

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกรรมวิธีรีดความหนาผนังที่มีต่อขนาดเอียร์ริง ของถ้วยเหล็กกล้าไร้สนิม

มงคล สีดา โอภาส ทวีลาภพูนผล รุจิภาส มงคลบรรณกิจ วารุณี เปรมานนท์*
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Email: varunee.pre@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรของกรรมวิธีรีดความหนาผนังที่มีผลต่อขนาดเอียร์ริงของถ้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดเฟอร์ริติก430 โดยตัวแปรที่ศึกษาคือ อัตราส่วนของการลดความหนาผนังที่ร้อยละ 20 30 และ 40 และมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 5 10 และ 15 องศา ชิ้นงานเริ่มต้นความหนาเท่ากับ 1 มม. นำแผ่นงานมาผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปเป็นถ้วยทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มม. จากนั้นนำถ้วยที่ได้มาผ่านกรรมวิธีรีดความหนาผนังที่เงื่อนไขต่าง ๆ จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการลดความหนาผนังมีผลทำให้ขนาดเอียร์ริงลดลง และเมื่อมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เปลี่ยนไปจะมีผลกับการเปลี่ยนแปลงขนาดของเอียร์ริง โดยที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ 10 องศา จะทำให้ขนาดเอียร์ริงน้อยที่สุด

คำสำคัญ : เอียร์ริง / กรรมวิธีรีดความหนาผนัง / อัตราส่วนของการลดความหนาผนัง / มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์

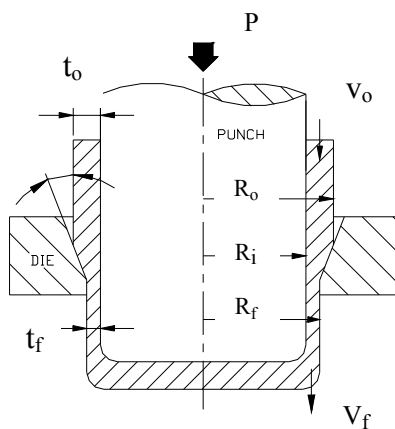
1.บทนำ

ในปัจจุบันมีความนิยมในการนำเหล็กกล้าไร้สนิมมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อย่างกว้างขวาง เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือน เครื่องสุขภัณฑ์ ชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากสมบัติที่ดีหลายประการ เช่นไม่เป็นสนิม ความแข็งแรงสูง และผิวของชิ้นงานมีความสวยงาม ในส่วนของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือน เหล็กกล้าไร้สนิมที่นิยมใช้มี 2 เกรดคือ ออสเทนเนติกเกรด 304 และเฟอร์ริติกเกรด 430 ซึ่งเหล็กเกรด 430 มีความสามารถในการลากขึ้นรูปต่ำกว่า และมีปัญหาการเกิดปริมาณเอียร์ริง (earring) สูง ซึ่งทำให้ขอบด้านบนสุดของถ้วยไม่เรียบมีลักษณะเป็นคลื่น ดังนั้นจึงต้องตัดขอบส่วนดังกล่าวออกก่อนนำไปใช้งานหรือนำไปเข้ากรรมวิธีผลิตอื่นต่อไปอีกทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ แต่ข้อดีของเหล็กเกรดนี้คือมีราคาถูกกว่าค่อนข้างมาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดปริมาณ

เอียร์ริงของถ้วยที่ผลิตจากเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกเกรด 430

เป็นที่ทราบกันดีว่าเอียร์ริงเกิดจากสมบัติทางด้านทิศทาง (Anisotropy) ของวัสดุ วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม 430 มีค่า Planar Anisotropy สูงจึงมีแนวโน้มในการเกิดเอียร์ริงสูงในงานลากขึ้นรูป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณเอียร์ริง ด้วยกรรมวิธีรีดความหนาผนังซึ่งเป็นกรรมวิธีที่กระทำภายหลังชิ้นงานผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปซึ่งมีรูปร่างเป็นถ้วย เนื่องจากถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปมีความหนาผนังด้านข้างไม่สม่ำเสมอ โดยที่ขอบด้านบนสุดของถ้วยมีความหนามากที่สุดและผนังบริเวณใกล้กับรัศมีโค้งมนของถ้วยมีความหนาน้อยที่สุด การนำถ้วยที่ได้มาผ่านการรีดลดความหนาผนังจะทำให้ได้ถ้วยที่มีความหนาผนังด้านข้างสม่ำเสมอคุณภาพผิวที่ผนังด้านข้างดีขึ้น และความสูงของถ้วยเพิ่มขึ้น ลักษณะการทำงานทั่วไปแสดงในรูปที่ 1 (Avitzur, 1983) ถ้วยที่ได้จากการลากขึ้นรูปลึกมีขนาด

รัศมีภายใน R_i ความหนาผนัง t_0 แล้วนำถ้วยที่ได้มาผ่านแม่พิมพ์รีดลดความหนาผนังเป็นด้ายรูปทรงกรวย (Conical Die) ที่มีมุมครึ่งหนึ่งของกรวย α และรัศมีภายใน R_i และถ้วยถูกกดลงด้านล่างตามทิศทางการเคลื่อนที่ของพินช์ ซึ่งถ้วยจะติดอยู่กับพินช์ โดยที่ช่องว่างระหว่างด้ายกับพินช์เท่ากับความหนาสุดท้ายของถ้วย t_f ขณะที่พินช์เคลื่อนที่ลงจะทำให้ผนังด้านข้างของถ้วยไหลตัวผ่านช่องว่างระหว่างพินช์กับด้าย และทำให้ความหนาผนังด้านข้างของถ้วยลดลงจาก t_0 เป็น t_f ซึ่งจะได้ความสูงของถ้วยเพิ่มขึ้น โดยที่รัศมีภายนอกของถ้วยลดลงจาก R_0 เป็น R_f ส่วนรัศมีภายในยังมีค่าคงที่เท่ากับ R_i



รูปที่ 1 กรรมวิธีรีดลดความหนาผนัง

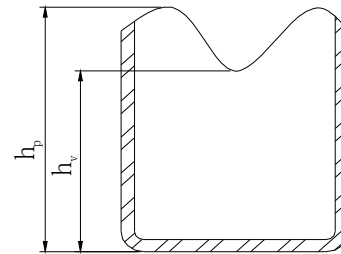
งานวิจัยนี้ทำการศึกษาดัชนีแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการรีดลดความหนาผนัง 2 ตัว คืออัตราส่วนการลดความหนาผนัง และมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ (α)

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ขั้นตอนการเตรียมถ้วยเริ่มต้น

ทำการเตรียมถ้วยก่อนที่จะทำการรีดลดความหนาผนัง โดยนำแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 หนา 1 มิลลิเมตร ตัดเป็นแผ่นกลมด้วยแม่พิมพ์ตัดให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 52 มม. จากนั้นนำแผ่นงานที่ได้มาผ่านแม่พิมพ์สำหรับกรรมวิธีลากขึ้นรูปลึกให้เป็นถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 30 มม. ทำการตรวจวัดค่าความสูงของเอียร์ริง (%เอียร์ริง) และ

ความเรียบผิวเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น ค่าเปอร์เซ็นต์เอียร์ริงวัดจากความสูงของยอดคลื่น (h_p) กับท้องคลื่น (h_v) ดังแสดงในรูปที่ 2 และคำนวณตามสมการที่ 1



รูปที่ 2 การหาขนาดเปอร์เซ็นต์เอียร์ริง

$$\%Earing = \{(h_p - h_v) / [(h_p + h_v)/2]\} \times 100 \quad (1)$$

2.2 ขั้นตอนการทดสอบการรีดลดความหนาผนัง

แม่พิมพ์รีดลดความหนาผนังที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชุดคือ ชุดที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการลดความหนาผนัง มีแม่พิมพ์ 3 ตัวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตาย 31.6, 31.4 และ 31.2 มม. ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนของการลดความหนาผนังที่ร้อยละ 20 30 และ 40 ตามลำดับ โดยมีมุมไหลเข้า (α) เท่ากันคือ 10 องศา และชุดที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของมุมไหลเข้า มีแม่พิมพ์ 3 ตัวที่มีขนาดของมุมไหลเข้าแม่พิมพ์ 5, 10 และ 15 องศา โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตายเท่ากันคือ 31.4 มม. (อัตราส่วนของการลดความหนาผนังที่ร้อยละ 30) การทำการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยใช้สารหล่อลื่น TDN81 ทาที่ผิวถ้วยทุกครั้ง ก่อนการรีดลดความหนาผนัง ที่แต่ละสภาวะการทำงาน ทำการทดลองซ้ำ 12 ตัวอย่าง ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดแรง (Loadcell) และระยะการเคลื่อนที่ (LVDT) ที่ชุดแม่พิมพ์รีดลดความหนาผนัง และติดตั้งเข้ากับเครื่องไฮดรอลิกเพรสขนาด 500 กิโลนิวตันเพื่อทำการทดสอบ

2.3 การเก็บข้อมูล

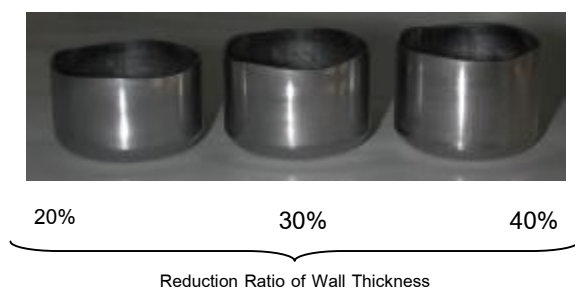
ที่ทุกสภาวะการทำงาน บันทึกผลของแรงที่ใช้ในการลดความหนาผนัง นำถ้วยที่ได้จากการลดความ

หนาผนังที่สภาวะต่างๆ มาทำการวัดความสูงของยอดคลื่นกับท้องคลื่นเพื่อหาเปอร์เซ็นต์เอียร์ริง วัดความเรียบผิวของถ้วยในแนวเส้นรอบวงด้วยเครื่องวัดความเรียบผิวแบบเข็มลาก

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

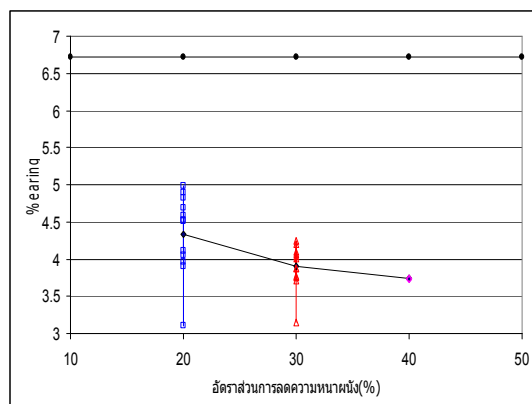
3.1 อิทธิพลของอัตราส่วนการลดความหนาผนังที่มีต่อกระบวนการรีดลดความหนาผนัง

รูปถ่ายของชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีรีดลดความหนาผนังด้วยอัตราส่วนการลดความหนาผนังเท่ากับ ร้อยละ 20 30 และ 40 ซึ่งจะทำให้ถ้วยที่ได้มีความสูงแตกต่างกันแสดงในรูปที่3



รูปที่ 3 ถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีรีดลดความหนาผนังสำหรับอัตราส่วนของการลดความหนาผนังต่างๆ กัน (มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 10 องศา)

3.1.1 อิทธิพลของอัตราส่วนการลดความหนาผนังที่มีต่อร้อยละของขนาดเอียร์ริง (Percentage of Earing)



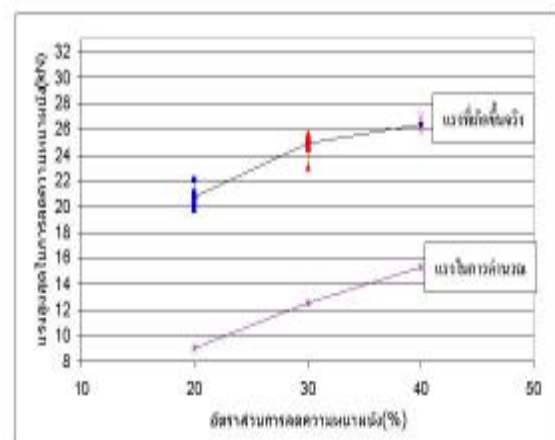
รูปที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของการลดความหนาผนังกับขนาดเอียร์ริง (มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 10 องศา)

จากกราฟในรูปที่ 4 จะได้ว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละของขนาดเอียร์ริงของถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปเท่ากับ ร้อยละ 6.716 และค่าเฉลี่ยของร้อยละของขนาดเอียร์ริงของถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีรีดลดความหนาผนังเท่ากับ ร้อยละ 4.352, 3.905 และ 3.735 สำหรับอัตราส่วนของการลดความหนาผนังเท่ากับ ร้อยละ 20 30 และ 40 ตามลำดับ

กล่าวได้ว่าเมื่อนำถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปมาทำการรีดลดความหนาผนังจะทำให้ขนาดเอียร์ริงลดลง เนื่องจากความหนาบริเวณท้องคลื่นของเอียร์ริงของถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปลึกจะมีความหนามากกว่าบริเวณยอดคลื่นของเอียร์ริง ดังนั้นเมื่อทำการลดความหนาผนังของถ้วยทำให้ความสูงของถ้วยบริเวณท้องคลื่นจะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่มากกว่าบริเวณยอดคลื่น ส่งผลให้ความแตกต่างของความสูงทั้งสองบริเวณลดลง ซึ่งก็คือขนาดเอียร์ริงลดน้อยลง

จากกราฟอัตราส่วนของการลดความหนาผนังเพิ่มขึ้น ขนาดเอียร์ริงมีแนวโน้มที่จะลดลง เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนของการลดความหนาผนังเพิ่มขึ้นปริมาณการเปลี่ยนรูปถาวรก็จะเพิ่มมากขึ้นทำให้ความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นนั่นเอง

3.1.2 อิทธิพลของอัตราส่วนการลดความหนาผนังที่มีต่อแรงของกรรมวิธีรีดลดความหนาผนัง

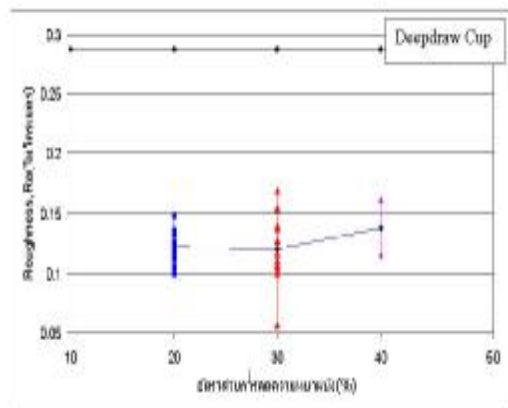


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของการลดความหนาผนังกับขนาดของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป (มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 10 องศา)

พิจารณาจากรูปที่ 5 กล่าวได้ว่าเมื่อนำถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปมาทำการรีดลดความหนาผนังด้วยอัตราส่วนการลดความหนาผนังร้อยละ 20 , 30 และ 40 แรงที่ใช้ในการรีดลดความหนาผนังจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนการลดความหนาผนังเพิ่มขึ้นตามลำดับ

เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนรูปถาวรมากขึ้นจึงทำให้ต้องใช้แรงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทางทฤษฎีที่คำนวณได้ แต่ขนาดของแรงที่คำนวณได้จะมีค่าที่น้อยกว่าค่าที่ทดสอบจริง เนื่องจาก ในการทดลองจริงนั้นมีค่าตัวแปรเพิ่มขึ้น เช่น แรงเสียดทาน, Redundant Work ทำให้แรงเพิ่มมากขึ้นกว่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

3.1.3 อิทธิพลของอัตราส่วนการลดความหนาผนังที่มีต่อค่าความเรียบผิวของชิ้นงาน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการลดความหนาผนังกับค่าความเรียบผิว (มุมไหลเข้าแม่พิมพ์ 10 องศา)

พิจารณาจากรูปที่ 6 จะสังเกตได้ว่าชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการลากขึ้นรูปมาแล้วมีค่า $R_a = 0.2871 \mu m$ และนำถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีการลากขึ้นรูปมาทำการรีดลดความหนาผนัง ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการรีดลดความหนาผนังจะได้ผิวชิ้นงานที่เรียบขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ประมาณ $R_a = 0.012 - 0.014 \mu m$

ในกรณีเพิ่มอัตราส่วนของการลดความหนาผนังร้อยละ 20 30 และ 40 ความเรียบผิวที่ได้บริเวณของผนังด้านนอกของถ้วยจะมีค่าสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนการลดความหนาผนังมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราส่วนของการลดความหนาผนังที่มากขึ้น จะเกิดการยึดติด (Adhesive) ระหว่างผิวชิ้นงานกับตายทำให้เกิดรอยขีดข่วน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นพบว่าค่าความเรียบผิวที่อัตราส่วนของการลดความหนาผนังร้อยละ 20 30 และ 40 อยู่ในช่วง $R_a = 0.012 - 0.014$ ซึ่งไม่ค่อยเห็นความแตกต่างกันมากนัก

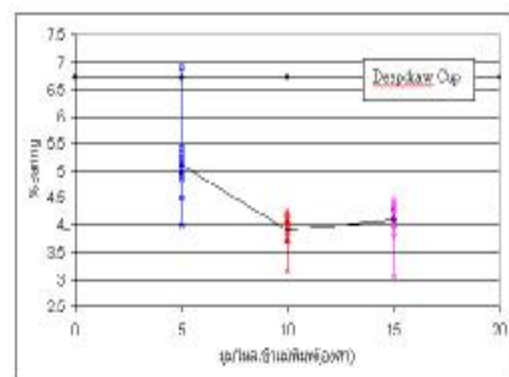
3.2 อิทธิพลของมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์

รูปถ่ายของชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีลดความหนาผนังด้วยมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ 5 10 และ 15 องศา แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลากขึ้นรูปลึกและที่ผ่านกรรมวิธีลดความหนาผนังสำหรับมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ต่างๆ กัน (อัตราส่วนของการลดความหนาผนังเท่ากับร้อยละ 30)

3.2.1 อิทธิพลของมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ที่มีต่อร้อยละของขนาดเอयरिंग (Percentage of Earing)

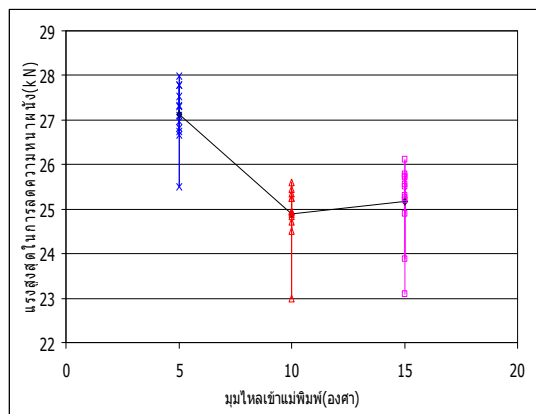


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์กับขนาดเอียง (อัตราส่วนของการลดความหนาผนังเท่ากับร้อยละ 30)

จากรูปที่ 8 จะได้ว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละของขนาดเอียงของถ้วยที่ผ่านกรรมวิธีลดความหนาผนังเท่ากับร้อยละ 5.11, 3.905 และ 4.09 สำหรับกรณีมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 5 10 และ 15 องศา ตามลำดับ

จากผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดเอียงมีค่ามากที่สุดเมื่อมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่าเท่ากับ 5 องศา และขนาดเอียงมีค่าน้อยลงเมื่อมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่าเป็น 10 องศา และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่าเป็น 15 องศา สาเหตุดังกล่าวเนื่องมาจากที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 5 องศา พื้นที่ที่ชิ้นงานสัมผัสกับตายในขณะทำการลดความหนาผนังจะมีมากที่สุดทำให้แรงเสียดทานมีค่ามาก แรงเสียดทานดังกล่าวจะส่งผลให้ขนาดเอียงมีค่ามากกว่าที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ 10 องศา และ 15 องศา จากงานวิจัยที่ผ่านมา (จิรัชย์ และคณะ, 2545)

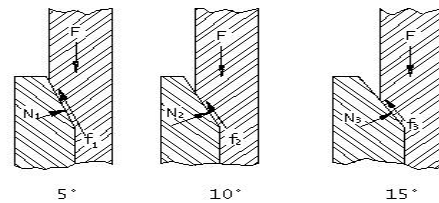
3.2.2 อิทธิพลของมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ที่มีต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหลเข้าของแม่พิมพ์กับแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป (อัตราส่วนของการลดความหนาผนังเท่ากับร้อยละ 30)

จากรูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหลเข้าของแม่พิมพ์กับแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป พบว่าที่มุมการไหลเข้าของแม่พิมพ์ 5 องศา แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปสูง

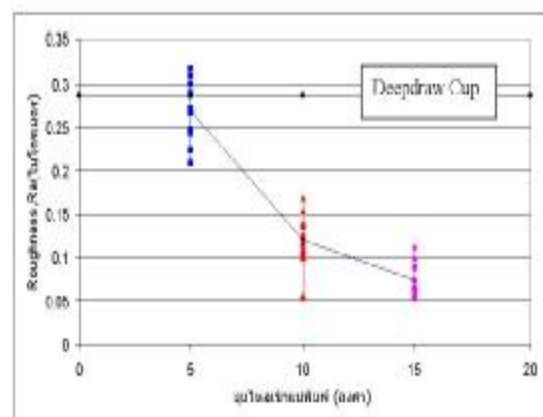
ที่สุด เนื่องจากที่มุม 5 องศา มีพื้นที่สัมผัสมากทำให้แรงเสียดทานมาก และทำให้ใช้แรงในการขึ้นรูปมากดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงมุมไหลเข้าแม่พิมพ์ที่ต่างกัน

และที่มุมไหลเข้าแม่พิมพ์ 10 องศา แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปมีแนวโน้มลดลงมาก เมื่อพิจารณาขนาดของแรงในกรณีที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่าเท่ากับ 15 องศา ในกรณีนี้แรงเสียดทานมีค่าน้อย แต่ Redundant Work จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่าเพิ่มมากขึ้น และ Redundant Work ดังกล่าวจะส่งผลให้มีปริมาณการเปลี่ยนรูปเพิ่มขึ้นหรือใช้แรงในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจาก Macro Shearing และ Ironing Wave (Blazynski, 1976) ที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุขณะกำลังมีการเปลี่ยนรูปเมื่อผ่านตาย ดังนั้นกล่าวได้ว่า Redundant Work ที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนาดของแรงที่มุม 15 องศา มีค่ามากกว่าที่มุม 10 องศา

3.2.3 อิทธิพลของมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ที่มีต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหลเข้าของแม่พิมพ์กับค่าความเรียบผิวชิ้นงาน (อัตราส่วนของการลดความหนาผนังเท่ากับร้อยละ 30)

พิจารณาจากรูป 11 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหลเข้าของแม่พิมพ์กับค่าความเรียบผิวชิ้นงาน ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อชิ้นงานผ่านกรรมวิธีลดความหนาผนังแล้วผิวของชิ้นงานที่ได้จะเรียบดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด พิจารณาที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 5 องศา พบว่าความเรียบผิวของชิ้นงานแย่กว่าที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์อื่นๆ ทั้งที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อมุมไหลเข้ามีค่าน้อยมาก ทำให้แรงเสียดทานระหว่างผิวของชิ้นงานกับผิวของดายมีค่าสูงมาก และก่อให้เกิดการสูญเสียเนื้อวัสดุชิ้นงานไปยังดาย (Adhesion) ได้ง่าย เนื้อวัสดุดังกล่าวจะเกาะติดกับผิวของดาย แล้วไปขัดชิ้นงานทำให้เกิดเป็นร่องลึกในแนวความสูงของถั่ว (Galling) ซึ่งสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงส่งผลให้ค่า R_a ของชิ้นงานมีค่าสูงที่สุด สำหรับมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 10 และ 15 องศา จากผลดังกล่าวจะได้ว่าที่มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 15 องศา ความเรียบผิวของชิ้นงานที่ได้จะดีกว่าในกรณีที่มีมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เท่ากับ 10 องศา สาเหตุนี้เนื่องจากเมื่อมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์มีค่ามากขึ้นที่ชิ้นงานสัมผัสกับดายขณะทำการลดความหนาผนังจะมีน้อยกว่าทำให้แรงเสียดทานระหว่างผิวของชิ้นงานกับผิวของดายมีค่าลดลง ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานที่ผ่านมุมไหลเข้า 15 องศา มีความเรียบผิวดีกว่าชิ้นงานที่ผ่านมุมไหลเข้า 10 องศา

4. สรุปผลการทดลอง

1. กระบวนการรีดลดความหนาผนังช่วยลดปริมาณเอียงและช่วยให้ความเรียบผิวดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการลากขึ้นรูปลึก
2. เมื่ออัตราส่วนการลดความหนาผนังเพิ่มขึ้น ขนาดเอียงมีแนวโน้มลดลง

3. เมื่ออัตราส่วนการลดความหนาผนังเพิ่มขึ้น แรงสูงสุดที่ใช้ในการรีดลดความหนาผนังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น
4. เมื่ออัตราส่วนการลดความหนาผนังเพิ่มขึ้น ค่าความเรียบผิว R_a ของผนังด้านนอกของถั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคุณภาพผิวของผนังด้านนอกของถั่วจะมีคุณภาพแย่ลง
5. มุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ที่เหมาะสม ที่มีผลต่อขนาดเอียงน้อยสุด เท่ากับ 10 องศา
6. มุมการไหลเข้าของแม่พิมพ์ที่เหมาะสม ที่ใช้แรงสูงสุดในการขึ้นรูปน้อยสุด เท่ากับ 10 องศา
7. เมื่อมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์เพิ่มขึ้น ค่าความเรียบผิว R_a ของผนังด้านนอกของถั่วมีแนวโน้มลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรม สำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่มอบทุนอุดหนุนแก่คณะผู้วิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

จีรัชย์ สุภาสุทธากุล และคณะ, การศึกษาเพื่อลดขนาดเอียงในการผลิตถั่วทรงกระบอกด้วยกรรมวิธีลดความหนาผนัง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, 2545.

Avitzur, B., "Ironing", Handbook of Metal-Forming Processes, John Wiley & Sons, New York, 1983, pp. 581-593.

Blazynski, T.Z., "Deep Drawing and Stretch Forming", Metal Forming Tool Profiles and Flow, Unwin Brothers Ltd., London, 1976, pp. 222-238.

