

การลดมูลค่าการลงทุนด้วยการรีโทรฟิต
กรณีศึกษา เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ศักดา เขียวอ่ำ

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร
สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2553

INVESTMENT REDUCTION BY RETROFIT
A CASE STUDY ON A VERTICAL MACHINING CENTER

Sakda Khiaw-Am

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program
in Executive Enterprise Management

Graduate School

Thai - Nichi Institute of Technology

Academic Year 2010

หัวข้อสารนิพนธ์

การลดมูลค่าการลงทุนด้วยการรีโทรฟิต กรณีศึกษา
เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

โดย

ศักดา เขียวอ่ำ

สาขาวิชา

การจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ดร. จักร ดิงศภักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. จักร ดิงศภักดิ์)

..... ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณลักษณ์ วิทยวิจิตร)

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ศักดา เขียวอ่ำ : การลดมูลค่าการลงทุนด้วยการรีโทรฟิต กรณีศึกษา เครื่อง
เวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. จักร ดิงศภักดิ์, 74 หน้า.

สารนิพนธ์เรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบ และหลักการรีโทรฟิตเครื่อง
เวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์กึ่งสมบูรณ์ ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในเชิง
เปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์และ
เครื่องจักรใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และศึกษามูลค่าการลงทุนในเครื่องจักรเปรียบเทียบ
ระหว่างเครื่องจักรที่รีโทรฟิต และเครื่องจักรใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ 2 กลุ่มราคา โดย
แบ่งเป็นกลุ่มราคาสูงจากประเทศญี่ปุ่น และเยอรมนี กลุ่มราคาต่ำจากประเทศไต้หวันและ
สหรัฐอเมริกา ผู้ศึกษาเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง และเก็บรวบรวมข้อมูล
จากคู่มือฝึกเครื่อง คู่มือการใช้เครื่องและคู่มือไฟฟ้าที่มากับเครื่องจักร เว็บไซต์ของบริษัท
ตัวแทนจัดจำหน่าย และข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร
และความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานเฮดแคลมของเครื่องจักรโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์
มาตรฐานและเกณฑ์คุณภาพที่ยอมรับได้ และคำนวณต้นทุนรวมของการกัดชิ้นงานเฮดแคลม
10 ชิ้น โดยใช้ตัวแบบต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา (TDABC) เพื่อเปรียบเทียบ
ประสิทธิภาพของเครื่องจักร รวมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนเครื่องจักรใหม่ที่น่าเข้าเปรียบเทียบกับต้นทุน
การรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เพื่อศึกษามูลค่าการลงทุน

ผลการศึกษาพบว่า 1) เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่ง
สมบูรณ์เรียบร้อยแล้วมีประสิทธิภาพในการทำงานโดยมีฟังก์ชันการทำงานอยู่ในพิสัยของเกณฑ์
มาตรฐาน ความเที่ยงตรงของคุณภาพชิ้นงานเฮดแคลมที่กัดได้อยู่ในพิสัยของเกณฑ์ที่กำหนด
ไว้ 2) ประสิทธิภาพของเครื่องจักรโดยเปรียบเทียบจากต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม
10 ชิ้น ของเครื่องจักรที่รีโทรฟิตมีมูลค่าต่ำกว่าต้นทุนรวมของเครื่องจักรใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศ
ญี่ปุ่นเป็นจำนวน 8,567.05 บาทต่อวัน หรือ 2,056,092.00 บาทต่อปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 11.47
และ 3) มูลค่าการลงทุนของเครื่องจักรที่รีโทรฟิตคิดเป็นร้อยละ 38 ของต้นทุนเครื่องจักรใหม่
ที่น่าเข้าในกลุ่มราคาสูง และเป็นร้อยละ 50 ของต้นทุนเครื่องจักรใหม่ที่น่าเข้าในกลุ่มราคาต่ำ

บัณฑิตวิทยาลัย

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2553



SAKDA KHIAW-AM:INVESTMENT REDUCTION BY RETROFIT: A CASE STUDY ON A VERTICAL MACHINING CENTER. ADVISOR: CHARK TINGSABHAT, 74 PP.

The purposes of this comparative study were to characterize the principle and procedure of semi-retrofit vertical machining center (SRVMC) ; to comparatively analyze the effectiveness and efficiency criteria between the semi-retrofitted and a new imported Japanese vertical machining center (VMC) ; and to analyze including the comparison on the investment costs between SRVMC and the new imported VMCs from 2 groups classified by the machine unit price - these are ; an upper group comprising of Japan and Germany, and a lower group consisting of Taiwan and the United States of America. The researcher selected the machines by using a purposive sampling, and exploited machines' owner manuals, their specifications, researches upon VMC companies' web sites. The highlight of this study was the data collection from researcher's actual practical applications. The standard functions performance and quality of work piece fabrication were used as the effectiveness criteria to investigate both SRVMC, and the Japanese VMC, while using the Time-driven Activity-based Costing (TDABC) model to investigate all machines' efficiency.

The findings are ; 1) the effectiveness criteria of SRVMC are within the standard functions and quality performances ; 2) 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 3) the SRVMC investment cost is equivalent to 38 and 50 percent of an upper group and a lower group respectively.

Graduate School

Student's Signature

Field of Study Executive Enterprise Management

Advisor's Signature

Academic Year 2010



กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงของ ดร. จักร ดิงศภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์ตลอดช่วงเวลาที่ได้ศึกษาค้นคว้าอย่างดีเสมอมา ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้ให้ความรู้รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของสถาบันที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดเวลาที่ศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณเกียรติศักดิ์ โกหวด ผู้บริหารบริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูล และเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับการรีโทรฟิตรวมทั้งสนับสนุนการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณจิรภัทร จะวะนะ คุณสุทธีวิรุฬห์ จอมใจ และพนักงานทุกท่านในบริษัท สยามทูล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ และความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการศึกษา จนการศึกษาในครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด และพนักงานทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลอันมีคุณค่าต่อการศึกษาสารนิพนธ์ฉบับนี้รวมถึงเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบคุณนักวิชาการทุกท่าน หนังสือทุกเล่ม และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ทุกสื่อที่ผู้ศึกษาได้ค้นคว้า เรียนรู้ และนำมาอ้างอิงประกอบการศึกษานี้ และขอขอบคุณผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกำลังใจจากคุณทิตติธิดา เอกสะพัง

สุดท้ายนี้ขอใช้สารนิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งเป็นสิ่งแทนความสำเร็จอีกขั้นหนึ่งของลูกเป็นส่วนหนึ่งในการทดแทนพระคุณบิดา มารดา ที่เสียสละเพื่อลูกตลอดมา

ศักดิ์ดา เขียวอ่ำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
ขอบเขตของการศึกษา.....	3
กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	4
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงาน.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
นิยามศัพท์.....	5
แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	6
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ประวัติของเครื่องจักรกลควบคุมด้วยระบบเอ็นซี.....	8
เครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....	9
การจำแนกประเภทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....	11
เครื่องกัดซีเอ็นซี.....	13
เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....	14
การรีโทรฟิต.....	16
ประเภทการรีโทรฟิต.....	18
ขั้นตอนการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....	22
ต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา.....	31
เฮดแคลม.....	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
3	วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์.....	36
	กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา.....	36
	เครื่องมือและวิธีการในการรวบรวมข้อมูล.....	37
	ขั้นตอนการศึกษา.....	40
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
4	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	45
	ผลการศึกษา.....	45
	สภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลัง	
	การรีโทรฟิต.....	45
	ข้อจำกัดหรือพิกัดของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่	
	นำเข้าจากต่างประเทศ.....	46
	การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเปรียบเทียบ.....	46
	การประเมินเวลาของกระบวนการกีดชิ้นงานแฮดแคลม.....	50
	การคิดต้นทุนโดยเปรียบเทียบ.....	53
	ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost หรือ FC).....	53
	ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost หรือ VC).....	54
	ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ TC).....	54
	การวิเคราะห์ต้นทุนรวมโดยเปรียบเทียบ.....	55
	การวิเคราะห์ต้นทุนเครื่องจักรโดยเปรียบเทียบ.....	57
	บทสรุป.....	58
	รูปแบบและหลักการรีโทรฟิต.....	58
	ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการกีดชิ้นงานของเครื่องจักรรีโทรฟิต	
	เปรียบเทียบเครื่องจักรนำเข้าใหม่.....	59
	มูลค่าการลงทุนของการรีโทรฟิตเครื่องจักร.....	60
	ข้อเสนอแนะ.....	61

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	62
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก. ใบงานสรุปผลการศึกษา.....	66
ภาคผนวก ข. รูปเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต.....	71
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	74



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	7
2	เปรียบเทียบชนิดการรีโทรฟิตทั้งสามรูปแบบ.....	20
3	เกณฑ์ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์....	41
4	เกณฑ์คุณภาพชิ้นงานเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเครื่อง เวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....	42
5	เปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องจักรเก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิต....	45
6	เปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องจักรใหม่นำเข้าจาก 4 ประเทศ.....	46
7	ข้อมูลการกัดชิ้นงานเฮดแคลมรวบรวมจากโรงงานสรุปผลการศึกษา.....	47
8	เปรียบเทียบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....	49
9	เปรียบเทียบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่ง- เซ็นเตอร์.....	50
10	ข้อมูลของสมการเวลาสำหรับกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลม (ชิ้นแรก).....	51
11	ข้อมูลการวัดเวลาในการดำเนินการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น.....	52
12	เปรียบเทียบต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่นำเข้าจาก 4 ประเทศ.....	53
13	เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้นต่อวัน.....	56
14	เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้นต่อวันเป็น ระยะเวลา 1 ปี.....	57
15	เปรียบเทียบต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตและ เครื่องใหม่นำเข้ามาจาก 4 ประเทศ.....	58

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	4
2	เครื่องเอ็นซีเครื่องแรกของโลก.....	8
3	การใช้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมฮาร์ดแวร์.....	10
4	ชุดควบคุม จอภาพ แป้นพิมพ์และสวิตช์ต่าง ๆ.....	10
5	ความแตกต่างของการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....	12
6	เครื่อง CNC ที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับเคลื่อนและควบคุมระบบ.....	12
7	เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical Milling Machine).....	13
8	เครื่องกัดแนวนอน (Horizontal Milling Machine).....	14
9	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....	15
10	ส่วนประกอบของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....	16
11	ชุดควบคุม ชุดขับอิเล็กทรอนิกส์และมอเตอร์แกน.....	17
12	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อนที่จจะรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน.....	19
13	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ผ่านการรีโทรฟิตแบบพื้นฐานโดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.....	19
14	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อนที่จจะรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์.....	21
15	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์โดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.....	21
16	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบ 5 มิติที่อยู่ระหว่างการรีโทรฟิตแบบ สมบูรณ์.....	22
17	เครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบ 5 มิติ ที่ผ่านการรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์ โดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดน- ฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.....	22
18	โครงเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่จะการรีโทรฟิต.....	24
19	การถอดชิ้นส่วนออกเพื่อทำความสะอาดและตกแต่ง.....	24
20	ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์รีโทรฟิต (ชุดควบคุม ชุดขับอิเล็กทรอนิกส์ และมอเตอร์แกน)....	25
21	การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์.....	26
22	การติดตั้งชุดขับมอเตอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ด้านหลังเครื่องซีเอ็นซี.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
23	ชุดควบคุมที่เลือกใช้ในการรีโทรฟิต.....	27
24	การปรับแต่งพารามิเตอร์ชุดควบคุมและเขียนคำสั่ง PLC.....	29
25	การทดสอบความเที่ยงตรงด้วยเครื่องเลเซอร์ (Accuracy Laser Test).....	30
26	การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องจักรโดยการกัดชิ้นงานเพื่อวัดผลทดสอบ.....	31
27	เฮดแคลมป์ (Head clamp) ติดตั้งอยู่บนแคลมป์เบสมาสเตอร์ (Clamp Base Master)	34
28	ใบงานสรุปผลการศึกษากัดชิ้นงาน ชั้นแรก (ST001).....	48
29	ใบงานสรุปผลการศึกษา.....	67
30	เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ผ่านการรีโทรฟิตโดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด	72



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ในอดีตการพัฒนาอุตสาหกรรมไทยมุ่งแสวงหาเงินตราจากต่างประเทศเข้ามาสร้างความเจริญให้ระบบเศรษฐกิจของไทย เนื่องจากอุตสาหกรรมไทยมีโครงสร้างการผลิตที่หลากหลาย และสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างภาคการผลิตเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากจึงช่วยลดความเสี่ยงที่เกิดจากความผันผวนทางเศรษฐกิจได้ แต่โลกปัจจุบันให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้า มาตรฐานสินค้า และกระบวนการผลิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต่อชีวิต และความปลอดภัยของมนุษย์ สัตว์ และพืชมากขึ้น องค์การการค้าโลก (World Trade Organization : WTO) จึงเกิดขึ้นเพื่อจัดวางระเบียบและดูแลการค้าระหว่างประเทศ ระบบการค้า และการผลิตจึงเปลี่ยนไปสู่การผลิต และการค้าในระดับสากล (Internationalization of Production and Trade) กลายเป็นยุคเศรษฐกิจไร้พรมแดนที่มีการแข่งขันกันสูงขึ้น ทั้งในด้านความเร็วของการส่งมอบสินค้า แบบทันเวลาพอดี (Just In Time Delivery) เทคโนโลยีที่ทันสมัย การควบคุมคุณภาพแบบทั่วทั้งองค์กร (Company-Wide Quality Control : CWQC หรือ Total Quality Management : TQM) มาตรฐานสินค้า จึงเกิดการผลิตตามความต้องการของลูกค้าแบบขนานใหญ่ (Mass Customization) เข้ามาแทนที่การผลิตปริมาณมาก (Mass Production) รวมถึงการแย่งชิงทรัพยากรบุคคลที่มีทักษะความสามารถสูง ภาคอุตสาหกรรมของไทยย่อมประสบปัญหาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะยังขาดความพร้อมในการแข่งขันหลายด้าน เช่น ยังไม่มีแผนแม่บทการเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม อุตสาหกรรมของไทยได้เริ่มต้นพัฒนาอย่างจริงจังมาตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2506 – 2509) และขยายตัวเติบโตมาเป็นลำดับจนถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 – 2554) ประเทศไทยมีการส่งออกชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ แผงวงจรไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยอย่างต่อเนื่องส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลซึ่งเป็นพื้นฐานของอุตสาหกรรมทุกประเภท (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2554)

จากรายงานของสมาคมเครื่องจักรกลไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และบริษัท วิน ครีเอชัน จำกัด (2551) พบว่า ประเทศไทยมีการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศมากถึงปีละ 400,000 ล้านบาท ในจำนวนนี้เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรม (Industrial Machine) ถึงร้อยละ 70 โดยเป็นเครื่องมือกล (Machine Tool) ในสัดส่วน ร้อยละ 21 คิดเป็นมูลค่าประมาณ 58,000 ล้านบาทต่อปี การนำเข้าเครื่องจักรอุตสาหกรรมในอัตราที่สูงสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นของเครื่องจักรกลอันเป็นตัวจักรสำคัญในการขับเคลื่อนการผลิต

สินค้าในแต่ละอุตสาหกรรม เครื่องจักรเป็นปัจจัยการผลิตที่มีราคาสูงมากจึงส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายลงทุนและขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมไทยอย่างมาก ภาครัฐโดยกระทรวงอุตสาหกรรมจึงกำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์และแผนงานพัฒนาผ่านโครงการต่างๆ มากมาย โครงการภายใต้ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนโดยสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (สอท.) สมาคมธนาคารไทย และสถาบันการเงิน 9 แห่ง ได้ให้การสนับสนุนเงินกู้ยืมแก่ผู้ประกอบการในอัตราดอกเบี้ยต่ำเพื่อปรับปรุงและฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรแก่ SMEs (Machine Fund) ตามหลักเกณฑ์ และเงื่อนไขของธนาคารนั้นๆ โดย สสว. จะสนับสนุนดอกเบี้ยบางส่วนของเงินกู้ยืมแก่ผู้ประกอบการ SMEs ในอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี สำหรับระยะเวลา 5 ปีแรก ทั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้ SMEs นำเครื่องจักรเก่ามาปรับปรุง ฟื้นฟูสภาพและพัฒนาปรับแต่งเครื่องจักรที่ตนเองมีอยู่ให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สนับสนุนให้มีการผลิตและการฟื้นฟูเครื่องจักรภายในประเทศ ส่งเสริมการใช้เครื่องจักรที่ผลิตในประเทศและลดการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ พัฒนาศักยภาพการผลิตเครื่องจักรภายในประเทศให้มีขีดความสามารถทัดเทียมนานาชาติ รวมทั้งให้การสนับสนุนแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำและสภาพคล่องทางการเงินให้กับ SMEs ไทยเพื่อใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลให้การผลิตสินค้ามีคุณภาพ ถูกต้องแม่นยำและสามารถส่งมอบได้อย่างรวดเร็วด้วยราคาที่แข่งขันได้ อันเป็นที่มาของการสร้างรากฐานการผลิตที่มั่นคงและยั่งยืนให้กับผู้ประกอบการ SMEs ไทย (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2553)

ผู้ประกอบการไทยนำเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Computer Numerical Control : CNC) มาใช้ในกระบวนการผลิตเนื่องจากช่วยประหยัดเวลา แรงงานคน และมีความแม่นยำทำให้ชิ้นงานที่ผลิตได้มีคุณภาพซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์จากประเทศเพื่อนบ้านได้ เครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องเจียร และเครื่องเจาะ ข้อมูลจากสมาคมเครื่องจักรกลไทย พบว่า ในปี 2547 ประเทศไทยมีการนำเข้าเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทั้งเครื่องจักรเก่าและเครื่องจักรใหม่เป็นมูลค่าถึง 51,682 ล้านบาท และมีเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะมีอายุการใช้งานปกติประมาณ 5-10 ปี เมื่อเครื่องจักรชำรุดจำเป็นต้องมีการซ่อมแซมซึ่งเรียกกันว่า การรีโทรฟิต (Retrofit) จากการสำรวจของสมาคมเครื่องจักรกลไทย พบว่า ในประเทศมีเครื่องจักรชำรุดประมาณ 80,000 เครื่อง ในจำนวนนี้สามารถรีโทรฟิตได้ประมาณ 40,000 เครื่อง ส่วนที่เหลือไม่สามารถรีโทรฟิตได้ จำเป็นต้องนำไปหลอมเป็นเหล็กเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (กิตติพงศ์ เอกไชย. 2552)

เครื่องจักรเก่าที่นำมารีโทรฟิตเรียบร้อยแล้วจะกลายเป็นเครื่องจักรที่แข็งแรงและทันสมัย ใช้งานสะดวกและง่ายต่อการซ่อมบำรุง การรีโทรฟิตมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการซื้อเครื่องใหม่ประมาณสองถึงสามเท่าทำให้ประหยัดเงินลงทุนได้เป็นจำนวนมากและยังช่วยให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกครั้ง อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลเป็นอุตสาหกรรมที่ต้อง

ใช้เงินลงทุนสูง อีกทั้งยังต้องพัฒนาบุคลากรในสาขาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งติดตามเทคโนโลยีที่ปรับเปลี่ยนและพัฒนาไปข้างหน้าตลอดเวลา การรีโทรฟิตจะช่วยเพิ่มผลิตภาพให้แก่เครื่องจักรเก่าที่ถูกนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของเศรษฐกิจของประเทศ ขณะเดียวกันยังช่วยพัฒนาโรงงานผลิตขนาดเล็กที่มีอยู่จำนวนมากให้สามารถอยู่รอดและเติบโตเป็นอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนในอนาคต ในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้ผู้ศึกษาได้กำหนดคำถามในการศึกษาไว้ดังนี้

1. รูปแบบและหลักการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีลักษณะอย่างไร
2. เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตมีประสิทธิภาพผลของการทำงานได้ตามเกณฑ์ฟังก์ชันการทำงานและเกณฑ์ทดสอบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานหรือไม่
3. การรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าสามารถลดมูลค่าการลงทุนทั้งต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานและต้นทุนเครื่องจักรได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษารูปแบบและหลักการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิภาพในการกัดชิ้นงานของเครื่องจักรรีโทรฟิตเปรียบเทียบกับเครื่องจักรนำเข้าใหม่
3. เพื่อศึกษาแนวทางการลดมูลค่าการลงทุนเครื่องจักรด้วยการรีโทรฟิต

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาสารนิพนธ์นี้แยกประเด็นของการศึกษาเป็น 2 ด้าน คือ

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

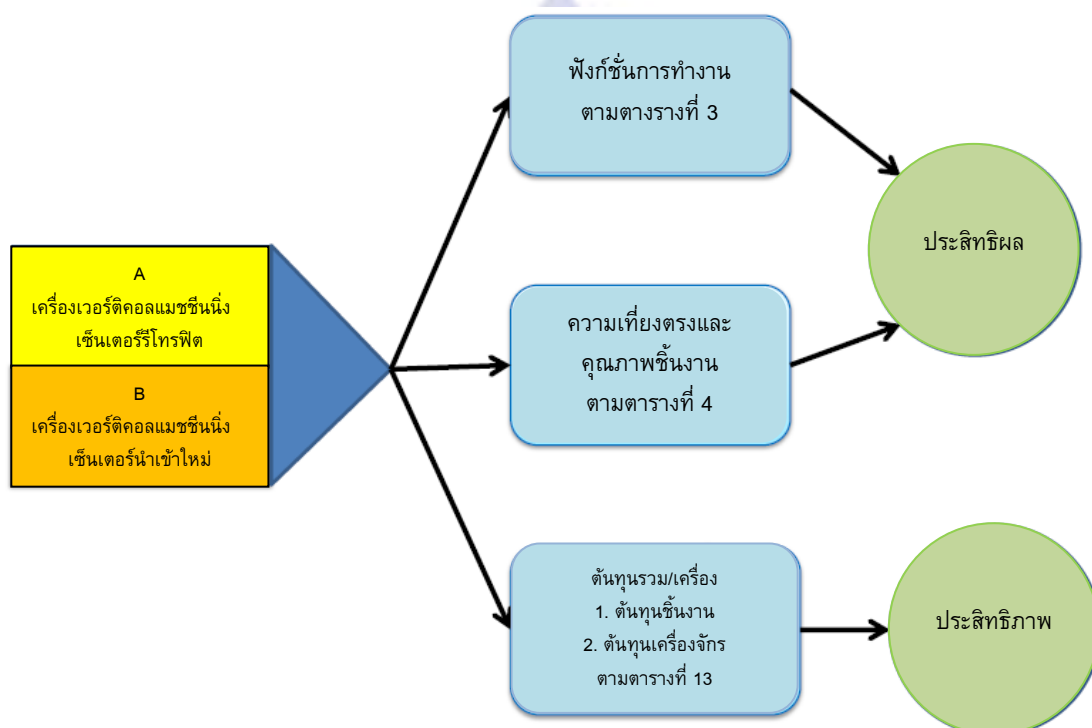
ดำเนินการศึกษาการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบกึ่งสมบูรณ์ โดยดำเนินการตามขั้นตอนการศึกษาทั้ง 6 ขั้นตอน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่วิธีการรีโทรฟิตเครื่องไปจนถึงการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน และความเที่ยงตรงในการทำงานของเครื่องจากคุณภาพของการกัดชิ้นงาน

2. ขอบเขตด้านเวลา

ผู้ศึกษาได้กำหนดกรอบระยะเวลาในการศึกษา ตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูล การศึกษาเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและคุณภาพของชิ้นงานที่กัดได้ รวมถึง การคำนวณประสิทธิภาพด้านต้นทุนของการผลิตชิ้นงาน การดำเนินการวัดผลการทำงานจริงของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังรีโทรฟิต การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล การสรุปผล และข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุง รวมถึงการจัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

เป็นเวลารวมทั้งสิ้น 9 เดือน รายละเอียดปรากฏดังแผนงานและระยะเวลาการดำเนินงานในตารางที่ 1

กรอบแนวคิดในการศึกษา



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ

ผู้ศึกษาได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 7 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลการรีไฟต์เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ
2. สืบค้นข้อมูลเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่นำเข้าจากต่างประเทศ
3. ศึกษาเกณฑ์ประเมิน (ตัวแปร) ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (ทั้งเครื่อง A และเครื่อง B) และเลือกชิ้นงานที่ใช้ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์
4. ทดสอบการกัดชิ้นงานและวัดเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานสดแคลมของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (ทั้งเครื่อง A และเครื่อง B)

5. คำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (ทั้งเครื่อง A เครื่อง B และของแต่ละประเทศ)
6. วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา
7. จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุน และความคุ้มค่าระหว่างการปรับปรุง และฟื้นฟูสภาพเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่มีอยู่ กับมูลค่าการลงทุนในการนำเข้าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่เพื่อทดแทน
2. สนับสนุนให้ผู้ประกอบการไทยมีโอกาสปรับปรุง ฟื้นฟูสภาพ เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ตนเองมีอยู่ให้ทันสมัย มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น และลดการนำเข้าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จากต่างประเทศ
3. เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนแก่ผู้ประกอบการไทยในการพัฒนาศักยภาพการผลิตของอุตสาหกรรมภายในประเทศให้สามารถทัดเทียมนานาประเทศ

นิยามศัพท์

1. **มูลค่าการลงทุน** หมายถึง ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายลงทุนที่ผู้ประกอบการจ่ายออกไปเพื่อจัดหาเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์มาใช้งานในกระบวนการผลิตของตน ไม่ว่าจะด้วยวิธีการสั่งซื้อเครื่องจักรใหม่นำเข้า หรือการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรเก่าให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีเทียบเท่าเครื่องใหม่
2. **รีโทรฟิต (Retrofit)** หมายถึง การฟื้นฟูหรือปรับปรุงสภาพเครื่องจักรกลเก่าที่ไม่สามารถทำงานได้ หรือยังทำงานได้แต่ไม่เต็มประสิทธิภาพให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลอีกครั้ง โดยที่เครื่องจักรที่ผ่านการปรับสภาพแล้วจะมีสมรรถนะในการทำงานระดับเดียวกันกับเครื่องจักรใหม่
3. **เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Vertical Machining Center)** เป็นเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling Machining) ที่ควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์และเปลี่ยนทูลด้วยอุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer หรือ ATC)
4. **ประสิทธิผลของการรีโทรฟิต** หมายถึง ผลที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเครื่องรีโทรฟิตเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้า

5. ประสิทธิภาพของการรีโทรฟิต หมายถึง ค่าร้อยละซึ่งเป็นผลที่ได้จากการเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานและต้นทุนของเครื่องจักร ระหว่างเครื่องจักรเก่าที่นำมารีโทรฟิตกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าสนใจ

6. ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ หมายถึง ส่วนจำเป็นที่จะต้องตั้งโปรแกรมเพื่อให้เครื่องจักรทำงาน ประกอบด้วยเกณฑ์ฟังก์ชันการทำงาน 7 เกณฑ์ ได้แก่ การทำงานของแกนขับเคลื่อน 3 มิติ การทำงานของสปินเดิล การทำงานของระบบเปลี่ยนทูล การทำงานของระบบบังคับด้วยมือ การทำงานของระบบน้ำหล่อเย็นและลม การทำงานของระบบกวาดเศษชิ้นงาน และการทำงานของระบบป้องกัน

7. ความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ หมายถึง คุณภาพของชิ้นงานแฮดแคลมที่กัดได้ วัดจากเกณฑ์คุณภาพ 6 เกณฑ์ ได้แก่ ผลของความเร็วยรอบในการกัด ผลของอัตราการป้อนในการกัด ผลของความลึกหรือความกว้างของรอยกัด ผลของหน้าสัมผัสรอยกัด ผลที่วัดได้กับพิกัดในแบบ และผลที่วัดได้กับระยะเวลารวมในการทำงานต่อชิ้น

แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาตามแผนงานที่ได้จัดทำไว้ มีรายละเอียดและระยะเวลาดำเนินงานปรากฏดังตารางที่ 1

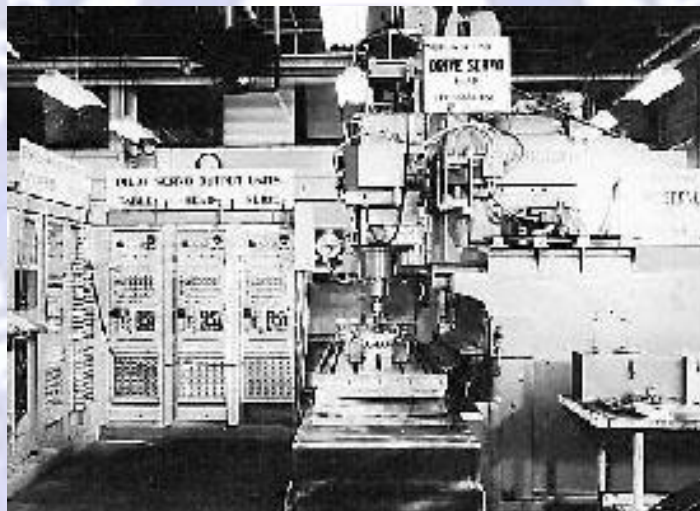


บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติของเครื่องจักรกลควบคุมด้วยระบบเอ็นซี

เครื่องจักรกลเอ็นซีที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรกลการผลิต (Machine Tool) เริ่มต้นขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2491 (ค.ศ. 1948) เมื่อกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกามีความต้องการเครื่องกัด (Milling Machine) 3 แกน ที่มีความแม่นยำสูงเพื่อใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน ต่อมาในปี พ.ศ. 2495 (ค.ศ. 1952) ทีมนักวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซต (Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT) ได้ผลิตเครื่องเอ็นซีที่มีชุดควบคุมเครื่องจักร (Machine Control Unit หรือ MCU) สำหรับอ่านข้อมูลหรือโปรแกรมจากแผ่นเทปกระดาษเจาะรู (Punch Tape) และควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เครื่องเอ็นซีในยุคดังกล่าวมีความยุ่งยากในการใช้งาน เนื่องจากการผลิตชิ้นงานแต่ละครั้งจะต้องป้อนแผ่นเทปใหม่ทุกครั้ง จนกระทั่งปี พ.ศ. 2500 (ค.ศ. 1957) ทีมวิจัยสามารถพัฒนาเครื่องจักรระบบเอ็นซีที่สมบูรณ์เครื่องแรกและนำออกใช้งาน โดยเรียกชื่อเครื่องจักรเครื่องนี้ว่า Cincinnati Hydrotel Vertical-Spindle Machine (ชาติตระการกุล. 2539)



รูปที่ 2 เครื่องเอ็นซีเครื่องแรกของโลก

ที่มา : MACHINERY. (2011). สิ่งที่เราควรรู้เกี่ยวกับ CNC > ประวัติของเอ็นซีและซีเอ็นซี. ออนไลน์.

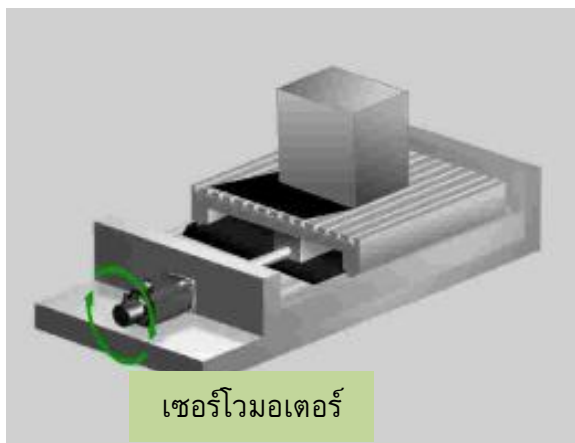
เอ็นซี (NC) ย่อมาจากคำว่า Numerical Control หมายถึง การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยระบบตัวเลข และตัวอักษร โดยการเคลื่อนที่ต่างๆ ตลอดจนการทำงานอื่นๆ ของเครื่องจักรกลจะถูกควบคุมโดยรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นคลื่นสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่นๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ ในปัจจุบันเครื่องจักรกลเอ็นซีไม่มีการผลิตเพื่อจำหน่ายแล้วเนื่องจากไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ แต่ได้พัฒนาไปสู่ CNC

ซีเอ็นซี (CNC) ย่อมาจากคำว่า Computerized Numerical Control เป็นระบบควบคุมที่เพิ่มคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสามารถสูงเข้าไปภายในระบบ ทำให้มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบเอ็นซี และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมามีใช้งานหลายๆ ลักษณะด้วยกัน (ชาลี ตระการกุล. 2539)

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC Machine) ย่อมาจากคำว่า Computerize Numerical Control Machine หมายถึง เครื่องจักรกลที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งรับคำสั่งเป็นโค้ดตัวเลขและตัวอักษร โดยได้รับการพัฒนามาจากระบบเอ็นซี เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรกลการผลิตที่เข้ามาทดแทนเครื่องจักรกลธรรมดาที่ใช้มนุษย์ควบคุม เหมาะสำหรับงานที่มีความสลับซับซ้อน ต้องการความเที่ยงตรงสูงและมีความรวดเร็วในการผลิต

หลักการทั่วไปของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นตัวส่งกำลังขับเคลื่อนเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ เซอร์โวมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยระยะทางสั้นๆ ต่อการสั่งงาน 1 ครั้ง ตามหลักการที่เรียกว่า BLU (Basic Length Unit) ทำให้เครื่องจักรกลมีความเที่ยงตรงสูง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การใช้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมฮาร์ดแวร์

ที่มา : **Heidenhain Presentation.** (2010). หน้า 3.

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะมีชุดควบคุมคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใจตัวเลข และตัวอักษร หรือโปรแกรมที่ป้อนเข้าไป ในขณะที่เดียวกันจะใช้ชุดควบคุมคอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลจากคำสั่งหรือโค้ดในโปรแกรมที่ป้อนให้ การป้อนโปรแกรมหาร์ดแวร์สามารถป้อนเข้าโดยใช้แป้นพิมพ์ (Keyboard) สื่อบันทึกความจำ อาทิเช่น แผ่นดิสก์ เทปแม่เหล็ก และ เทปกระดาษหรือใช้ระบบสายสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูล เช่น RS 232, RS 485 ระบบ LAN เป็นต้น



รูปที่ 4 ชุดควบคุม จอภาพ แป้นพิมพ์และสวิตช์ต่างๆ

ที่มา : **Heidenhain iTNC530 Catalog.** (2010). หน้า 2.

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีองค์ประกอบ 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

1. **ชุดควบคุม** ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม (Memory) และแก้ไขดัดแปลงโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำการควบคุมเครื่องจักรกลให้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรกดังกล่าว โดยชุดควบคุมประกอบด้วยแผงควบคุม (Control Panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keyboard หรือ Keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่างๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วสปินเดิล (Spindle) เป็นต้น

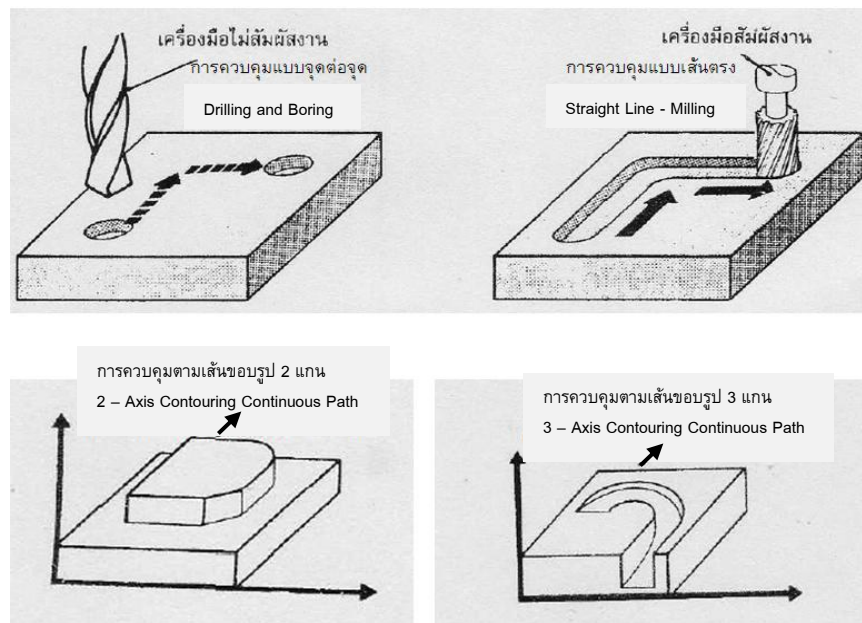
2. **กลไกการเคลื่อนที่** ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed Motor) โดยทั่วไปใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ โดยมีบอลสกรู (Ball Screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยตำแหน่ง และระยะการเคลื่อนที่จะถูกควบคุมโดยการรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังมีรางนำเลื่อน (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ

3. **ตัวเครื่องจักรกล** คือ โครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรกลนั้นๆ ตัวเครื่องจักรกลมีส่วนประกอบหลัก เช่น แท่นเครื่อง (Machine Base) โต๊ะจับยึดชิ้นงาน (Table-สำหรับงานกัด) ชุดสปินเดิล (Spindle) และมอเตอร์สปินเดิล (Spindle Motor) เป็นต้น

การจำแนกประเภทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

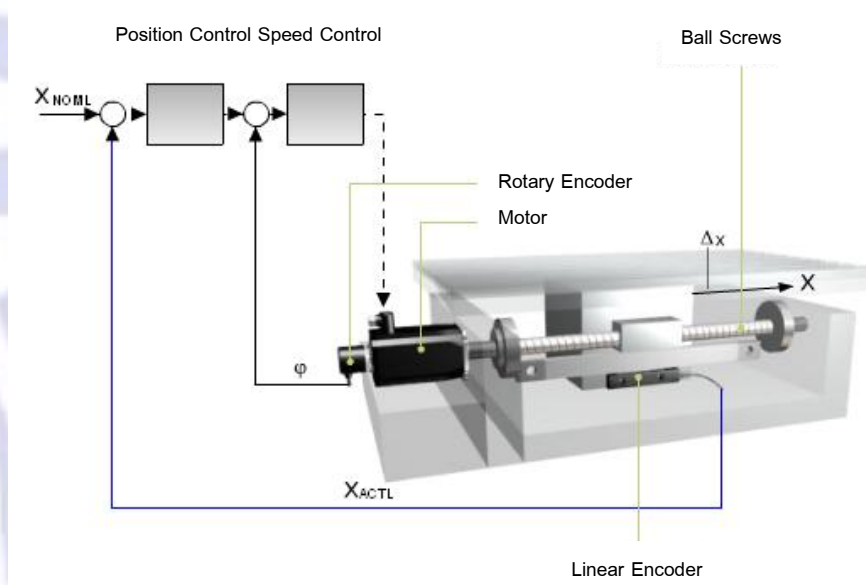
เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะการจำแนก เช่น จำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) และแบบเส้นทางเดินต่อเนื่อง (Continuous Path) จำแนกตามลักษณะการควบคุมแบ่งเป็นลูปปิด (Closed-Loop) และลูปเปิด (Open-Loop) จำแนกตามระบบแหล่งจ่ายต้นกำลังแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ระบบไฟฟ้า (Electric) ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic) และระบบนิวแมติก (Pneumatic) และจำแนกตามระบบพิกัดตำแหน่งได้เป็นระบบพิกัดสัมบูรณ์ (Absolute) และระบบพิกัดต่อเนื่อง (Incremental) การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีแสดงได้ดังรูปที่ 5

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีสมัยใหม่ส่วนใหญ่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนและควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยระบบแบบลูปปิด (Closed-Loop) โดยมีเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบสัญญาณและตำแหน่งการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน นอกจากนี้สัญญาณสะท้อนกลับ (Feedback) ยังช่วยควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่อีกด้วย ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ความแตกต่างของการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ที่มา : ชาลี ตระการกุล. (2539). เทคโนโลยีซีเอ็นซี. หน้า 49-51.

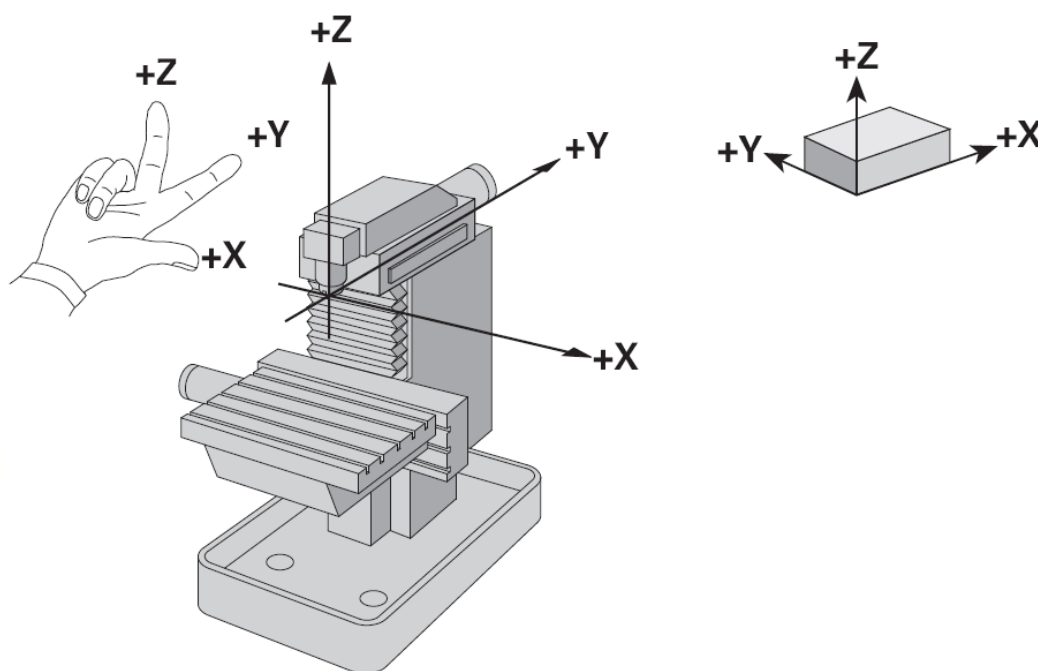


รูปที่ 6 เครื่อง CNC ที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับเคลื่อนและควบคุมระบบ

ที่มา : Heidenhain Presentation. (2010). หน้า 4.

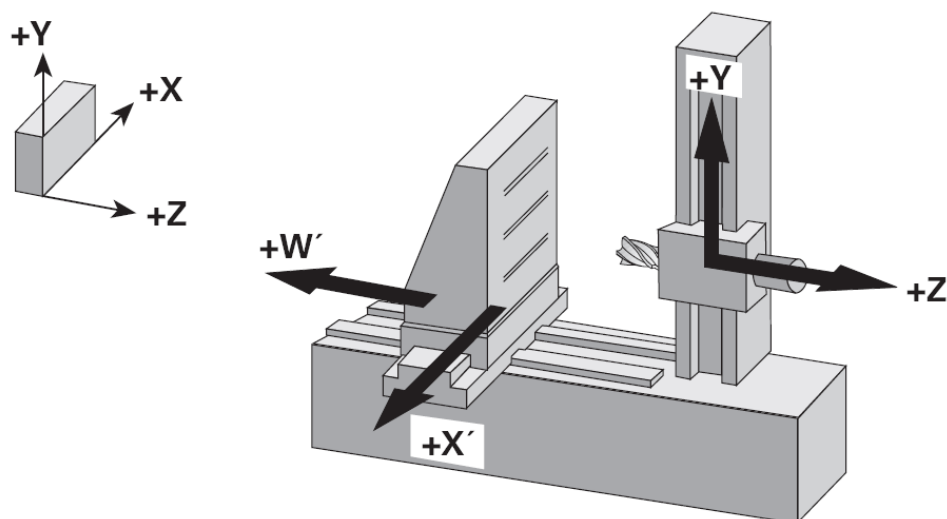
เครื่องกัดซีเอ็นซี

เครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling Machine) หมายถึง เครื่องกัดที่ใช้ระบบการควบคุมด้วยรหัส (Code) หรือคำสั่งป้อนเข้าไปเพื่อให้เครื่องกัดสามารถทำงานโดยอัตโนมัติ เครื่องกัดแบบดั้งเดิมมีการออกแบบโครงสร้างตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical Milling) และเครื่องกัดแนวนอน (Horizontal Milling) โดยทั้งสองอาศัยหลักการทำงานให้เครื่องมือตัด (Cutting Tool) หมุนตัดชิ้นงานในส่วนที่ไม่ต้องการออกให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ เครื่องกัดซีเอ็นซีที่ใช้งานอยู่ทั่วไปส่วนใหญ่จะมีลักษณะการทำงานในแนวแกนตั้งสำหรับกัดงานแบบ 3 มิติ รูปที่ 7 และ 8 แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างเครื่องกัดแนวตั้งและเครื่องกัดแนวนอน โดยทั่วไปเครื่องกัดจะมีแนวแกนการเคลื่อนที่ 3 แนวแกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z ในปัจจุบันเครื่องกัดซีเอ็นซียังมีลักษณะการทำงานในแบบอื่นๆ ด้วย อาทิ การทำงานในแนวแกนราบสำหรับกัดงาน 3-5 มิติ



รูปที่ 7 เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical Milling Machine)

ที่มา : Heidenhain Basic TNC. (2009). หน้า 2.



รูปที่ 8 เครื่องกัดแนวนอน (Horizontal Milling Machine)

ที่มา : **Heidenhain Basic TNC**. (2009). หน้า 2.

เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

เครื่องกัดซีเอ็นซีและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Vertical Machining Center) เครื่องจักรทั้งสองมีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันที่เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์มีอุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer : ATC) ดังนั้นเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จึงเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพราะไม่ต้องเสียเวลาหยุดสปีนเดิลเพื่อเปลี่ยนทูล

ส่วนประกอบหลักของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ มีดังนี้

1. แท่นเครื่อง (Machine Base) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักรสำหรับรองรับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง
2. หมอนรอง (Saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกนบนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือ แกน Y
3. โต๊ะงาน (Table) สำหรับวางชิ้นงาน โดยทั่วไปโต๊ะงานจะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีร่องรูปตัวที (T-Slot) ไว้สำหรับจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ โดยระนาบของโต๊ะจะตั้งฉากกับระนาบของเสา
4. เสา (Column) เป็นโครงสร้างหลักสำหรับติดตั้งชุดสปีนเดิล เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์รุ่นใหม่นิยมสร้างแบบเสาคู่ (Double Column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า
5. สปีนเดิล (Spindle) เป็นแกนเพลาลมสำหรับจับทูล โดยมีมอเตอร์สปีนเดิลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนผ่านชุดเฟือง หรือสายพาน หรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน

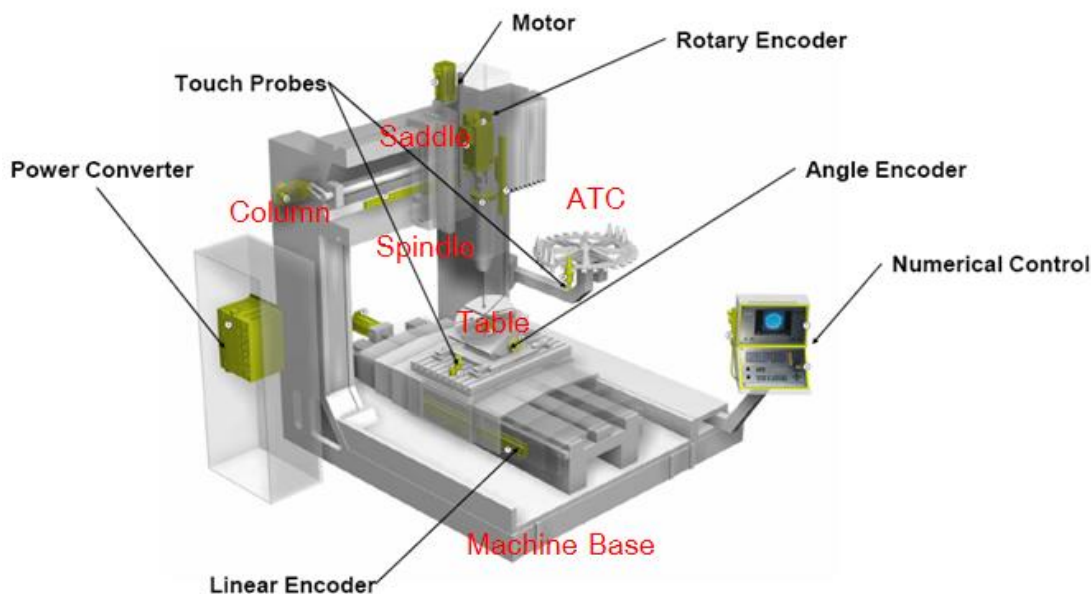
6. อุปกรณ์ขับเคลื่อน ประกอบด้วย ชุดฟีดมอเตอร์ ในปัจจุบันใช้เอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo Motor) ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ในแกน X, Y และ Z โดยมีบอลสกรู (Ball Screw) และรางเลื่อน (Slide Way) หรือรางนำทาง (Guide Way) ควบคุมการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) ของแกนนั้นๆ สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมีลิเนียร์สเกล (Linear Scale) เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบการเคลื่อนที่ หรือเซ็นเซอร์บอกตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแต่ละแกน รูปที่ 9 และ 10 แสดงเครื่องเวอร์ติคัลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์และส่วนประกอบ

อุปกรณ์การเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ หรือ ATC ในเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบแนวตั้ง (Vertical Machining Center : VMC) และแบบแนวนอน (Horizontal Machining Center) สามารถแยกประเภทของ ATC ออกได้เป็น 2 แบบตามลักษณะการจับยึดเครื่องมือ คือ แบบเทอเทียตเครื่องมือ (Tool Turrets) และแบบแม็กกาซีนยึดเครื่องมือ (Tool Magazines) และทั้งสองแบบก็ยังสามารถแยกย่อยออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบโซ่ (Chain Type) และแบบจานหมุน (Carousel Type) (ชาลี ตระการกุล. 2539)



รูปที่ 9 เครื่องเวอร์ติคัลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ที่มา : DMG. (2010). **DMC 635 V / Compact Vertical Machine**. Online.



รูปที่ 10 ส่วนประกอบของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ที่มา : **Heidenhain Presentation.** (2010). หน้า 9.

การรีโทรฟิต

ปัญหาสำคัญที่ทำให้การลงทุนด้วยการสั่งซื้อเครื่องจักรซีเอ็นซีจากต่างประเทศไม่คุ้มค่าเกิดจากพัฒนาการของเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ที่ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ชุดอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง เช่น ชุดควบคุมรวมถึงซอฟต์แวร์ ล้าสมัยหลังจากที่ใช้งานไปได้ไม่นาน จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้ปัจจุบันมีเครื่องซีเอ็นซีจำนวนมากในประเทศไทยที่ถูกตั้งทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้งาน สร้างความสูญเสียให้กับประเทศเป็นอย่างมาก แนวทางการแก้ไขประการหนึ่ง คือ การรีโทรฟิต (Retrofit) โดยการเปลี่ยนชุดอุปกรณ์ที่ล้าสมัยด้วยชุดอุปกรณ์ใหม่ที่สามารถแทนที่ของเดิมได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นของจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรเดิม อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงดังกล่าวเป็นสิ่งที่กระทำได้ไม่ยักง่ายนัก ต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของวิศวกรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่บริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรไม่เปิดเผยข้อมูลทางเทคนิคมากเพียงพอ การปรับเปลี่ยนอาจกระทำได้โดยการสั่งซื้ออุปกรณ์และว่าจ้างวิศวกรจากบริษัทนั้นให้ดำเนินการให้เท่านั้น

นอกจากการรีโทรฟิตจะหมายถึงการเปลี่ยนชุดควบคุมเดิมด้วยชุดใหม่ที่ทันสมัยแล้ว ยังมีความหมายครอบคลุมถึงการพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้แรงคน (Manual) ให้เป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซีด้วย ในกรณีหลังนี้จะกระทำได้ยากกว่าเนื่องจากต้องดัดแปลงส่วนประกอบทางกลของเครื่องจักรให้สามารถรองรับการทำงานแบบอัตโนมัติ

อย่างไรก็ตามการรีโทรฟิตเครื่องซีเอ็นซีเป็นงานที่ยากลำบากและในปัจจุบันยังไม่สามารถคิดค้นอุปกรณ์รีโทรฟิตแบบต่อแล้วใช้งานได้เลย (Plug-and-Play) เนื่องจากเครื่องจักรกลอัตโนมัติโดยทั่วไปถูกออกแบบทางวิศวกรรมมาอย่างประณีต ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรวมส่วนประกอบเข้าด้วยกันอาจสูงกว่าราคาของเครื่องซีเอ็นซีบางเครื่อง ในขณะที่การซื้อเครื่องซีเอ็นซีที่รีโทรฟิตจากบริษัทที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่มี ความชำนาญอย่างแท้จริงอาจทำให้ผู้ประกอบการมีต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นจากการที่ไม่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และชิ้นงานที่ได้ไม่ตรงตามคุณภาพ ด้วยเหตุนี้เองผู้ประกอบการโดยเฉพาะบริษัทที่มีเงินลงทุนสูงจึงมักไม่สนใจซื้อเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่ทำการรีโทรฟิตแล้ว หรือรีโทรฟิตกับเครื่องจักรกลที่ใช้อยู่ ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่เกี่ยวข้องกับการรีโทรฟิตมากที่สุด คือ ชุดควบคุมและชุดขับเคลื่อนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับมอเตอร์แกนต่างๆ ดังรูปที่ 11



iTNC 530
With Modular Inverter and
Motor

รูปที่ 11 ชุดควบคุม ชุดขับเคลื่อนอิเล็กทรอนิกส์และมอเตอร์แกน

ที่มา : **Heidenhain General Catalog.** (2009). หน้า 40.

ในปัจจุบันมีบริษัทที่มีความชำนาญในการรีโทรฟิตเครื่องจักรกลซีเอ็นซีโดยเลือกใช้อุปกรณ์ชั้นนำที่มีคุณภาพซึ่งทำให้ผู้ประกอบการได้เปรียบในด้านต่างๆ ดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอันเนื่องมาจากอัตราป้อนที่สูงขึ้น และมีความแม่นยำในการผลิตที่ดีกว่าของเดิม
2. มีฟังก์ชันใช้งานเพิ่มมากขึ้น
3. ใช้งานง่ายขึ้น เช่น มีการแสดงผลแบบกราฟิก และการจำลองการทำงาน
4. สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนได้ง่ายมีความสามารถในการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น หรือการต่อเป็นเครือข่าย (วโรตม ตูจินดา. 2547)

ประเภทการรีโทรฟิต

ในการรีโทรฟิตขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องจักรกลและฟังก์ชันการทำงานที่ต้องการ นอกจากนี้ยังต้องการทีมงานที่มีความเชี่ยวชาญสูงด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม เราสามารถแบ่งการรีโทรฟิตโดยพิจารณาจากความเสี่ยงของชุดอุปกรณ์และความคุ้มค่าในการประยุกต์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ประกอบการออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

1. การรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน

การรีโทรฟิตแบบพื้นฐานจะเปลี่ยนเฉพาะชุดควบคุมซีเอ็นซีซึ่งเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลที่อุปกรณ์ในระบบควบคุม (Controller) มีปัญหา เช่น หน้าจอ (Monitor) การ์ด (Card) หรือเมนบอร์ด (Main Board) เนื่องจากเกิดการชำรุดเสียหายจากการใช้งานและไม่สามารถซ่อมหรือเปลี่ยนใหม่ได้เนื่องจากผู้ผลิตได้ยกเลิกการผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวเพราะล้าสมัยหรือผลิตรุ่นใหม่แทนซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานร่วมกันได้ ในขณะที่ระบบอื่นๆ เช่น ระบบขับเคลื่อนแกน ระบบแมคคานิค และบอลสกรู (Ball Screw) ยังมีสภาพดีหากได้รับการเปลี่ยนชุดควบคุมซีเอ็นซีจะสามารถนำเครื่องจักรกลเหล่านี้กลับมาใช้งานได้อีกครั้ง การรีโทรฟิตแบบพื้นฐานมีต้นทุนต่ำในขณะที่เดียวกันการทำงานของเครื่องจักรจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่ำเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์และแบบสมบูรณ์ รูปที่ 12 และ 13 แสดงเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ ก่อนและหลังการรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน



รูปที่ 12 เครื่องเวอร์ตคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อนที่จะรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน



รูปที่ 13 เครื่องเวอร์ตคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ผ่านการรีโทรฟิตแบบพื้นฐานโดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด

2. การรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์

การรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์เป็นการเปลี่ยนเฉพาะอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าที่สำคัญ ได้แก่ ชุดควบคุมซีเอ็นซี (ระบบคอนโทรลเลอร์) และมอเตอร์ขับเคลื่อนแกนทั้งหมด

กระบวนการเปลี่ยนหรือปรับปรุงระบบคอนโทรลเลอร์จะดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับการรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน สำหรับระบบขับเคลื่อนแกนซึ่งส่วนใหญ่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นตัวขับเคลื่อน ในเทคโนโลยีเดิมจะมีทั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) และมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ที่มักจะเกิดปัญหาขึ้น เช่น การสึกหรอของหน้าแปรงถ่าน การสึกหรอของลูกปืนที่โรเตอร์ของมอเตอร์ ชิ้นส่วนอะไหล่เหล่านี้หาซื้อยากส่วนใหญ่มักเป็นของมือสอง มีราคาสูงและไม่มีการรับประกันสินค้า การรีโทรฟิตแบบนี้มีต้นทุนในระดับปานกลาง ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานของเครื่องจักรจะอยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน รูปที่ 14 และ 15 แสดงเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อนและหลังการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์

3. การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์

การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์เป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าเกือบทั้งหมด รวมถึงการเปลี่ยนคอนโทรลเลอร์ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนแกนทั้งหมดและบอลสกรูทั้งหมดทำให้เครื่องจักรมีความถูกต้องแม่นยำในการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับเครื่องจักรกลใหม่ โดยที่ผู้ประกอบการใช้งบประมาณลงทุนต่ำกว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่มาก การรีโทรฟิตยังต้องพิจารณาระบบอื่นๆ ที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวเครื่องจักรอีกด้วย เช่น แบบแปลน ระบบของเครื่อง (System Diagram) ระบบลมอัด (Pneumatic System) ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System) และฟังก์ชันที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับเครื่องจักรนั้นๆ การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์ทำให้เครื่องจักรเก่ามีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การรีโทรฟิตสองแบบแรก รูปที่ 16 และ 17 แสดงเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อนและหลังการรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์ การรีโทรฟิตทั้งสามประเภทสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบชนิดการรีโทรฟิตทั้งสามรูปแบบ

ชนิดการทำ Retrofit	อุปกรณ์ที่เปลี่ยน	ความสำเร็จ	ราคาลงทุน	แบบไฟฟ้า ที่ติดมากับเครื่อง
แบบพื้นฐาน	เปลี่ยนคอนโทรลเลอร์อย่างเดียว	น้อย	ต่ำ	ต้องมี
แบบกึ่งสมบูรณ์	เปลี่ยนคอนโทรลเลอร์, เซอร์โวไดรฟ์ และเซอร์โวมอเตอร์	ปานกลาง	ปานกลาง	ควรมี
แบบสมบูรณ์	เปลี่ยนคอนโทรลเลอร์, เซอร์โวไดรฟ์ เซอร์โวมอเตอร์ และบอลสกรู	สูง	สูง	ไม่มี

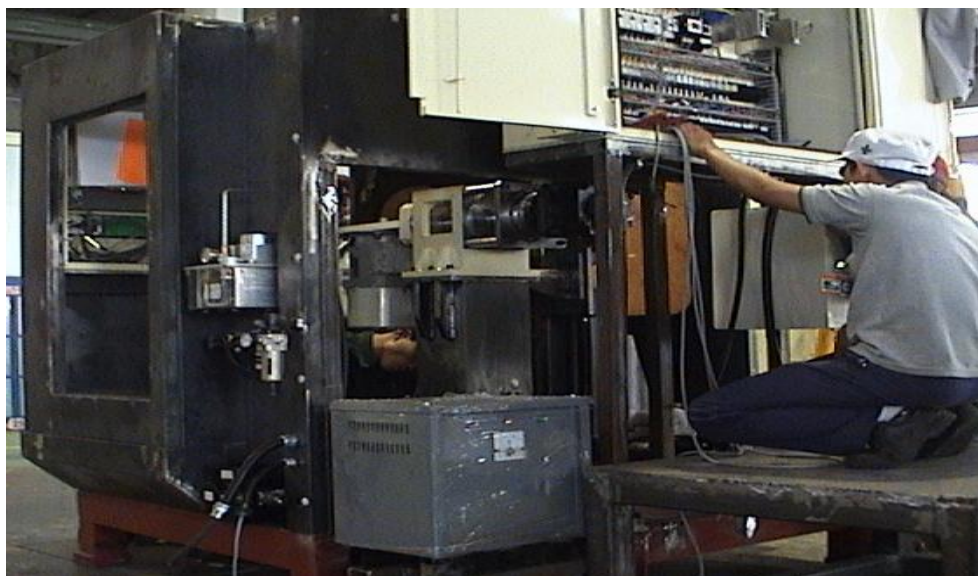
ที่มา : บริษัท ที.ดี.เอ็ม. (2553). ชนิดการรีโทรฟิต. ออนไลน์.



รูปที่ 14 เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อนที่จอร์โทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์



รูปที่ 15 เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์โดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด



รูปที่ 16 เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบ 5 มิติที่อยู่ระหว่างการรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์



เปลี่ยนทุกระบบทั้งทางไฟฟ้า ทางกล และส่วนควบคุม

รูปที่ 17 เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบ 5 มิติ ที่ผ่านการรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์โดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด

ขั้นตอนการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ในการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์มีขั้นตอนดำเนินการ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเลือกสรรเครื่องจักรและการเตรียมการขั้นต้น

องค์ประกอบประการแรกของความสำเร็จ คือ การรู้จักเครื่องจักรที่ต้องการรีโทรฟิต กรณีที่เป็นเครื่องจักรแบบอัตโนมัติและยังสามารถทำงานได้ตามปกติเพียงแค่ชุดควบคุมและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เริ่มล้าสมัย อีกทั้งยังมีคู่มือการใช้งานและข้อมูลทางเทคนิคพร้อมจะทำให้มีอุปสรรคในการรีโทรฟิตลดลง สถานการณ์เช่นนี้พบได้ไม่บ่อยนักเนื่องจากผู้จัดการจะไม่ยอมสั่งหยุดเครื่องจักรที่ยังทำงานได้ดีเพียงพอเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ดังนั้นเครื่องจักรที่นำมารีโทรฟิตจึงมักเป็นเครื่องจักรที่ชำรุด หรือบางครั้งผู้ประกอบการอาจเลือกซื้อเครื่องจักรจากร้านค้าของเก่าที่ใช้งานไม่ได้และไม่มีคู่มือใดๆ การรีโทรฟิตในลักษณะเช่นนี้จะกระทำได้ยากที่สุด แต่หากว่าสามารถทำได้จะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าทีเดียว

เมื่อเลือกเครื่องจักรได้แล้วจะตรวจสอบว่าต้องเปลี่ยนอุปกรณ์อะไรบ้าง การตัดสินใจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุของเครื่อง ชนิดของมอเตอร์และชุดขับ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานรวมถึงพิจารณาการใช้งานร่วมกันได้ระหว่างชุดขับมอเตอร์กับชุดควบคุมที่จะนำมาเปลี่ยน เป็นต้น ในกรณีที่ต้องการเก็บอุปกรณ์ไฟฟ้าและมอเตอร์ของเดิมไว้จำเป็นต้องเขียนแผนผังการเดินสายไฟต่างๆ (กรณีที่ไม่มีระบุไว้ในคู่มือของเครื่อง) ก่อนทำการรื้อเครื่องเพื่อปรับปรุงและฟื้นฟูสภาพทางกล ขั้นตอนนี้อาจไม่จำเป็นสำหรับโครงเครื่องใหม่หรือเครื่องจักรที่ยังสภาพดี แต่สำหรับเครื่องจักรที่เก่ามากๆ ดังเช่น เครื่องกัดในรูปที่ 18 อาจต้องทำการถอดแยกเป็นชิ้นและทำความสะอาดจัดแสดงในรูปที่ 19 จากนั้นจึงทำการปรับปรุง โดยฟันสีใหม่ เปลี่ยนบอลสกรู (Ball Screws) เป็นต้น ในบางครั้งชิ้นส่วนทางกลอาจต้องมีการดัดแปลงหรือเพิ่มเติมเข้าไป เช่น ในกรณีที่เปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ที่แตกต่างกันของเดิมอาจต้องทำการออกแบบหน้าแปลนตรงส่วนที่จะประกอบมอเตอร์เข้ากับเครื่องใหม่

ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรอาจมีรายละเอียดแตกต่างกันไปตามแต่กรณีซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของวิศวกรและช่างที่รับผิดชอบการรีโทรฟิต

2. การเลือกเซอร์โวมอเตอร์ และชุดขับ

เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบใช้แปรงถ่านจะมีราคาถูกกว่าและควบคุมได้ง่าย แต่จะมีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการอาร์คที่คอมมิวเตเตอร์ อีกทั้งมีขนาดใหญ่และต้องทำการบำรุงรักษา หากต้องการแก้ไขจุดด้อยดังกล่าววิศวกรอาจเลือกใช้มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านซึ่งราคาจะสูงกว่าแทนได้ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับคุณภาพสูงของบริษัทไฮเดนฮาน แสดงไว้ในรูปที่ 20



รูปที่ 18 เครื่องจักรเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่จะรีโทรฟิต



รูปที่ 19 การถอดชิ้นส่วนออกเพื่อทำความสะอาดและตกแต่ง



iTNC 530
With Modular Inverter and
Motor

รูปที่ 20 ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์รีโทรฟิต (ชุดควบคุม ชุดขับเคลื่อนอิเล็กทรอนิกส์ และมอเตอร์แกน)

ที่มา : **Heidenhain General Catalog**. (2009). หน้า 40.

การคำนวณขนาดของเซอร์โวมอเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดของโหลดเป็นขั้นตอนที่สำคัญ การใช้มอเตอร์ขนาดเล็กเกินไปทำให้มีแรงบิดไม่เพียงพอในการขับเคลื่อนส่วนประกอบทางกล เป็นผลให้มอเตอร์ไหม้หรือมีอายุการใช้งานสั้น การใช้มอเตอร์ใหญ่เกินไปทำให้เครื่องมีขนาดและน้ำหนักมากและราคาสูงเกินความจำเป็น

ในทางปฏิบัติการเลือกซื้อมอเตอร์และชุดขับจากผู้ผลิตชั้นนำ บริษัทผู้ผลิตจะมีคู่มือในการเลือกมอเตอร์แต่ละรุ่นเตรียมไว้ให้

3. การติดตั้งระบบเซอร์โวและระบบไฟฟ้า

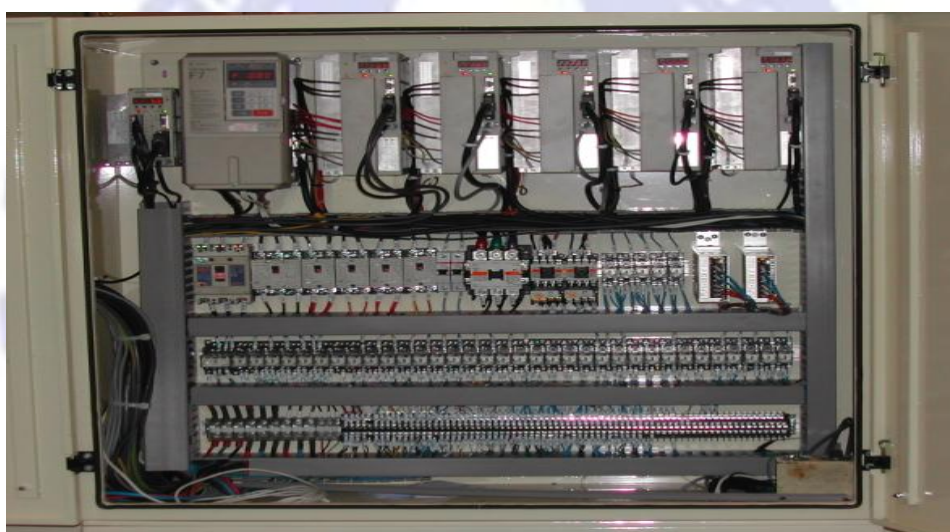
นอกเหนือจากการเลือกฟักัดและคุณสมบัติของมอเตอร์และชุดขับให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรีโทรฟิตระบบไฟฟ้าเชิงกล คือ การยึดติดและติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้รวมถึงการเดินสายไฟฟ้ากำลังและสายสัญญาณอย่างเป็นระบบเพื่อลดการรบกวนระหว่างอุปกรณ์กำลังและสายสัญญาณ

การติดตั้งมอเตอร์ต้องมีการตั้งศูนย์ (Alignments) แกนเพลลาที่เชื่อมต่อกับโหลด จะต้องติดตั้งให้ตรงตำแหน่งพอดีและแกนวางในแนวที่ตรงศูนย์ รวมทั้งต้องวางให้พอดีกับหน้า

แปลนที่รองรับ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาสภาพแวดล้อมในการทำงานว่าเหมาะสมกับชนิดของมอเตอร์ที่เลือกใช้หรือไม่



รูปที่ 21 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 22 การติดตั้งชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ด้านหลังเครื่องซีเอ็นซี

4. การเลือกชุดควบคุม

ปัจจัยหลักในการตัดสินใจเลือกชุดควบคุมที่จะนำมาใช้โทรฟิต คือ ต้องสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ทั้งของเดิมและส่วนที่เพิ่มเข้ามาได้ กรณีที่เลือกชุดควบคุมแบบจำเพาะจำเป็นต้องศึกษาให้แน่ใจว่าสามารถอินเทอร์เฟสกับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องซึ่งอาจเป็น

ผลิตภัณฑ์ของบริษัทอื่น นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพ ราคา ความเชื่อถือได้ การบริการหลังการขายด้วย

ชุดควบคุมที่นิยมใช้ในเครื่องซีเอ็นซีเป็นแบบมีแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตัวประมวลผลพร้อมฮาร์ดแวร์สนับสนุน ปุ่มกด สวิตช์ต่างๆ และแสดงผลประกอบอยู่ในกล่องเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 23 ข้อดีของชุดควบคุมแบบนี้ คือ มีส่วนหน้าจอแสดงผล โปรเซสเซอร์บอร์ด พีแอลซีบอร์ด คอนเน็คเตอร์ และส่วนสำคัญอื่นๆ อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดควบคุม



รูปที่ 23 ชุดควบคุมที่เลือกใช้ในการรีโทรฟิต

ที่มา : Heidenhain TNC320 Catalog. (2008). หน้า 30.

นอกเหนือจากคุณสมบัติพื้นฐาน เช่น ความเชื่อถือได้และใช้งานง่ายแล้ว การที่ชุดควบคุมสมรรถนะสูงในปัจจุบันจะสามารถทำงานกัตชี้นงานด้วยความเร็วสูงและมีความแม่นยำสูงได้จำเป็นต้องอาศัยคุณสมบัติเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

4.1 มีช่วงเวลาวัฏจักรเซอร์โว (Servo Cycle Time) สั้น ซึ่งหมายถึงเวลาในการส่งสัญญาณ และคำนวณตัวแปรควบคุมของระบบป้อนกลับช่วงเวลาวัฏจักรเซอร์โวที่พบบ่อยคือ ประมาณ 3 มิลลิวินาที แต่ถือว่ายาวเกินไปสำหรับการจะกัดคอนทัวร์ (Contour) อย่างแม่นยำด้วยความเร็วสูง ชุดควบคุมซีเอ็นซีที่มีสมรรถนะสูงจะมีช่วงเวลาวัฏจักรเซอร์โวล้นกว่านี้มาก เช่น 0.1 มิลลิวินาที

4.2 มีฟังก์ชันอ่านคำสั่งล่วงหน้า (Look-Ahead) ชุดควบคุมสมรรถนะสูงสามารถอ่านคำสั่งโปรแกรมการทำงานล่วงหน้าได้หลายๆ คำสั่ง มีประโยชน์ในการแก้การโอเวอร์ชูตในกรณีที่ทิศทางการกัดมีการเปลี่ยนแปลงกะทันหันโดยการลดอัตราการป้อนลงหรือช่วยทำให้บริเวณขอบชิ้นงานมีมุมที่เรียบกว่าเดิม

4.3 สามารถขยายระบบหรือเพิ่มขีดความสามารถได้ง่าย ข้อนี้เป็นสมบัติโดยตรงของชุดควบคุมแบบใช้เครื่องพีซี เช่น การขยายหน่วยความจำหรือการเชื่อมต่อเครือข่ายกระทำได้โดยง่าย

4.4 มีฟังก์ชันการคำนวณคณิตศาสตร์ขั้นสูง ตัวอย่างที่สำคัญ คือ การประมาณค่าในช่วงของส่วนโค้ง (Curve Interpolation) ชุดควบคุมแบบพื้นฐานจะใช้วิธีแทนส่วนโค้งด้วยเส้นตรงขนาดเล็กๆ มาต่อกัน แต่ชุดควบคุมขั้นสูงจะแทนส่วนโค้งด้วยฟังก์ชันเหมือนพหุนาม ทำให้สามารถสร้างส่วนโค้งได้ด้วยคำสั่งบล็อกเดียว แทนที่จะต้องประมาณด้วยคำสั่งเส้นตรงจำนวนมาก ดังนั้น เอ็นซีโปรแกรมจะมีขนาดสั้นและแม่นยำกว่า

5. การติดตั้ง และปรับแต่งชุดควบคุม

เมื่อได้ชุดควบคุมแบบที่ต้องการแล้ว สิ่งที่ต้องดำเนินการต่อคือศึกษาการใช้งาน ผู้ผลิตชุดควบคุมชั้นนำหลายบริษัทจะมีหลักสูตรอบรมการใช้งานเบื้องต้นให้กับลูกค้าที่สั่งซื้อซึ่งอาจจะมีค่าใช้จ่ายแต่เป็นการลงทุนที่คุ้มค่ากว่าการจ้างผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทมาติดตั้งให้ เพราะพนักงานที่ผ่านการอบรมสามารถกลับมาถ่ายทอดให้กับผู้อื่นได้

ในขั้นการทดลองใช้งานชุดควบคุมจะต้องดำเนินการทดสอบกับมอเตอร์และชุดขับ และชุดเซอร์โวอื่นๆ (ที่ควบคุมการทำงานได้) บางบริษัทมีชุดเดโม (Demonstration) เป็นชุดทดลองมีมอเตอร์เล็กๆ และเอ็นโค้ดเดอร์อ่านค่าตำแหน่ง เป็นอุปกรณ์ฝึกอบรมและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และสามารถใช้ทดสอบชุดเซอร์โวได้ สิ่งที่สำคัญ คือ เซอร์โวมอเตอร์จะต้องไม่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ทางกลใดๆ หากจะทดลองกับมอเตอร์ที่ยึดบนเครื่องซีเอ็นซีแล้วจะต้องทำการถอดส่วนที่ต่อประสานกับกลไกขับเคลื่อนเครื่องออกก่อนเพื่อความปลอดภัยและป้องกันความเสียหาย ในรูปที่ 24 วิศวกรของบริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด ร่วมกับวิศวกรของบริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโพรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด กำลังส่งข้อมูลพีแอลซีจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กไปยังชุดควบคุมที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ และปรับแต่งพารามิเตอร์ของชุดควบคุมบนเครื่องจักรที่รีโพรฟิต



รูปที่ 24 การปรับแต่งพารามิเตอร์ชุดควบคุมและเขียนคำสั่ง PLC

6. การทดสอบการทำงาน

6.1 ทดสอบการทำงานแบบวงจรเปิด (Open Loop)

หลังจากติดตั้งชุดควบคุมและซอฟต์แวร์ รวมถึงต่อสายสัญญาณกับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และเอ็นโค้ดเดอร์เรียบร้อยแล้ว ให้ทดสอบง่ายๆ ด้วยการใช้คำสั่งประเภทวงจรเปิด ซึ่งจะเป็นเพียงการส่งแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งให้กับชุดขับให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทางหนึ่งโดยไม่สนใจกับการป้อนกลับค่าตำแหน่ง ในการทดสอบจะต้องมองเห็นว่ามอเตอร์ของแกนที่สั่งงานทำงานตามที่สั่ง ถ้าพบว่ามอเตอร์ไม่หมุนโดยที่ชุดขับไม่มีการแจ้งเตือนสถานะใดๆ ให้ลองตรวจสอบว่าได้ตั้งค่าตัวแปรในชุดควบคุมไว้ถูกต้องหรือไม่

6.2 ทดสอบการทำงานวงจรปิด (Closed Loop)

หลังจากผ่านการทดสอบแบบวงจรเปิดแล้ว จะเริ่มทำการปิดวงจรของระบบควบคุมป้อนกลับ ในสภาพการทำงานที่ถูกต้องของระบบป้อนกลับคือค่าตำแหน่งของมอเตอร์จะต้องตรงตามค่าคำสั่งที่เราป้อน (Key In) โดยจะมีตัวเอ็นโค้ดเดอร์เป็นตัวนับรอบหรือมีตัวลิเนียร์สเกลเป็นตัวบอกตำแหน่งระยะทางของการเคลื่อนที่ซึ่งทั้งสองกรณีนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคการออกแบบและความต้องการความแม่นยำในการวัดเป็นหลัก

6.3 ทดสอบความเที่ยงตรงด้วยเครื่องเลเซอร์ (Accuracy Laser Test)

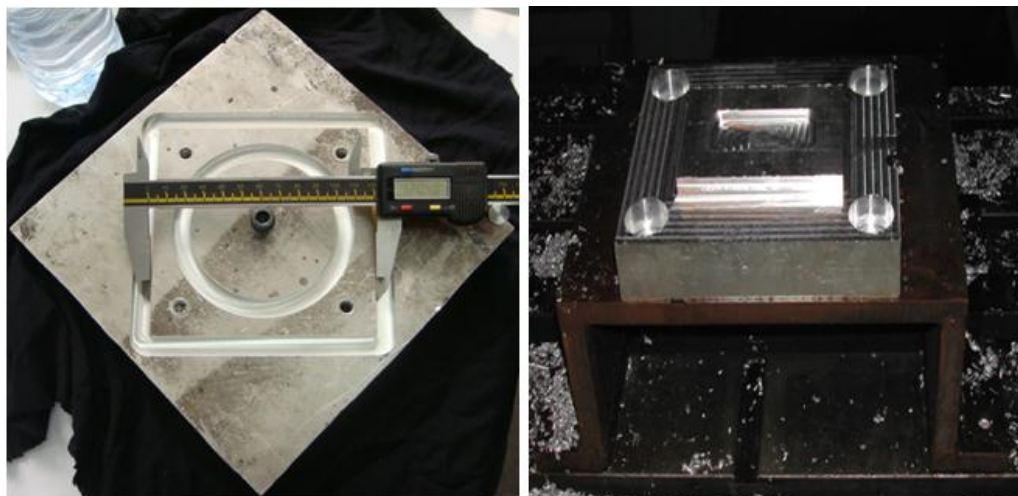
การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังจากการรีโทรฟิตส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานหรือเจ้าของเครื่องเป็นหลัก เพราะบางกรณีเจ้าของเครื่องต้องการผลทดสอบไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงในระบบมาตรฐานตามข้อกำหนดต่างๆ เช่น ISO แต่ในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้ไม่มีขั้นตอนการทดสอบความเที่ยงตรงด้วยเลเซอร์ เนื่องจากเจ้าของเครื่องจักรหรือผู้ใช้งานต้องการทดสอบความเที่ยงตรงโดยตรงด้วยการกัดชิ้นงาน (Test Cut) ซึ่งจะอธิบายในข้อ 6.4 ต่อไป



รูปที่ 25 การทดสอบความเที่ยงตรงด้วยเครื่องเลเซอร์ (Accuracy Laser Test)

6.4 ทดสอบความเที่ยงตรงโดยการกัดชิ้นงาน (Test Cut)

การทดสอบแบบนี้เป็นที่นิยมและสำคัญมากสำหรับการทดสอบหลังจากการรีโทรฟิตเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพราะการทดสอบแบบกัดชิ้นงานนี้ทำให้ทราบได้ว่าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ตัวนี้มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยอ้างอิงเกณฑ์จากคุณภาพของชิ้นงานที่กัดออกมาเป็นหลัก ในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ใช้วิธีการทดสอบด้วยการกัดชิ้นงานด้วยเช่นกัน



รูปที่ 26 การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องจักรโดยการกัดชิ้นงานเพื่อวัดผลทดสอบ

ต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา

ต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา (Time-Driven Activity-Based-Costing หรือ TDABC) เป็นวิธีการวัดต้นทุนและความสามารถในการทำกำไรโดยดึงข้อมูลที่มีอยู่ในระบบมาใช้ งาน การคิดต้นทุนแบบ TDABC ช่วยให้ประหยัดเวลาและงบประมาณในการดำเนินงานและสามารถจัดกระบวนการที่ไร้ประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์และลูกค้าที่ไม่สร้างผลกำไร รวมถึงกำลังการผลิตส่วนเกินได้

TDABC เป็นตัวแบบในการปรับปรุงระบบการบริหารต้นทุน ทำให้บริษัทมีสารสนเทศที่เที่ยงตรงเกี่ยวกับต้นทุนเพื่อใช้ประเมินความสามารถในการทำกำไรและใช้จัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการปรับปรุงกระบวนการ รวมทั้งใช้บริหารความสัมพันธ์กับลูกค้าในแนวทางที่สามารถสร้างผลกำไรให้แก่บริษัทได้

ขั้นตอนการคำนวณต้นทุนด้วยตัวแบบ TDABC ใช้วิธีการจัดสรรปันส่วนต้นทุนทรัพยากรให้แก่กิจกรรมก่อนที่จะผลักต้นทุนทรัพยากรนั้นลงไปถึงสิ่งที่ต้องการคิดต้นทุนโดยตัดลดการสำรวจและสัมภาษณ์พนักงานซึ่งเป็นขั้นตอนที่เป็นอัตวิสัยของบุคคล (Subjective) ออกไป ตัวแบบ TDABC ใช้หลักการปันส่วนต้นทุนทรัพยากรให้กับสิ่งที่ต้องการคิดต้นทุนโดยตรงโดยอาศัยการประเมินสองชุด ได้แก่

ข้อมูลชุดแรก TDABC จะคิดต้นทุนในการจัดทำกำลังการผลิตจากทรัพยากรขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นผู้ปฏิบัติงาน หัวหน้าพนักงาน สถานที่ปฏิบัติงาน อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่จัดให้แก่กระบวนการ

ข้อมูลชุดที่สอง TDABC จะใช้อัตราต้นทุนกำลังการผลิตเพื่อผลักดันต้นทุนทรัพยากรของแผนกไปที่สิ่งที่ต้องการคิดต้นทุนโดยใช้การประมาณการอุปสงค์หรือความต้องการใช้กำลังการผลิตจากทรัพยากรที่แต่ละงานจำเป็นต้องใช้

เราสามารถปรับปรุงตัวแบบ TDABC ให้ทันสมัยโดยยึดตามกรณี (เหตุการณ์) ที่เกิดขึ้นได้ นวัตกรรมของตัวแบบ TDABC ใช้เวลาเป็นตัวผลักดันต้นทุนจากทรัพยากรไปถึงสิ่งที่ต้องการคิดต้นทุนโดยตรง (แคปแลนด์ ; และ แอนเดอร์สัน. 2552)

1. การประเมินเวลาของกระบวนการ

TDABC ประเมินความต้องการกำลังการผลิตจากทรัพยากร โดยเฉพาะเวลาโดยใช้วิธีการสร้างสมการเวลา TDABC ใช้เวลาเป็นตัวผลักดันต้นทุนพื้นฐานเนื่องจากทรัพยากรส่วนใหญ่ เช่น บุคลากรและอุปกรณ์เครื่องจักร มีสมรรถนะหรือกำลังการผลิตซึ่งสามารถวัดได้ด้วยจำนวนเวลาปฏิบัติงานของบุคลากรหรือเวลาในการใช้งานอุปกรณ์และเดินเครื่องจักร TDABC ใช้หลักวิศวกรรมอุตสาหกรรมแบบผ่องปรนซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสังเกตการณ์โดยตรง การรวบรวมเวลาที่ต้องใช้ในการทำธุรกรรมที่เหมือนกัน 50-100 ครั้ง และคำนวณเวลาโดยเฉลี่ย การสัมภาษณ์หรือการสำรวจพนักงาน การใช้ประโยชน์จากแผนผังกระบวนการที่มีอยู่ หรือการกะประมาณเวลา ไม่ว่าจะใช้วิธีเก็บรวบรวมเวลาของกระบวนการแบบใดก็ตามจะต้องมั่นใจว่าค่ากะประมาณของ TDABC สอดคล้องกับสถานการณ์จริง ข้อดีของ TDABC คือเกิดขึ้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานซึ่งใช้จับเวลาที่ต้องใช้ทำกิจกรรมแต่ละอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อให้เข้าใจการประเมินเวลาของกระบวนการด้วยสมการเวลาในเชิงคณิตศาสตร์ เราสามารถแสดงสมการเวลาในรูปของพีชคณิตได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{เวลาดำเนินการ} &= \text{ผลรวมของเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมแต่ละอย่าง} \\ &= (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 \dots + \beta_i X_i)\end{aligned}$$

โดยที่ β_0 เป็นเวลามาตรฐานในการทำกิจกรรมพื้นฐาน (เป็นนาที)

β_i เป็นเวลาโดยประมาณในการทำกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นไปจนถึง i (เป็นนาที)

X_i เป็นจำนวนของกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นไปจนถึง i (เป็นจำนวน)

ในการจัดทำสมการเวลาจะเริ่มต้นงานในระดับง่าย ๆ ด้วยการกะประมาณเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ปฏิบัติงานในกระบวนการซึ่งในสมการเวลาเรียกว่า β

$$\text{เวลาของกระบวนการพื้นฐาน} = \beta_0$$

ในขั้นตอนถัดไปหากมีการเพิ่มกรณี (เหตุการณ์) สำคัญที่ทำให้เวลาของกระบวนการเพิ่มขึ้น เช่น เวลาปกติในการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนการนำชิ้นงานใส่ที่จับยึดและการกัดชิ้นงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี และให้ $\beta_1 \dots \beta_i$ เป็นเวลาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจากการกัดชิ้นงาน หรือเป็นเวลารวมในการกัดชิ้นงานต่อหนึ่งชิ้น เช่น ชิ้นงานชิ้นที่หนึ่งถึงสิบ $X_1 \dots X_i$ เป็นจำนวนรายการชิ้นงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการในการกัดชิ้นงาน

2. อัตราต้นทุนกำลังการผลิต

การวัดต้นทุนในการจัดทำกำลังการผลิตจากทรัพยากรของแผนกหนึ่งๆ เป็นการคิดต้นทุนตัวที่สอง (ที่ต่อจากตัวแรก คือ เวลา) ในตัวแบบต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา อัตราต้นทุนกำลังการผลิตจะคำนวณจากสัดส่วนต้นทุนต่อกำลังการผลิตที่ยอมรับได้ ในการคำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิตตัวเลขที่เป็นตัวตั้งต้องรวมเอาต้นทุนทรัพยากรทั้งหมดที่จัดเตรียมให้แก่พนักงานแต่ละคน หรืออุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติงานให้เกิดสัมฤทธิ์ผลเข้าไว้ด้วยกัน ทั้งนี้ต้นทุนทรัพยากรจะครอบคลุมถึงค่าตอบแทนทั้งหมดที่จ่ายให้แก่พนักงานผู้ปฏิบัติงานและหัวหน้างาน ต้นทุนอุปกรณ์ปฏิบัติงาน ต้นทุนสถานที่ปฏิบัติงาน และต้นทุนทางอ้อมของแผนกสนับสนุนซึ่งสามารถติดตามต้นทุนไปจนถึงระดับเข้าแผนกหรือกระบวนการและผู้ปฏิบัติงานของแผนกหรือกระบวนการนั้นได้ บริษัทมีทางเลือกในการปรับปรุงต้นทุนอุปกรณ์ที่บันทึกในงบการเงินอย่างเป็นทางการโดยการปรับปรุงต้นทุนทดแทนและต้นทุนของเงินทุน ในกรณีที่แผนกนั้นมีกระบวนการปฏิบัติงานหลายกระบวนการและแต่ละกระบวนการต้องใช้ส่วนผสมของทรัพยากรที่แตกต่างกัน ในเบื้องต้นแผนกจะต้องจัดสรรค่าใช้จ่ายของแผนกให้กับกระบวนการหลักๆ ก่อนการคิดอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของแต่ละกระบวนการ

ตัวเลขที่เป็นตัวหาร ในการคำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของแผนกหรือกระบวนการจะต้องเป็นกำลังการผลิตที่ยอมรับได้จากทรัพยากรที่ใช้ปฏิบัติงาน กำลังการผลิตที่ยอมรับได้สามารถประมาณได้ด้วยการหักลบเวลาหยุดพักผ่อน ผักผ่อน ฝึกอบรม ศึกษาเพิ่มเติม รวมทั้งเวลาซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องจักรออกจากกำลังการผลิตในเชิงทฤษฎี

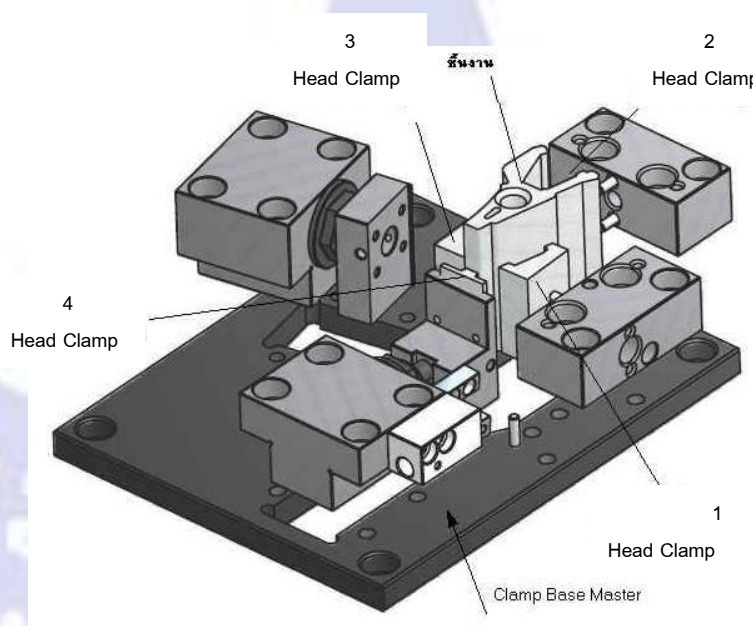
ค่าที่ได้เป็นอัตราต้นทุนกำลังการผลิตโดยวัดเป็นจำนวนเงินต่ออนาที จำนวนเงินต่อลูกบาศก์เมตร จำนวนเงินต่อกิโลกรัม หรือจำนวนเงินต่อกิกะไบต์ เป็นต้น

เฮดแคลม

เฮดแคลม (Head Clamp) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยจับยึดชิ้นงานติดตั้งอยู่บนแคลมเบสเมสเตอร์ (Clamp Base Master) ภายในแคลมเบสเมสเตอร์ 1 ชุดจะประกอบด้วยเฮดแคลม 4 ชิ้น และแต่ละชิ้นออกแบบไม่เหมือนกันเพื่อให้เหมาะสมกับการจับยึดชิ้นงาน การทำงานของแคลมเบสเมสเตอร์จะใช้หลักการของกระบอกไฮดรอลิกดันเฮดแคลม จากนั้นชิ้นงานจะถูกป้อนมาจากด้านล่างแบบอัตโนมัติ วัสดุที่นำมาทำเฮดแคลมเป็นเหล็กเครื่องมือ

(Material Grade : N695) ส่วนค่าสเปคหลังจากกัดออกมาเป็นชิ้นงานแล้วค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ต้องไม่เกิน 10 ไมครอน

ในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้จะกัดเฮดแคลมเป็นชิ้นงานทดสอบฟังก์ชันและความเที่ยงตรงในการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์เนื่องจากเฮดแคลมจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์จับยึดที่ต้องการความแม่นยำสูง ถ้าเฮดแคลมที่ผลิตออกมาคุณภาพไม่ดี ไม่ได้ตามสเปคแล้วจะส่งผลให้ไม่สามารถจับยึดชิ้นงานต่างๆ ในขั้นตอนใช้งานได้ หรืออาจจับยึดชิ้นงานเหล่านั้นไม่ได้ เฮดแคลมจึงเป็นชิ้นงานที่มีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบในครั้งนี้



รูปที่ 27 เฮดแคลม (Head Clamp) ติดตั้งอยู่บนแคลมเบสมาสเตอร์ (Clamp Base Master)

ที่มา : Head Clamp Drawing. (2010). หน้า 1.

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิษณุ รัตนะ (2550) ได้ศึกษาวิจัยการพัฒนาหน่วยการผลิตอัตโนมัติสำหรับห้องปฏิบัติการแคด/แคม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องจักรให้สามารถสื่อสารสัมพันธ์กันได้ จัดเป็นการพัฒนาไปสู่เซลล์การผลิตอัตโนมัติ ซึ่งช่วยให้เป็นระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และเป็นการเพิ่มศักยภาพของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ อุตสาหกรรมร่วมกับเครื่องกัดซีเอ็นซีในการใส่และถอดชิ้นงาน เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเซลล์การผลิตแบบอัตโนมัติ ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดการสื่อสารกันระหว่างเครื่องจักรซีเอ็นซีและหุ่นยนต์จึงมีความสำคัญ

และเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ จากการออกแบบและพัฒนาระบบการเปิด-ปิด ประตู ระบบการจับยึดชิ้นงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีด้วยระบบนิวแมติกส์ รวมถึงวงจรการเชื่อมโยง ข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม และเขียนโปรแกรมทดสอบโดยใช้ M-function พบว่า เครื่องกัดซีเอ็นซีสามารถรับและส่งสัญญาณกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้อย่าง สัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซี และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นเซลล์การ ผลิตเดียวกันและสามารถขยายผลไปสู่ระบบการผลิตอัตโนมัติแบบยืดหยุ่นได้ในอนาคต

กิตติพงศ์ เอกไชย (2552) หัวหน้าโครงการ ได้ศึกษาวิจัยระบบควบคุมเครื่องกัด อัตโนมัติมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกัดอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้มากใน อุตสาหกรรม การพัฒนาชุดควบคุมนี้จะเป็นการพัฒนาต่อยอดจากโครงการระบบคอมพิวเตอร์ ควบคุม การผลิตอัตโนมัติ โดยใช้การ์ดควบคุม DSP ที่ทีมวิจัยได้พัฒนาขึ้นมาเมื่อปี 2549-2550 สามารถใช้ควบคุมเครื่องจักรที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ ชุดควบคุมที่จะพัฒนาขึ้นมานี้จะเป็นชุด ควบคุมสำเร็จรูป ที่ผู้ใช้สามารถนำไปประกอบกับเครื่องจักรได้ง่าย โครงการนี้ได้รับความ ร่วมมือจาก สถาบันไทย-เยอรมัน กรมอาชีวศึกษา โดยเนคเทคจะเป็นผู้พัฒนาระบบควบคุม สถาบันไทย-เยอรมันให้คำปรึกษา และกรมอาชีวศึกษาส่งนักศึกษาเข้าร่วมโครงการเพื่อให้สามารถนำ ระบบควบคุมไปใช้ สำหรับงานรีโพรไฟต์เครื่องจักรที่สถาบันการศึกษาได้ต่อไป



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

ในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้ศึกษาแบ่งแผนการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. ศึกษาสภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์และการรีโทรฟิต
2. ศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น
3. ศึกษาต้นทุนเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจาก 4 ประเทศ

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

ผู้ศึกษาแบ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาออกเป็น 2 ประเภท

1. เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิต (ใช้คำเรียกแทนว่า เครื่อง A)

เนื่องจากการศึกษาการรีโทรฟิตเครื่องจักรซีเอ็นซีแต่ละเครื่องมีค่าใช้จ่ายที่สูงมากและยังมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาของการศึกษาสารนิพนธ์ ผู้ศึกษาจึงเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sample) เพียง 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้ศึกษาโดยพิจารณาจากความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลจำเพาะและเชิงลึกของการรีโทรฟิตเครื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ และการมีส่วนร่วมในทีมงานปฏิบัติการรีโทรฟิต

2. เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ (ใช้คำเรียกแทนว่า เครื่อง B)

ผู้ศึกษาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเชิงเปรียบเทียบ 2 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่และด้านต้นทุนโดย มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ ผู้ศึกษาเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงเพียง 1 ตัวอย่าง โดยเลือกศึกษาเปรียบเทียบกับเครื่องที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากสามารถเข้าถึงการใช้งานเครื่องเพื่อทดสอบการกัดชิ้นงานเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตได้

2.2 การศึกษาต้นทุนเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ ผู้ศึกษาเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง 4 ตัวอย่าง จาก 4 ประเทศ แบ่งโดยใช้เกณฑ์ราคา

เครื่องจักรออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มราคาสูงเป็นเครื่องจักรที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศเยอรมนี และกลุ่มราคาต่ำเป็นเครื่องจักรนำเข้าจากประเทศไต้หวันและประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้ศึกษาเลือกประเทศที่ผลิตเครื่องจักรโดยพิจารณาจากวิทยาการและความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ของประเทศทั้งสี่ และเลือกโดยกระจาย 3 ทวีป ได้แก่ ทวีปเอเชีย ทวีปยุโรป และทวีปอเมริกา แต่เนื่องจากพลวัตของการเปลี่ยนแปลงมากมายในโลกปัจจุบัน การค้าระหว่างประเทศจึงเป็นตลาดเสรีที่มีการแข่งขันกันในด้านราคาอย่างรุนแรง ดังนั้นผู้บริโภคหรือลูกค้าจึงมีทางเลือกในด้านราคาของเครื่องจักรใหม่ที่นำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นด้วย

เครื่องมือและวิธีการในการรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาได้แบ่งเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลโดยแยกตามประเภทของข้อมูลที่ต้องการได้เป็น 5 ชนิดและมีวิธีการเก็บรวบรวมดังนี้

1. สภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิต แหล่งที่มาของข้อมูลสภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่ต้องการรีโทรฟิตประกอบด้วยคู่มือพิกตเครื่อง (Machine Specification) คู่มือการใช้เครื่อง (Operation Manual) และคู่มือไฟฟ้า (Electrical Manual) ที่มากับเครื่องจักร ผู้ศึกษาดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยการสอบถาม จดบันทึกและทำสำเนาคู่มือเดิมไว้

2. ข้อจำกัดหรือพิกตของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

แหล่งที่มาของข้อมูลของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ เว็บไซต์ของบริษัท Pinnacle, Okuma, Hass และบริษัท DMG ผู้ศึกษาดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยการอ่าน วิเคราะห์และสังเคราะห์

3. การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

ผู้ศึกษาใช้เกณฑ์มาตรฐานของเทคโนโลยีซีเอ็นซี (ชาลี ตระการกุล. 2539) เพื่อทดสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์และเกณฑ์คุณภาพของชิ้นงานเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ และได้เข้าดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องโดยการกัดชิ้นงานเฮดแคลมจำนวน 10 ชิ้น ด้วยเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และดำเนินการวัดเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลมของเครื่องเวอร์ติคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ทั้งสองเครื่อง

4. การประเมินเวลาของกระบวนการก่ตั้งงานเฮดแคลม

ผู้ศึกษาได้ใช้หลักการประเมินเวลา (Time Estimates) ในตัวแบบต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา (TDABC) จัดทำสมการเวลาของกระบวนการก่ตั้งงานเฮดแคลมเพื่อวัดเวลาที่ใช้ก่ตั้งงานและเป็นข้อมูลสำหรับศึกษาต้นทุนเชิงเปรียบเทียบ

5. การคิดต้นทุนโดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าสนใจจากต่างประเทศ

ผู้ศึกษาได้ใช้หลักการคิดต้นทุนรวมโดยใช้ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันในตัวแบบต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา (TDABC) เพื่อการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิตจากเครื่องจักรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา โดยแยกศึกษาเป็น

5.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost หรือ FC)

เป้าหมายในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้ศึกษาต้องการศึกษามูลค่าการลงทุนในเครื่องจักรเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าสนใจจากต่างประเทศ ดังนั้นในการคิดต้นทุนคงที่ ผู้ศึกษาจะใช้ต้นทุนของเครื่องจักรโดยกำหนดให้มีอายุใช้งาน 10 ปี ไม่คิดค่าเสื่อมราคาและมูลค่าซากของเครื่องจักรหลังครบอายุการใช้งานสิบปี และไม่รวมค่าเสียอื่น อาทิ ค่าที่ดินอาคาร และค่าใช้จ่ายปันส่วนของแผนกเนื่องจากเป็นความลับทางการค้าของบริษัทซึ่งเป็นข้อจำกัดของการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้

5.1.1 ต้นทุนของเครื่องจักร

เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิต ผู้ศึกษาได้ดำเนินการสืบราคาต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตเรียบร้อยแล้วโดยใช้วิธีการสอบถาม และตรวจสอบใบเสนอราคา คำจ้างรับทำรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จากบริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด

เครื่องจักรใหม่นำเข้าจาก 4 ประเทศ ผู้ศึกษาได้มาจาก 2 แหล่ง คือ

1) ได้ดำเนินการสืบราคาต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าสนใจโดยผู้ศึกษาใช้วิธีการสอบถามและตรวจสอบใบเสนอราคาที่ตัวแทนขายภายในประเทศเสนอราคาให้แก่บริษัทแห่งหนึ่ง เนื่องจากเป็นความลับทางการค้าของบริษัทจึงขอสงวนสิทธิ์และไม่แสดงชื่อบริษัทที่ผู้ศึกษาได้สืบราคาในการศึกษาสารนิพนธ์นี้

2) ค้นหาข้อมูลและราคาเครื่องจักรประกอบเพิ่มเติมจากเว็บไซต์ของบริษัท Pinnacle, Okuma, Hass และบริษัท DMG (www.pinnaclecnc.com, www.okuma.co.jp, www.haascnc.com and www.dmgamerica.com)

5.1.2 ต้นทุนคงที่ของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมต่อ 10 ชิ้น (FC)

ก่อนที่จะคำนวณต้นทุนคงที่ของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมต่อ 10 ชิ้น จำเป็นต้องคำนวณหาอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของเครื่องจักรต่อพนักงานหนึ่งคนก่อน สูตรคำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของเครื่องจักรต่อพนักงานหนึ่งคน (CCR) มีดังนี้

$$CCR = \frac{\text{ต้นทุนเครื่องจักร}}{\text{จำนวนชั่วโมงปฏิบัติงานของพนักงานหนึ่งคนในหนึ่งปี}}$$

โดยที่เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนหนึ่งเครื่องใช้พนักงานปฏิบัติการ 1 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 20 วันต่อเดือน คิดเป็นเวลาปฏิบัติงาน 1,920 ชั่วโมงต่อปี ($8 \times 20 \times 12$) เป็นเวลาสุทธิที่หักวันหยุดพักผ่อนประจำปี วันหยุดนักขัตฤกษ์ ลาป่วย ลากิจ เวลาหยุดพัก ระหว่างวัน รวมทั้งเวลาที่ใช้ฝึกอบรมและศึกษาเพิ่มเติมออกไปแล้ว และมีสูตรคำนวณต้นทุนคงที่ของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมต่อ 10 ชิ้น ดังนี้

$$FC = \text{เวลาประเมินในการก่ดชิ้นงาน 10 ชิ้นของเครื่องจักร} \times \text{อัตราต้นทุนกำลังการผลิต (CCR)}$$

5.2 ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost หรือ VC)

ผู้ศึกษาคำนวณต้นทุนแปรผันจากสูตรดังนี้

$$VC = (\text{เวลาในการก่ดชิ้นงาน 10 ชิ้น} \times \text{ต้นทุนค่าแรงงานต่อนาที}) + \text{ต้นทุนวัตถุดิบ 10 ชิ้น}$$

โดยที่ต้นทุนวัตถุดิบคิดเหมารวมในการผลิตเฮดแคลม 1 ชิ้นเท่ากับ 6,000 บาท และต้นทุนค่าแรงงานของช่างฝีมือคิดเป็นวันละ 300 บาท ผู้ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายจัดซื้อ และฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ของบริษัท สยามทูล เอ็นจิเนียริง จำกัด

5.3 ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ TC)

ผู้ศึกษาคำนวณต้นทุนรวมจากสูตรดังนี้

$$TC = FC + VC$$

โดยที่ TC = ต้นทุนรวม
 FC = ต้นทุนคงที่
 VC = ต้นทุนแปรผัน

ผู้ศึกษานำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อ 5.1 และ 5.2 มาคำนวณเป็นต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมจำนวน 10 ชิ้น เพื่อใช้ค้นหาคำตอบของการศึกษาสารนิพนธ์ฉบับนี้

ขั้นตอนการศึกษา

ผู้ศึกษาได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 7 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ
2. สืบค้นข้อมูลเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่นำเข้าจากต่างประเทศ
3. ศึกษาเกณฑ์ประเมิน (ตัวแปร) ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (ทั้งเครื่อง A และเครื่อง B) และเลือกชิ้นงานที่ใช้ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์
4. ทดสอบการกัดชิ้นงานและวัดเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลมของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (ทั้งเครื่อง A และเครื่อง B)
5. คำนวณอัตราต้นทุนกำลังการผลิตของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (ทั้งเครื่อง A เครื่อง B และของแต่ละประเทศ)
6. วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา
7. จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษาได้แบ่งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น

1. สภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิต และข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

ผู้ศึกษาใช้วิธีการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลังรีโทรฟิต และเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากต่างประเทศ 2 กลุ่มราคา ผนวกรวมกับความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้าต่อการว่าจ้างให้รีโทรฟิตหรือนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ และยังคำนึงถึงส่วนสำคัญของเครื่องจักรที่จำเป็นเพื่อให้เหมาะสมกับงานด้วย

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

ผู้ศึกษาได้ทดสอบฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานตามเกณฑ์ที่ปรากฏในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 โดยที่แต่ละเกณฑ์มีเป้าหมาย (Target) ที่ยอมรับได้ ผู้ศึกษาใช้เกณฑ์การทดสอบจาก 2 แหล่ง คือ ฝ่ายวิศวกรรมของบริษัท ซี.เอ็น.ซี. รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด และจากเกณฑ์ของเทคโนโลยีซีเอ็นซี (ชาติ ตระการกุล. 2539)

ตารางที่ 3 เกณฑ์ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ลำดับ	ฟังก์ชันการทำงาน	เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์	
		A เครื่องรีโทรฟิต (เป้าหมาย)	B เครื่องใหม่ นำเข้าจากญี่ปุ่น
1	การทำงานของแกนขับเคลื่อน 3 มิติ (X, Y, Z)	$\geq 95\%$	100%
2	การทำงานของสปินเดิล (Spindle)	$\geq 95\%$	100%
3	การทำงานของระบบเปลี่ยนทูล (Automatic and Manual Tool Change)	$\geq 95\%$	100%
4	การทำงานของระบบบังคับหมุนด้วยมือ (Electronic Hand Wheel)	$\geq 98\%$	100%
5	การทำงานของระบบน้ำหล่อเย็น และระบบลม (Cooling Unit and Pneumatics)	100%	100%
6	การทำงานของระบบกวาดเศษชิ้นงาน (Chip Conveyor)	100%	100%
7	การทำงานของระบบป้องกัน (Safety Functions)	100%	100%

ตารางที่ 4 เกณฑ์คุณภาพชิ้นงานเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ลำดับ	คุณภาพชิ้นงาน	เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์	
		A เครื่องรีโทรฟิต (เป้าหมาย)	B เครื่องใหม่นำเข้า จากญี่ปุ่น
1	คุณภาพชิ้นงานจากผลของความเร็วรอบในการกัด (R.P.M)	$\geq 95\%$	100%
2	คุณภาพชิ้นงานจากผลของอัตราการป้อนในการกัด (Feed Rate)	$\geq 95\%$	100%
3	คุณภาพชิ้นงานจากผลของความลึกหรือความกว้างของรอยกัด (Depth or Width of Cut)	$\geq 95\%$	100%
4	คุณภาพชิ้นงานจากผลของหน้าสัมผัสรอยกัด (Cutter Engagement)	$\geq 95\%$	100%
5	คุณภาพชิ้นงานจากผลที่วัดได้กับพิสัยในแบบ (Accuracy Rang)	$\geq 98\%$	100%
6	คุณภาพชิ้นงานจากผลที่วัดได้กับระยะเวลารวมในการทำงานต่อชิ้น (Cycle Time)	$\geq 98\%$	100%

3. การประเมินเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลม

ผู้ศึกษาได้จัดทำสมการเวลาสำหรับกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลม ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เวลาดำเนินการในการกัดชิ้นงาน (ชิ้นแรก)} &= \text{ผลรวมของเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน} \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \end{aligned}$$

โดยที่ β_0 เป็นเวลามาตรฐานในการเตรียมเครื่องและอุปกรณ์ (นาที)

β_1 เป็นเวลาในการนำชิ้นงานใส่ที่จับยึด (นาที)

X_1 เป็นจำนวนของชิ้นงานนำใส่ที่จับยึด (ชิ้น)

β_2 เป็นเวลาที่เครื่องเริ่มทำงานจนกระทั่งจบการทำงาน (นาที)

X_2 เป็นจำนวนของชิ้นงาน (ชิ้น)

β_3 เป็นเวลาในการนำชิ้นงานออกจากที่จับยึด (นาที)

X_3 เป็นจำนวนของชิ้นงานนำใส่ที่จับยึด (ชิ้น)

แต่เพื่อให้ผลที่ได้จากการศึกษาชัดเจน ผู้ศึกษาจึงใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการกักชั้นงาน 10 ชั้น ดังนั้นสมการเวลาของเวลาในการดำเนินการกักชั้นงาน (10 ชั้น) จึงเป็น

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

โดยที่	β_0	เป็นเวลามาตรฐานในการเตรียมเครื่องและอุปกรณ์ (นาที)
	β_1	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นแรกโดยไม่รวมเวลาในการเตรียมเครื่องและอุปกรณ์ ตอนเริ่มต้น (นาที)
	X_1	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_2	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่สอง (นาที)
	X_2	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_3	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่สาม (นาที)
	X_3	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_4	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่สี่ (นาที)
	X_4	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_5	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่ห้า (นาที)
	X_5	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_6	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่หก (นาที)
	X_6	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_7	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่เจ็ด (นาที)
	X_7	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_8	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่แปด (นาที)
	X_8	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_9	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่เก้า (นาที)
	X_9	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)
	β_{10}	เป็นเวลาในกระบวนการขึ้นงานชั้นที่สิบ (นาที)
	X_{10}	เป็นจำนวนของชั้นงาน (ชั้น)

4. การคิดต้นทุนเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ

การวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และเปรียบเทียบต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจาก 4 ประเทศ ผู้ศึกษาได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น

4.1 การวิเคราะห์ต้นทุนรวมเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น จากการทดสอบการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น ผู้ศึกษาได้กำหนดเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้นไว้ที่ร้อยละ 10 หมายความว่า ถ้าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตสามารถผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น โดยมีต้นทุนรวม (ที่เป็นค่าผกผัน) ต่ำกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่นได้ แสดงว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนเครื่องจักรเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศ 2 กลุ่มราคา ได้แก่ กลุ่มราคาสูง (ประเทศญี่ปุ่นและเยอรมนี) และกลุ่มราคาต่ำ (ประเทศไต้หวันและสหรัฐอเมริกา) ผู้ศึกษาได้กำหนดเป้าหมายของการลดต้นทุนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตลงร้อยละ 50 หมายความว่า ถ้าต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตมีราคาต่ำกว่าร้อยละ 50 (ที่เป็นค่าผกผัน) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ 2 กลุ่มราคาที่น่าเข้าจากต่างประเทศ แสดงว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาศาสนาพนธ์ตามวิธีการดำเนินงานในบทที่ 3 เพื่อค้นหาคำตอบในสามประเด็น คือ

1. รูปแบบและหลักการของรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีลักษณะอย่างไร
 2. เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตมีประสิทธิภาพผลของการทำงานได้ตามเกณฑ์ฟังก์ชันการทำงานและเกณฑ์ทดสอบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานหรือไม่
 3. การรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าสามารถลดมูลค่าการลงทุนทั้งต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานและต้นทุนเครื่องจักรได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่
- ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้วได้ผลการศึกษาดังนี้

ผลการศึกษา

1. สภาพทั่วไปของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิต

ผลการเปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิสัยของเครื่องจักรเก่าก่อนและหลังการรีโทรฟิต

ลำดับ	รายการข้อจำกัดหรือพิสัย	ก่อนรีโทรฟิต	หลังรีโทรฟิต
1	ชุดควบคุม (Controller)	ไม่มี	คอมแพค TNC320
2	แกนขับเคลื่อน (Machine Axis)	X,Y,Z + Spindle	X,Y,Z + Spindle
3	ขนาดโต๊ะงาน (Machine Table)	1,200 x 600 x 600	1,200 x 600 x 600
4	ระบบเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (ATC)	30 Tool, BT40	30 Tool, BT40
5	ความเร็วรอบสูงสุดของสปินเดิล (Max : Spindle Speed)	7,500 R.P.M.	10,000 R.P.M.
6	อัตราการป้อนสูงสุด (Max : Feed Rate)	12,000 mm./min	12,000 mm./min
7	ความเที่ยงตรง (Position Accuracy)	0.007 mm.	0.007 mm.

2. ข้อจำกัดหรือพิภักของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าสนใจจากต่างประเทศ

ผลการเปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิภักของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นำเข้าจาก 4 ประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน สหรัฐอเมริกา และเยอรมนี ปรากฏดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบข้อจำกัดหรือพิภักของเครื่องจักรใหม่นำเข้าจาก 4 ประเทศ

ลำดับ	รายการข้อจำกัดหรือพิภัก	ญี่ปุ่น	ไต้หวัน	สหรัฐอเมริกา	เยอรมนี
1	ชุดควบคุม (Controller)	Modular	Modular	Modular	Modular
2	แกนขับเคลื่อน (Machine Axis)	X,Y,Z+Spindle	X,Y,Z+Spindle	X,Y,Z+Spindle	X,Y,Z+Spindle
3	ขนาดโต๊ะงาน (Machine Table)	1,200 x 600 x 600 mm.	1,200 x 560 x 560 mm.	1,270 x 508 x 635 mm.	1,100 x 660 x 635 mm.
4	ระบบเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (ATC)	30Tool, BT40	30Tool, BT40	30 Tool, BT40	30 Tool, CT40
5	ความเร็วรอบสูงสุดของสปินเดิล (Max : Spindle Speed)	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.	10,000 R.P.M.
6	อัตราการป้อนสูงสุด (Max : Feed Rate)	12,000 mm./min	12,000 mm./min	12,000 mm./min	12,000 mm./min
7	ความเที่ยงตรง (Position Acc)	0.007 mm.	0.007 mm.	0.007 mm.	0.005 mm.

3. การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเปรียบเทียบ

ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานตามเกณฑ์ของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต (เครื่อง A) เปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าสนใจจากประเทศญี่ปุ่น (เครื่อง B) ปรากฏข้อมูลการกัดชิ้นงานที่แสดงกระบวนการดำเนินงานและผลการวัดเวลาการกัดชิ้นงานดังตารางที่ 7 และรูปที่ 28

ตารางที่ 7 ข้อมูลการกัตชิ้นงานเฮดแคลมรวบรวมจากไปงานสรุปผลการศึกษา

จำนวนชิ้นงานที่ทดสอบ	เวลาในการดำเนินการ					
	A เครื่องรีโทรฟิต			B เครื่องใหม่นำเข้าจากญี่ปุ่น		
	เวลา เริ่มต้น (นาฬิกา)	เวลา สิ้นสุด (นาฬิกา)	เวลา ที่ใช้ (นาที)	เวลา เริ่มต้น (นาฬิกา)	เวลา สิ้นสุด (นาฬิกา)	เวลา ที่ใช้ (นาที)
PREPARING MACHINE AND EQUIPMENT เตรียมเครื่อง และเตรียมอุปกรณ์	8.00	8.50	50	8.00	8.50	50
WORKPIECE NO.1 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นแรก)	8.50	9.42	52	8.50	9.39	49
WORKPIECE NO.2 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่สอง)	10.00	10.52	52	10.00	10.49	49
WORKPIECE NO.3 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่สาม)	11.00	11.52	52	11.00	11.49	49
WORKPIECE NO.4 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่สี่)	13.00	13.53	53	13.00	13.50	50
WORKPIECE NO.5 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่ห้า)	14.00	14.53	53	14.00	14.50	50
WORKPIECE NO.6 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่หก)	15.00	15.53	53	15.00	15.50	50
WORKPIECE NO.7 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่เจ็ด)	16.00	16.53	53	16.00	16.50	50
WORKPIECE NO.8 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่แปด)	17.00	17.54	54	17.00	17.51	51
WORKPIECE NO.9 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่เก้า)	18.00	18.54	54	18.00	18.51	51
WORKPIECE NO.10 (กระบวนการชิ้นงานชิ้นที่สิบ)	19.00	19.54	54	19.00	19.51	51

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST001

STUDY SUMMARY SHEET				
DEPARTMENT : Production		SECTION: Tooling		STUDY/SHEET No: ST001
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT) MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)			DATE: October 01,2010	
TOOLS AND GAUGES			START TIME: MC A:8.00 ,MC B:8.00	
PRODUCT/PART: Head clamp			STOP TIME: MC A:9.42, MC B:9.39	
DWG No:			NET TIME:MCA:102 Min,MCB:99Min	
MATERIAL : N695			RECORDED/CHECKED BY :	
SPECIFICATION : Accu 5-10 micron			J. Sutwiroon , K Sakda	
DESCRIPTION	MACHINE A		MACHINE B	
	PICTURE	TIME	PICTURE	TIME
PICTURE OF MACHINE (รูปเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์)		Minute		Minute
PREPARING MACHINE AND EQUIPMENT (เตรียมเครื่อง และเตรียมอุปกรณ์)		50 Min		50 Min
WORKPIECE CLAMPING (นำชิ้นงานใส่ที่จับยึด)		2 Min		2 Min
MACHINE RUN WITH PROGRAM START (เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เริ่มทำงาน)		48 Min		45 Min
MACHINE AND PROGRAM STOP (เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จบการทำงาน)				
UN-CLAMPING AND UN-LOADING WORKPIECE, (นำชิ้นงานออกจากที่จับยึด ,และนำออกจากเครื่อง)		2 Min		2 Min

รูปที่ 28 ใบงานสรุปผลการศึกษากัดชิ้นงาน ชิ้นแรก (ST001)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของฟังก์ชันการทำงานและความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงาน
 เสดเคลมเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์
 และเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นโดยใช้เกณฑ์ประเมินและ
 มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ในเบื้องต้น ปรากฏผลการศึกษาดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ลำดับ	ฟังก์ชันการทำงาน	เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์		
		A เครื่องรีโทรฟิต (เกณฑ์, เป้าหมาย)	A เครื่องรีโทรฟิต (ผลที่ได้)	B เครื่องใหม่ นำเข้าจาก ญี่ปุ่น (ผลที่ได้)
1	การทำงานของแกนขับเคลื่อน 3 มิติ (X, Y, Z)	$\geq 95\%$	95%	100%
2	การทำงานของสปินเดิล (Spindle)	$\geq 95\%$	95%	100%
3	การทำงานของระบบเปลี่ยนมีด (Automatic and Manual Tool Changer)	$\geq 95\%$	95%	100%
4	การทำงานของระบบบังคับด้วย มือ (Electronic Hand Wheel)	$\geq 98\%$	98%	100%
5	การทำงานของระบบน้ำหล่อเย็นและ ระบบลม (Cooling Unit and Pneumatics)	100%	100%	100%
6	การทำงานของระบบกวาดเศษชิ้นงาน (Chip Conveyer)	100%	100%	100%
7	การทำงานของระบบป้องกัน (Safety Functions)	100%	100%	100%

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความเที่ยงตรงในการกัดชิ้นงานของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่ง-
เซ็นเตอร์

ลำดับ	คุณภาพชิ้นงาน	เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์		
		A เครื่องรีโทรฟิต (เกณฑ์,เป้าหมาย)	A เครื่องรีโทรฟิต (ผลที่ได้)	B เครื่องใหม่ นำเข้าจาก ญี่ปุ่น (ผลที่ได้)
1	คุณภาพชิ้นงานจากผลของความเร็รรอบ ในการกัด (R.P.M)	$\geq 95\%$	95%	100%
2	คุณภาพชิ้นงานจากผลของอัตราการป้อน ในการกัด (Feed Rate)	$\geq 95\%$	95%	100%
3	คุณภาพชิ้นงานจากผลของความลึกหรือ ความกว้างของรอยกัด (Depth or Width of Cut)	$\geq 95\%$	95%	100%
4	คุณภาพชิ้นงานจากผลของหน้าสัมผัส รอยกัด (Cutter Engagement)	$\geq 95\%$	95%	100%
5	คุณภาพชิ้นงานจากผลที่วัดได้กับพิสัยใน แบบ (Accuracy Rang)	$\geq 98\%$	98%	100%
6	คุณภาพชิ้นงานจากผลที่วัดได้กับระยะ เวลารวมในการทำงานต่อชิ้น (Cycle Time)	$\geq 98\%$	98%	100%

4. การประเมินเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานแฮดแคลม

4.1 ผลการจัดทำสมการเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงาน 1 ชิ้น และทดสอบการกัด
ชิ้นงานชิ้นแรกเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิต
แบบกึ่งสมบูรณ์และเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ปรากฏ
ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลของสมการเวลาสำหรับกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลม (ชิ้นแรก)

กิจกรรม / ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ดำเนินการต่อขั้นตอน	
	A เครื่องรีโทรฟิต	B เครื่องใหม่นำเข้าจากญี่ปุ่น
PREPARING MACHINE AND EQUIPMENT (เตรียมเครื่อง และเตรียมอุปกรณ์)	50 นาที	50 นาที
WORKPIECE CLAMPING (นำชิ้นงานใส่ที่จับยึด)	2 นาที	2 นาที
MACHINE RUN WITH PROGRAM START (เครื่องเริ่มทำงาน)	48 นาที	45 นาที
MACHINE AND PROGRAM STOP (เครื่องจบการทำงาน)		
UN-CLAMPING AND UN-LOADING WORKPIECE, (นำชิ้นงานออกจากที่จับยึด,และนำออกจากเครื่อง)	2 นาที	2 นาที
รวมเวลาดำเนินการในการกัดชิ้นงาน (ชิ้นแรก)	102 นาที	99 นาที

จากตารางที่ 10 สามารถประเมินเวลาของกระบวนการในการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 1 ชิ้น ได้ดังนี้

เวลาดำเนินการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 1 ชิ้น (Time Estimate หรือ TE1)

$$\begin{aligned}\text{TE1 ของเครื่อง A} &= 50 \text{ นาที} + 2 \text{ นาที} + 48 \text{ นาที} + 2 \text{ นาที} \\ &= 102 \text{ นาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TE1 ของเครื่อง B} &= 50 \text{ นาที} + 2 \text{ นาที} + 45 \text{ นาที} + 2 \text{ นาที} \\ &= 99 \text{ นาที}\end{aligned}$$

4.2 ผลการทดสอบการกัดชิ้นงาน 10 ชิ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์และเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นำเข้าจากญี่ปุ่นปรากฏดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ข้อมูลการวัดเวลาในการดำเนินการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น

กิจกรรม / ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ดำเนินการต่อขั้นตอน	
	เครื่อง A รีโทรฟิต	เครื่อง B ใหม่ นำเข้าจากญี่ปุ่น
PREPARING MACHINE AND EQUIPMENT (เตรียมเครื่อง และเตรียมอุปกรณ์)	50 นาที	50 นาที
WORKPIECE NO 1. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นแรก)	52 นาที	49 นาที
WORKPIECE NO 2. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่สอง)	52 นาที	49 นาที
WORKPIECE NO 3. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่สาม)	52 นาที	49 นาที
WORKPIECE NO 4. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่สี่)	53 นาที	50 นาที
WORKPIECE NO 5. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่ห้า)	53 นาที	50 นาที
WORKPIECE NO 6. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่หก)	53 นาที	50 นาที
WORKPIECE NO 7. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่เจ็ด)	53 นาที	50 นาที
WORKPIECE NO 8. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่แปด)	54 นาที	51 นาที
WORKPIECE NO 9. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่เก้า)	54 นาที	51 นาที
WORKPIECE NO 10. (กระบวนการขึ้นงานชิ้นที่สิบ)	54 นาที	51 นาที
รวมเวลาดำเนินการในการกัดชิ้นงาน (10 ชิ้น)	580 นาที	550 นาที

จากตารางที่ 11 สามารถประเมินเวลาของกระบวนการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น
ได้ดังนี้

เวลาดำเนินการกัดชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น (Time Estimate หรือ TE10)

$$\text{TE10 ของเครื่อง A} = 50 \text{ นาที} + 52 \text{ นาที} + 52 \text{ นาที} + 52 \text{ นาที} + 53 \text{ นาที} + 53 \text{ นาที} + 53 \text{ นาที} + 53 \text{ นาที} + 54 \text{ นาที} + 54 \text{ นาที} + 54 \text{ นาที}$$

$$\begin{aligned}
 &= 580 \text{ นาที} \\
 \text{TE10 ของเครื่อง B} &= 50 \text{ นาที} + 49 \text{ นาที} + 49 \text{ นาที} + 49 \text{ นาที} + 50 \text{ นาที} + \\
 &\quad 50 \text{ นาที} + 50 \text{ นาที} + 50 \text{ นาที} + 51 \text{ นาที} + 51 \text{ นาที} + \\
 &\quad 51 \text{ นาที} \\
 &= 550 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

5. การคิดต้นทุนโดยเปรียบเทียบ

ผลการคำนวณต้นทุนโดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำเข้าจาก 4 ประเทศ แบ่งตามลักษณะของต้นทุนออกได้เป็น

5.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost หรือ FC)

5.1.1 ต้นทุนของเครื่องจักร

เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่นำมารีโทรฟิต (เครื่อง A) มีต้นทุนค่าเครื่องจักรเท่ากับ 1,140,000 บาท ส่วนต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่นำเข้าจาก 4 ประเทศ ปรากฏดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่นำเข้าจาก 4 ประเทศ

ลำดับ	แหล่งที่มาของเครื่องจักร	ต้นทุนเครื่องจักร	
		ดอลลาร์สหรัฐ	บาท
1.	เครื่อง B : เครื่องใหม่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น	96,775	3,000,000
2.	เครื่อง C : เครื่องใหม่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน	73,000	2,263,000
3.	เครื่อง D : เครื่องใหม่นำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกา	73,000	2,263,000
4.	เครื่อง E : เครื่องใหม่นำเข้ามาจากประเทศเยอรมนี	96,775	3,000,000

หมายเหตุ : อัตราแลกเปลี่ยนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างธนาคารเท่ากับ 31 บาทต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ อ้างอิง ณ วันที่ 5 กันยายน 2553

5.1.2 ต้นทุนคงที่ของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมต่อ 10 ชิ้น (FC)

อัตราต้นทุนกำลังการผลิตของเครื่องจักรต่อพนักงานหนึ่งคน (CCR)

$$\begin{aligned}
 \text{CCR เครื่อง A} &= \frac{1,140,000 \text{ บาท}}{1,920 \text{ ชั่วโมง}} \\
 &= 593.75 \text{ บาทต่อชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

$$= 9.89 \text{ บาทต่อนาที}$$

$$\begin{aligned} \text{CCR เครื่อง B} &= \frac{3,000,000 \text{ บาท}}{1,920 \text{ ชั่วโมง}} \\ &= 1,562.5 \text{ บาทต่อชั่วโมง} \\ &= 26.04 \text{ บาทต่อนาที} \end{aligned}$$

การคำนวณต้นทุนคงที่ของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมต่อ 10 ชิ้น (FC)

$$\begin{aligned} \text{FC เครื่อง A} &= 580 \text{ นาที} \times 9.89 \text{ บาทต่อนาที} \\ &= 5,736.20 \text{ บาท} \\ \text{FC เครื่อง B} &= 550 \text{ นาที} \times 26.04 \text{ บาทต่อนาที} \\ &= 14,322.00 \text{ บาท} \end{aligned}$$

5.2 ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost หรือ VC)

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้พบว่าต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตเฮดแคลม 1 ชิ้น เท่ากับ 6,000 บาท ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจะใช้เวลาผลิตชิ้นงาน 10 ชิ้น ดังนั้นต้นทุนวัตถุดิบจึงเท่ากับ $6,000 \times 10 = 60,000$ บาท ส่วนต้นทุนค่าแรงงานมีอัตราค่าจ้างแรงงานฝีมือวันละ 300 บาทต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงานจึงเท่ากับ 0.625 บาท/นาที $(300/(8 \times 60))$

ต้นทุนแปรผันต่อการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น (VC)

$$\begin{aligned} \text{VC เครื่อง A} &= (\text{เวลากัด 10 ชิ้น 580 นาที} \times \text{ค่าแรงต่อนาทีหรือ 0.625 บาท}) \\ &\quad + 60,000 \text{ บาท} \\ &= 60,362.50 \text{ บาท} \\ \text{VC เครื่อง B} &= (\text{เวลากัด 10 ชิ้น 550 นาที} \times \text{ค่าแรงต่อนาทีหรือ 0.625 บาท}) \\ &\quad + 60,000 \\ &= 60,343.75 \text{ บาท} \end{aligned}$$

5.3 ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ TC)

ผู้ศึกษานำผลจากข้อ 5.1 และ 5.2 มาคำนวณเป็นต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานเฮดแคลมจำนวน 10 ชิ้น เพื่อใช้ค้นหาต้นทุนรวมเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่ง-เซ็นเตอร์ที่โรโทรพิตแบบกึ่งสมบูรณ์และเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นำเข้าจากญี่ปุ่น

$$\begin{aligned}\text{TC เครื่อง A} &= 60,362.50 \text{ บาท} + 5,736.20 \text{ บาท} \\ &= 66,098.70 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TC เครื่อง B} &= 60,343.75 \text{ บาท} + 14,322.00 \text{ บาท} \\ &= 74,665.75 \text{ บาท}\end{aligned}$$

การวิเคราะห์ต้นทุนรวมโดยเปรียบเทียบ

จากผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบข้างต้นพบว่าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต (เครื่อง A) ใช้เวลา 580 นาที (คิดเป็นหนึ่งวันทำงาน) มีต้นทุนรวมในการผลิตเฮดแคลมจำนวน 10 ชิ้น เท่ากับ 66,098.70 บาท ในขณะที่เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่ง-เซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น (เครื่อง B) ใช้เวลา 550 นาที (คิดเป็นหนึ่งวันทำงานเช่นกัน) มีต้นทุนรวมในการผลิตเฮดแคลมจำนวน 10 ชิ้น เท่ากับ 74,665.75 บาท

เมื่อนำมาคำนวณต้นทุนรวมที่แตกต่างในการผลิตเฮดแคลมจำนวน 10 ชิ้นเท่ากันจะพบว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแล้ว (เครื่อง A) มีต้นทุนการผลิตรวมต่ำกว่าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น (เครื่อง B) เป็นจำนวนเงิน 8,567.05 บาท ($74,665.75 - 66,098.70$ บาท) หรือคิดเป็นร้อยละ 11.47 รายละเอียดปรากฏดังตารางที่ 13

ถ้าในหนึ่งปีมีวันทำงานรวมซึ่งเป็นเวลาสุทธิที่หักเวลาสำหรับวันหยุดพักผ่อนประจำปี วันหยุดนักขัตฤกษ์ ลาป่วย ลากิจ เวลาหยุดพักระหว่างวัน รวมทั้งเวลาที่ใช้ฝึกอบรมและศึกษาเพิ่มเติมออกไปแล้วทั้งสิ้น 240 วัน เมื่อนำมาคำนวณต้นทุนการผลิตต่อปีจะได้ผลดังนี้

$$\begin{aligned}\text{TC เครื่อง A} &= 66,098.70 \text{ บาท} \times 240 \text{ วัน} \\ &= 15,863,688.00 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TC เครื่อง B} &= 74,665.75 \text{ บาท} \times 240 \text{ วัน} \\ &= 17,919,780.00 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ดังนั้นต้นทุนที่แตกต่างในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น ต่อวันเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต (เครื่อง A) ซึ่งมีต้นทุนการผลิตรวมต่ำกว่าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น (เครื่อง B) จึงมีค่าเท่ากับ 2,056,092.00 บาท ($17,919,780.00 - 15,863,688.00$ บาท) หรือ คิดเป็นร้อยละ 11.47 รายละเอียดปรากฏดังตารางที่ 14

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้นต่อวัน

ลำดับ	ที่มาของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์	ต้นทุนต่อเครื่อง (บาท)	การผลิตเฮดแคลม (Head Clamp) จำนวน 10 ชิ้น	
			เวลาดำเนินงานรวม (นาท)	ต้นทุนการผลิตรวม (บาท)
1	เครื่อง A : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต	1,140,000	580	66,098.70
2	เครื่อง B : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น	3,000,000	550	74,665.75
ต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตต่ำกว่าต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น				8,567.05 หรือ 11.47%

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนต้นทุนที่แตกต่างในการผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้นต่อวัน กับเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 10 (ค่าผกผัน) พบว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่น่ามารีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานที่ต่ำกว่าเป้าหมายของต้นทุนที่ตั้งไว้โดยมีสัดส่วนต้นทุนอยู่ที่ร้อยละ 11.47 หมายความว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและต่ำกว่า (ค่าผกผัน) เมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมของการผลิตชิ้นงานที่กำหนดไว้ด้วยเช่นกัน แสดงว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมา รีโทรฟิตในครั้งนี้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตชิ้นงานแฮดแคลม 10 ชิ้นต่อวันเป็นระยะเวลา 1 ปี

ลำดับ	ที่มาของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์	ต้นทุนต่อเครื่อง	การผลิตแฮดแคลม (Head Clamp)	
			เวลาดำเนินงานรวม (ปี)	ต้นทุนการผลิตรวม (บาท)
1	เครื่อง A : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต	1,140,000	1	15,863,688.00
2	เครื่อง B : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น	3,000,000	1	17,919,780.00
ต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตต่ำกว่าต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น				2,056,092.00 หรือ 11.47 %

การวิเคราะห์ต้นทุนเครื่องจักรโดยเปรียบเทียบ

จากผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต (เครื่อง A) กับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจาก 4 ประเทศ คือ ญี่ปุ่น ไต้หวัน สหรัฐอเมริกา และเยอรมนี (เครื่อง B, C, D และ E ตามลำดับ) โดยเลือกเครื่องจักรนำเข้าที่มีข้อจำกัดหรือฟังก์ชันของเครื่องที่ใกล้เคียงในระดับเดียวกัน ผู้ศึกษากำหนดให้เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ของประเทศจากกลุ่มราคาสูงซึ่งมีมูลค่าสูงสุดมีค่าต้นทุนเป็นร้อยละ 100 ในขณะที่กลุ่มราคาต่ำจะคิดลดลงตามสัดส่วน เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์ (เครื่อง A) มีต้นทุนเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 38 เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น และเยอรมนีซึ่งเป็นกลุ่มราคาสูง และเท่ากับร้อยละ 75.4 เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้ามาจากประเทศไต้หวันและสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นกลุ่มราคาต่ำ รายละเอียดปรากฏดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตและเครื่องใหม่
นำเข้ามาจาก 4 ประเทศ

ลำดับ	แหล่งที่มาของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์	ต้นทุนต่อ เครื่อง	ระยะเวลา ดำเนินการ
1	เครื่อง A : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต	38%	รีโทรฟิต 2 เดือน
2	เครื่อง B : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น	100%	นำเข้า 3 - 4 เดือน
3	เครื่อง C : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศไต้หวัน	75.4%	นำเข้า 2 - 3 เดือน
4	เครื่อง D : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา	75.4%	นำเข้า 2 - 3 เดือน
5	เครื่อง E : เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศเยอรมนี	100%	นำเข้า 3 - 4 เดือน

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

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนต้นทุนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตกับเป้าหมายในการลดต้นทุนของเครื่องจักรที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 50 (ค่าผกผัน) พบว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีต้นทุนเครื่องจักรที่ต่ำกว่าเป้าหมายของต้นทุนที่ตั้งไว้โดยมีสัดส่วนของต้นทุนเครื่องจักรอยู่ที่ร้อยละ 38 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นำเข้าจากต่างประเทศในกลุ่มราคาสูงและสัดส่วนต้นทุนร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องนำเข้าในกลุ่มราคาต่ำ หมายความว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีต้นทุนของเครื่องจักรถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นำเข้าจาก 2 กลุ่มราคา และต่ำกว่า (ค่าผกผัน) เมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายในการลดต้นทุนของเครื่องจักรที่กำหนดไว้ด้วยเช่นกัน แสดงว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตในครั้งนี้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

บทสรุป

1. รูปแบบและหลักการรีโทรฟิต

การรีโทรฟิต (Retrofit) เป็นวิธีการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรเก่าให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยการเปลี่ยนชุดอุปกรณ์หรือชุดควบคุมเดิมที่ล้าสมัยด้วยชุดอุปกรณ์ใหม่ที่สามารถแทนที่ของเดิม รวมถึงการพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้แรงคน (Manual) ให้เป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

สามารถแบ่งประเภทของการรีโทรฟิตโดยพิจารณาจากความเสียหายของชุดอุปกรณ์และความคุ้มค่าในการประยุกต์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ประกอบการออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

1. การรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน
2. การรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์
3. การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์

การศึกษานี้พบครั้งนี้เป็นการศึกษาการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์เพียง 1 ตัวอย่าง ชุดอุปกรณ์ที่ต้องเปลี่ยนที่สำคัญหลัก คือ ชุดควบคุมซีเอ็นซี (ระบบคอนโทรลเลอร์) มอเตอร์และชุดขับเคลื่อนแกนทั้งหมด (X,Y,Z + Spindle) ผู้ศึกษาสามารถสรุปขั้นตอนดำเนินการในการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์ได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเลือกสรรเครื่องจักรและการเตรียมการ
2. การเลือกเซอร์โวมอเตอร์ และชุดขับ
3. การติดตั้งระบบเซอร์โวและระบบไฟฟ้า
4. การเลือกชุดควบคุม
5. การติดตั้ง และปรับแต่งชุดควบคุม
6. การทดสอบการทำงาน

2. ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการกีดชิ้นงานของเครื่องจักรรีโทรฟิตเปรียบเทียบกับเครื่องจักรนำเข้าใหม่

จากข้อมูลและผลการศึกษาจากการวัดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์โดยการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ปรากฏว่า เวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตนี้ประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยได้ดำเนินการศึกษาเชิงเปรียบเทียบ 2 ด้าน คือ

2.1 ด้านประสิทธิผลการทำงานเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์และเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่นำเข้าจากญี่ปุ่น โดยศึกษาเกณฑ์ฟังก์ชันการทำงานและทดสอบความเที่ยงตรงจากเกณฑ์คุณภาพในการกีดชิ้นงาน

2.1.1 ฟังก์ชันการทำงาน พบว่า ผลการศึกษาที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์และเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังปรากฏในตารางที่ 8 ทั้งนี้ในการทดสอบและวัดผลในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดวิธีการทดสอบทั้ง 2 ระบบการทำงาน คือ

- ระบบทำงานบังคับด้วยมือ (Manual Mode)
- ระบบทำงานแบบอัตโนมัติ (Auto Mode)

2.1.2 การทดสอบความเที่ยงตรงโดยการกีดกันงานเฮดแคลม พบว่า ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพตามเกณฑ์และเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ดังปรากฏในตารางที่ 9

2.2 ด้านต้นทุนเชิงเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตและเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากญี่ปุ่น

ผลการศึกษา พบว่า เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์สามารถผลิตชิ้นงานเฮดแคลม 10 ชิ้น โดยมีต้นทุนรวมต่ำกว่า (ซึ่งเป็นค่าผกผัน) ในสัดส่วนร้อยละ 11.47 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และเป็นไปตามเป้าหมายร้อยละ 10 ที่กำหนดไว้ ผลการศึกษาดังปรากฏในตารางที่ 13

จากผลการศึกษาจึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เก่าที่นำมารีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

3. มูลค่าการลงทุนของการรีโทรฟิตเครื่องจักร

ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นมีมูลค่า 3,000,000.00 บาท คิดเป็นร้อยละ 100 ในขณะที่ต้นทุนเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์มีมูลค่าต้นทุนของเครื่องจักร 1,140,000.00 บาท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38 ดังนั้นส่วนต่างของต้นทุนของเครื่องจักรทั้งสองจึงมีมูลค่าเท่ากับ 1,860,000.00 บาท หากเงินทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนเงินกู้ ผู้ประกอบการจะมีต้นทุนเพิ่มจากดอกเบี้ยจ่าย โดยสมมติอัตราดอกเบี้ยจ่ายที่ร้อยละ 7 จากต้นทุนส่วนต่าง 1,860,000.00 บาท ผู้ประกอบการจะมีค่าใช้จ่ายดอกเบี้ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 130,200.00 บาท เมื่อคำนวณต้นทุนส่วนต่างรวมดอกเบี้ยจ่ายแล้วเป็นเงินทั้งสิ้น 1,990,200.00 บาท และในทางกลับกันหากนำเงินลงทุนในเครื่องจักรใหม่ที่น่าเข้าจากต่างประเทศไปฝากธนาคาร ผู้ประกอบการจะได้รับดอกเบี้ยเงินฝากแทน ข้อเสนอแนะนี้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการต่อการพิจารณาและตัดสินใจในการลงทุนได้

นอกจากนี้ระยะเวลาในการดำเนินการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งแล้วเสร็จรวมเวลาเท่ากับ 2 เดือน ในขณะที่เครื่องใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศไต้หวันและประเทศสหรัฐอเมริกาใช้เวลารวม 3 เดือน เครื่องใหม่ที่น่าเข้าจากประเทศญี่ปุ่นหรือเยอรมนีใช้เวลาในการนำเข้าเป็นระยะเวลามากถึง 4 เดือน ผู้ประกอบการจะต้องคำนึงถึงต้นทุนและผลกำไรที่แฝงอยู่ในระยะเวลาที่ต้องรอคอยนี้ด้วยซึ่งอาจทำให้เสียโอกาสทางธุรกิจได้เช่นกัน

อย่างไรก็ตาม การศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุนการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เปรียบเทียบกับเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ใหม่ที่น่าเข้ามาใหม่ ต้นทุนด้านเครื่องจักรจัดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการผลิตสินค้า

เครื่องจักรเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สนับสนุนการผลิตในกระบวนการให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ โดยมีของเสีย (Defect) น้อยที่สุด ยิ่งเครื่องจักรมีความทันสมัย (High Technology) มากเท่าใด ผลผลิตที่ได้ย่อมมีคุณภาพมากขึ้นตามไปด้วย ขณะเดียวกันสัดส่วนราคาของเครื่องจักรจะเปลี่ยนไปตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและความทันสมัยของเครื่องจักรเช่นกัน (ยุทธ ไกยวรรณ. 2553 : 6-7)

ผู้ประกอบการหรือผู้บริหารจึงต้องพิจารณาปัจจัยด้านอื่นๆ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจการลงทุนด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการศึกษาการรีโทรฟิตเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาของการศึกษานិพนธ์ ผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาโดยการรีโทรฟิตแบบกึ่งสมบูรณ์เพียง 1 ตัวอย่าง ดังนั้นจึงขอเสนอแนะการดำเนินการรีโทรฟิตอีก 2 แบบที่ยังไม่ได้ศึกษา คือ

1.1 ศึกษาการรีโทรฟิตแบบพื้นฐาน

1.2 ศึกษาการรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์

2. การศึกษาครั้งนี้ใช้ ลิเนียร์ เอ็นโค้ดเดอร์ เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณสะท้อนกลับให้ชุดควบคุมเป็นตัวบอกระยะและตำแหน่งการเคลื่อนของแกนต่างๆ ของเครื่องจักรในรูปแบบควบคุมตำแหน่งด้วยการต่อสัญญาณระบบวงจรมหัพภาค (Closed Loop System – Position Control) ข้อเสนอแนะสำหรับประเด็นที่ยังไม่ได้ศึกษา คือ การรีโทรฟิตโดยใช้อุปกรณ์หีบรอบควบคุมความเร็วส่งสัญญาณสะท้อนกลับให้ชุดควบคุมเป็นตัวบอกระยะและตำแหน่งการเคลื่อนของแกนต่างๆ ของเครื่องจักรในรูปแบบควบคุมความเร็วรอบด้วยการต่อสัญญาณระบบกึ่งวงจรมหัพภาค (Semi Closed Loop – Speed Control)

3. ศึกษาโดยใช้โรตารี เอ็นโค้ดเดอร์ แทนลิเนียร์ เอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วต้นทุนของโรตารี เอ็นโค้ดเดอร์ จะมีต้นทุนต่ำกว่า ลิเนียร์ เอ็นโค้ดเดอร์ เมื่อเทียบกับข้อจำกัดหรือพิสัยในการวัดที่ใกล้เคียงกัน แต่การใช้โรตารี เอ็นโค้ดเดอร์ เป็นอุปกรณ์หีบรอบจำเป็นต้องออกแบบอุปกรณ์จับยึดทางด้านแมคคานิคคอลเพื่อติดตั้งบนเครื่องจักรเพิ่มเติม

4. ศึกษาการรีโทรฟิตเครื่องจักรอื่นๆ เช่น เครื่องกัดแนวตั้ง เครื่องกัดแนวนอน เครื่องกลึง และการรีโทรฟิตเครื่องจักรจากระบบแมนนวลเป็นระบบอัตโนมัติ

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กิตติพงษ์ เอกไชย. (2552). ระบบควบคุมเครื่องกัดอัตโนมัติ. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2553, จาก www.ict.bus.ku.ac.th/backoffice/pdf_research/565_171_g.pdf
- แคปแลนดี และแอนเดอร์สัน. (2552). การวิเคราะห์ต้นทุนบนฐานกิจกรรมและเกณฑ์เวลา. แปลโดย จักร ดิงศกัทธิย์. กรุงเทพฯ : เอ็กซ์เปอร์เน็ท.
- ชาลี ตระการกุล. (2539). เทคโนโลยีซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย. (2553). สินเชื่อSMEs. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2553, จาก <http://www.smebank.co.th>
- บริษัท ที.ดี.เอ็ม. จำกัด. (2553). ชนิดการรีโทรฟิต. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2553, จาก <http://www.tdmthai.com>
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2553). การวางแผนและการควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ : บริษัท พิมพ์ดี จำกัด.
- วโรตม ตูจินดา. (2547). การออกแบบสร้างและรีโทรฟิตชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วิษณุ รัตน์ะ. (2550). การพัฒนาหน่วยการผลิตอัตโนมัติสำหรับห้องปฏิบัติการแคด/แคม. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมาคมเครื่องจักรกลไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และ บริษัท วิน ครี เอชเอ็น จำกัด. (2551). โครงการซ่อมเครื่องจักร Retrofit: การเพิ่มประสิทธิภาพอุตสาหกรรมไทย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2554, จาก [http:// www.nesdb.go.th](http://www.nesdb.go.th)
- สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2553). โครงการสนับสนุนการปรับปรุงและฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรแก่ SMEs (Machine Fund). สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2553, จาก <http://www.sme.go.th/pages/home.aspx>
- DMG. (2010). **DMG CNC**. Retrieved September 04, 2010, from <http://www.dmg-america.com>
- HASS. (2010). **HASS CNC**. Retrieved September 04, 2010, from <http://www.haascnc.com>

- Head Clamp Drawing.** (2010). (ภาพนิ่ง). กรุงเทพฯ : บริษัท สยามทูล เอ็นจิเนียริง จำกัด.
- Heidenhain Basic TNC.** (2009). (ภาพเคลื่อนไหว). กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- Heidenhain General Catalog.** (2009). (ภาพนิ่ง). กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- Heidenhain iTNC530 Catalog.** (2010). (ภาพนิ่ง). กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- Heidenhain Presentation.** (2010). (ภาพเคลื่อนไหว). กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- Heidenhain TNC320 Catalog.** (2008). (ภาพนิ่ง). กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด.
- MACHINEY.** (2011). **สิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับ CNC > ประวัติของเอ็นซีและซีเอ็นซี.**
Retrieved January 30, 2011, from <http://machiney.igetweb.com>
- OKUMA.** (2010). **OKUMA CNC.** Retrieved September 04, 2010, from <http://www.okuma.co.jp>
- PINNACLE.** (2010). **PINNACLE CNC.** Retrieved September 04, 2010, from <http://www.pinnaclecnc.com>



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.
ใบงานสรุปผลการศึกษา



ใบงานสรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลการทดสอบด้วยวิธีการกัดชิ้นงานสเตคแคมเป็นจำนวน 10 ชิ้น บันทึกไว้ในใบงานสรุปผลการศึกษาตามหมายเลข ST001 ถึงหมายเลข ST010

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST001

STUDY SUMMARY SHEET				
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling		STUDY/SHEET No: ST001	
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)	DATE: October 01, 2010		START TIME: MC A:8.00 ,MC B:8.00	
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)	STOP TIME: MC A:9.42, MC B:9.39		NET TIME:MCA:102 Min,MCB:99Min	
TOOLS AND GAUGES	PRODUCT/PART: Head clamp		RECORDED/CHECKED BY :	
DWG No:	MATERIAL : N695		J. Sutwiroon , K Sakda	
	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron			
DESCRIPTION	MACHINE A		MACHINE B	
	PICTURE	TIME	PICTURE	TIME
PICTURE OF MACHINE (รูปเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์)		Minute		Minute
PREPARING MACHINE AND EQUIPMENT (เตรียมเครื่อง และเตรียมอุปกรณ์)		50 Min		50 Min
WORKPIECE CLAMPING (นำชิ้นงานใส่ที่จับยึด)		2 Min		2 Min
MACHINE RUN WITH PROGRAM START (เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เริ่มทำงาน)		48 Min		45 Min
MACHINE AND PROGRAM STOP (เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จบการทำงาน)				
UN-CLAMPING AND UN-LOADING WORKPIECE, (นำชิ้นงานออกจากที่จับยึด ,และนำออกจากเครื่อง)		2 Min		2 Min

รูปที่ 29 ใบงานสรุปผลการศึกษา

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST002

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST002
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:10.00 ,MCB:10.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:10.52, MC B:10.49
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:52 Min,MC B:49Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K Sakda

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST003

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST003
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:11.00 ,MCB:11.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:11.52, MC B:11.49
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:52 Min,MC B:49Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K Sakda

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST004

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST004
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:13.00 ,MCB:13.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:13.53, MC B:13.50
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:53 Min,MC B:50Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST005

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST005
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:14.00 ,MCB:14.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:14.53, MC B:14.50
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:53 Min,MC B:50Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

รูปที่ 29 ใบงานสรุปผลการศึกษา (ต่อ)

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST006

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST006
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:15.00 ,MCB:15.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:15.53, MC B:15.50
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:53 Min,MC B:50Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST007

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST007
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:16.00 ,MCB:16.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:16.53, MC B:16.50
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:53 Min,MC B:50Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST008

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST008
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:17.00 ,MCB:17.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:17.54, MC B:17.51
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:54 Min,MC B:51Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST009

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST009
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:18.00 ,MCB:18.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:18.54, MC B:18.51
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:54 Min,MC B:51Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

รูปที่ 29 ใบงานสรุปผลการศึกษา (ต่อ)

ใบงานสรุปผลการศึกษา (STUDY SUMMARY SHEET) ST010

STUDY SUMMARY SHEET		
DEPARTMENT : Production	SECTION: Tooling	STUDY/SHEET No: ST010
MACHINE : MACHINE A , BRAND MAZAK (RETROFIT)		DATE: October 01,2010
MACHINE B, BRAND BROTHER (NEW)		START TIME:MC A:19.00 ,MCB:19.00
TOOLS AND GAUGES		STOP TIME: MC A:19.54, MC B:19.51
PRODUCT/PART: Head clamp	MATERIAL : N695	NET TIME:MC A:54 Min,MC B:51Min
DWG No:	SPECIFICATION : Accu 5-10 micron	RECORDED/CHECKED BY : J. Sutwiroon , K.Sakda

รูปที่ 29 ใบงานสรุปผลการศึกษา (ต่อ)



ภาคผนวก ข.

รูปเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่รีโทรฟิต



เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ในรุ่นต่าง ๆ ที่รีโทรฟิต



รูปที่ 30 เครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ผ่านการรีโทรฟิต โดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี.
รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด



รูปที่ 30 เครื่องเวอร์ตคอลลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ผ่านการรีโทรฟิต โดย บริษัท ซี.เอ็น.ซี.
รีโทรฟิต แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไฮเดนฮาน (ไทยแลนด์) จำกัด (ต่อ)

