

การศึกษาการลงทุนเชิงเปรียบเทียบ ในเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

The Comparative Study of the Investments in the Vertical Machining Center

จักร ตังศภักย์ และ ศักดา เขียวอำ

บทคัดย่อ

การลงทุนในเครื่องจักรกลเป็นต้นทุนที่มีมูลค่าสูงมากสำหรับผู้ประกอบการไทย การวิจัยปฏิบัติการเรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ระหว่างการรีโทรฟิต เครื่องแบบกึ่งสมบูรณ์และการนำเข้าเครื่องจักรใหม่จากต่างประเทศในกลุ่มราคาสูงและกลุ่มราคาต่ำโดยใช้ การวัดประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรในการกัดชิ้นงานสเตคกลม 10 ชิ้นเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานและ เกณฑ์คุณภาพที่ยอมรับได้และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของต้นทุนรวมในการกัดชิ้นงานด้วยตัวแบบต้นทุนบนฐาน กิจกรรมและเกณฑ์เวลา (TDABC) เลือกกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาแบบเจาะจง และเก็บรวบรวมข้อมูลจากคู่มือ พิกัดที่มากับเครื่องจักร เว็บไซต์ของตัวแทนจัดจำหน่าย และข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพด้านฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์อยู่ใน พิสัยของเกณฑ์มาตรฐาน ความเที่ยงตรงของคุณภาพชิ้นงานสเตคกลมที่กัดได้อยู่ในพิสัยของเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ประสิทธิภาพด้านต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานของเครื่องจักรที่รีโทรฟิตมีมูลค่าต่ำกว่าต้นทุนรวมของเครื่องจักรใหม่ นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นเป็นจำนวน 2,056,092.00 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 11.47 และมูลค่าการลงทุนของ เครื่องจักรที่รีโทรฟิตคิดเป็นร้อยละ 38 ของต้นทุนเครื่องจักรใหม่นำเข้าในกลุ่มราคาสูง และเป็นร้อยละ 50 ของต้นทุนเครื่องจักรใหม่นำเข้าในกลุ่มราคาต่ำ

คำสำคัญ: เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์, การรีโทรฟิต, ตัวแบบต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา

Abstract

The machine investment is an enormous amount of capital expenditure for Thai entrepreneurs. The objectives of this operation research were to compare the investment costs of semi-retrofit vertical machining center (SRVMC) with the new imported vertical machining center (VMC) from two price-range groups, upper and lower price-range, and to comparatively analyze the effectiveness and efficiency criteria of the machines. The machines were selected by purposive sampling. The machine owners manuals, their specifications, and VMC companies' web sites, including the actual practical applications were utilized

to collect the data for this study. The standard functions of performance and quality of fabrication were used as the effectiveness criteria to evaluate both SRVMC and the Japanese VMC, while applying the concept of the Time-driven Activity-based Costing (TDABC) model to investigate all machine efficiency. The findings are: the effectiveness criteria of SRVMC are within the standard functions and quality performances; the SRVMC total production cost for 10 pieces of head clamps is 11.47 percent lower than the Japanese VMC, which is equivalent to Baht 2,056,092 per year; and the SRVMC investment cost is equivalent to 38 and 50 percent of the upper- and a lower price-range groups respectively.

Keyword: vertical machining center, retrofit, and time-driven activity-based costing (TDABC)

ความนำ

นับตั้งแต่เริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2506-2509) เป็นต้นมา การพัฒนาอุตสาหกรรมของไทยมีการขยายตัวเติบโตมาเป็นลำดับ จนถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ประเทศไทยมีการส่งออกชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ แผงวงจรไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น การเติบโตอย่างต่อเนื่องของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลซึ่งเป็นพื้นฐานในการขับเคลื่อนการผลิตสินค้าของอุตสาหกรรมทุกประเภทและเป็นปัจจัยการผลิตที่มีราคาสูงมาก (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554) ประเทศไทยมีการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศมากถึงปีละ 400,000 ล้านบาท โดยเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมถึงร้อยละ 70 และเครื่องมือกลร้อยละ 21 คิดเป็นมูลค่าประมาณ 58,000 ล้านบาทต่อปี (สมาคมเครื่องจักรกลไทย, 2551) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนและขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมไทยอย่างมาก กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดเป็นนโยบายและแผนงานพัฒนาผ่านโครงการมากมายของภาครัฐร่วมเอกชน อาทิเช่น สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สมาคมธนาคารไทย รวมถึงสถาบันการเงินเพื่อส่งเสริมให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ปรับปรุงและฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรเก่าที่มีอยู่ให้ทันสมัยและ

มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลดการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ และพัฒนาศักยภาพการผลิตเครื่องจักรภายในประเทศให้มีขีดความสามารถทัดเทียมนานาประเทศ รวมทั้งการสนับสนุนแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ และสภาพคล่องทางการเงินให้กับ SMEs ไทยเพื่อใช้พัฒนาประสิทธิภาพเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และชิ้นส่วน ซึ่งจะช่วยให้การผลิตสินค้ามีคุณภาพ ถูกต้องแม่นยำและสามารถส่งมอบได้อย่างรวดเร็วด้วยราคาที่แข่งขันได้ อันเป็นที่มาของการสร้างรากฐานการผลิตที่มั่นคงและยั่งยืนให้กับผู้ประกอบการ SMEs ไทย (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2553)

ผู้ประกอบการไทยนำเครื่องจักรกลซีเอ็นซีประเภทเครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องเจียรและเครื่องเจาะมาใช้ในการกระบวนการผลิตเนื่องจากช่วยประหยัดเวลาแรงงานคน และมีความแม่นยำทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ เครื่องจักรเหล่านี้มีอายุการใช้งานปกติประมาณ 5-10 ปี เมื่อชำรุดจำเป็นต้องซ่อมแซมหรือเรียกกันว่า การรีโทรฟิต (Retrofit) จากการสำรวจของสมาคมเครื่องจักรกลไทยพบว่าเครื่องจักรชำรุดประมาณ 80,000 เครื่อง ซึ่งสามารถรีโทรฟิตได้เพียงครึ่งหนึ่ง ส่วนที่เหลือจำเป็นต้องนำไปหลอมเป็นเหล็กเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (กิตติพงศ์ เอกไชย, 2552) การรีโทรฟิตจะช่วยเพิ่มผลิตภาพให้แก่เครื่องจักรเก่าให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความทันสมัย ใช้งานสะดวกและง่ายต่อการซ่อมบำรุง ขณะเดียวกันยังช่วยพัฒนาโรงงานผลิตขนาดเล็กที่มีอยู่จำนวนมากให้สามารถเติบโตเป็นอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนในอนาคตได้

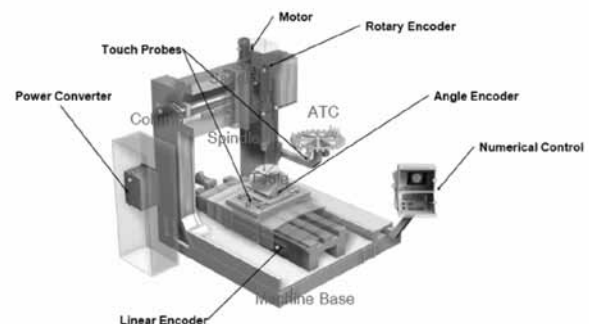
ด้วยเหตุนี้จึงเห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาการลงทุนในเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์โดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องที่ทำโรตารีแบบกึ่งสมบูรณ์และเครื่องใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ 2 กลุ่มราคา ได้แก่ กลุ่มราคาสูงจากประเทศญี่ปุ่นและเยอรมนี และกลุ่มราคาต่ำจากประเทศไต้หวันและสหรัฐอเมริกา โดยใช้การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและประสิทธิภาพของต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานแฮดแคลม 10 ชิ้น ทั้งนี้ได้กำหนดเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานจากเครื่องโรตารีได้ไว้ที่ร้อยละ 10 และเป้าหมายของการลดต้นทุนของเครื่องจักรลงร้อยละ 50 เพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจลงทุนในเครื่องจักรซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในครั้งนี้

กรอบทฤษฎีในการศึกษา

กรอบทฤษฎีซึ่งเป็นที่มาของแนวคิดในการวิจัยปฏิบัติการประกอบด้วย

1. ซีเอ็นซีและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (computerize numerical control machine--CNC Machine) เป็นเครื่องจักรกลที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งรับคำสั่งเป็นรหัสตัวเลขและตัวอักษร รหัสเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นคลื่นสัญญาณ (pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่นๆ และไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ เครื่องซีเอ็นซีเหมาะสำหรับงานที่มีความสลับซับซ้อน ต้องการความเที่ยงตรงสูงและมีความรวดเร็วในการผลิต (ชาติตระการกุล, 2539) มีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังขับเคลื่อนเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยระยะทางสั้นๆ ต่อการสั่งงาน 1 ครั้ง หรือเรียกว่า BLU จึงทำให้เครื่องจักรกลมีความเที่ยงตรงสูง และมีชุดควบคุมคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใจตัวเลข ตัวอักษรหรือโปรแกรมที่ป้อนเข้าผ่านแป้นพิมพ์และสื่อบันทึกความจำ เช่น แผ่นดิสก์ เทปแม่เหล็ก และระบบสายที่ใช้เชื่อมโยงข้อมูลอย่าง RS 232 RS 485 หรือระบบ LAN เป็นต้น (Heidenhain, 2010)

เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (vertical machining center) เป็นเครื่องกัดแนวตั้งที่ใช้ระบบการควบคุมด้วยรหัสหรือคำสั่งป้อนเข้าเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานโดยอัตโนมัติ และมีอุปกรณ์เปลี่ยนเครื่องมือตัดหรือทูลแบบอัตโนมัติ (automatic tool changer--ATC) โดยอาศัยหลักการทำงานที่ให้เครื่องมือตัดหมุนตัดชิ้นงานในส่วนที่ไม่ต้องการออกให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะการทำงานในแนวแกนตั้งสำหรับกัดงานแบบ 3 มิติด้วยการเคลื่อนที่ 3 แนวแกน คือ แกน X, Y และ Z ปัจจุบันยังมีการทำงานในแนวแกนราบสำหรับกัดงาน 3-5 มิติด้วย (DMG, 2010) ส่วนประกอบหลักในเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ ประกอบด้วย (1) แท่นเครื่อง (machine base) เป็นโครงสร้างหลักสำหรับรองรับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร (2) หมอนรอง (saddle) ช่วยให้แกนสามารถเคลื่อนที่บนแท่นเครื่องได้ (3) โต๊ะงาน (table) เป็นที่วางชิ้นงานโดยเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีรูปร่างตัวทีไว้สำหรับจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ ระบายของโต๊ะจะตั้งฉากกับระนาบของเสา (4) เสา (column) เป็นโครงสร้างหลักสำหรับติดตั้งชุดสปินเดิล (5) สปินเดิล (spindle) เป็นแกนเพลาลำสำหรับจับทูล มีมอเตอร์สปินเดิลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนผ่านชุดเฟือง สายพาน หรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน และ (6) อุปกรณ์ขับเคลื่อน ประกอบด้วยชุดฟีดมอเตอร์ เป็นเอซีเซอร์โวมอเตอร์ใช้ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ในแกน X, Y และ Z โดยมีบอลสกรูและรางเลื่อนควบคุมการเคลื่อนที่เชิงเส้นของแกน ในเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมีลิเนียร์สเกลเป็นอุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแต่ละแกน ดังภาพ 1



ภาพ 1 ส่วนประกอบของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ที่มา. จาก “ส่วนประกอบของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์” (หน้า 9), โดย Heidenhain Presentation., (2010). (ภาพเลื่อน), กรุงเทพฯ: บริษัท ไฮเดนไฮน (ไทยแลนด์) จำกัด.

2. การรีโทรฟิต (retrofit) เป็นการเปลี่ยนชุดอุปกรณ์ที่ล้าสมัยด้วยชุดอุปกรณ์ใหม่ที่แทนที่ของเดิมได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงการปรับปรุงเครื่องจักรแบบ Manual ให้เป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซีซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของวิศวกร การรีโทรฟิตเครื่องซีเอ็นซีเป็นงานที่ยากลำบากเนื่องจากเครื่องจักรกลอัตโนมัติโดยทั่วไปถูกออกแบบทางวิศวกรรมมาอย่างประณีต ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรวมส่วนประกอบเข้าด้วยกันอาจสูงกว่าราคาของเครื่องซีเอ็นซี ชุดควบคุมและชุดขับอิเล็กทรอนิกส์สำหรับมอเตอร์แกนต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบที่มักทำรีโทรฟิตมากที่สุด ในการรีโทรฟิตแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (บริษัท ที.ดี.เอ็ม, 2553) ได้แก่

1. การรีโทรฟิตแบบพื้นฐานเพื่อเปลี่ยนเฉพาะชุดควบคุมซีเอ็นซีที่ชำรุดเสียหายจากอายุการใช้งานโดยที่ระบบอื่น เช่น ระบบขับเคลื่อนแกนแมคคานิค และบอลสกรูยังมีสภาพดี การรีโทรฟิตแบบพื้นฐานมีต้นทุนต่ำและทำให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรต่ำเช่นกัน

2. การรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์เป็นการเปลี่ยนเฉพาะอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าที่สำคัญได้แก่ชุดควบคุมซีเอ็นซีและมอเตอร์ขับเคลื่อนแกนทั้งหมด เนื่องจากการสึกหรอของชิ้นส่วนและอะไหล่ การรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีต้นทุน รวมถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานของเครื่องจักรในระดับปานกลาง

3. การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์เป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าเกือบทั้งหมด รวมถึงคอนโทรลเลอร์ ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนแกนและบอลสกรูทำให้เครื่องจักรมีความถูกต้องแม่นยำในการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับเครื่องจักรกลใหม่โดยใช้งบประมาณลงทุนต่ำกว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่มาก การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์ทำให้เครื่องจักรเก่ามีประสิทธิภาพและ

ประสิทธิผลในการทำงานสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการรีโทรฟิตสองแบบแรก

การทดสอบกัดชิ้นงาน (cut test) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากสำหรับทดสอบหลังจากการรีโทรฟิตเครื่องเพื่อวัดประสิทธิผลด้านความเที่ยงตรงในการทำงานของเครื่องจักร โดยอ้างอิงเกณฑ์ฟังก์ชันการทำงานและคุณภาพในการกัดชิ้นงาน เกณฑ์มาตรฐานและเกณฑ์คุณภาพที่ยอมรับได้อ้างอิงจาก 2 แหล่ง คือ ฝ่ายวิศวกรรมของบริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด และจากเกณฑ์ของเทคโนโลยีซีเอ็นซี (ชาลี ตระการกุล, 2539) เกณฑ์การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน 7 เกณฑ์ ได้แก่ แกนขับเคลื่อน 3 มิติ สปินเดิลระบบเปลี่ยนทูล ระบบบังคับหมุนด้วยมือ ระบบน้ำหล่อเย็นและระบบลม ระบบกวาดเศษชิ้นงานและระบบป้องกัน ส่วนเกณฑ์คุณภาพของชิ้นงานประกอบด้วย 6 เกณฑ์ ได้แก่ ความเร็วรอบในการกัด อัตราการป้อนในการกัด ความลึกหรือความกว้างของรอยกัด หน้าสัมผัสรอยกัด ผลที่วัดได้กับพิคกิ้งในแบบ และระยะเวลารวมในการทำงานต่อชิ้น การรีโทรฟิตเครื่องจักรกลซีเอ็นซีช่วยให้ผู้ประกอบการได้เปรียบในด้านประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากอัตราป้อนที่สูงขึ้นและความแม่นยำในการผลิตที่ดีกว่า เครื่องจักรมีฟังก์ชันใช้งานเพิ่มมากขึ้น ใช้งานง่ายขึ้น สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนได้ง่าย รวมทั้งสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นหรือต่อเป็นเครือข่ายได้ (วโรดม ตู้จินดา, 2547)

3. ต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา (time-driven activity-based-costing--TDABC) เป็นวิธีการบริหารต้นทุนที่ใช้จัดกระบวนการอันไร้ประสิทธิภาพและกำลังการผลิตส่วนเกินที่ไม่สร้างผลกำไร ช่วยจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการปรับปรุงกระบวนการและใช้บริหารความสัมพันธ์กับลูกค้า ตัวแบบ TDABC ใช้วิธีการปันส่วนต้นทุนทรัพยากรให้แก่กิจกรรมก่อนที่ จะผลักดันต้นทุนทรัพยากรลงไปถึงสิ่งที่ต้องการคิดต้นทุนโดยตรง ทำให้สามารถตัดขั้นตอนที่เป็นอวัชของบุคคลออกไป และใช้เวลาเป็นตัวผลักดันต้นทุนพื้นฐานเนื่องจากทรัพยากร เช่น บุคลากร อุปกรณ์ เครื่องจักร มีสมรรถนะหรือกำลังการผลิตซึ่งวัดได้ด้วยจำนวนเวลาปฏิบัติงานของบุคลากรหรือเวลาในการใช้งานอุปกรณ์

และเดินเครื่องจักร ทั้งนี้ต้องอาศัยการประเมินข้อมูลสองชุด (จักร ดิงศภักดิ์, 2552) ได้แก่

1. การประเมินเวลาของกระบวนการ (time estimates) และจัดทำเป็นสมการเวลา ตัวแบบ TDABC ใช้หลักวิศวกรรมอุตสาหกรรมแบบฟ่อนปรน อาทิเช่น การสังเกตการณ์โดยตรง รวบรวมเวลาที่ต้องใช้ในการทำธุรกรรมที่เหมือนกันหลาย ๆ ครั้งและคำนวณเวลาโดยเฉลี่ย การสัมภาษณ์หรือการสำรวจพนักงาน การใช้ประโยชน์จากแผนผังกระบวนการที่มีอยู่ หรือการกะประมาณเวลา จึงทำให้ได้ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานและสามารถจับเวลาที่ต้องใช้ทำกิจกรรมแต่ละอย่างที่แตกต่างกันได้ การจัดทำสมการเวลาจะเริ่มต้นจากงานในระดับง่ายโดยกะประมาณเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ปฏิบัติงานในกระบวนการซึ่งเรียกว่าเวลาของกระบวนการพื้นฐาน (β_0) หมายถึงเวลามาตรฐานในการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนการนำชิ้นงานใส่ที่จับยึด เมื่อมีการเพิ่มกิจกรรมที่ทำให้เวลาของกระบวนการเพิ่มขึ้น เช่น การกัดชิ้นงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี ก็เพิ่มเวลาของงานเข้าไปในสมการโดยใช้ $\beta_1 \dots \beta_i$ แทนเวลาในกระบวนการกัดชิ้นงานแต่ละครั้งคูณด้วยจำนวนชิ้นงานแต่ละชิ้นที่กัด โดยใช้ค่า $X_1 \dots X_i$ แทนจำนวนรายการชิ้นงาน ซึ่งทำให้ได้เวลารวมในการกัดชิ้นงานต่อหนึ่งชิ้น และเวลารวมในการกัดชิ้นงานตามจำนวนชิ้นที่ต้องการกัด สมการเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานแสดงได้ดังนี้

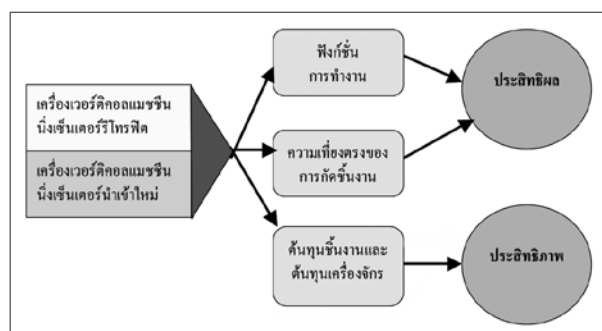
$$\begin{aligned} & \text{เวลาของกระบวนการกัดชิ้นงาน} \\ &= \text{ผลรวมของเวลาที่ใช้กัดชิ้นงานแต่ละชิ้น} \\ &= (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \dots + \beta_i X_i) \end{aligned}$$

2. การประเมินอัตราต้นทุนกำลังการผลิต (capacity cost rate--CCR) คำนวณจากสัดส่วนต้นทุนต่อกำลังการผลิตที่ยอมรับได้เพื่อใช้ปันส่วนต้นทุนทรัพยากรของแผนกลงไปถึงสิ่งที่ต้องการคิดต้นทุนโดยตรง ในการคำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิต ตัวเลขที่เป็นตัวตั้งต้องรวมเอาต้นทุนทรัพยากรทั้งหมดที่ใช้ทำกิจกรรม ซึ่งครอบคลุมถึงค่าตอบแทนที่จ่ายให้แก่

พนักงาน ต้นทุนอุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติงาน ต้นทุนสถานที่และต้นทุนทางอ้อมของแผนกสนับสนุน สำหรับตัวเลขที่เป็นตัวหารจะต้องเป็นกำลังการผลิตที่ยอมรับได้จากทรัพยากรที่ใช้ปฏิบัติงาน กำลังการผลิตที่ยอมรับได้สามารถกะประมาณได้ด้วยการหักลบเวลาหยุดพักผ่อนฝึกอบรม ศึกษาเพิ่มเติม รวมทั้งเวลาซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องจักรออกจากกำลังการผลิตในเชิงทฤษฎีค่าที่ได้จะเป็นอัตราต้นทุนกำลังการผลิตโดยวัดเป็นจำนวนเงินต่อนาที

3. เฮดแคลม (head clamp) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยจับยึดชิ้นงานติดตั้งอยู่บนแคลมเบสเมสเตอร์ซึ่งประกอบด้วย เฮดแคลม 4 ชิ้นโดยแต่ละชิ้นถูกออกแบบมาไม่เหมือนกันเพื่อให้เหมาะสมกับการจับยึดชิ้นงาน การทำงานของ แคลมเบสเมสเตอร์จะใช้หลักการของกระบอกไฮดรอลิกดันเฮดแคลม จากนั้นชิ้นงานจะถูกป้อนมาจากด้านล่างแบบอัตโนมัติ วัสดุที่นำมาทำเฮดแคลมเป็นเหล็กเครื่องมือ (Material Grade--N695) ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของชิ้นงานที่กัดเสร็จจะต้องไม่เกิน 10 ไมครอน เฮดแคลมจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์จับยึดที่ต้องการความแม่นยำสูง ดังนั้นจึงเป็นชิ้นงานที่มีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบฟังก์ชันและความเที่ยงตรงในการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์

จากหลักการข้างต้นสามารถพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยปฏิบัติการได้ดังภาพ 2



ภาพ 2 กรอบแนวคิดของการวิจัยปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยปฏิบัติการเพื่อศึกษาเชิงเปรียบเทียบครั้งนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การศึกษาสภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์และการรีโทรฟิต เนื่องจากการรีโทรฟิตเครื่องจักรซีเอ็นซีแต่ละเครื่องมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบการก่อกำเนิดงานจึงเลือกตัวอย่างการรีโทรฟิตเครื่องแบบเจาะจงเพียง 1 ตัวอย่างโดยพิจารณาจากความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลจำเพาะและเชิงลึกของการรีโทรฟิตเครื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ และการมีส่วนร่วมในทีมงานปฏิบัติการรีโทรฟิต ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องเก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิตโดยการศึกษาคู่มือฝึกัดและการใช้งานที่มากับเครื่องจักร สอบถาม จดบันทึกและทำสำเนาคู่มือเดิมไว้ รวมทั้งศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อจำกัดหรือฝึกัดของเครื่องใหม่นำเข้าจากต่างประเทศจากเว็บไซต์ของบริษัท Pinnacle, Okuma, Hass และบริษัท DMG ซึ่งเป็นตัวแทนจัดจำหน่ายเครื่องจักรนำเข้าจาก 4 ประเทศ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ประสิทธิผลการทำงานโดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตและเครื่องใหม่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยเลือกเครื่องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นแบบเจาะจงเพียง 1 ตัวอย่าง เนื่องจากสามารถเข้าถึงการใช้งานเครื่องเพื่อทดสอบการก่อกำเนิดงานเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตได้ ใช้การก่อกำเนิดงานสเตคกลมจำนวน 10 ชิ้นเพื่อทดสอบฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการก่อกำเนิดงานของเครื่องทั้งสองโดยเปรียบเทียบตามเกณฑ์มาตรฐานของเทคโนโลยีซีเอ็นซี และจัดทำสมการเวลาของกระบวนการก่อกำเนิดงานเพื่อวัดเวลาในเชิงเปรียบเทียบโดยใช้หลักการประเมินเวลาในแบบต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา (TDABC) สมการเวลาของกระบวนการก่อกำเนิดงานปรากฏดังข้างท้าย

$$\begin{aligned} & \text{เวลาของกระบวนการก่อกำเนิดงาน (10 ชิ้น)} \\ &= (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \\ & \quad \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10}) \end{aligned}$$

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตและเครื่องใหม่นำเข้าจากญี่ปุ่น และการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการรีโทรฟิตเครื่องจักรเก่าและต้นทุนเครื่องจักรใหม่นำเข้าจากต่างประเทศ เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจาก 4 ประเทศ แบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยใช้ราคาของเครื่องจักรเป็นเกณฑ์ กลุ่มราคาสูงเป็นเครื่องจักรที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและเยอรมนี และกลุ่มราคาต่ำเป็นเครื่องจักรนำเข้าจากประเทศไต้หวันและสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้พิจารณาจากวิทยาการและความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ของประเทศทั้งสี่และเลือกโดยกระจาย 3 ทวีป ได้แก่ ทวีปเอเชีย ทวีปยุโรป และทวีปอเมริกาเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบราคาของเครื่องจักรใหม่ภายใต้ตลาดเสรีที่มีการแข่งขันในด้านราคาอย่างรุนแรงได้ในส่วนนี้ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนคู่ขนานกันไป เริ่มจากการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการผลิตเครื่องและต้นทุนเครื่องจักรใหม่จากญี่ปุ่นและอีก 3 ประเทศ คำนวณต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานสเตคกลม 10 ชิ้นของเครื่องรีโทรฟิตเปรียบเทียบกับเครื่องนำเข้าจากญี่ปุ่นโดยใช้หลักการคิดต้นทุนรวมที่ได้จากการประเมินข้อมูลสองชุดตามตัวแบบ TDABC

ในการคิดต้นทุนคงที่ (fixed cost--FC) ของการศึกษาครั้งนี้จะครอบคลุมเฉพาะต้นทุนของเครื่องจักรเท่านั้น โดยกำหนดให้เครื่องจักรที่นำมารีโทรฟิตเป็นเครื่องจักรเก่ามีอายุใช้งาน 10 ปี ไม่คิดค่าเสื่อมราคาและมูลค่าซากของเครื่องจักรหลังครบอายุการใช้งานและไม่รวมค่าเสียหุ้ยอื่น อาทิ ค่าที่ดิน อาคาร และค่าใช้จ่ายปันส่วนของแผนกเนื่องจากเป็นความลับทางการค้าของบริษัท ข้อมูลของต้นทุนเครื่องจักรได้จากการสืบราคาเครื่องใหม่นำเข้าโดยใช้การสอบถามและตรวจสอบใบเสนอราคาที่ได้รับจากตัวแทนขายภายในประเทศ เสนอราคาให้แก่บริษัทแห่งหนึ่ง เนื่องจากเป็นความลับทางการค้าของบริษัทจึงขอสงวนสิทธิ์และไม่แสดงชื่อบริษัทตัวแทนขายที่เสนอราคา ต้นทุนเครื่องจักรที่รีโทรฟิตใช้การสอบถามและตรวจสอบใบเสนอราคาค่ารับจ้างทำรีโทรฟิตจากบริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ส่วนต้นทุนแปรผัน (variable cost--VC) ของการผลิตชิ้นงานคำนวณได้จากเวลาประเมินในการ

กีดกันงาน 10 ชิ้นของเครื่องจักรคุณด้วยอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของเครื่องจักรต่อพนักงานหนึ่งคน (CCR) บวกด้วยต้นทุนวัตถุดิบ 10 ชิ้น โดยที่ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตเฮดแคลม 1 ชิ้นคิดเหมารวมเท่ากับ 6,000 บาท และต้นทุนค่าแรงงานของช่างฝีมือคิดเป็นวันละ 300 บาท ข้อมูลเหล่านี้เก็บรวบรวมจากฝ่ายจัดซื้อและฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ของบริษัท สยามทูล เอ็นจิเนียริง จำกัด

ผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์ และการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ 4 ประเทศ ปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1

เปรียบเทียบพิสัยของเครื่องจักรก่อนและหลังการรีโทรฟิตและเครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ

รายการพิสัย	ก่อนรีโทรฟิต	หลังรีโทรฟิต	ญี่ปุ่น	ไต้หวัน	อเมริกา	เยอรมนี
1. ชุดควบคุม	ไม่มี	คอมแพค TNC320	Modular	Modular	Modular	Modular
2. แกนขับเคลื่อน	X,Y,Z + Spindle	X,Y,Z + Spindle	X,Y,Z + Spindle	X,Y,Z + Spindle	X,Y,Z + Spindle	X,Y,Z + Spindle
3. ขนาดโต๊ะงาน	1,200x600 x600 mm.	1,200x600 x600 mm.	1,200x600 x600 mm.	1,200x560 x560 mm.	1,270x508 x635 mm.	1,100x660 x635 mm.
4. ระบบเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (ATC)	30 Tool, BT40	30 Tool, BT40	30 Tool, BT40	30 Tool, BT40	30 Tool, BT40	30 Tool, BT40
5. ความเร็วรอบสูงสุดของสปินเดิล	7,500 R.P.M.	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.
6. อัตราการป้อนสูงสุด	12,000 mm./min	12,000 mm./min	12,000 mm./min	12,000 mm./min	12,000 mm./min	12,000 mm./min
7. ความเที่ยงตรง	0.007 mm.	0.007 mm.	0.007 mm.	0.007 mm.	0.007 mm.	0.005 mm.

เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยการทดสอบฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการกีดกันงานเปรียบเทียบระหว่างเครื่องที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์

และเครื่องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นโดยใช้เกณฑ์ประเมินและมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ในเบื้องต้น ได้ผลการศึกษาดังตาราง 2

ตาราง 2

ประสิทธิผลด้านฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักรและคุณภาพของชิ้นงาน

ลำดับ	เกณฑ์ทดสอบ	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์		
		เครื่องรีโทรฟิต (เกณฑ์)	เครื่องรีโทรฟิต (ผลที่ได้)	เครื่องจากญี่ปุ่น (ผลที่ได้)
ฟังก์ชันการทำงาน 7 เกณฑ์				
1	แกนขับเคลื่อน 3 มิติ	≥ 95%	95%	100%
2	สปินเดิล	≥ 95%	95%	100%
3	ระบบเปลี่ยนมีด	≥ 95%	95%	100%
4	ระบบบังคับหมุนด้วยมือ	≥ 98%	98%	100%
5	ระบบน้ำหล่อเย็นและระบบลม	100%	100%	100%
6	ระบบกวาดเศษชิ้นงาน	100%	100%	100%
7	ระบบป้องกัน	100%	100%	100%
คุณภาพชิ้นงาน 6 เกณฑ์				
1	ความเร็วรอบในการกัด	≥ 95%	95%	100%
2	อัตราการป้อนในการกัด	≥ 95%	95%	100%
3	ความลึกและความกว้างของรอยกัด	≥ 95%	95%	100%
4	หน้าสัมผัสรอยกัด	≥ 95%	95%	100%
5	ผลที่วัดได้กับพิคัดในแบบ	≥ 98%	98%	100%
6	ระยะ เวลารวมในการทำงานต่อชิ้น	≥ 98%	98%	100%

ผลการวัดเวลากัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น เปรียบเทียบระหว่างเครื่องรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์ และเครื่องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น โดยกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 1 ชิ้นประกอบด้วย เวลาในการเตรียมเครื่อง 50 นาที เวลาในการนำชิ้นงานใส่ที่จับยึด 2 นาที เวลาทำงานของเครื่อง 48 นาที และเวลาในการนำชิ้นงานออกจากที่จับยึด 2 นาที การประเมินเวลาในการกัดชิ้นงานชิ้นแรกของเครื่องรีโทรฟิต (TE1 A) และเครื่องใหม่จากญี่ปุ่น (TE1 B) จึงเท่ากับ 102 นาที และ 99 นาที เมื่อทดสอบการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น สามารถวัดเวลาจากกระบวนการของเครื่องรีโทรฟิต (TE10 A) และเครื่องใหม่จากญี่ปุ่น (TE10 B) ได้เท่ากับ 580 นาที และ 550 นาที ผลการศึกษาปรากฏดังตาราง 3

ในการเปรียบเทียบต้นทุนเครื่องจักรระหว่างเครื่องรีโทรฟิตและเครื่องนำเข้าจาก 4 ประเทศ โดยกำหนดให้เครื่องนำเข้าจากกลุ่มราคาสูงซึ่งมีมูลค่าสูงสุดมีค่าต้นทุนเป็นร้อยละ 100 ในขณะที่กลุ่มราคาต่ำจะคิดลดลงตามสัดส่วน พบว่าเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์ (เครื่อง A) มีต้นทุนเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 38 เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนเครื่องจักรใหม่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และเยอรมนี ซึ่งเป็นกลุ่มราคาสูง และเครื่องจักรใหม่นำเข้าในกลุ่มราคาต่ำมีต้นทุนเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 75.4 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มราคาสูง ส่วนผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น พบว่าเครื่องนำเข้าจากญี่ปุ่นมีต้นทุนรวมสูงกว่าเครื่องรีโทรฟิต 8,567.05 บาท รายละเอียดต้นทุนเครื่องจักรและต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานปรากฏดังตาราง 4 และ ตาราง 5

ตาราง 3

ข้อมูลเวลาการกีดขึ้นงานเฮดแคลม 10 ชั้น

จำนวนชั้นงานที่ทดสอบ	เวลาในการดำเนินการ					
	เครื่องรีโทรฟิต (เครื่อง A)			เครื่องจากญี่ปุ่น (เครื่อง B)		
	เริ่มต้น (นาฬิกา)	สิ้นสุด (นาฬิกา)	รวม (นาทิต)	เริ่มต้น (นาฬิกา)	สิ้นสุด (นาฬิกา)	รวม (นาทิต)
เตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์	8.00	8.50	50	8.00	8.50	50
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นแรก	8.50	9.42	52	8.50	9.39	49
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 2	10.00	10.52	52	10.00	10.49	49
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 3	11.00	11.52	52	11.00	11.49	49
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 4	13.00	13.53	53	13.00	13.50	50
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 5	14.00	14.53	53	14.00	14.50	50
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 6	15.00	15.53	53	15.00	15.50	50
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 7	16.00	16.53	53	16.00	16.50	50
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 8	17.00	17.54	54	17.00	17.51	51
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 9	18.00	18.54	54	18.00	18.51	51
กระบวนการกีดขึ้นงานชั้นที่ 10	19.00	19.54	54	19.00	19.51	51
เวลารวม (10 ชั้น)			580			550

ตาราง 4

เปรียบเทียบต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ลำดับ	แหล่งที่มาของเครื่องจักร	ต้นทุนเครื่องจักร(ต่อเครื่อง)		ระยะเวลา ดำเนินการ
		ราคา (บาท)	สัดส่วน (%)	
1.	เครื่อง A เครื่องเก๋าริโทรฟิต	1,140,000	38	รีโทรฟิต 2 เดือน
2.	เครื่อง B จากญี่ปุ่น	3,000,000	100	นำเข้า 3-4 เดือน
3.	เครื่อง C จากไต้หวัน	2,263,000	75.4	นำเข้า 2-3 เดือน
4.	เครื่อง D จากสหรัฐอเมริกา	2,263,000	75.4	นำเข้า 2-3 เดือน
5.	เครื่อง E จากเยอรมนี	3,000,000	100	นำเข้า 3-4 เดือน

ที่มา : รวบรวมจาก PINNACLE (2010); OKUMA (2010); HASS (2010), และ DMG (2010). ออนไลน์.

ตาราง 5

เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตขึ้นงานเฮดแคลม 10 ชั้น

ประเภทต้นทุน	เครื่องรีโทรฟิต (เครื่อง A)	เครื่องจากญี่ปุ่น (เครื่อง B)
ต้นทุนคงที่	5,736.20	14,322.00
ต้นทุนแปรผัน	60,362.50	60,343.75
ต้นทุนรวม	66,098.70	74,665.75

การอภิปรายผล

ภายหลังการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่ง เซ็นเตอร์แบบกึ่งสมบูรณ์ส่งผลให้ฟังก์ชันของเครื่องจักรเก่า มีค่าใกล้เคียงเทียบได้กับเครื่องใหม่นำเข้าจากต่างประเทศ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องโดยการกัดชิ้นงาน (cut test) พบว่า เครื่องจักรที่รีโทรฟิตมีประสิทธิภาพด้าน ฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงาน ตามพิสัยของเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงาน เฮดแคลม 10 ชิ้น พบว่า เครื่องจักรที่รีโทรฟิตมีต้นทุน การผลิตรวมต่ำกว่าเครื่องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น เป็นจำนวนเงิน 8,567.05 บาทต่อวัน ถ้าในหนึ่งปีกำหนด ให้มีวันทำงานรวมซึ่งเป็นเวลาสุทธิตามตัวแบบ TDABC เท่ากับ 240 วัน เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตต่อปีของ เครื่องจักรที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์เปรียบเทียบกับ เครื่องนำเข้าจากญี่ปุ่นจะได้เท่ากับ 15,863,688.00 บาท และ 17,919,780.00 บาท ตามลำดับ ต้นทุนที่แตกต่างกัน ของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้นต่อวันเป็นระยะเวลา 1 ปี จึงมีค่าเท่ากับ 2,056,092.00 บาท หรือ คิดเป็นร้อยละ 11.47 หมายความว่า เครื่องจักรที่รีโทรฟิตแบบกึ่ง

สมบูรณ์มีต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานที่ต่ำกว่าร้อยละ 11.47 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องนำเข้าจากญี่ปุ่น และ ต่ำกว่าเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมของการผลิต ชิ้นงานที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 10 แสดงว่าการรีโทรฟิต เครื่องจักรช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถบริหารต้นทุน รวมในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการรีโทรฟิต เครื่องจักรแบบกึ่งสมบูรณ์และต้นทุนเครื่องจักรนำเข้า จากต่างประเทศ 2 กลุ่มราคา พบว่า การรีโทรฟิต เครื่องจักรแบบกึ่งสมบูรณ์มีค่าใช้จ่ายในต้นทุน เครื่องจักรอยู่ที่ร้อยละ 38 เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่า ต้นทุนเครื่องจักรนำเข้าจากต่างประเทศในกลุ่มราคาสูง และร้อยละ 50 ในกลุ่มราคาต่ำ ส่วนต่างของต้นทุน เครื่องจักรในกลุ่มราคาสูงมีสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 62 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายของการลดต้นทุนเครื่องจักรที่ตั้งไว้ ร้อยละ 50 ในขณะที่ส่วนต่างของต้นทุนเครื่องจักร ในกลุ่มราคาต่ำมีสัดส่วนเท่ากับเป้าหมายที่ตั้งไว้ แสดงว่า การรีโทรฟิตเครื่องจักรสามารถลดต้นทุนเครื่องจักร ให้แก่ผู้ประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ เอกไชย. (2552). *ระบบควบคุมเครื่องกัดอัตโนมัติ*. ค้นจาก www.ict.bus.ku.ac.th/backoffice/pdf_research/565_171_g.pdf
- จักร ดิษฐภักย์. (2552). *การวิเคราะห์ต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา*. กรุงเทพฯ: เอ็กซ์เปอร์เน็ท.
- ชาลี ตระการกุล. (2539). *เทคโนโลยีซีเอ็นซี*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- บริษัท ที.ดี.เอ็ม. จำกัด. (2553). *ชนิดการรีโทรฟิต*. ค้นจาก <http://www.tdmthai.com>
- วโรดม ตูจันดา. (2547). *การออกแบบสร้างและรีโทรฟิตชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซี*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- สมาคมเครื่องจักรกลไทย. (2551). *โครงการซ่อมเครื่องจักร Retrofit: การเพิ่มประสิทธิภาพอุตสาหกรรมไทย*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ*. ค้นจาก <http://www.nesdb.go.th>
- สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2553). *โครงการสนับสนุนการปรับปรุงและฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรแก่ SMEs (Machine Fund)*. ค้นจาก <http://www.sme.go.th/pages/home.aspx>
- DMG. (2010). *DMG CNC*. Retrieved from <http://www.dmgamerica.com>
- HASS. (2010). *HASS CNC*. Retrieved from <http://www.haascnc.com>
- Heidenhain. (2010). *Heidenhain iTNC530 Catalog*. กรุงเทพฯ: บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- Heidenhain Presentation. (2010). (ภาพเคลื่อนไหว). กรุงเทพฯ: บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- OKUMA. (2010). *OKUMA CNC*. Retrieved from <http://www.okuma.co.jp>
- PINNACLE. (2010). *PINNACLE CNC*. Retrieved from <http://www.pinnaclecnc.com>

