การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดรองหนุนชนิดนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เดี่ยว สำหรับใช้กับเครื่องพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่น

Design and Construction of a Mono Dial packing gauge for Offset Sheet fed Printing machine

อนันต์ เขมพาณิชย์กุล[1] พิทักษ์พงษ์ บุญประสม[2] บัญเจิด บุญจูง[3] และ ไกรพ เจริญโสภา[4]
สถาบันวิศวกรรมการพิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม[1, 2, 3]
สาขาวิชาอุตสาหกรรมการพิมพ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา[4]
E-mail: anan.kem@siam.edu[1], pitagpong.boo@siam.edu[2], bunjerd.boo@siam.edu[3], krairop.ch@ssru.ac.th[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดรองหนุนชนิดนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เดี่ยว เพื่อใช้กับเครื่องพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่น โดยใช้กระบวนการผลิตภัณฑ์ และสร้างภาพต้นแบบสามมิติด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบ (CAD) เพื่อใช้ทำแบบหล่อโลหะ และใช้โปรแกรมช่วยผลิต (CAM) สร้างคำสั่ง NC-Code เพื่อควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี กัดชิ้นงานให้ได้ระดับ ตรวจสอบความแม่นยำด้วยเครื่องวัดพิกัด (CMM) เพื่อหาค่าพิกัดความเผื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่ง ฉากความตรง และความขนานของเครื่องมือวัดรองหนุน และทดสอบการใช้งาน โดยใช้แม่พิมพ์แบบทดสอบการรองหนุน ที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ ผลปรากฏว่าเครื่องมือวัดการรองหนุน ชนิดนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เดี่ยว ซึ่งถูกออกแบบมานี้ สามารถใช้ควบคุมปริมาณการรองหนุนได้ เพราะค่าความดำของแถบควบคุมการรองหนุนในบริเวณ ของเส้นนอน เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการรองหนุนผ้ายางเกิน 0.1 มม. และค่าความดำมีความสม่ำเสมอเท่ากันทั้งสามแถบ เมื่อปริมาณการรองหนุนถูกต้อง และนอกจากนั้นค่าการบวมของเม็ดสกรีน และค่าความดำพื้นทึบก็แสดงผลไปในทิศทางเดียวกัน

คำสำคัญ: เครื่องมือวัดรองหนุน, โปรแกรมช่วยออกแบบ, ความดำพื้นทึบ และแบบทดสอบมาตรฐาน

Abstract

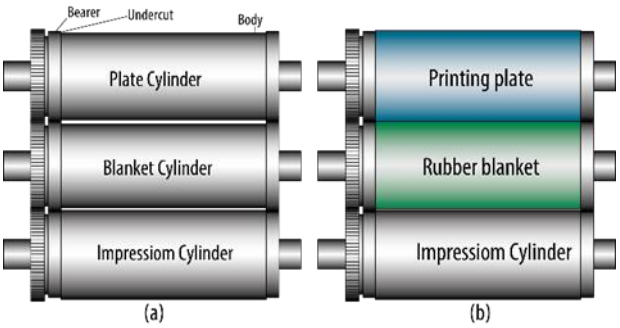
The objective of this study was to design and construct a mono dial packing gauge for offset sheet fed printing machine. The research method consist of sketching from Idea, using computer aided designed (CAD), creating 3D prototype for molding sand, creating NC-Code for CNC Milling, testing the accuracy by Coordinate Measuring Machine (CMM) and finally testing the offset printing quality by a Packing Test-Form plate which was special designed. The result of research shown that the mono dial packing gauge was usable to test the cylinder packing because the density of packing control strip at horizontal lined increase when the blanket higher than bearer 0.1 millimeter and the packing control strip density at horizontal was equal to vertical

lined when the height of blanket was same bearer level. Moreover, the result of dot gain and solid ink density also shown in the same direction.

Keyword: Packing Gauge, Computer Aided Designed (CAD), Solid ink density and Test-Form plate

1. บทนำ

เครื่องพิมพ์ออฟเซต เป็นเครื่องพิมพ์ที่ใช้สำหรับผลิตสิ่งพิมพ์ทั่วไป และบรรจุภัณฑ์กระดาษ โครงสร้างพื้นฐานของหน่วยพิมพ์ ประกอบไปด้วย โมแม่พิมพ์ (Plate Cylinder) โมผ้ายาง (Blanket Cylinder) และโมกดพิมพ์ (Impression cylinder) เครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบพิมพ์ป้อนแผ่น ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ เกือบทั้งหมดจะเป็นเครื่องพิมพ์ชนิดที่มีบ่าโม (Cylinder with Bearer) ซึ่งจะต้องใช้วิธีการรองหนุน (Packing) เพื่อทำให้ได้แรงกดพิมพ์ที่เหมาะสม [1]



รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของหน่วยพิมพ์ ;
(a) ก่อนรองหนุน, (b) หลังรองหนุน

การรองหนุนในกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต คือ การใช้แผ่นกระดาษหรือแผ่นพลาสติกสอดเข้าไปใต้แผ่นแม่พิมพ์และแผ่นผ้ายาง เพื่อปรับระดับความสูง-ต่ำ และทำให้เกิดแรงกดพิมพ์ ถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากโมแม่พิมพ์ไปยังวัสดุพิมพ์หรือกระดาษ ซึ่งตำแหน่งที่แม่พิมพ์และผ้ายางสัมผัสกันเรียกว่าตำแหน่งนิบ (Nip)

เครื่องมือวัดรองหนุนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดระยะความแตกต่างระหว่างผิวหน้าแม่พิมพ์กับผิวหน้าบ่าโมแม่พิมพ์ และผิวหน้าผ้ายางกับผิวหน้าบ่าโมผ้ายาง เพื่อกำหนดค่ารองหนุนที่เหมาะสม ในกรณีของผ้ายาง ความหนาจะเปลี่ยนแปลงได้ตามอายุการใช้งานหรือแรงจากการขันยึดในขณะติดตั้งกับโมผ้ายาง ดังนั้นถ้าไม่ใช้เครื่องมือวัดรองหนุนตรวจวัดค่าจะไม่สามารถรู้ค่าความแตกต่างระหว่างผิวหน้าผ้ายางกับบ่าโมที่ถูกต้องได้ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดรองหนุนตรวจวัดและปรับตั้งค่าแรงกดพิมพ์ที่ถูกต้องตามระยะเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ [2] เพื่อให้ได้แรงกดพิมพ์ที่ถูกต้อง ได้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพ ภาพพิมพ์ไม่ยืด/หด มีค่าความดำ (Solid Ink density) ที่เหมาะสม และที่สำคัญ การรองหนุนที่ถูกต้องจะช่วยไม่ทำให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์ที่เรียกว่า การพิมพ์พร่า (Slur) [3]

อุตสาหกรรมการพิมพ์ได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของรัฐบาลมาโดยตลอด ในปี 2546 ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ที่ 4/2546 เรื่อง นโยบายส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมการพิมพ์ ให้งดเว้นภาษีนำเข้าเครื่องจักรทางการพิมพ์ และอนุญาตให้นำเข้าเครื่องจักรที่ใช้แล้วเข้ามาดำเนินกิจการได้ ทำให้ในประเทศไทยได้ จึงมีการนำเข้าเครื่องพิมพ์ออฟเซตใช้แล้วจากต่างประเทศจำนวนมาก ซึ่งเครื่องพิมพ์ออฟเซตที่นำเข้ามาเกือบทั้งหมด จะไม่มีเครื่องมือวัดรองหนุนมาพร้อมกับเครื่องพิมพ์ด้วยเลย (ซึ่งที่จริงแล้วมันคือเครื่องมือ

พื้นฐานที่ผู้ผลิตเครื่องพิมพ์ทุกรายจะต้องมีมาให้พร้อมกับเครื่องพิมพ์) เนื่องจากเครื่องมือวัดรองหนุนเป็นเครื่องมือที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตที่มีความแม่ยำและเที่ยงตรงสูง ถ้าผู้ประกอบการต้องการได้เครื่องมือนี้มาใช้งาน จะต้องสั่งซื้อจากผู้ผลิตเครื่องพิมพ์โดยตรง ซึ่งมีราคาสูงมาก จึงทำให้ผู้ประกอบการโรงพิมพ์ส่วนใหญ่เลือกที่จะไม่ใช้ แต่อาศัยความชำนาญและการรองผิดรองถูกจากช่างพิมพ์ ทำให้สูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องพิมพ์และเกิดของเสียระหว่างการผลิตจำนวนมาก รวมถึงได้งานพิมพ์ที่ไม่มีคุณภาพ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรม ได้รับการพัฒนาไปมาก มีเครื่องมือที่สามารถใช้สร้างชิ้นงานได้อย่างแม่นยำ จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีนักวิจัยพัฒนาเครื่องมือวัดรองหนุนสำหรับเครื่องพิมพ์ออฟเซตที่มีโมพิมพ์แบบมีบ่า เป็นแบบใช้นาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์สามเรือนและมีโครงสร้างทำจากอลูมิเนียมแท่งชิ้นเดียว (Mono frame) ขึ้นรูปตัวเครื่องโดยใช้เครื่องกัดซีเอนซี มีการตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพิกัดเพื่อหาค่าพิกัดความเผื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่ง ความฉาก ความตรง และความขนานของชิ้น [4] แต่วิธีการดังกล่าวต้องใช้เวลากัดชิ้นงานทีละชิ้นอย่างน้อย 48 ชั่งโมง ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อชิ้น ประมาณ 30,000 บาท ซึ่งนับว่าเป็นราคายังสูงมากสำหรับโรงพิมพ์ขนาดกลางและเล็กที่มีอยู่ทั่วไป

การลดจำนวนนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ลงเหลือหนึ่งตัว การเปลี่ยนวัสดุทำโครงสร้างหลักจากอลูมิเนียมแท่งเป็นเหล็กหล่อ การทำต้นแบบชิ้นงานด้วยการหล่อแบบทราย (Sand Casting) หรือการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยโลหะหลอมเหลว และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Designed : CAD) เพื่อทำต้นแบบ จะทำให้สามารถสร้างเครื่องมือวัดรองหนุนที่มีราคาถูกลงมาก แต่ยังจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างและออกแบบรูปทรงตรวจสอบความเที่ยงตรงและถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือ และทดสอบประสิทธิภาพของการใช้งาน

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการใช้งานและลักษณะโครงสร้างของเครื่องมือวัดรองหนุนชนิดนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เดี่ยว สำหรับใช้กับเครื่องพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่น เพื่อนำมาออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องมือวัดกรองหนุนให้มีราคาถูกลงและสามารถนำใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การวิเคราะห์ ศึกษารูปแบบ และกำหนดแนวคิดในการออกแบบ (Concept Design)

แม่พิมพ์จะถูกติดตั้งที่โมแม่พิมพ์ ซึ่งช่างพิมพ์จะต้องทำให้แม่พิมพ์สูงขึ้นกว่าบ่าโม โดยใช้กระดาษรองหนุน (Packing sheet) รองด้านใต้ของแม่พิมพ์เพื่อยกระดับของแม่พิมพ์ให้สูงขึ้นเกินกว่าบ่าโมเป็นระยะ 0.1 mm ทำให้เกิดแรงกดพิมพ์ ส่วนผ้ายางก็จะถูกติดตั้งที่โมผ้ายางและช่างพิมพ์ก็จะต้องทำให้ผ้ายางสูงขึ้น เสมอกับความสูงของบ่าโมเพื่อให้ขนาดภาพพิมพ์บนวัสดุพิมพ์ มีขนาดเท่ากับขนาดภาพบนแม่พิมพ์

เครื่องมือวัดรองหนุน ในปัจจุบันมีรูปแบบที่หลากหลายแตกต่างกัน แต่มีสิ่งที่เหมือนกันคือต้องมีเกจวัดหรือนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ (Dial indicator) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดชนิดนี้ ผู้สร้างมีทั้งที่ติดตั้งเกจวัดเพียงเกจเดียวสำหรับวัดระยะรอง

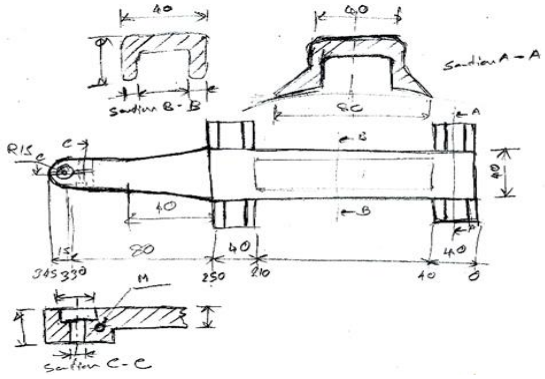
หนุนหรือแบบที่มีสามเกจเพื่อช่วยวัดระยะยุบไปพร้อมกันและช่วยกำหนดแนวการวางเครื่องมือที่ขนานกับแกนของโมเครื่องพิมพ์ขณะทำการวัด

แต่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือวัดรองหนุนประเภทใด เกจวัดหรือนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ (Dial Indicator) ที่ติดตั้งมากับตัวเรือนของเครื่องมือวัดไม่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปภายในประเทศ เนื่องจากแต่ละผู้ผลิตได้ผลิตนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เฉพาะ ตามรูปร่างของเครื่องมือที่ออกแบบไว้ จึงไม่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง แต่นาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ที่มีจำหน่ายในประเทศมีราคาไม่สูงมากสามารถนำมาใช้ประกอบเครื่องวัดรองหนุนได้ แต่จำเป็นต้องออกแบบตัวเรือนรองรับให้ได้ขนาดกับตัวเกจและให้เหมาะสมกับโมเครื่องพิมพ์ที่มีรูปทรงกระบอกที่มีขนาดความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน จึงต้องหาขนาดความยาวของขานาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ที่จะต้องสัมผัสได้พอดีและมีระยะเลื่อนตัวได้พอดี จากการทดลองที่ผ่านมา [5] พบว่านาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ ที่สามารถนำมาใช้ได้ดีกับโมเครื่องพิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ระหว่าง 180-300 ทท ได้แก่ นาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ MITUTOYO รุ่น 1160 ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียด (Graduation) ได้ 0.01 mm มีระยะวัด (Range) ได้ 5 mm มีความแม่นตรง (Accuracy) ถึง 16 ไมค์คอน

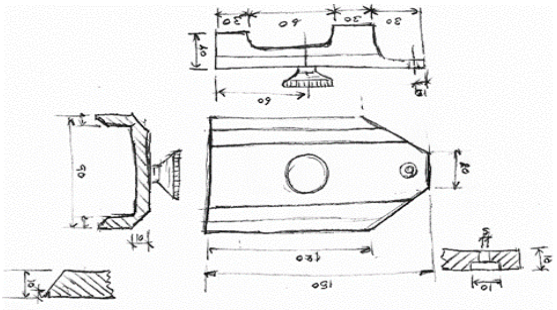
รูปที่ 2 นาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ MITUTOYO รุ่น 1160

2.2 การสร้างแบบร่างจากแนวคิดในการออกแบบ (Idea sketch)

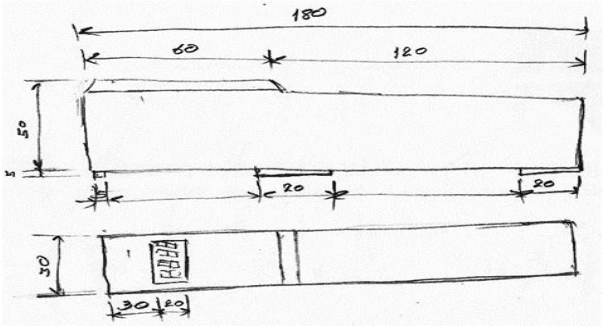
เครื่องมือวัดการรองหนุน เป็นเครื่องมือวัดที่ช่างพิมพ์จำเป็นต้องใช้งานประจำ เพื่อตรวจสอบระยะความสูงของผ้ายางและแม่พิมพ์ หลังจากประกอบติดตั้งแล้ว ดังนั้นเครื่องมือวัดการรองหนุน จะต้องเป็นเครื่องมือที่มีความแข็งแรง หยิบจับได้ถนัด กระชับมือ เมื่อนำไปวัดระยะที่โม จะต้องแนบกระชับกับโมที่มีรูปทรงเป็นแท่งทรงกระบอกได้ดี และเพื่อที่จะสร้างเครื่องมือวัดรองหนุนที่มีราคาถูก จะต้องใช้นาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์จำนวนไม่เกิน 2 ชิ้น เพราะนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เป็นต้นทุนส่วนใหญ่ของการสร้างเครื่องมือวัดการรองหนุน และเพื่อให้สามารถสร้างเครื่องมือวัดรองหนุนได้ตามแนวคิดดังกล่าว คณะผู้วิจัย จึงได้ร่างต้นแบบเครื่องมือวัดรองหนุนขึ้นมา 3 แบบ ดังรูปที่ 5-7



รูปที่ 3 แบบร่างเครื่องมือวัดรองหนุน แบบที่ 1



รูปที่ 4 แบบร่างเครื่องมือวัดรองหนุน แบบที่ 2



รูปที่ 5 แบบร่างเครื่องมือวัดรองหนุน แบบที่ 3

เครื่องมือวัดรองหนุน แบบที่ 1.(รูปที่ 3) จะเป็นเครื่องมือที่มีลักษณะเป็นแท่งยาว มีขาสำหรับวางบนตัวโมทรงกระบอก 4 ขา และมีนาฬิกาวัดความสูงติดตั้งอยู่ที่ปลายสุดของเครื่องมือ เวลาใช้งาน ขนาดตัวเครื่องมือยาวประมาณ 255 มิลลิเมตร ช่างพิมพ์จะสามารถจับที่ตัวของเครื่องมือวัดได้เลย การออกแบบจึงไม่ต้องมีที่จับยึด และเครื่องมือวัดรองหนุน แบบที่ 2.(รูปที่ 4) จะเป็นเครื่องมือที่มีลักษณะแบนราบด้านบนมีหมุดสำหรับเป็นที่จับเครื่องมือ ส่วนด้านล่างจะมีขาสำหรับวางบนตัวโมทรงกระบอก 4 ขา เช่นเดียวกับแบบแรก แต่ระยะหางระหว่างขาด้านข้างจะห่างจากกันมากกว่า และสำหรับเครื่องมือวัดรองหนุน แบบที่ 3. (รูปที่ 3) แบบสุดท้าย จะเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้นาฬิกาวัดความสูงแบบดิจิทัล และมีขาสำหรับวางบนตัวโมทรงกระบอกเพียง 2 ขา

2.3 กำหนดรูปร่างและรูปทรงของผลิตภัณฑ์

เครื่องมือวัดความสูงของบ่าโมจะต้องสามารถวางอยู่บนตัวโม ที่มีลักษณะโครงกลมเป็นทรงกระบอกและจะต้องมีนาฬิกาวัดความสูง ประกอบติดตั้งไว้ ซึ่งแนวคิดของการออกแบบครั้งนี้ คือ 1. ความแข็งแรงทนทาน 2. ความสะดวกในการใช้งาน 3. ขั้นตอนการผลิตไม่ซับซ้อน 4.ราคาถูก 5. มีความถูกต้องแม่นยำ 6. ซ่อมบำรุง ดูแลรักษาง่าย 7. ความสวยงาม ดังนั้นเพื่อให้สามารถสร้างเครื่องมือได้ตามแนวคิดนั้น จะต้องใช้ตารางวิเคราะห์แบบ ดังตารางที่ 1 และมีกลุ่มช่างพิมพ์ที่มีความชำนาญเป็นผู้ให้คะแนนเมื่อวิเคราะห์จากคะแนนที่คิดจากค่าความสำคัญในแต่ละหัวข้อแล้ว แบบที่ 1. มีคะแนนมากที่สุดจึงถูกเลือกมาเป็นต้นแบบในงานวิจัยนี้

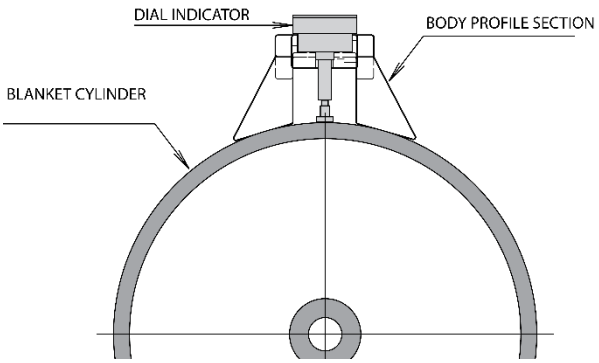
ตารางที่ 1 ตารางวิเคราะห์ความสำคัญแบบ

	ค่าความสำคัญ	แบบที่ 1.		แบบที่ 2.		แบบที่ 3.	
		คะแนนเต็ม	คะแนนจริง	คะแนนเต็ม	คะแนนจริง	คะแนนเต็ม	คะแนนจริง
1.	7	7	49	7	49	5	35
2.	6	6	36	5	30	6	36
3.	5	5	25	3	15	3	15
4.	4	4	16	4	16	1	4
5.	3	3	9	3	9	3	9
6.	2	2	9	3	9	2	6
7.	1	1	1	0	0	1	1
รวม	28	28	145	24	128	21	106

2.4 ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Computer-Aided Design (CAD))

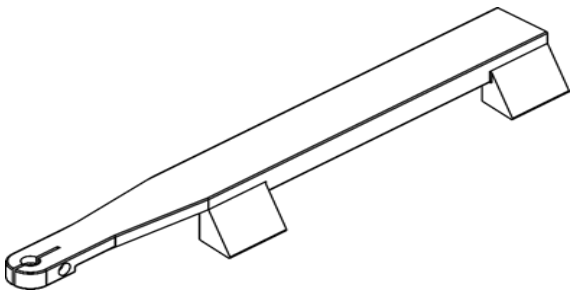
ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD : Computer Aided Design) สร้างรูปหน้าตัด (Profile) ของตัวเรือนเครื่องมือวัดรองหนุน เพื่อหาระยะติดตั้งนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อต้องการให้เครื่องมือวัดรองหนุนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้กับโมแม่พิมพ์และโมผ้ายางของเครื่องพิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมทั้งสองอยู่ระหว่าง 200-350 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดโมของเครื่องพิมพ์ตั้งแต่ ขนาดเครื่องตัดสี่, ขนาดเครื่องตัดสองและขนาดเครื่องตัดหนึ่ง ซึ่งมีใช้อยู่ในโรงพิมพ์เป็นจำนวนมาก ในการทดลองนี้ใช้เครื่องพิมพ์

Heidelberg Sheet-Fed Offset รุ่น SORK [6] ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมผ้ายาง 263.6 mm เป็นขนาดที่นำมาสร้างรูปหน้าตัดของตัวเรือนเครื่องมือวัดรองหนุน และหาระยะติดตั้งนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ (ระยะ S) ดังรูปที่ 6



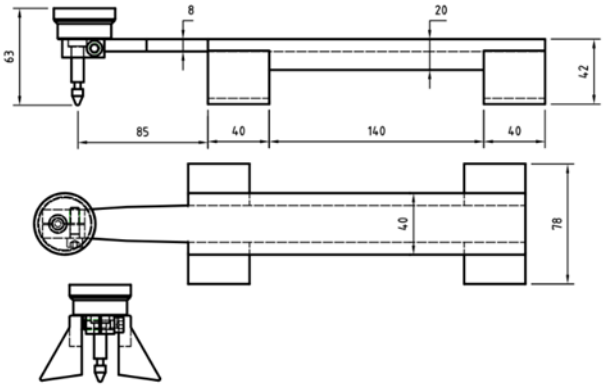
รูปที่ 6 รูปหน้าตัดของตัวเรือน Packing gauge เพื่อหาระยะติดตั้งนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์ (Dial Indicator)

เมื่อหาขนาดและระยะที่ถูกต้องเหมาะสมของรูปหน้าตัดของเครื่องวัดรองหนุนด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบได้แล้วนำรูปหน้าตัดของตัวเรือนเครื่องมือวัดรองหนุนมาสร้างรูปต้นแบบเป็นพาราเมตริกโซลิดโมเดลลิ่ง (Parametric Solid Modeling) ด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ภาพต้นแบบ 3 มิติ

จากไฟล์พาราเมตริกโซลิดโมเดลลิ่ง (Parametric Solid Modeling) ทำเป็นแบบสั่งงานจากโปรแกรมเดียวกันเพื่อนำไปสร้างเครื่องมือวัดรองหนุนให้ได้ตามขนาดและกำหนดพิกัด ค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่งของเครื่องมือต่อไป



รูปที่ 8 แบบกำหนดตำแหน่งตรวจสอบค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่ง

2.5 **สร้างแบบจำลองเสมือนจริง** (Mock Up)

แบบจำลองเสมือนจริง สร้างจากการแกะสลักซึ่งขนาดและสัดส่วนที่ได้ มาจากการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ และใช้ไม้เป็นวัสดุเพื่อนำไปทำต้นแบบในการหล่อทรายในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 9 แบบจำลองเสมือนจริงที่ทำจากไม้

2.6 **หล่อชิ้นงานด้วยวิธีการหล่อทราย โดยการสร้างแบบหล่อทรายตามแบบจำลองเสมือนจริง**

สร้างกระสวน (Mold) หรือแบบหล่อทรายให้ได้รูปร่างตามแบบจำลองเสมือนจริงที่ทำด้วยไม้ ทำทางวิ่งของน้ำโลหะ (Runner) และทางเข้าของน้ำโลหะ (in-gate) และ นำน้ำโลหะอลูมิเนียมที่หลอมแล้ว นำมาเทลงแบบหล่อที่เตรียมไว้ รอให้น้ำ

โลหะอลูมิเนียมเย็นตัวในแบบทราย อย่างน้อย 5 นาที แล้วรื้อชิ้นงานออกจากแบบทราย (Shake-out)

รูปที่ 10 วิธีการหล่อทราย

รูปที่ 11 เครื่องมือวัดรองหนุนที่ได้จากการหล่อทราย

2.7 ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM) สั่งและควบคุมเครื่องจักร CNC เพื่อกัดชิ้นงาน

นำไฟล์พาราเมตริกโซลิดโมเดลลิ่งที่ได้มาสร้างคำสั่งกัดงาน (NC-Code) ด้วยโปรแกรมช่วยผลิตสำหรับควบคุมเครื่องกัด ซีเอ็นซี (CNC Milling machining) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้

การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดละเอียดสามแกน (CMM : Coordinate Measuring Machine) เครื่องจะทำการเก็บข้อมูลด้วยเซ็นเซอร์ที่อยู่ส่วนปลายที่ใช้แตะชิ้นงานเพื่อบันทึกค่าแล้วนำไปจำลองภาพชิ้นงานเพื่อวัดค่าต่าง ๆ ตามข้อกำหนดในแบบสั่งงานที่ได้ออกแบบไว้แล้วในตอนต้น ขั้นตอนการทดสอบค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง และรูปร่างด้วยเครื่องมือวัดละเอียดสามแกน ได้แก่ การตั้งศูนย์เครื่องมือวัดละเอียดสามแกน (CMM : Coordinate Measuring Machine) การสร้างจุดหรือระนาบอ้างอิงกับชิ้นงานเพื่อกำหนดแกน X ,Y,Z และสร้างระนาบตามตำแหน่งที่ต้องการ และการเก็บค่าเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแกนหรือระนาบอ้างอิงที่ได้บันทึกไว้

รูปที่ 12 การใช้เครื่องจักร CNC กัดชิ้นงานให้ได้ระดับ

2.8 ออกแบบแม่พิมพ์ทดสอบการรองหนุน

เพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือวัดรองหนุนที่ผลิตขึ้นมา สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ จำเป็นต้องสร้างแม่พิมพ์ทำสอบการรองหนุนขึ้นมา (รูปที่ 12) โดยในรายละเอียดในแม่พิมพ์ จะมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ แถบควบคุมการรองหนุน และแถบควบคุมการบวมของเม็ดสกรีน เพื่อใช้ตรวจสอบปริมาณการรองหนุนให้พอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไป

แถบควบคุมการรองหนุน เป็นแถบควบคุมที่ประกอบด้วยเส้นขนาด 0.05 mm เรียงตัวขนานกันในแนวตั้ง และแนวนอน สำหรับการรองหนุนที่ถูกต้องเส้นในแนวตั้งและเส้นในแนวนอนจะต้องมีความค่าความดำ (Density) ใกล้เคียงกัน แต่ถ้าการรองหนุนผ้ายางเกินระยะความสูงของบ่าโมจะทำให้เส้นในแนวนอน มีขนาดใหญ่ขึ้นและค่าความดำจะมากขึ้น ความต่างกันของค่าความดำระหว่างเส้นตั้งกับเส้น

นอนก็จะมากขึ้น สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในโหมดฟังก์ชัน Slur and doubling หรือเปอร์เซนต์ความแตกต่างของเส้นตั้งและเส้นนอน และสำหรับแถบควบคุมการบวมของเม็ดสกรีน ก็เป็นอีกแถบควบคุมหนึ่งที่สามารถใช้บ่งบอกถึงค่าการรองหนุนได้ ซึ่งการบวมของเม็ดสกรีนจะมากขึ้นตามปริมาณการรองหนุนที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 13 การวัดแถบควบคุมการรองหนุนด้วยเครื่อง Spectrophotometer

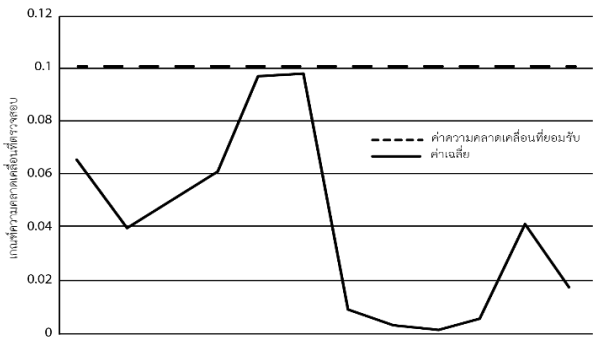
การวิจัยใช้วิธีการทดลองนำนำเครื่องมือวัดรองหนุนที่สร้างขึ้นมาสอบเทียบกับเครื่องมือวัดรองหนุนมาตรฐาน โดยวัดระยะลึกที่บ่าโมของโมแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ Heidelberg Offset รุ่น SORK

รูปที่ 14 แสดงการวัดระยะลึกบ่าโมแม่พิมพ์ด้วยเครื่องมือวัดรองหนุนมาตรฐาน

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ผลการตรวจสอบเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตำแหน่งและรูปร่าง

จากกราฟผลเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อน ผลการทดสอบโดยเครื่องมือวัดละเอียด (CMM : Coordinate Measuring Machine) พบว่ามีค่าความฉาก ความตรง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและมีค่าความขนานพื้นหลุมวงกลมกับระนาบด้านบนชิ้นงาน น้อยกว่า 0.100 mm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และมีพิกัดความเผื่อตำแหน่งแสดงความขนานระหว่างระนาบ Plane 1 และระนาบ Plane 3 (ขาคู่หน้า) มีค่าเท่ากับ 0.098 mmและพิกัดความเผื่อตำแหน่งแสดงความขนานระหว่างระนาบ Plane 2 และระนาบ Plane 4 (ขาคู่หลัง) มีค่าเท่ากับ 0.098 mm ซึ่งใกล้เกณฑ์ที่กำหนด เกิดจากขบวนการเคลือบผิวที่ไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 15 กราฟสรุปผลค่าความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดละเอียด

3.2 วิเคราะห์ผลการทดลองใช้เครื่องมือวัดรองหนุน

จากตารางที่ 2 ผลการวัดค่าพิกัดความเผื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่งของตัวเรือนโดยใช้เครื่องวัดพิกัด (CMM : Coordinate Measuring Machine) ทั้ง 12 ตำแหน่ง มีค่าความ

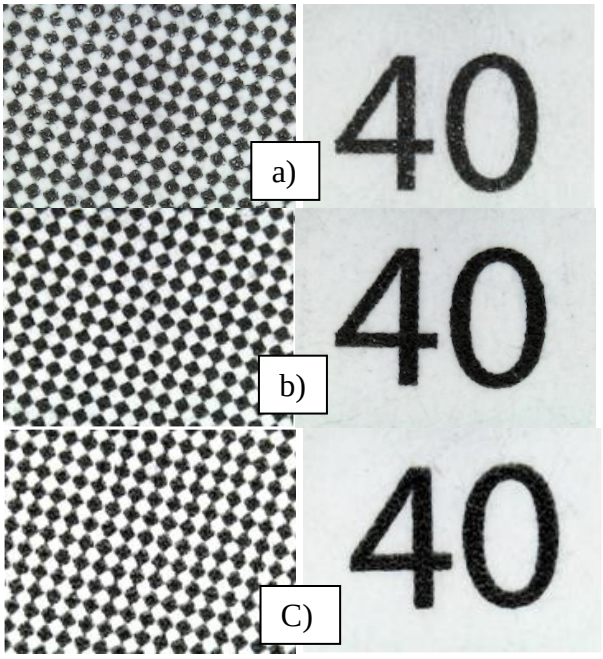
คลาดเคลื่อนสูงสุด 0.098 mm และมีค่าต่ำสุด 0.002 mm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อนำชิ้นงานไปประกอบกับนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เป็นเครื่องมือวัดเพื่อนำไปทดสอบความแม่นตรงในการวัดโดยการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดรองหนุน บนโมแม่พิมพ์ โดยเครื่องมือวัดรองหนุน ที่สร้างขึ้นเมื่อสอบเทียบกับเครื่องมือวัดรองหนุน มาตรฐาน พบว่ามีค่าความต่างสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 0.004 mm ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 0.01 mm เครื่องมือวัดรองหนุน ที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยผลการวัดระยะลึกบ่าโม

ครั้งที่	เครื่องมือมาตรฐาน (mm)	เครื่องมือที่สร้างขึ้น (mm)	ค่าความต่างของค่าเฉลี่ย (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

3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางการพิมพ์

เม็ดสกรีนและตัวหนังสือ จากการรองหนุนผ้ายางที่ต่ำกว่าบ่าโม (รูปที่ 16(a) มีลักษณะบาง การเกาะติดของหมึกพิมพ์ไม่ดี เพราะแรงกดพิมพ์ต่ำกว่าค่าที่กำหนด ซึ่งไม่เหมือนกับ ลักษณะของเม็ดสกรีนและตัวหนังสือจากการรองหนุนในระดับปกติ (รูปที่ 16(b) ที่มีความคมชัด มีขอบของตัวหนังสือและเม็ดสกรีนที่เรียบ ส่วนลักษณะของเม็ดสกรีนและตัวหนังสือจากการรองหนุนในระดับเกินกว่าค่าปกติ (รูปที่ 16(C) เม็ดสกรีนและตัวหนังสือจะแตกลาย เพราะแรงกดพิมพ์เกินค่ามาตรฐาน ทำให้ชั้นหมึกพิมพ์ถูกบดเสียดสีกับแม่พิมพ์และกระดาษมากเกินไป [7]

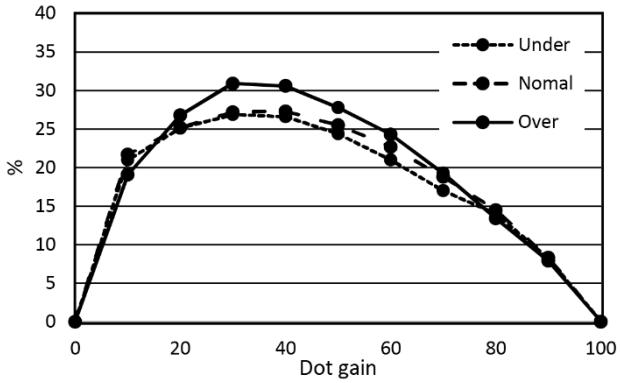


รูปที่ 16 ลักษณะภาพ : a). รองหนุน -0.1 mm. b). รองหนุน 0.0 mm. c) รองหนุน +0.1 mm.

ตารางที่ 3 Slur/Doubling factor (%)

ลักษณะการรองหนุน	Den. (K)	Ver. lined (%)	Hor. lined (%)	Slur/ Doubling factor (%)
เสมอบ่าโม (0.00 mm.)	1.10	66.6	65.2	+1.41
สูงกว่าบ่าโม (1.00 mm.)	1.23	71.4	69.2	+2.2
ต่ำกว่าบ่าโม (-1.00 mm.)	0.97	63.4	62.3	+1.1

เมื่อรองหนุนผ้ายางให้สูงกว่าบ่าโม 0.1 mm ค่าการบวมของเม็ดสกรีนก็จะเพิ่มขึ้น (รูปที่ 17.) และค่าความดำของแถบควบคุมการรองหนุนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับค่า Slur/ Doubling factor(%) (ตารางที่ 3) และเช่นเดียวกันเมื่อลดปริมาณการลองหนุนผ้ายางลง ค่าการบวมของเม็ดสกรีน และค่าความดำของแถบควบคุมการรองหนุนก็จะลดลงในทิศทางตรงกันข้าม



รูปที่ 17 กราฟการเพิ่มขึ้นของเม็ดสกรีนบวม

4. สรุปและอภิปลายผลจากการวิจัย

ผลการวิจัยซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าพิกัดความเผื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนรูปร่างและตำแหน่งของตัวเรือนโดยใช้เครื่องวัดพิกัด (CMM : Coordinate Measuring Machine) ทั้ง 12 ตำแหน่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.098 mm และมีค่าต่ำสุด 0.002 mm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด[8] เมื่อนำชิ้นงานไปประกอบกับนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เป็นเครื่องมือวัดเพื่อนำไปทดสอบความแม่นตรงในการวัดโดยการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดรองหนุนบนโมแม่พิมพ์ โดยเครื่องมือวัดรองหนุนที่สร้างขึ้นเมื่อสอบเทียบกับเครื่องมือวัดรองหนุนมาตรฐานพบว่ามีค่าความต่างสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 0.004 mm ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 0.01 mm และจากค่าความดำของแถบควบคุมการรองหนุน เปอร์เซ็นต์ของการพิมพ์พร่าและเม็ดสกรีนซ้อน รวมทั้งคุณภาพของตัวหนังสือและเม็ดสกรีน พบว่าเครื่องมือวัดรองหนุนที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่นำไปใช้งานได้

ผลการทดสอบโดยเครื่องมือวัดละเอียดสามแกน (CMM) พบว่ามีค่าความ-ฉาก ความตรง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและมีค่าความขนานพื้นหลุมวงกลมกับระนาบด้านบนชิ้นงาน น้อยกว่า 0.100 mm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และมีพิกัดความเผื่อตำแหน่งแสดงความขนานระหว่างระนาบ Plane 1 และระนาบ Plane 3 (ขาคู่หน้า) มีค่าเท่ากับ 0.098 mm และพิกัดความเผื่อตำแหน่งแสดงความขนานระหว่างระนาบ Plane 2 และระนาบ Plane 4 (ขาคู่หลัง) มีค่าเท่ากับ 0.098 mm ซึ่งใกล้เกณฑ์ที่กำหนด เกิดจากขบวนการเคลือบผิวที่ไม่สม่ำเสมอ[9]

ผลจากการนำเครื่องมือไปวัดค่าความลึกบ่าโมทั้ง 5 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน เป็นค่าเฉลี่ยความต่างของระยะที่วัดค่าได้ พบว่าเครื่องมือมาตรฐานกับเครื่องมือที่สร้างขึ้น มีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.002 mm และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.004 mm แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดรองหนุน ที่สร้างขึ้นวัดค่าได้ค่าไม่แตกต่างจากเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งเครื่องมือที่สร้างขึ้นควรมีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.005 mm จึงจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ [10,11]

ผลจากคุณภาพทางการพิมพ์ พบว่าเมื่อรองหนุนผ้ายางในระดับเสมอกับบ่าโม ค่าความดำของแถบควบคุมการรองหนุนจะเท่ากันที่ 1.8 และมีคุณภาพของเม็ดสกรีนและตัวหนังสือที่คมชัด แต่เมื่อเพิ่มการรองหนุนผ้ายางให้สูงกว่าบ่าโม 0.1 mm พบว่าค่าความดำของของแถบควบคุมการรองหนุน ในเส้นแนวนอนจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.1 ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ของการพิมพ์พร่าและเม็ดสกรีนซ้อน และเปอร์เซ็นต์การบวมของเม็ดสกรีนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดการรองหนุน ชนิดนาฬิกาเปรียบเทียบศูนย์เดี่ยวนี้ สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่นได้

เอกสารอ้างอิง

[1] H. Kipphan, Handbook of Print Media (Springer-Verlag, New York, 2001).

[2] วิชัย พยัคฆโส. ความรู้เฉพาะวิชาชีพการพิมพ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2550.

[3] กฤษกิพันธ์ มุขสมบัติและอรัญ หาญสืบสาย ผลของการรองหนุนผ้ายางต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ออฟเซตม การประชุมวิชาการเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์, เครือข่ายสถาบันการสอนการพิมพ์และมัลติมีเดียม กรุงเทพฯ 2535, หน้า 88-91

[4] พิทักษ์พงษ์ บุญประสม, การพัฒนาเครื่องมือวัดการหนุนสำหรับเครื่องพิมพ์ที่มีโมพิมพ์แบบมีบ่า, วารสารวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ 2554, หน้า 20-27

[5] พิทักษ์พงษ์ บุญประสม, คู่มือการปฏิบัติงานเครื่องกัดซีเอ็นซี, ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, สำนักพิมพ์จามจุรีโปรดักซ์, 2549

[6] Heidelberger Druckmaschinen Aktiengsellschaft, Heidelberg S-Offet Master Manual, pg.141-147, 1984

[7] Hulmut Kipphan, Handboof of Print Media, Spinger-Verlag berlin Heidelberg, pg. 240-242, 2001.

[8] Paul Green, The Geometrical Toleranceing Desk Referance, pg.60-151, 2005.

[9] International Standard ISO 11011, 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