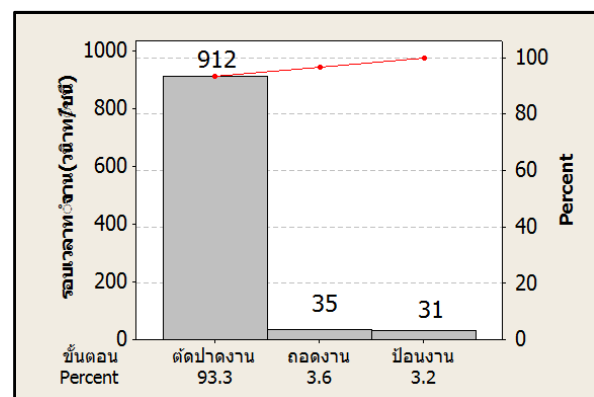


รูปที่ 7 แผนภาพแสดงเป้าหมายการกระบวนการเชิงกำลังการผลิต

จากรูปที่ 7 แสดงเป้าหมายการเพิ่มกำลังการผลิตจาก 67 ชิ้น/วัน เป็น 89 ชิ้น/วันตามปริมาณการสั่งซื้อสูงสุดเดือนที่ 8

3.4 วิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า

กระบวนการ CNC สามารถจำแนก 3 ขั้นตอน ดังนี้
 1) การป้อนงาน 2) การกัดงาน 3) การถอดงาน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภาพพายเรดแสดงการวิเคราะห์เวลาทำงานกระบวนการ CNC



จากรูปที่ 8 ผลจากแนวทางการวิเคราะห์กระบวนการ CNC พบว่าขั้นตอนการกัดชิ้นงานใช้เวลาทำงานถึง 93.3% ของกระบวนการ CNC หรือ 912 วินาที/ชิ้น ดังนั้นแนวทางการปรับปรุง คือการลดเวลาในขั้นตอนการกัดชิ้นงานเพื่อลดรอบเวลาการผลิตของกระบวนการ CNC เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร

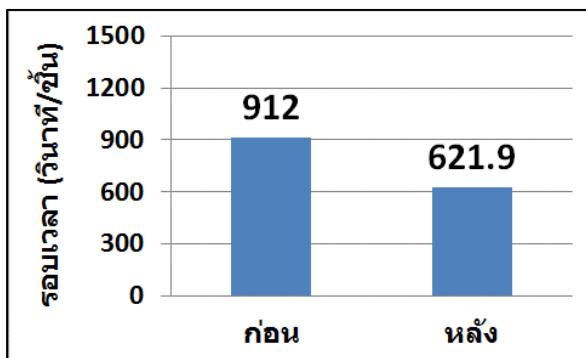
4. ผลการทดลอง

ผลผลการทดลองอยู่ในขั้นตอนพิจารณามาตรการแก้ไข จนถึงการ QC Story 7 Steps รายละเอียดดังต่อไปนี้

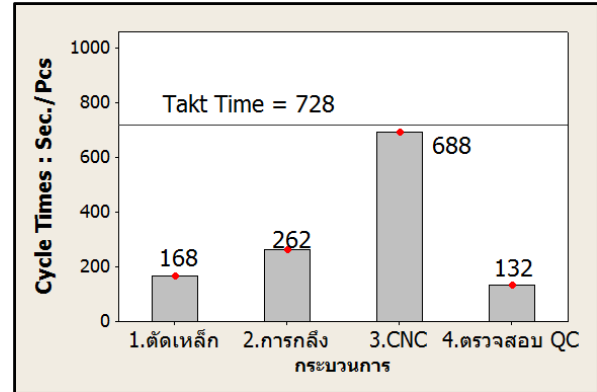
4.1 พิจารณามาตรการแก้ไข

ผลจากแนวทางการวิเคราะห์กระบวนการ CNC พบว่าขั้นตอนการตัดปาดชิ้นใช้เวลาทำงานมากที่สุด จึงต้องทำการลดเวลาการทำงานของเครื่องจักร (Machining Time) จากการระดมความคิดและทบทวนวรรณกรรมพบว่าฟังก์ชันพิเศษของโปรแกรม CAM สามารถลดเวลาการทำงานของเครื่อง CNC การปรับความเร็วรอบ อัตราป้อนของเครื่องมือตัดโดยรวมทั้งสร้างเส้นทางของคมตัดอย่างเหมาะสม ลดความสึกหรอของเครื่องมือตัด พร้อมทั้งปรับปรุงคุณภาพของผิวชิ้นงาน [7]

การตรวจสอบมาตรการแก้ไขสามารถตรวจสอบจากการทดลอง โดยกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 32 ชิ้นในแต่ละกลุ่ม ผลการทดลองการปรับปรุงกระบวนการ CNC ดังแสดงในรูปที่ 9



จากรูปที่ 9 ผลการทดลองพบว่า รอบเวลาผลิตของในขั้นตอนการกัดงานด้วยฟังก์ชันพิเศษของโปรแกรม CAM สามารถลดเวลาในการการกัดของเครื่อง CNC โดยสามารถลดรอบการผลิตจาก 912 วินาที/ชิ้น เหลือเพียง 621.9 วินาที/ชิ้น และสามารถลดรอบเวลาการผลิตของกระบวนการ CNC ดังแสดงรายละเอียดในแผนภาพสมดุผลการผลิต (หลังการปรับปรุง) รูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภาพสมดุผลการผลิต (หลังการปรับปรุง)

จากรูปที่ 10 พบว่ารอบการผลิตของกระบวนการ CNC น้อยกว่า Takt Time จากการลดเวลาในการกัดชิ้นงานด้วยฟังก์ชันพิเศษของโปรแกรม CAM ดังนั้นมาตรการแก้ไขนี้สามารถลดรอบการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรเหลือเพียง 688 วินาที/ชิ้น จากเป้าหมาย Takt Time 728 วินาที/ชิ้น ผลจากการกำหนดมาตรการแก้ไขสามารถสรุปผลลัพธ์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

หัวข้อ	ก่อนปรับปรุง	เป้าหมายปรับปรุง	ผลการปรับปรุง
1.รอบการผลิต (วินาที/ชิ้น)	978	728	688
2.ความสามารถการผลิตสูงสุด (ชิ้น/วัน)	67	89	94
3.ความสามารถการผลิตสูงสุด (ชิ้น/เดือน)	1,675	2,208	2,350

จากตารางที่ 1 พบว่าหลังการดำเนินมาตรการปรับปรุงโดยการลดรอบเวลาในกระบวนการ CNC

1) สามารถลดรอบเวลาในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร จาก 978 วินาที/ชิ้น เป็น 688 วินาที/ชิ้น จากเป้าหมาย 728 วินาที/ชิ้น

2) สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรจาก 67 ชิ้น/วัน เป็น 94 ชิ้น/วัน จากเป้าหมาย 89 ชิ้น/วัน

3) สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร จาก 1675 ชิ้น/เดือน เป็น 2208 ชิ้น/เดือน จากเป้าหมาย 2350 ชิ้น/เดือน

4.2 ยืนยันผลลัพธ์

ผลการดำเนิน 9 เดือนหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถตอบสนองต่อยอดการสั่งซื้อชิ้นส่วนเครื่องจักรล่วงหน้า เนื่องจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรมีสามารถใน



การผลิตสูงสุดถึง 2,350 ชิ้น/เดือน เพียงพอต่อยอดคำสั่งซื้อสูงสุดของลูกค้าในเดือนที่ 8 ที่ 2,208 ชิ้น/เดือน

4.3 จัดทำมาตรฐาน

การจัดทำมาตรฐานดำเนินการจัดทำคู่มือการใช้งาน Function พิเศษของโปรแกรม CAM พร้อมทั้งระบุขั้นตอนการเขียนนิโคราระห์ G-Code CNC ในแต่ละรุ่นลงในแผนการควบคุมกระบวนการ

5. สรุป

ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรสามารถสรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลปรับปรุงกระบวนการก่อนและหลังการ

	รอบการผลิต (นาที/ชิ้น)	ความสามารถผลิต สูงสุด (ชิ้น/เดือน)
ก่อนปรับปรุง	978	1,675
หลังปรับปรุง	688	2,350
(%) เปลี่ยนแปลง	29.7	40.1

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงกระบวนการด้วย QC Story และฟังก์ชันพิเศษของโปรแกรม CAM สามารถเพิ่มความสามารถผลิตสูงสุดของกระบวนการถึง 2,350 ชิ้นต่อเดือน เพิ่มขึ้น 40.1 % และสามารถตอบสนองความต้องการชิ้นส่วนเครื่องจักรของลูกค้าในแต่ละเดือน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2548, การแก้ไขปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ (SPS), สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2548
- [2] ชัชวรงค์ สุวรรณศิลป์, ธราธร กุลภัทรนิรันดร, การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของรถชุดตีนตะขาบด้วยหลักการการแก้ปัญหาแบบวิศวกรรมศึกษา บริษัท สยามพัฒนาเครื่องจักร จำกัด, IE Network, 2011
- [3] รชชัย มีภูธรรักษ์, วิมล จันนิวงศ, การเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร: กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มจพ., ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 ก.ย.-ธ.ค. 2553
- [4] สินี สุขกรมใส, วิภาศรี สิ้นสวัสดิ์ และจิระนุช นามมาประดิษฐ์, 2554, ระบบโปรแกรมจำลองและตรวจสอบการทำงานของเครื่องกัด 3 แกน, IE Network, 2554
- [5] ดอน แท้ปั้ง และทอม ลุยส์เตอร์, 2550, มุ่งสู่สินด้วย

การจัดการสายธารคุณค่า, อี.ไอ.สแควร์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2550

[6] เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550, LEAN วิถีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศ, สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2550

[7] Nazma Sultana, 2550, SolidCAM iMachining (2D): A Simulation Study of a Spur Gear Machining and G-code Generation for CNC Machine, Int. J. Mech. Eng. Autom. Volume 3, Number 1, 2016, pp. 1-9
 Received: December 3, 2015