

การพัฒนาเครื่องมือวัดการหนูนสำหรับเครื่องพิมพ์ออฟเซตที่มีโมพิมพ์แบบมีป่า

Development of Packing Gauge for Offset Printing Machine with Cylinder Bearer

พิทักษ์พงษ์ บุญประสม

ภาควิชาวิศวกรรมกรรมการพิมพ์ สถาบันวิศวกรรมกรรมการพิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

38 ถนนเพชรเกษม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร

โทร. 0-2457-0068 , 0-2457-6000 ต่อ 121, 5377 E-mail : Pitagpong.boo@siam.edu

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาพัฒนาเครื่องมือวัดการหนูน (Packing Gauge) ของโมแม่พิมพ์และโมฝ่ายสำหรับเครื่องพิมพ์ที่มีโมพิมพ์แบบมีป่า ซึ่งในปัจจุบันเครื่องมือวัดการหนูนยังมีใช้ไม่แพร่หลายสำหรับการพิมพ์ ดังนั้นปัญหาการขาดแคลนเครื่องมือวัดการหนูนทำได้โดยเริ่มจากออกแบบเครื่องมือวัดด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบ (CAD : Computer Aided Design) แบบพาราเมตริกโซลิดโมเดลลิง (Parametric Solid Modeling) และใช้โปรแกรมช่วยผลิต (CAM: Computer Aided Manufacturing) สร้างคำสั่ง NC-Code เพื่อใช้ควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling) เครื่องมือวัดที่สร้างเสร็จแล้วนำไปตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพิกัด (CMM :Coordinate Measuring Machine) เพื่อหาค่าพิกัดความเผื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่ง ความฉาก ความตรง และความขนานของเครื่องมือวัดการหนูน จากนั้นนำเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นไปสอบเทียบกับเครื่องมือวัดการหนูนมาตรฐานพบว่ามีความคลาดความต่างจากการวัดมากที่สุด 0.004 mm

คำสำคัญ : เครื่องมือวัดการหนูน,โมแม่พิมพ์,โมฝ่าย,โปรแกรมช่วยออกแบบ,พาราเมตริกโซลิดโมเดลลิง,โปรแกรมช่วยผลิต,เครื่องวัดพิกัด,ความฉาก,ความตรง,ความขนาน

Abstract

This paper presents the development of packing gauge that is used to measure packing of plate and blanket cylinders of the offset printing machine. Nowadays, the packing gauge has not been widely used in printing operation. Thus, this study attempts to solve the problem regarding the lack of packing gauge. Firstly, the packing gauge was designed by parametric solid model of Computer Aided Design (CAD) program. Then, the Computer Aided Manufacturing (CAM) program was used to create a set of command for controlling the CNC milling machines called "NC-Code". After the packing gauge model has been produced, it was tested by using the Coordinate Measuring Machine (CMM) to investigate the Geometrical-tolerances of position and shape including

perpendicular, straight and parallelism. Finally, the packing gauge model was calibrated by standards tools. The results show that the maximum average of differential measurement between packing gauge model and standard instrument was 0.004 mm.

Keyword: Packing Gauge, Plate Cylinder, Blanket Cylinder, Computer Aided Designed(CAD), Parametric Solid Modeling, Computer Aided Manufacturing(CAM), Coordinate Measuring Machine(CMM), Perpendicular, Straight, Parallelism

1. บทนำ

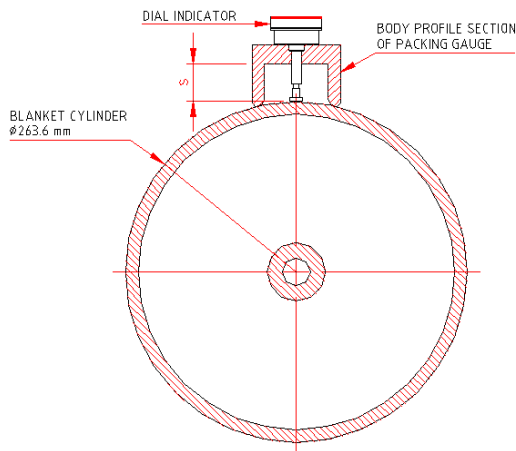
อุตสาหกรรมการผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตส่วนใหญ่ใช้เครื่องพิมพ์อยู่สองชนิดได้แก่เครื่องพิมพ์ที่มีโมพิมพ์แบบมีบ่า (Cylinder with Bearer) กับเครื่องพิมพ์ที่โมพิมพ์ไม่มีบ่า (Cylinder without Bearer) โดยโมเครื่องพิมพ์ทั้ง 2 ชนิดรองหนุนด้วยแผ่นกระดาษหรือแผ่นพลาสติก บนโมแม่พิมพ์และโมผ้ายาง เพื่อให้มีแรงกดที่ตำแหน่งนิบ (Nip) ของโมแม่พิมพ์กับโมผ้ายาง สาเหตุที่ต้องวัดค่าการหนุนของโมพิมพ์ โดยเฉพาะโมผ้ายาง เพื่อต้องการนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาระยะรองหนุนที่ทำให้เกิดแรงกดบริเวณนิบ ที่เหมาะสมไม่ทำให้เกิดการพิมพ์พร่า (Slur) เนื่องด้วยแผ่นผ้ายางก่อนนำไปห่อหุ้มที่โมผ้ายางได้วัดความหนาผ้ายางด้วยไมโครมิเตอร์ไว้แล้ว ทำให้ทราบค่าความหนาของผ้ายางและบวกกับความหนาของแผ่นรองหนุน เมื่อนำผ้ายางไปหุ้มกับโมและดึงให้ตึงแผ่นผ้ายางจะยึด

ออก ทำให้แผ่นผ้ายางบางลงแต่บางลงไปเท่าไรนั้นจะทราบได้โดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดการหนุน (Packing Gauge) หากไม่มีเครื่องมือวัดการหนุนเมื่อต้องการให้งานที่พิมพ์ออกมาคมชัดและสวยงามช่างพิมพ์ต้องอาศัยประสบการณ์ปรับตั้ง โดยไม่ได้ใช้เครื่องมือวัดการหนุน ช่วยการวัดระยะ ถ้าแรงกดของโมทั้งสองไม่อยู่ในพิสัยที่ถูกต้อง จะทำให้งานพิมพ์ที่ได้คุณภาพลดลง หากต้องการให้งานพิมพ์นั้นมีคุณภาพสูงขึ้น จะต้องเสียกระดาษมากเพื่อทดลองพิมพ์หาแรงกดของโมแม่พิมพ์กับโมผ้ายางที่ถูกต้อง และที่สำคัญต้องเสียเวลาค่อนข้างมากในการเตรียมงานพิมพ์ ดังนั้นเครื่องมือวัดการหนุนจึงเป็นเครื่องมือช่วยหาระยะรองหนุนบนโมยางและโมพิมพ์ได้เป็นอย่างดี เมื่อนำมาใช้อย่างถูกต้องจะช่วยทำให้คุณภาพงานพิมพ์สูงขึ้น แต่เนื่องจากเครื่องมือวัดการหนุนมีราคาแพงส่วนใหญ่ผู้ใช้งานได้มาพร้อมกับเครื่องพิมพ์ที่ซื้อใหม่ นำเข้ามาจากต่างประเทศจากการสำรวจจึงพบว่าผู้ใช้เครื่องพิมพ์มือสองมีเครื่องมือวัดการหนุนใช้อยู่เป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงได้ศึกษาลักษณะโครงสร้างและการใช้งานของเครื่องมือวัดดังกล่าว เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาโครงสร้างของเครื่องมือให้ใช้ได้กับนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ (Dial Indicator) ที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศ เมื่อการทดลองนี้เป็นผลสำเร็จจะได้ต้นแบบเครื่องมือวัดการหนุน ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนเครื่องมือวัดการหนุนของเครื่องพิมพ์แบบมีบ่าโมในอุตสาหกรรมการพิมพ์ต่อไป

2. การออกแบบและสร้าง

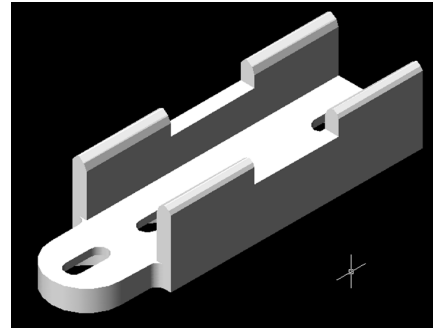
2.1 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD : Computer Aided Design) สร้างโปรไฟล์ (Profile)

หน้าตัดของตัวเรือนเครื่องมือ (Packing Gauge) เพื่อหาระยะติดตั้งนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ (Dial Indicator) โดยมีวัตถุประสงค์ต้องการให้เครื่องมือวัดการหมุนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้กับแม่พิมพ์และโมยางของเครื่องพิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมอยู่ระหว่าง 200 -350 mm ซึ่งเป็นขนาดโมของเครื่องพิมพ์ตั้งแต่ ขนาดตัดสี่,ตัดสองและตัดหนึ่ง ซึ่งมีใช้อยู่ในโรงพิมพ์เป็นจำนวนมาก ในการทดลองนี้ใช้เครื่องพิมพ์ Heidelberg Sheet-Fed Offset รุ่น SORK ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมผ้ายาง 263.6 mm เป็นขนาดที่นำมาสร้างโปรไฟล์หน้าตัดของตัวเรือนเครื่องมือวัดการหมุน เพื่อต้องการหาระยะติดตั้งนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ ดังรูปที่ 1



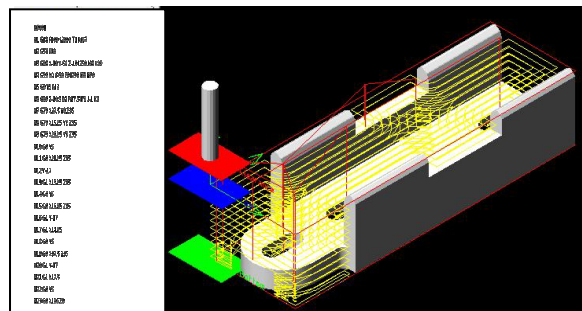
รูปที่ 1. สร้างโปรไฟล์ (Profile) หน้าตัดของตัวเรือน Packing gauge เพื่อหาระยะติดตั้งเก็มนาฬิกา (Dial Indicator)

2.2 สร้างรูปต้นแบบของตัวเรือนเครื่องมือวัดการหมุน จากโปรไฟล์หน้าตัดที่ได้ นำมาสร้างเป็นพารามิเตอร์โซลิดโมเดลลิง (Parametric Solid Modeling) ด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2. สร้างรูปต้นแบบของตัวเรือนด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบ 3มิติ

จากนั้นนำพารามิเตอร์โซลิดโมเดลลิง ที่ได้มาสร้างคำสั่ง NC-Code ด้วยโปรแกรม hyper MILL ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยผลิต (CAM: Computer Aided Manufacturing) สำหรับควบคุมเครื่องกัด ซีเอ็นซี (CNC Milling machining) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3.



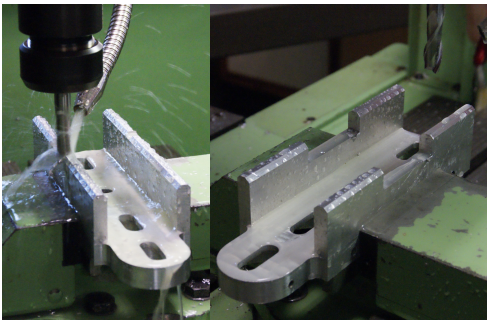
รูปที่ 3. สร้างคำสั่ง NC-Code ด้วยโปรแกรมช่วยผลิต เพื่อใช้ควบคุมเครื่องกัด ซีเอ็นซี ขึ้นรูปชิ้นงาน

แต่ก่อนที่จะขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวัสดุที่ใช้จริงได้ทดลองขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบด้วยวัสดุทดลอง (Machinable wax) โดยใช้คำสั่ง NC-Code ที่สร้างจากโปรแกรมช่วยผลิตนำมาป้อนเข้าเครื่องกัดซีเอ็นซี ควบคุมการตัดเฉือนชิ้นงานต้นแบบ เพื่อตรวจสอบแก้ไขขนาดและระยะต่าง ๆ ก่อนขึ้นรูปด้วยวัสดุจริง ดังรูปที่ 4.



รูปที่ 4. ทดลองขึ้นรูปด้วยวัสดุทดลอง Machinable Wax

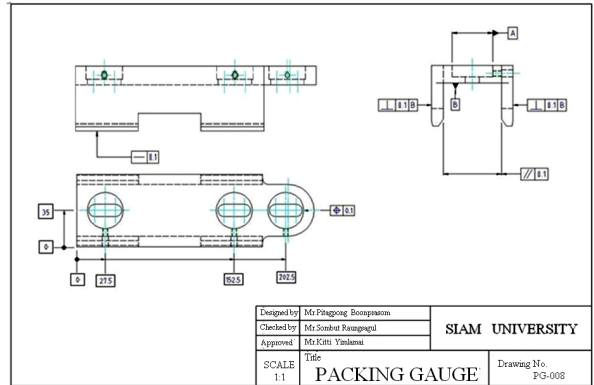
2.3 ขึ้นรูปเครื่องวัดการหมุนด้วยวัสดุจริง วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องวัดการหมุนต้องมีสมบัติ ไม่เกิดสนิมและมีความคงทนต่อการใช้งาน น้ำหนักเบา จึงเลือกใช้ อลูมิเนียมเกรด AL5083 เป็นวัสดุที่ใช้สร้างซึ่งมีสมบัติตามที่กำหนด ดังรูปที่ 5.



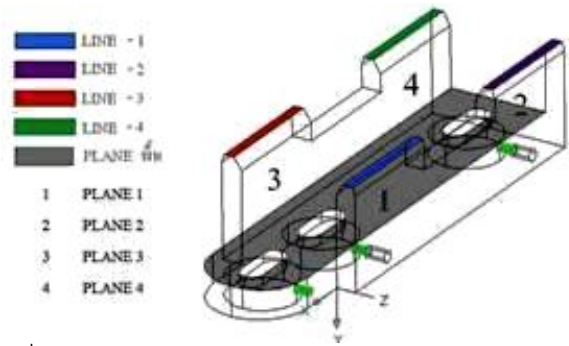
รูปที่ 5. อลูมิเนียมเกรด AL 5083 วัสดุที่นำมาขึ้นรูปเครื่องมือวัดการหมุน (Packing Gauge)

3. การตรวจสอบชิ้นงาน

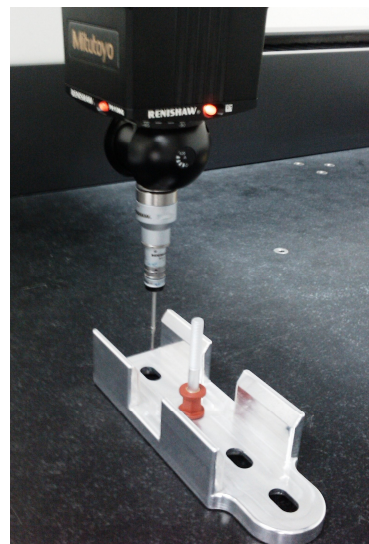
นำเครื่องมือที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วมาตรวจวัดพิถีพิถันเพื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของรูปร่างและตำแหน่ง ด้วยเครื่องวัดพิถี (CMM : Coordinate Measuring Machine) เพื่อตรวจสอบค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่งที่ระบุไว้ในแบบเพื่อต้องการสอบเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 6-7



รูปที่ 6. แบบกำหนดตำแหน่งตรวจสอบค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่ง



รูปที่ 7. จุดและระนาบการตรวจสอบค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่งด้วยเครื่องวัดพิถี (CMM : Coordinate Measuring Machine)



รูปที่ 8. แสดงการตรวจวัดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของรูปร่างและตำแหน่งด้วยเครื่องวัดพิถี (CMM : Coordinate Measuring Machine)

ผลการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและรูปร่างโดยเครื่องวัดพิกัด ตำแหน่งละ 5 ครั้งพบว่ามีความฉาก ความตรง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและมี ค่าความขนานพื้นหลุมวงกลมกับระนาบด้านบนชิ้นงาน น้อยกว่า 0.100 mm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และมีพิกัดความเฝือตำแหน่งแสดง ความขนานระหว่างระนาบ Plane 1 และระนาบ Plane 3 (ขาคู่หน้า) มีค่าเท่ากับ 0.097 mm และพิกัดความเฝือตำแหน่งแสดง ความขนานระหว่างระนาบ Plane 2 และระนาบ Plane 4 (ขาคู่หลัง) มีค่าเท่ากับ 0.098 mm ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 9.

Mitutoyo

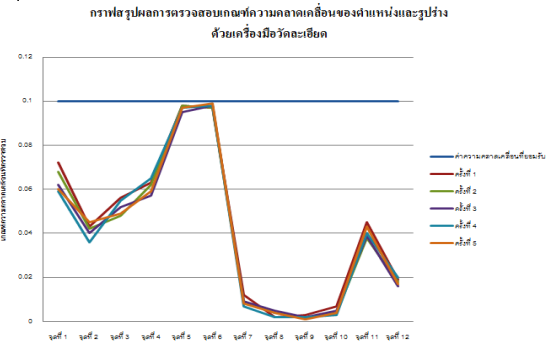
Protocol number (1)

Username: Admin
10.08.2010 10:39

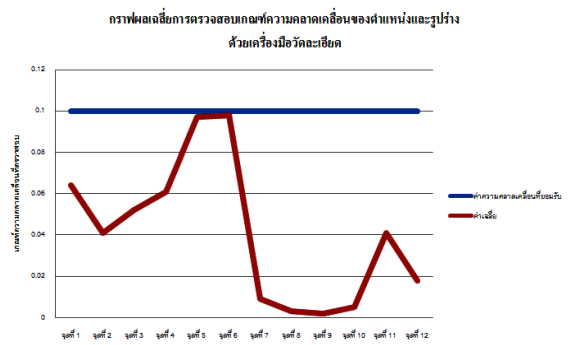
Pername: Siam U. 3Holes Yello

El. No.	Line Element No.	Pril. Ref.	X-Coord. X-Angle Nominal	Y-Coord. Y-Angle Up/Lo	Z-Coord. Z-Angle Actual	Diameter Dist./Ang. Dev./Error	Variance mm
1	52 Plane Perpendicularity			0.100		0.074	***
1	62 Plane Perpendicularity			0.100		0.040	***
1	74 Plane Perpendicularity			0.100		0.067	***
1	84 Plane Perpendicularity			0.100		0.059	***
2	85 Plane-1 Parallelism			0.100		0.097	***
6	86 Plane-2 Parallelism			0.100		0.098	***
3	97 Line-1 Straightness			0.100		0.002	***
4	106 Line-3 Straightness			0.100		0.001	***
5	116 Line-4 Straightness			0.100		0.000	***
6	125 Line-2 Straightness			0.100		0.002	***
3	82 Line Circle Parallelism			0.100		0.031	***
3	63 Line Circle Straightness			0.100		0.012	***

รูปที่ 9. แสดงผลการตรวจวัดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและรูปร่างด้วยเครื่องวัดพิกัด (CMM : Coordinate Measuring Machine)



รูปที่ 10. ผลการตรวจวัดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและรูปร่างด้วยเครื่องวัดพิกัดทั้ง 5 ครั้ง



รูปที่ 11. ผลเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพิกัดมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.098 mm และมีค่าต่ำสุด 0.002 mm

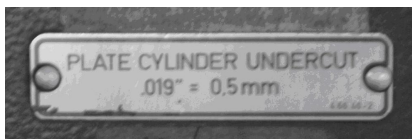
4.ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเครื่องมือ หลังจากการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานแล้วนำมาประกอบกับนาฬิกาเบรียบเทียบศูนย์ และด้ามจับก่อนนำไปทดลองใช้กับเครื่องพิมพ์และสอบเทียบกับเครื่องมือวัดการหมุนที่เป็นมาตรฐานต่อไป

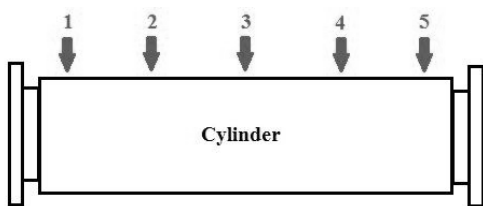


รูปที่ 12. เครื่องมือวัดการหนุน (Packing Gauge) ที่สร้างเสร็จพร้อมนำไปสอบเทียบก่อนนำไปทดสอบ

นำเครื่องมือวัดการหนุนที่สร้างขึ้นมาสอบเทียบกับเครื่องมือวัดการหนุนมาตรฐาน โดยวัดระยะลึกที่ป่าโมของโมแม่พิมพ์ ของเครื่องพิมพ์ Heidelberg Sheet-Fed Offset รุ่น SORK ที่มีค่าระยะลึกป่าโม (Plate Cylinder Undercut) = 0.50 mm โดยได้กำหนดตำแหน่งการวัดผิวโมไว้แล้ว ดังรูปที่ 14.

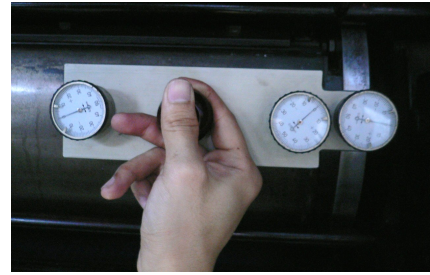


รูปที่ 13. ค่ามาตรฐานที่กำหนดระยะลึกป่าโมแม่พิมพ์ 0.50 มิลลิเมตร



รูปที่ 14. แสดงตำแหน่งการวัดระยะลึกป่าโมแม่พิมพ์ (Plate Cylinder Undercut)

ทดสอบเริ่มโดยนำเครื่องมือวัดการหนุนมาตรฐาน มาวัดค่าที่ป่าโมเสร็จแล้วนำไปวัดค่าที่ผิวโมตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ 5 ตำแหน่ง ๆ ละ 5 ครั้ง ดังรูปที่ 15 ได้ผลการวัด ดังตารางที่ 1



รูปที่ 15. แสดงการวัดระยะลึกป่าโมแม่พิมพ์ด้วยเครื่องมือวัดการหนุนมาตรฐาน

ตารางที่ 1. ผลการวัดระยะลึกป่าโมแม่พิมพ์ (plate cylinder undercut) ด้วยเครื่องมือวัดการหนุนมาตรฐาน

ครั้งที่	ส่วนครั้งที่ 1 (mm)	ส่วนครั้งที่ 2 (mm)	ส่วนครั้งที่ 3 (mm)	ส่วนครั้งที่ 4 (mm)	ส่วนครั้งที่ 5 (mm)	ค่าเฉลี่ยระยะลึกป่าโม (mm)
1	0.50	0.50	0.51	0.52	0.51	0.508
2	0.52	0.51	0.50	0.51	0.50	0.508
3	0.51	0.51	0.50	0.51	0.50	0.506
4	0.51	0.50	0.51	0.51	0.50	0.506
5	0.50	0.51	0.50	0.51	0.51	0.506

จากนั้นนำเครื่องมือวัดการหนุนที่สร้างขึ้นมาวัดค่าในตำแหน่งเดียวกันรูปที่ 16 นำผลจากการวัดมาหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 2



รูปที่ 16. แสดงการวัดระยะลึกป่าโมแม่พิมพ์ด้วยเครื่องมือวัดการหนุนที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 2. ผลการวัดระยะลึกป่าโมแม่พิมพ์ (plate cylinder undercut) ด้วยเครื่องมือวัดการหนุนที่สร้างขึ้น

ครั้งที่	ส่วนครั้งที่ 1 (mm)	ส่วนครั้งที่ 2 (mm)	ส่วนครั้งที่ 3 (mm)	ส่วนครั้งที่ 4 (mm)	ส่วนครั้งที่ 5 (mm)	ค่าเฉลี่ยระยะลึกป่าโม (mm)
1	0.50	0.50	0.52	0.52	0.51	0.510
2	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.508
3	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.504
4	0.51	0.51	0.51	0.52	0.50	0.510
5	0.50	0.51	0.51	0.51	0.50	0.506

นำผลค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าทั้ง 5 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน เป็นค่าเฉลี่ยความต่างของระยะที่วัดค่าได้ ดังตารางที่ 3 พบว่าเครื่องมือมาตรฐานกับเครื่องมือที่สร้างขึ้น มีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.002 mm และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.004 mm แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดการหมุน ที่สร้างขึ้นวัดค่าได้ค่าไม่แตกต่างจากเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งเครื่องมือที่สร้างขึ้นควรมีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.005 mm จึงจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

ตารางที่ 3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวัดระยะลึกปากโม

ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยระยะลึกปากโม จากเครื่องมือวัดการหมุน มาตรฐาน (mm)	ค่าเฉลี่ยระยะลึกปากโม จากเครื่องมือวัดการหมุน ที่สร้างขึ้น (mm)	ค่าความต่างของค่าเฉลี่ย ที่ได้จากการวัด (mm)
1	0.508	0.510	0.002
2	0.508	0.508	0.000
3	0.506	0.504	0.002
4	0.506	0.510	0.004
5	0.506	0.506	0.000

5.สรุปผลการทดลอง

ผลการวัดค่าพิถีพิถันความเผื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่งของตัวเรือนโดยใช้เครื่องวัดพิถีพิถัน (CMM : Coordinate Measuring Machine) ทั้ง 12 ตำแหน่ง มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.098 mm และมีค่าต่ำสุด 0.002 mm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อนำชิ้นงานไปประกอบกับนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เป็นเครื่องมือวัดเพื่อนำไปทดสอบความแม่นยำตรงในการวัดโดยการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดการหมุนบนโมแม่พิมพ์ โดยเครื่องมือวัดการหมุนที่สร้างขึ้นเมื่อสอบเทียบกับเครื่องมือวัดการหมุนมาตรฐานพบว่ามีความต่างสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 0.004 mm ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ไว้คือ 0.01 mm เครื่องมือวัดการหมุนที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่นำไปใช้งานได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ส่งเสริมการทำวิจัยของคณาจารย์และขอบคุณ คุณทรงสิทธิ์ หอวิชากร กรรมการผู้จัดการใหญ่บริษัท เอสเอ็ม กราฟฟิค เซ็นเตอร์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบคุณ อาจารย์กิตติ ยิ้มละมัยและอาจารย์ประธาน ตะวันเรืองรอง อาจารย์ประจำสถาบันวิศวกรรมการพิมพ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ดร.วิชัย พยัคฆ์โส และคณะ, ความรู้เฉพาะวิชาชีพการพิมพ์ 2, นนทบุรี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2550.
- [2] รศ.ผกามาศ ผจญแก้ว, เอกสาประกอบกรอบรมมาตรฐานการพิมพ์ออฟเซต ISO12647-2 และการประยุกต์ใช้ในธุรกิจการพิมพ์, สำนักพิมพ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2552.
- [3] ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีการพิมพ์แห่งชาติ, มาตรฐานฝีมือช่างพิมพ์ออฟเซตประเภทป้อนแผ่น ระดับ 1 , นนทบุรี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช , 2550.
- [4] พิทักษ์พงษ์ บุญประสม , คู่มือการปฏิบัติงานเครื่องกัดซีเอ็นซี, ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ , สำนักพิมพ์จามจุรีโปรดักส์, 2549.

- [5] กฤษฏิพันธ์ มุขสมบัติและอรุณ หาญสืบสาย ,ผลของการร่อนขนฝ้ายางต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ออฟเซต, การประชุมวิชาการเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์,เครือข่ายสถาบันสอนการพิมพ์และมัลติมีเดีย,กรุงเทพฯ, 2553, หน้า 88-91.
- [6] Heidelberger Druckmaschinen Aktiengesellschaft, Heidelberg S-Offset Master Manual, pg.141-147, 1984.
- [7] Hulmut Kipphan, Handbook of Print Media, Springer- Verlag berlin Heidelberg, pg.240-242, 2001.
- [8] Paul Green, The Geometrical Tolerancing Desk Reference, pg.60-151, 2005.
- [9] International Standard ISO 1101, eometrical Tolerancing-Tolerancing ofform,orientation, Location and run-out,UDC 744.4:621.753,1, Ref.No. ISO 1101-1983(E).
- [10] CNC data sheet, <http://www.usedmachinethai.com>
- [11] CMM data sheet, <http://www.itokin2000.com>