การวิเคราะห์และตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี

ANALYSIS AND INSPECTION OF CNC MACHINING CENTER

สมศักดิ์ แก่นทอง[1]

1. บทคัดย่อ

เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เป็นเครื่องจักรที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความแม่นยำในการผลิตชิ้นงานสูงและมีบทบาทมากในวงการอุตสาหกรรมจึงมีการสร้างเครื่องจักรประเภทนี้ขึ้นในประเทศไทย ปัญหาหนึ่งของการสร้างเครื่องจักรให้เป็นที่ยอมรับคือความแม่นยำในการทำงาน การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุความไม่แม่นยำของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย และเสนอแนวทางการแก้ไของค์ประกอบต่างๆ ตามหลักวิชาการเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการทำงานโดยตรวจวัดเครื่องจักรตามมาตรฐาน ISO 1984 แก้ไขปรับแต่งชิ้นส่วนทางกลและ ชดเชยความแม่นยำในระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบความแม่นยำ ปรากฏว่าความแม่นยำในการทำงานของเครื่องจักรประกอบด้วยองค์ประกอบของชิ้นส่วนทางกลและความเหมาะสมของการใช้ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ เครื่องจักรที่ทำการวิจัยหลังการปรับแต่งเชิงกล และชดเชยความแม่นยำ แล้วมีค่าความแม่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ISO 1984 มีความสามารถในการผลิตชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์ขนาดพิกัด 0.010 mm และสร้างชิ้นงานแบบ 3 มิติ ด้วยความแม่นยำขนาด 0.020 mm ซึ่งเป็นค่าความแม่นยำที่ยอมรับในอุตสาหกรรมการผลิต

2. Abstract

Machining Center is a machine controlled by computer system for manufacture with high accuracy. It has crucial role in manufacturing industry. Consequently this type of machine has to be produced in Thailand. However, one of the problems in the production of the machine is its working accuracy.

This research intended to study and to analyses the causes of working inaccuracy of Machining Center that was produced in Thailand. It also purposed a guideline to correct the inaccuracy of the machine components, as that the machine worked with confidential quality by measurement of the machine according to ISO 1984 standard, correction of mechanical components, and compensation in electronic control system.

The result of the analysis and accuracy measurement indicated that the working accuracy of the machine consisted of mechanical components and appropriateness in the performance of feed drive system. The experimental machine after mechanical correction and compensation reached the accuracy value in accordance with ISO 1984 standard, having a tolerance of 0.010 mm in production ability, and the capability for the creation 3-D models with the

[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
โทรศัพท์ : 0-2549-4644 โทรสาร : 0-2549-3422 E-mail : s_kanthong@hotmail.com

accuracy value of 0.020 mm which accepted in industrial production.

3. บทนำ

เครื่องจักรที่ใช้ระบบควบคุมแบบ ซีเอ็นซี เป็นเครื่องที่ให้ความแม่นยำในการทำงานสูง และมีบทบาทมากขึ้นในวงการอุตสาหกรรม ภาวะความต้องการเครื่องจักรปัจจุบันมีมากขึ้น ทั้งจากความต้องการของอุตสาหกรรมรวมถึงสถานศึกษา จึงมีความพยายามที่จะสร้างเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี เช่น เครื่องกัด (CNC Milling) เครื่องกลึง (CNC Lathe) ปัญหาหนึ่งของเครื่องจักรประเภทนี้ คือ ความเที่ยงตรงและความแม่นยำในการผลิตชิ้นงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง ปัญหาของความแม่นยำ และความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งที่ต้องวิเคราะห์และหาสาเหตุที่ทำให้ความแม่นยำมีค่าเบี่ยงเบนจากค่าที่มาตรฐานกำหนด และยังมีผลถึงการหาขีดความสามารถ และความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสร้างเครื่องจักรที่ใช้ระบบซีเอ็นซีควบคุมต่อไป

4. วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบความแม่นยำของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ ซึ่งได้รับการติดตั้งชุดควบคุมแบบซีเอ็นซีที่ประกอบภายในประเทศ

2. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาในการประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักร, ชุดควบคุม และตัวแปรที่มีผลต่อความแม่นยำในการทำงานของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

3. เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

5. ขอบเขตของการวิจัย

ตรวจสอบความแม่นยำเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ มีชื่อทางการค้าว่า RAMA ประกอบชุดควบคุมซีเอ็นซี ของ HEIDENHAIN รุ่น TNC 407 ที่บริษัท NR. INDUSTRIES จำกัด ซ. ท่านผู้หญิง ถ. เทพารักษ์ อ. สำโรง จ. สมุทรปราการ วิเคราะห์ผล และกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง

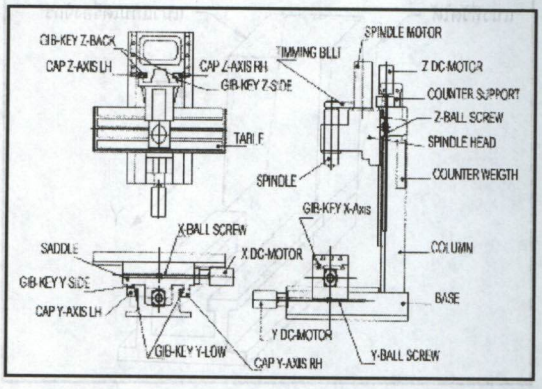
6. สภาพทั่วไป

บริษัท NR. INDUSTRIES เป็นบริษัทที่ทำการผลิตเครื่องจักร CNC Machining Center ของคนไทย ดำเนินงานโดย คุณณรงค์ สกุลศิริรัตน์ เดิมผลิตเครื่องเม็ดยา และได้พัฒนาเครื่องจักรให้มีระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่มีเทคโนโลยีสูงขึ้น จากนั้นได้หันมาผลิตเครื่องจักร ที่ควบคุมด้วยระบบ CNC เครื่องที่ศึกษาและวิเคราะห์เป็น Vertical Machining Center ตัวเครื่องจักรประกอบด้วยโครงสร้างส่วนสำคัญต่าง ๆ แล้วนำมาประกอบชุดควบคุม และชุดขับเคลื่อนต่าง ๆ โดยใช้ชื่อรุ่น RAMA M400 เป็นชื่อทางการค้าซึ่งมีคุณลักษณะ (Specification) ดังนี้

Capacity	X-Axis Travel	400	mm
	Y-Axis Travel	250	mm
	Z-Axis Travel	300	mm
Table Size		750 250	mm
Max-Load		150	kg
Spindle Speed		4000	mm
Spindle Motor Power		1.5	kW
Spindle Taper		ISO - 30	
Cutting Feed (X, Y)		0-6000	mm/min
Rapid Feed		6000	mm/min
Feed Motor (Servo Motor)		0.85	Nm
Resolution		0.001	mm
Controller		HEIDENHIAH TNC 407	

7. เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (CNC Machining Center)

แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เป็นเครื่องจักรในการผลิตชิ้นส่วน (Machine Parts) ควบคุมด้วยระบบ ซีเอ็นซี (CNC) สามารถสร้างงานได้รวดเร็ว โดยการรวมเครื่องมือตัด (Tool) ไว้ในแมกกาซีน เพื่อใช้สำหรับการเจาะรู, คว้านรู, ปาดผิว, และอื่น ๆ



ภาพที่ 1 โครงสร้างเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่ทำวิจัย

ตัวเครื่องประกอบด้วย 6 ชิ้นส่วนหลัก ที่ทำหน้าที่นำเลื่อนใน 3 แนวแกน กล่าวคือ

- Base ทำหน้าที่รองรับการเคลื่อนที่แนวแกน Y
- Saddle เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่แนวแกน Y และรองรับการเคลื่อนที่ของ Table
- Table เป็นชิ้นส่วนที่รองรับชิ้นงานและการเคลื่อนที่แนวแกน X
- Column ทำหน้าที่รองรับการเลื่อนในแนวแกน Z
- Spindle Head เป็นชิ้นส่วนรองรับเพลากัดเคลื่อนที่ในแนวแกน Z
- Spindle ชิ้นส่วนสำหรับจับยึดเครื่องมือตัด

8. สภาพเครื่องจักรที่ทดสอบ

เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์หลังการประกอบชุดควบคุม ยังไม่ได้ปรับระยะคลอนของแกนและรางเลื่อนใด ๆ และติดตั้งในโรงงานที่ไม่มีครื่องปรับอากาศ วางเครื่องให้ได้ระดับในพิกัด 0.02 mm/m เมื่อเทียบระดับที่โต๊ะงาน

9. วิธีการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบแบ่งลักษณะการตรวจสอบเป็น 3 ส่วน คือ

1. การตรวจสอบเชิงเรขาคณิต (Geometrical Test)

เป็นการตรวจสอบขนาดชิ้นส่วนรางเลื่อนหลักเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน โดยการวัดค่าเบี่ยงเบนในการเคลื่อนที่ เช่น ความขนานของรางเลื่อนในแนวแกนหลักของเครื่อง (X,Y,Z) ความได้ฉากในแกนหลัก โดยใช้เครื่องมือวัดละเอียดตรวจสอบตามมาตรฐาน ISO-1984 และตรวจสอบขั้นสุดท้ายหลังการประกอบชุดควบคุม CNC ด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความแม่นยำ Ball Bar Test

2. การตรวจสอบเชิงปฏิบัติ (Practical Test) เป็นการทดสอบ การทำงานของเครื่องจักร โดยทำการผลิตชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ISO-1984 แล้ววัดขนาด, ความราบ, ความได้ฉากของชิ้นทดสอบด้วยเครื่อง CMM (Coordinate Measuring Machine) และทดสอบการ Machine แบบ 3D ตาม Program Surface ที่ได้จาก CAD/CAM พร้อมกับตรวจสอบชิ้นงานด้วย CMM

3. การทดสอบการทำงานของเครื่องจักรเป็นการวัดและตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องจักรด้านความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่เมื่อมีการเปลี่ยนตัวแปรที่มีผลต่อความแม่นยำ โดยการวางน้ำหนักของงานต่างขนาดบนโต๊ะงานใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดต่างกัน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในขณะทำงาน โดยตรวจสอบความแม่นยำด้วยอุปกรณ์ Ball Bar Test และวิเคราะห์ผลของตัวแปรที่มีต่อความแม่นยำของเครื่องจักร

10. เครื่องมือวัดและอุปกรณ์การตรวจสอบ

เครื่องมือตรวจสอบและเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่มีค่าความเที่ยงตรงตามมาตรฐาน ISO 230/1

- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	ค่าความเที่ยงตรง	0.002 mm/div
- แท่งขนานยาว 300 mm	ค่าความขนาน	0.003 mm/m
- ฉากความยาว 300 mm	ค่าความเที่ยงตรง	0.003 mm/m
- Dial Indicator	ค่าความละเอียด	0.002 mm
- Test Bar ISO - 30	ค่าความละเอียด	0.003 mm

11. Ball Bar Test (Remission)

ค่าความเบี่ยงเบนของขนาดที่กำหนดในแบบของแต่ละชิ้นส่วน มีดังนี้

ความขนานในแนวรางเลื่อน Y	0.020 mm
ความขนานในแนวรางเลื่อน Z	0.006 mm
อัตราเรียวรางเลื่อนรองรับแกน X	0.013/100 mm
อัตราเรียวรางเลื่อนรองรับแกน Y	0.010/100 mm
ความขนานแนวระดับของโต๊ะงาน	0.006 mm

การตรวจวัดขนาดที่ผ่านมาพบว่า ค่าความขนานของแนวแกน Y มีค่าเบี่ยงเบนจากขนาดที่กำหนดมากที่สุด เมื่อพิจารณาสภาพเครื่องจักร ลักษณะของแต่ละแนวแกนมีความหลวมคลอนมาก ต้องปรับระยะคลอนให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม โดยปรับระยะลิ่มแต่ละแนวแกนให้อยู่ในพิกัด 0.006 ถึง 0.008 mm จากนั้นจึงตรวจวัดความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO 1984 ต่อไป

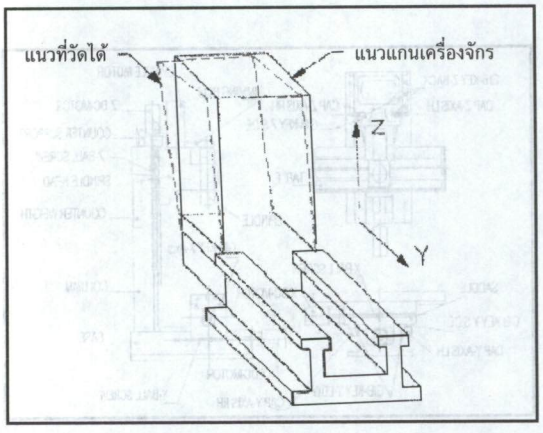
12. การตรวจวัดความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO 1984

เป็นมาตรฐานการตรวจสอบความแม่นยำเชิงเรขาคณิตของเครื่องกัด (Milling Machine) ผลการตรวจวัดเครื่องจักรในส่วนที่สำคัญ มีดังนี้

จุดตรวจ	ค่ากำหนด (ISO 1984)	ความแม่นยำที่ตรวจวัด
G 1a	0.025	0.024*
G 1b	0.025	0.008
G 2a	0.025	0.022*
จุดตรวจ	ค่ากำหนด (ISO 1984)	ความแม่นยำที่ตรวจวัด
G 2b	0.025	0.008
G 4a	0.025	0.018*
G 4b	0.025	0.014*

* ค่าความแม่นยำที่มีความเบี่ยงเบนสูง

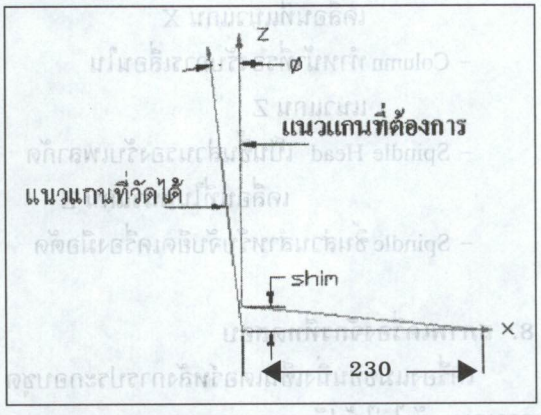
เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์มีความเบี่ยงเบนในแนวแกน Z ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 2 ชิ้นส่วน Column เบี่ยงเบนจากแนวแกน

13. การแก้ไข

เนื่องจากไม่สามารถถอดประกอบ Column เพื่อนำมาขูดปรับแต่งผิวประกบของฐาน Column ได้ จึงใช้วิธีการรองฐานของ Column ด้วยแผ่นโลหะบาง (Shim) ขนาดความหนาของแผ่น Shim ที่มีใช้ 0.010, 0.020, 0.030 mm การพิจารณา Shim โดยยึดหลักการให้มุมเอียงไปในแนวแกน Z เท่ากับมุมที่จะต้องรองฐานของ Column



ภาพที่ 3 การรอง Column เพื่อแก้ไขแนวแกน Z

ผลการวัดหลังจากการแก้ไขแนวแกน Z ตามมาตรฐาน ISO 1984 ได้ดังนี้

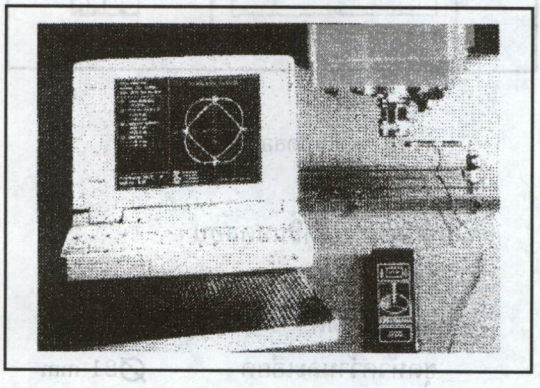
จุดตรวจ	ความแม่นยำที่ตรวจวัด
G1a/G1b	-0.006/+0.006 mm
G2a/G2b	-0.008/+0.006 mm
G4a/G4b	-0.008/+0.012 mm

ซึ่งน้อยกว่าในตอนแรก

14. การวิเคราะห์ความแม่นยำด้วย Ball Bar Test

Ball Bar Test เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบและวิเคราะห์ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี เพื่อหาค่าชดเชยทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสม ประกอบด้วย

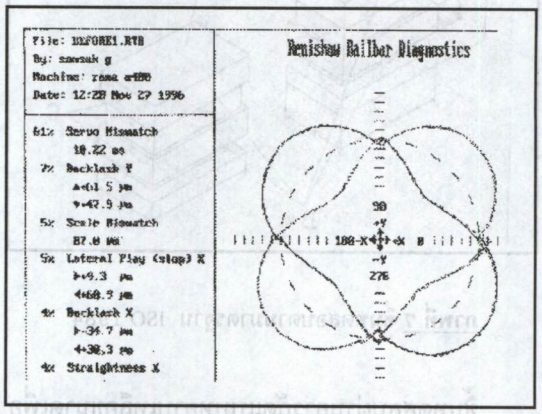
- Backlash เป็นค่าความหลวมคลอนของระบบขับเคลื่อน
- Reversal Spikes เป็นค่าความแตกต่างในการหมุนของระบบขับเคลื่อนเมื่อเปลี่ยนทิศทาง
- Servo Mismatch เป็นค่าความไม่สมดุลของ Servo motor กับการเคลื่อนที่
- Straightness คือ ความตรงเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของแกน



ภาพที่ 4 ลักษณะและการติดตั้งอุปกรณ์Ball Bar Test

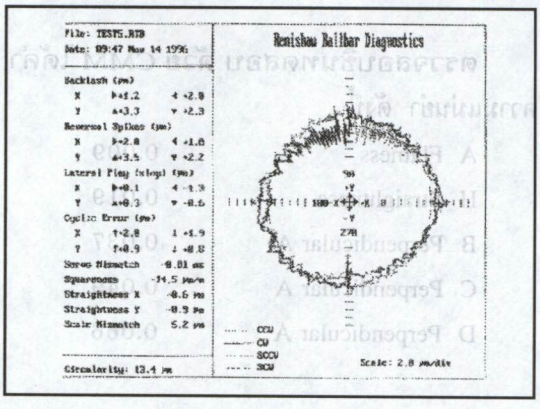
จากการตรวจวัด Ball Bar Test แม่นยำโดย Software จากกราฟแสดงว่ามีการเบี่ยงเบนสูง ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งสามารถชดเชยความแม่นยำได้โดยใส่ค่าในแมชชีนพารามิเตอร์ ประกอบด้วย

Backlash Compensate	X	MP 710.0	= 0.0.12
	Y	MP 710.1	= 0.005
	Z	MP 710.2	= 0.006
Reversal Spikes	X	MP 711.0	= 0.005
	Y	MP 711.1	= 0.004
	Z	MP 711.2	= 0.006
Straightness	X	MP 720.0	= 0.006
	Y	MP 720.1	= 0.004
	Z	MP 720.2	= 0.005
Servo mismatch	X	MP 1510.0	= 2.41
	Y	MP 1510.1	= 2.41
	X	MP 1510.2	= 2.0



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์ ก่อนการใส่แมชชีนพารามิเตอร์

เมื่อปรับค่าชดเชย สำหรับแมชชีนพารามิเตอร์ ปรากฏการเบี่ยงเบนน้อยลง ดังแสดงในภาพที่ 6

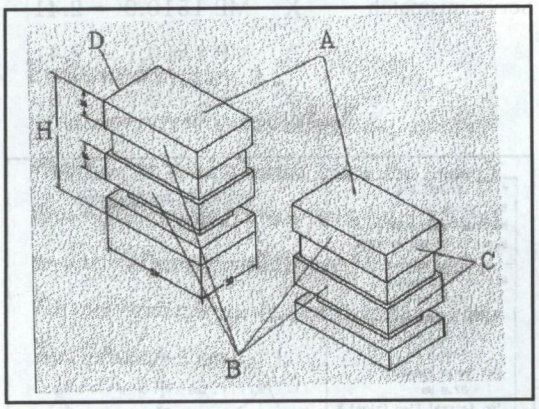


ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ หลังการใส่แมชชีนพารามิเตอร์

15. การตรวจสอบเชิงปฏิบัติการ (Practical Test)

การสร้างชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1984 P1

กำหนดขนาดของชิ้นทดสอบและจุดที่ทำการวัดค่าความแม่นยำ A, B, C, D และ H



ภาพที่ 7 ชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1984

ชิ้นทดสอบผ่านการกัดแบบหยาบเหลือขนาดเพื่อการกัดละเอียดชิ้นสุดท้าย

ข้อมูลในการตัด

ชิ้นทดสอบ Cast Iron

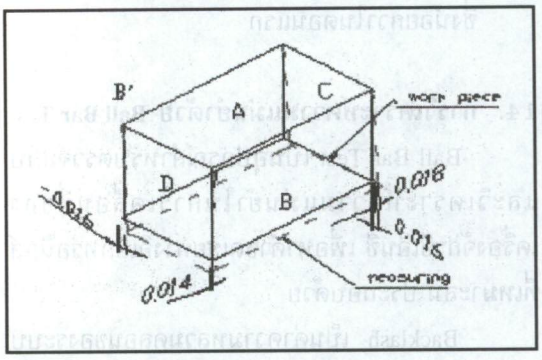
เครื่องมือตัด (Tool) Flat End Mill (16 mm) 4 Flutes

Spindle Speed 600 rpm

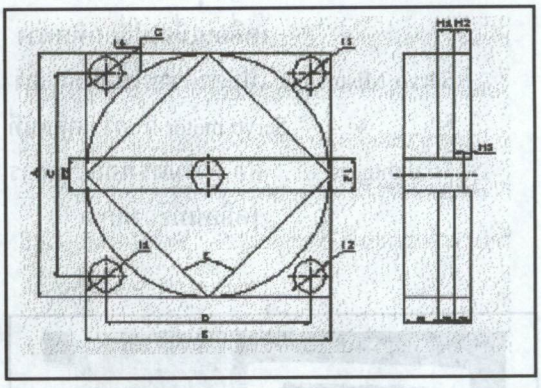
Feed/t 0.05 mm Feed 120 mm/min

ตรวจสอบชิ้นทดสอบ ด้วย CMM ได้ค่าความแม่นยำ ดังนี้

A	Flatness	0.009
H	Straightness	0.019
B	Perpendicular A	0.037
C	Perpendicular A	0.049
D	Perpendicular A	0.066



ภาพที่ 8 ชิ้นทดสอบทำการวัดขนาดด้วย CMM



ภาพที่ 9 ชิ้นทดสอบแบบ VDI

ข้อมูลในการผลิตชิ้นทดสอบ

วัสดุงาน Aluminum

เครื่องมือตัด สว่าน Ø20 mm

ชุดหัวคว้านละเอียด Ø21 mm

End mill 4 flutes Ø16 mm

ขนาดที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM เป็นดังนี้

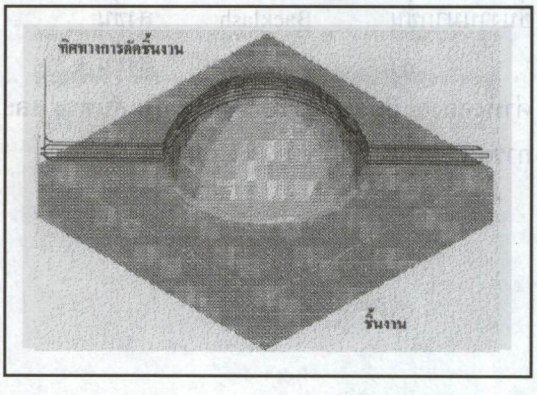
	ขนาดตามโปรแกรม mm	ค่าผิดพลาด mm
A	145	-0.013
B	145	-0.016
C	120	-0.009
D	120	+0.011

E	90	-0 ; 0 ; 2
F_1, F_2	20	-0.014 , -0.003
G	0.010.0	+0.013
H_1	10	+0.049
H_2	10	+0.018
H_3	5	+0.013
I_1	12.5 , 12.5	0 , -0.004
I_2	132.5 , 12.5	-0.003 , -0.004
I_3	122.5 , 132.5	+0.001 , -0.017
I_4	12.5 , 132.5	-0.009 , -0.018

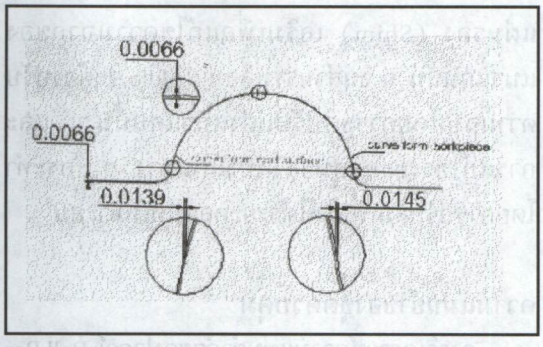
16. การสร้างชิ้นทดสอบแบบ 3 มิติ

การทดสอบการทำงานของเครื่องจักรแบบเดินกัดงาน 3 แกน พร้อมกัน การทำงานในลักษณะ 3 แกน หรือ 3 มิติ เป็นการสร้างชิ้นงานที่ได้โปรแกรมการกัดมาจากระบบ CAD/CAM ลักษณะของชิ้นงานเป็นทรงกลมครึ่งซีก การกำหนดทางเดินของดอกกัด (Tool Path) จะทำมุม 45 องศากับแนวแกน X เพื่อให้การเคลื่อนที่เป็นแบบ 3 แกน

จากการวัดขนาดของชิ้นทดสอบ 3 มิติ นำค่าที่วัดได้ Plot ลงใน Software CAD เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของโปรแกรมในตำแหน่งเดียวกัน เพื่อหาค่าความแม่นยำของเครื่องจักร



ภาพที่ 10 ชิ้นทดสอบแบบ 3 มิติ



ภาพที่ 11 ขนาดที่ผิดพลาดในการตัดชิ้นทดสอบ

17. การทดสอบการทำงานของเครื่องจักรภายใต้เงื่อนไข

การทดสอบกระทำโดยใส่ตัวแปรน้ำหนักบนโต๊ะงานขนาด 50 ,100 และ 150 kg ตามลำดับ ตรวจสอบโดยอุปกรณ์ Ball Bar Test จากการวิเคราะห์ด้วย Ball Bar Test พบว่าเครื่องจักรที่ตรวจสอบความแม่นยำมีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ตามผลของน้ำหนักมากที่สุดผลของการเคลื่อนที่เมื่อรับน้ำหนักจะทำให้ค่า Circularity คลาดเคลื่อนมากขึ้น 0.020 ถึง 0.024 mm. ส่วนค่าความหนืดของน้ำมันจะมีผลต่อการเคลื่อนที่น้อย ทำนองเดียวกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในขณะทำงานจริง

18. สรุปผล และแนวทางการแก้ไขความแม่นยำทางกล

เกิดจาก

ความคลาดเคลื่อนในชิ้นส่วนรางเลื่อนมาจากการผลิตชิ้นส่วนไม่ได้พิกัด จุดที่สำคัญในการผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้ คือ

1. ความขนานในแนวรางเลื่อน และความฉากของชิ้นส่วนที่นำไปประกอบกับชิ้นส่วนรางเลื่อนแนวแกนอื่นเป็นหลัก

2. การประกอบชิ้นส่วนรางเลื่อนเข้าด้วยกันและการปรับระยะคลอนของแต่ละแนวแกน การแก้ไขชิ้นส่วนรางเลื่อนที่ยึดติดกับแนวรางเลื่อน หรือชิ้นส่วนรางเลื่อนอื่น (ชิ้นส่วน Column) สามารถที่จะใช้

แผ่นรอง (Shim) เสริมเพื่อแก้ไขความฉากของแนวแกนนั้น ๆ ชิ้นส่วนรางเลื่อน Saddle จะต้องปรับความฉากโดยการขูดปรับแต่งแนวแกนนั้น ๆ และการแก้ไขระยะคลอนของแนวแกนต่าง ๆ กระทำโดยการปรับลิ่มเพื่อให้ได้ระยะคลอนที่เหมาะสม

ความแม่นยำของชุดควบคุม

การวิเคราะห์ความแม่นยำด้วยอุปกรณ์ Ball Bar Test เป็นการช่วยหาค่าที่เหมาะสมในการชดเชยทางแมชชีนพารามิเตอร์ เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนของรางเลื่อน และชิ้นส่วนทางกลเกิดจากแมชชีนพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความแม่นยำ ประกอบด้วย

- KV Factor
- Backlash Compensation
- Reversal
- Linear Compensation

การแก้ไข

โดยใช้ Ball Bar Test วิเคราะห์ความแม่นยำปรับค่าแมชชีนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเหมาะสมของระบบควบคุมให้อยู่ในพิกัดก่อน เครื่องจักรที่วิจัยนี้ต้องปรับค่า KV Factor ให้ได้ค่าที่เหมาะสมก่อน จึงหาค่าชดเชยอื่น ๆ โดยเฉลี่ยให้ได้ผลรวมมีค่าความแม่นยำดีที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ความแม่นยำดูได้จากค่าความตรง Straightness และ Circularity ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Ball Bar Test

ความแม่นยำในการผลิตชิ้นทดสอบ

จากการผลิตชิ้นทดสอบ ตามแบบ ISO 1984 P1 ตรวจวัดชิ้นงานด้วยเครื่อง CMM ได้ดังนี้

		ระยะคลาดเคลื่อน
ความขนานในแนวแกน	X	0.026 mm
	Y	0.013 mm
	Z	0.018 mm
ความฉากในระนาบ	XY	0.011 mm
	YZ	0.018 mm
	ZX	0.016 mm

ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ตามจุด (ชิ้นงานแบบ VDI)

จุดที่	พิกัดความแม่นยำ X , Y
I1.	0 , -0.004 mm
I2.	+0.003 , -0.004 mm
I3.	+0.001 , -0.017 mm
I4.	-0.009 , -0018 mm

ความแม่นยำในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง (Round ness)

= 0.026 mm

ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ 3 มิติ ค่าสูงสุด

= 0.014 mm

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรภายใต้การตัดชิ้นทดสอบ พบว่า ความแม่นยำในการเคลื่อนตามจุดจะอยู่ในพิกัดที่สามารถชดเชยได้ด้วยแมชชีนพารามิเตอร์ ตามผลการวิเคราะห์ของ Ball Bar Test

ความแม่นยำในการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และเส้นโค้งได้ค่าความแม่นยำเป็นไปตามความแม่นยำของชิ้นส่วนทางกลตามตารางการตรวจสอบความแม่นยำ ISO 1984

การทดสอบการทำงานเมื่อมีตัวแปร เช่น น้ำหนักของชิ้นงาน, น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดต่างกัน , และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการทำงาน พบว่า น้ำหนักของชิ้นงานมากขึ้น Backlash สูงขึ้น

ค่า Squareness สูงขึ้น

ค่าทั้งสองจะมีผลต่อการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง และการเคลื่อนที่แบบเป็นจุด (Point to Point)

เอกสารอ้างอิง

มนตรี มังคละสวัสดิ์, ก่อสุชน ศาตะโยธิน, และ ประเสริฐ ปราชญ์ประยูร. **การวัดทางวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว , 2538.

Manfred Wech : **Handbook of Machine tools Volume4.** Great Britain : Page Brother (Nornich) Ltd. 1984.

Ted Busch. **FUNDAMENTALS OF DIMENSONAL METROLOGY.** New York: Delmar Publishers inc, 1989.

DR. Johannes Heidenhain **Accuracy In spection of Nc Machine Tools by Double Ball Bar Method.** Munich : Hanser Publishers, 1993.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายสมศักดิ์ แก่นทอง
- ค.อ.บ. (อุตสาหการ-เครื่องมือกล) วิทยาลัยเทคโนโลยีชีวศึกษา

-วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
-วศ.ม. (วิศวกรรมการผลิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

งานวิจัย

- หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องกัดกึ่งอัตโนมัติต้นแบบควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ปี 2543
- หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่องการออกแบบและสร้างกัดโลหะควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเซอร์โวมอเตอร์ ปี 2545