

บทที่ 4

ผลการวิจัย

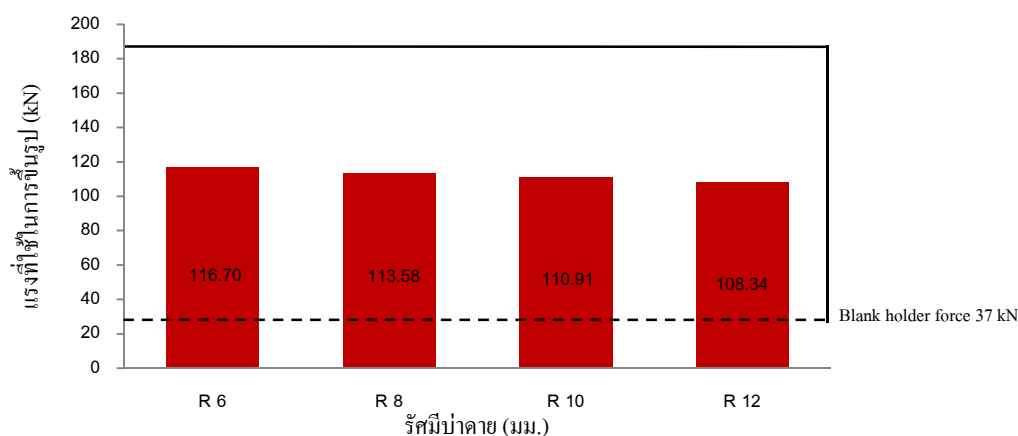
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขึ้นรูปเหล็กกล้ารีดร้อนสำหรับ โครงสร้างยานยนต์ที่มีผลต่อการออกแบบแม่พิมพ์ โดยออกแบบแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับขึ้นรูปเหล็กกล้าทั่วไปจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนวัสดุเป็นเหล็กสำหรับขึ้นรูปโครงสร้างยานยนต์ เกรด SAPH 440 (JIS) ทำการกำหนดรัศมีบ่าตาย 4 ระดับ คือ 6 8 10 และ 12 มม. เพื่อเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของความสามารถในการลากขึ้นรูปของเหล็กทั้งสองชนิด ทั้งในด้านแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปและคุณภาพของชิ้นงานที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการลากขึ้นรูป ก่อนดำเนินการทดลองผู้ทำการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิงก่อนดำเนินการทดลอง ตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ เพื่อให้การทดลองดำเนินไปอย่างถูกต้อง บรรลุตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ในการทดลองนั้นได้ทำการปรับตั้งค่าแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานที่อ้างอิงมาจากการคำนวณ ซึ่งสามารถสรุปผลในขั้นตอนของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 อิทธิพลของรัศมีบ่าตายที่มีผลต่อแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูป

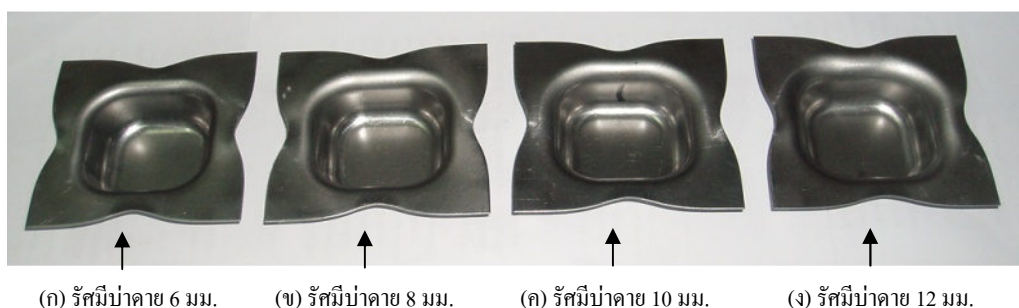
การพิจารณาได้แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 จะเป็นช่วงของแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปชิ้นงาน เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแผ่นโลหะเริ่มต้นจะถูกกดด้วยรัศมีพื้นซ์และค้ำงอเหนือรัศมีบ่า ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูป แล้วจะถูกทำให้ตรงอีกจนกลายเป็นผนังของถ้วยทรงสี่เหลี่ยม ช่วงที่ 2 เมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่ไหลผ่านรัศมีบ่าตายแรงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะกดลึกของพื้นซ์เพิ่มขึ้นแรงกดของพื้นซ์จะพยายามดึงผนังถ้วยและเอาชนะแรงเสียดทานเพื่อที่จะลากขึ้นรูปได้ลึกขึ้น จนกระทั่งแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูป และช่วงที่ 3 แรงที่ใช้จะค่อยๆลดลง เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานลดลงสุดท้ายขณะทำการลากขึ้นรูปจนได้ด้วยสำเร็จแรงจะมีค่าลดลงเท่ากับศูนย์

ผลจากการทดลองเนื่องจากวัสดุเหล็ก SPCC มีความสามารถในการยึดตัวได้สูงเหมาะสำหรับการลากขึ้นรูปลึก จึงได้ทำการทดลองลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีก โดยใช้ขนาดของแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเท่ากับ $1/3$ ของแรงที่ใช้ขึ้นรูป จากการทดลองชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้สมบูรณ์ไม่มีรอยแตกและรอยยับ จากนั้นจึงได้ดำเนินการทดลองตามปัจจัยในการทดลองที่ได้กำหนดไว้ สำหรับเหล็ก SPCC ได้ปรับตั้งค่าแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานซึ่งได้จากการคำนวณที่ 36.61 kN ใช้ขนาดตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของรัศมีบ่าตายในการลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกและนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเหล็ก SAPH 440 จากการทดลองผู้ศึกษาเลือกใช้รัศมี

บ่าคาย 4 ระดับ คือ 6, 8, 10 และ 12 มม. ที่รัศมีบ่าคาย 6 มม. ใช้แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเฉลี่ย 116.70 kN เป็นรัศมีบ่าคายที่ใช้แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานสูงที่สุด สูงกว่ารัศมีบ่าคาย 8, 10 และ 12 มม. แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปมีแนวโน้มลดลงตามรัศมีบ่าคายที่ใหญ่ขึ้น ที่รัศมีบ่าคาย 12 มม. ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชาญศักดิ์ กัทธาพรนันท์ [19] ชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้สมบูรณ์ไม่มีรอยแตกและรอยย่นเช่นเดียวกับรัศมีบ่าคาย 6, 8 และ 10 มม. โดยใช้แรงลากขึ้นรูปเฉลี่ยที่ 108.34 kN ต่ำกว่ารัศมีบ่าคายทั้ง 3 ระดับที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีค่าเฉลี่ยแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานในการลากขึ้นรูปที่รัศมีบ่าคายทั้ง 4 ระดับเท่ากับ 37 kN นำค่าเฉลี่ยของแรงลากขึ้นรูปชิ้นงานมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบแรงลากขึ้นรูปของรัศมีบ่าคายแต่ละระดับ แสดงดังภาพที่ 4.1

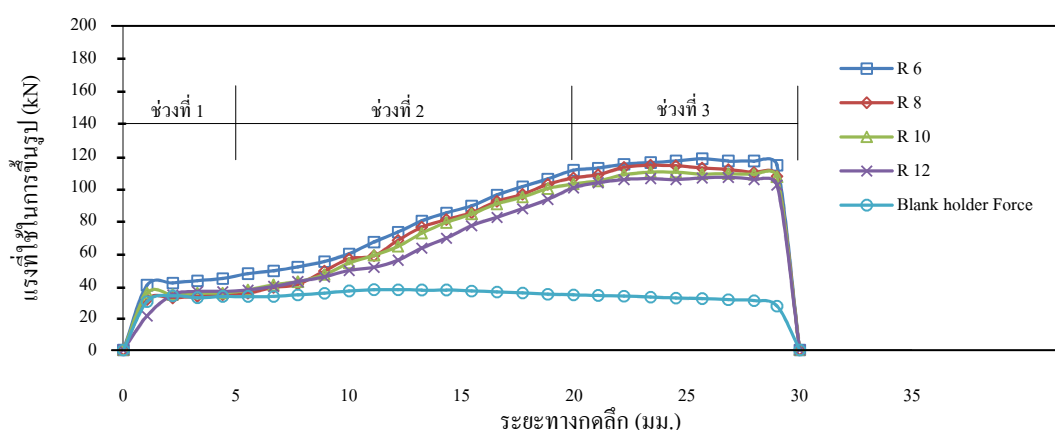


ภาพที่ 4.1 แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเฉลี่ยเหล็ก SPCC ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับ



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปเหล็ก SPCC ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับ

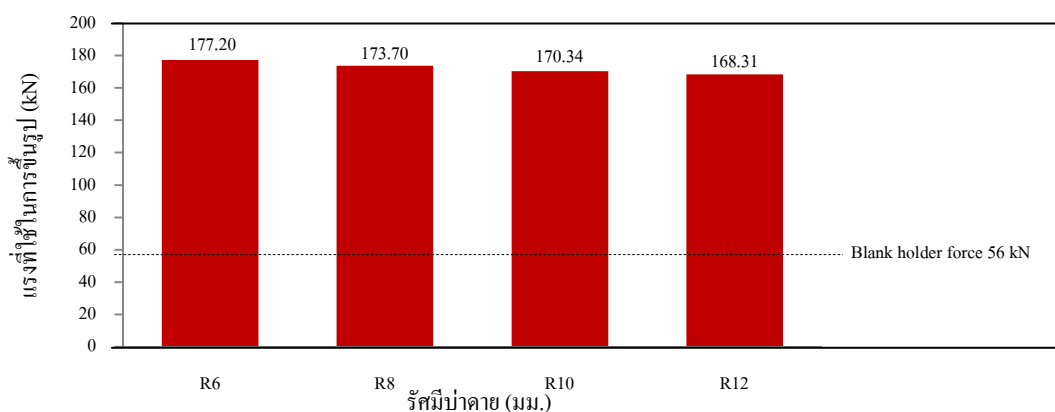
ผลจากการทดลองเมื่อเลือกใช้รัศมีบ่าคายที่ใหญ่ขึ้นแรงที่พื้นจะใช้จะลดลง แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปชิ้นงานเฉลี่ยสูงสุดที่รัศมีบ่าคาย 6 มม. และที่แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเฉลี่ยต่ำสุด ที่รัศมีบ่าคาย 12 มม. ในการทดลองสามารถลากขึ้นรูปชิ้นงาน ได้สมบูรณ์ไม่พบรอยแตกและรอยย่น ได้ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปของรัศมีบ่าคายทั้ง 4 ระดับ ดังภาพที่ 4.2 และจากการทดลอง ที่แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเท่ากัน จะมีความแตกต่างกันของแรงลากขึ้นรูปชิ้นงานตามรัศมีบ่าคายที่เปลี่ยนไป รัศมีบ่าคายใหญ่จะช่วยลดแรงในการลากขึ้นรูปชิ้นงาน จากการไหลตัวของแผ่นชิ้นงานเข้าไปยังปากคายที่เป็นไปได้สะดวก และผิวหน้าสัมผัสของแผ่นชิ้นงานกับแผ่นกดยึดชิ้นงานที่น้อยลงทำให้ที่ระดับแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเท่ากันนั้น รัศมีบ่าคายที่มีขนาดใหญ่จะใช้แรงสูงสุดในการลากขึ้นรูปน้อยกว่ารัศมีบ่าคายขนาดเล็ก เมื่อนำค่าของแรงลากขึ้นรูปมาสร้างเป็นกราฟเส้นเพื่อเปรียบเทียบกับระยะทางกดคลิกของรัศมีบ่าคายทั้ง 4 ระดับจะได้กราฟเส้น แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แรงลากขึ้นรูปและแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเฉลี่ยต่อระยะกดคลิกเหล็ก SPCC

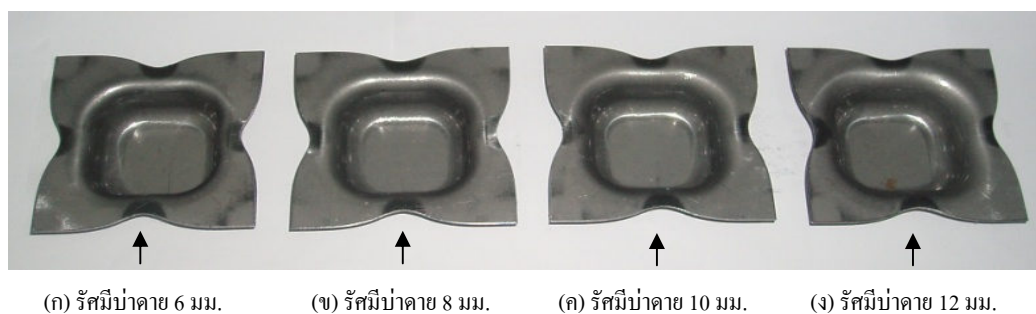
เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าที่ขนาดรัศมีบ่าคาย 6 มม. จะใช้แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานสูงสุดในรัศมีบ่าคายทั้ง 4 ระดับที่ทำการศึกษา แรงลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ลดลงตามรัศมีบ่าคายที่เพิ่มขึ้น จนถึงที่รัศมีบ่าคาย 12 มม. สังเกตจากกราฟที่รัศมีบ่าคาย 12 มม. จะใช้แรงในการลากขึ้นรูปชิ้นงานต่ำที่สุด ขณะที่รัศมีบ่าคายเปลี่ยนจาก 6 มม. ไปเป็น 12 มม. แรงที่พื้นจะใช้ลดลง 7.16 เปอร์เซ็นต์ แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานจะลดลงเมื่อรัศมีบ่าคายใหญ่ขึ้น ลักษณะของกราฟจากกระบวนการลากขึ้นรูปชิ้นงานที่ได้มีความใกล้เคียง และเป็นไปในลักษณะเดียวกัน แรงกดของพื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอตามระยะทางของการกดคลิกชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าที่ระยะกดคลิกในช่วงเริ่มต้น (ช่วงที่ 1) แรงกดของพื้นจะใกล้เคียงกับแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานหลังจากนั้น แรงกดของพื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ช่วงที่ 2)

เส้นแรงของกราฟจะคงที่ในช่วงระยะคดโค้งประมาณ 21 มม. ถึง 30 มม. (ช่วงที่ 3) เมื่อถึงความลึกสูงสุด 30 มม. กระบวนการลากขึ้นรูปก็จะเสร็จสมบูรณ์ จุดสูงสุดของกราฟที่ได้ในแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนไปจะทำให้ได้แรงลากขึ้นรูปที่แตกต่างกัน เมื่อทดลองลากขึ้นรูปขึ้นงานด้วยเหล็ก SPCC แล้วจึงทำการทดลองลากขึ้นรูปขึ้นงานเหล็ก SAPH 440 ต่อไปเนื่องจากเหล็ก SAPH 440 เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงสูงขึ้นรูปได้ยาก ในการลากขึ้นรูปจะต้องใช้แรงกดแผ่นกดยึดขึ้นงานและแรงในการลากขึ้นรูปสูงกว่าเหล็ก SPCC เพื่อป้องกันการเกิดรอยย่นและการติดตัวกลับของขึ้นงาน ดังนั้นในการทดลองได้ปรับตั้งค่าแรงกดแผ่นกดยึดขึ้นงานสูงกว่าเหล็ก SPCC ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณทดลองตามปัจจัยควบคุมและปัจจัยทดสอบตามที่ได้กำหนดไว้ ใช้ขึ้นงานที่ทำการทดสอบตัวแปรในแต่ละรอบของการทดสอบจำนวน 5 ชิ้น เพื่อความถูกต้องของข้อมูล ผลจากการทดลอง ขึ้นงานสามารถขึ้นรูปได้สมบูรณ์ไม่มีรอยแตกและรอยย่นโดยที่รัศมีบ่าคาย ที่รัศมีบ่าคาย 6 มม. ใช้แรงลากขึ้นรูปเฉลี่ยสูงสุดที่ 177.20 kN สูงกว่ารัศมีบ่าคาย 8, 10 และ 12 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปมีแนวโน้มลดลงตามรัศมีบ่าคายที่ใหญ่ขึ้นโดยที่รัศมีบ่าคาย 12 มม. ใช้แรงลากขึ้นรูปเฉลี่ยต่ำสุดที่ 168.31 kN ขณะที่รัศมีบ่าคายเปลี่ยนแปลงจาก 6 มม. ไปเป็น 12 มม. แรงที่พื้นผิวใช้ลดลง 5.02 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยแรงกดแผ่นกดยึดขึ้นงานในการลากขึ้นรูปที่รัศมีบ่าคายทั้ง 4 ระดับเท่ากับ 56 kN แรงลากขึ้นรูปขึ้นงานจะลดลงเมื่อรัศมีบ่าคายใหญ่ขึ้น ผลที่ได้จากการทดลองของเหล็ก SAPH 440 เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับเหล็ก SPCC นำค่าของแรงลากขึ้นรูปขึ้นงานมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบแรงลากขึ้นรูปของรัศมีบ่าคายแต่ละระดับ แสดงดังภาพที่ 4.4

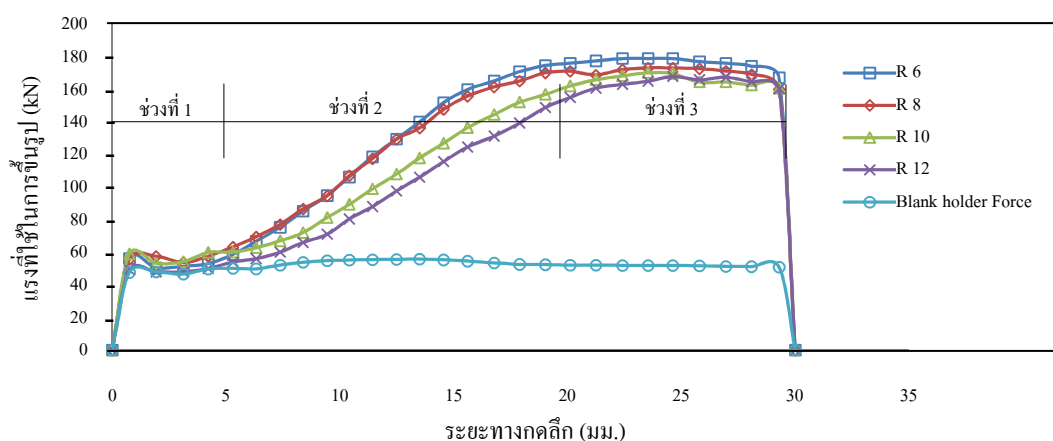


ภาพที่ 4.4 แรงลากขึ้นรูปขึ้นงานเฉลี่ยเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับ

จากภาพที่ 4.4 จะสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปชิ้นงานของรัศมีบ่าคายนี้อย่างชัดเจนมากขึ้น จะเห็นว่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปชิ้นงานจะมีค่าลดลงเมื่อรัศมีบ่าคายนี้ออกมาใหญ่ขึ้น ได้ชิ้นงานจากการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีบ่าคายนี้ออกมาแต่ละระดับ

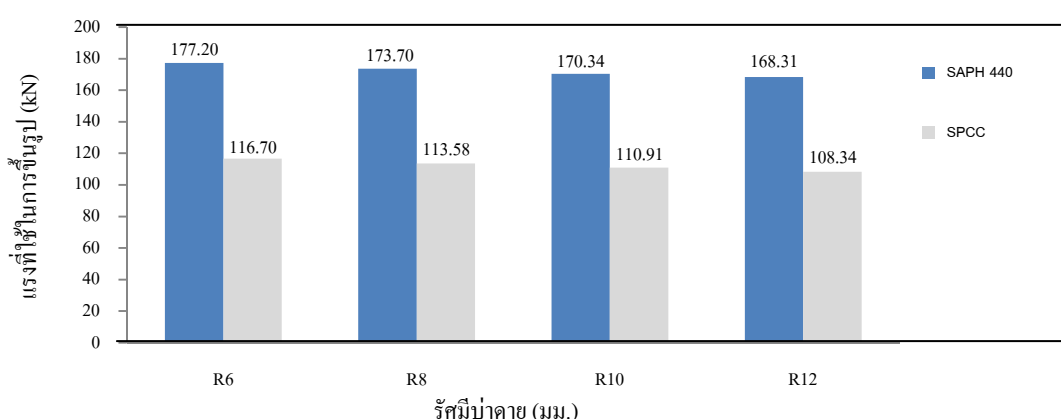


ภาพที่ 4.6 แรงกดขึ้นรูปและแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานต่อระยะกดคดเหล็ก SAPH 440

จากภาพที่ 4.6 เป็นลักษณะของกราฟที่ได้จากกระบวนการลากขึ้นรูปเหล็กของเหล็ก SAPH 440 กราฟที่ได้จะมีความใกล้เคียงและเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับเหล็ก SPCC ในช่วงเริ่มต้นจนถึงระยะกดคดประมาณ 5 มม. (ช่วงที่ 1) แรงกดของพื้นที่จะมีความใกล้เคียงกับแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงาน หลังจากระยะ 5 มม. แรงกดของพื้นที่จะมีความชันเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับระยะทางการกดคด (ช่วงที่ 2) ที่ระยะกดคด 24 มม. (ช่วงที่ 3) เป็นจุดที่ใช้แรงสูงสุดในการลากขึ้นรูปส่วนหนึ่งเป็นอิทธิพลจากขนาดของรัศมีบ่าคายนี้ออกมาที่เปลี่ยนไป

4.1.1 เปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปชิ้นงานเหล็ก SPCC กับเหล็ก SAPH 440

จากการทดลองลากขึ้นรูปชิ้นงานด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกด้วยเหล็ก SPCC สามารถลากขึ้นรูปได้สมบูรณ์โดยใช้แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเฉลี่ยที่ 37 kN ชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปด้วยรัศมีบ่าคายทั้ง 4 ระดับ ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่นหลังจากนั้นจึงทดลองขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเหล็ก SAPH 440 โดยใช้แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเฉลี่ยที่ 56 kN ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่นเช่นเดียวกัน จึงนำผลของแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานและแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปของเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 มาทำการเปรียบเทียบ แสดงดังภาพที่ 4.7

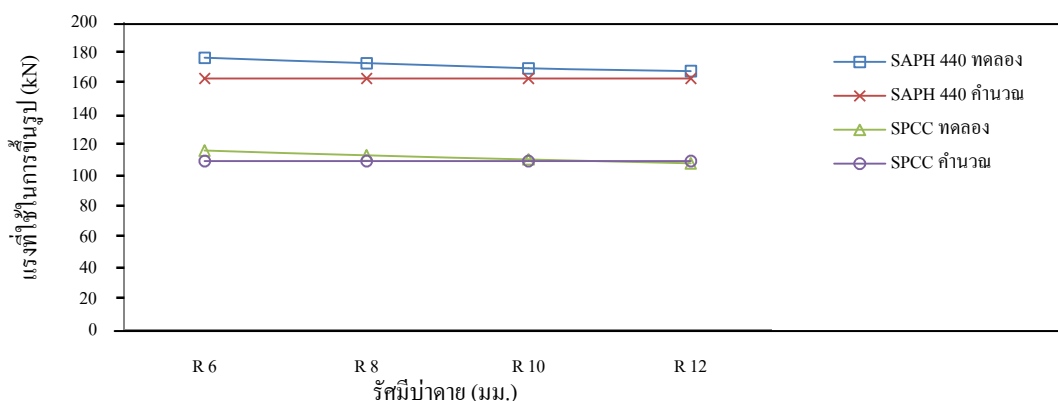


ภาพที่ 4.7 แรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเฉลี่ยเหล็ก SPCC กับเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับ

หลังจากที่ได้ทำการทดลองลากขึ้นรูปวัสดุเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 แล้วนำชิ้นงานที่ผ่านการลากขึ้นรูปที่มีความสมบูรณ์ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่นในทุกระดับของตัวแปรทดสอบ มาทำการเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของแรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานและแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูประหว่างวัสดุเหล็กทั้งสองชนิด จากภาพที่ 4.7 จะเห็นว่าเหล็ก SAPH 440 จะใช้แรงลากขึ้นรูปสูงกว่าเหล็ก SPCC ในทุกระดับของรัศมีบ่าคายที่เปลี่ยนไปเนื่องจากคุณสมบัติทางกลของเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 ที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกัน โดยเหล็ก SAPH 440 เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็ก SPCC จึงใช้แรงกดของพื้นที่ที่จะทำให้แผ่นชิ้นงานเปลี่ยนรูปไหลเข้าไปยังปากคายจนกระทั่งถึงความลึกที่ต้องการคือ 30 มม. มากกว่าเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 ต้องใช้แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานมากกว่าเหล็ก SPCC เพื่อป้องกันการเกิดรอยย่นบริเวณปีกของถ้วย โดยเหล็ก SPCC จะใช้แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานที่เหมาะสมเฉลี่ยที่ 37 kN ส่วนเหล็ก SAPH 440 ใช้แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานที่เหมาะสมเฉลี่ยที่ 56 kN

4.1.2 เปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ

จากการทดลองลากขึ้นรูปกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกที่รัศมีบ่าตาย 4 ระดับ คือ 6, 8, 10 และ 12 มม. นำค่าของแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปที่ได้จากการทดลองของเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 มาทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ แสดงดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แรงลากขึ้นรูปขึ้นงานจากการทดลองและการคำนวณ ที่รัศมีบ่าตายแต่ละระดับ

จากภาพที่ 4.8 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบแรงในการลากขึ้นรูประหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการคำนวณ ค่าของแรงลากขึ้นรูปที่ได้จากการทดลองเหล็ก SAPH 440 จะมีค่าสูงกว่าค่าของแรงที่ได้จากการคำนวณในทุกะดับของรัศมีบ่าตาย ที่รัศมีบ่าตาย 12 มม. แรงที่ใช้ลากขึ้นรูปจะมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณมากที่สุดส่วนเหล็ก SPCC ที่รัศมีบ่าตาย 6, 8 และ 10 มม. ค่าของแรงลากขึ้นรูปจากการทดลองจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ที่รัศมีบ่าตาย 12 มม. ค่าของแรงลากขึ้นรูปจากการทดลองจะมีค่าต่ำกว่าการคำนวณ 1.36 เปอร์เซ็นต์ และที่รัศมีบ่าตาย 10 มม. ค่าของแรงลากขึ้นรูปจากการทดลองจะมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณมากที่สุด

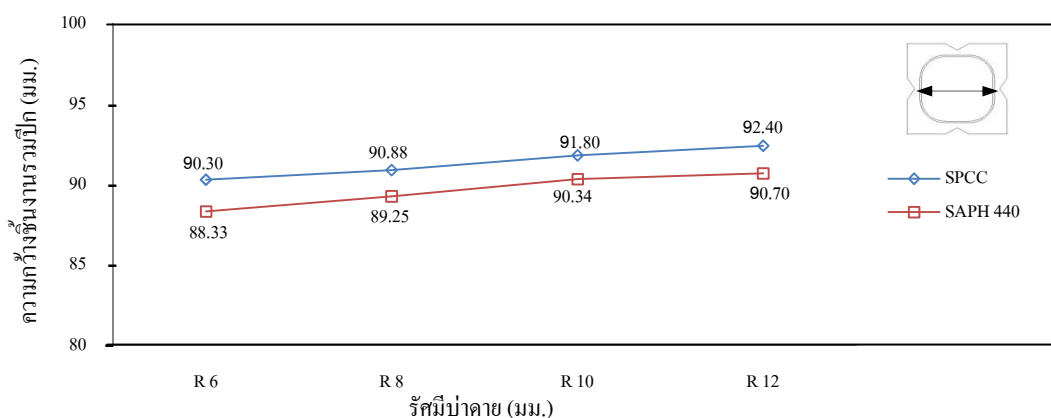
4.2 อิทธิพลของรัศมีบ่าตายที่มีผลต่อคุณภาพของถ้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ในกระบวนการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นนั้นจุดประสงค์ของงานลากขึ้นรูป คือ แปรสภาพโลหะจากแผ่นหยาบให้เป็นภาชนะรูปถ้วยโดยที่ให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ มีความสมบูรณ์มากที่สุด แต่ในการลากขึ้นรูปจะเกิดแรงเครียดขึ้นอย่างมากในกระบวนการไหลตัวของโลหะ ซึ่งคุณภาพของชิ้นงานที่ได้นั้นบางอย่างสามารถประเมินได้ด้วยสายตา เช่น รอยแตกและรอยย่น แต่บางอย่างก็ไม่สามารถประเมินได้ด้วยสายตา จะต้องใช้เครื่องมือช่วยในการวัดผล เช่น ความหนาของชิ้นงาน จาก

การทดลองลากขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อเปรียบเทียบถึงความแตกต่างด้าน คุณภาพของชิ้นงานด้วย เหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 สามารถสรุปผลที่ได้จากการทดลองในด้านคุณภาพของถ้วย สี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกได้ดังนี้

4.2.1 อิทธิพลของรัศมีบ่าคายที่มีผลต่อความกว้างของชิ้นงานรวมปีก

นำชิ้นงานที่ได้จากการทดลองทั้งเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 มาวัดความกว้างของ ชิ้นงานรวมปีกโดยกำหนดตำแหน่งของการวัดความกว้างระหว่างปีกทั้งสองด้านในบริเวณปีกที่เว้าเข้าไปลึกที่สุด ซึ่งเป็นจุดที่แคบที่สุดของชิ้นงาน จากการวัดขนาดความกว้างของชิ้นงานรวมปีกได้ผล ของการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.6

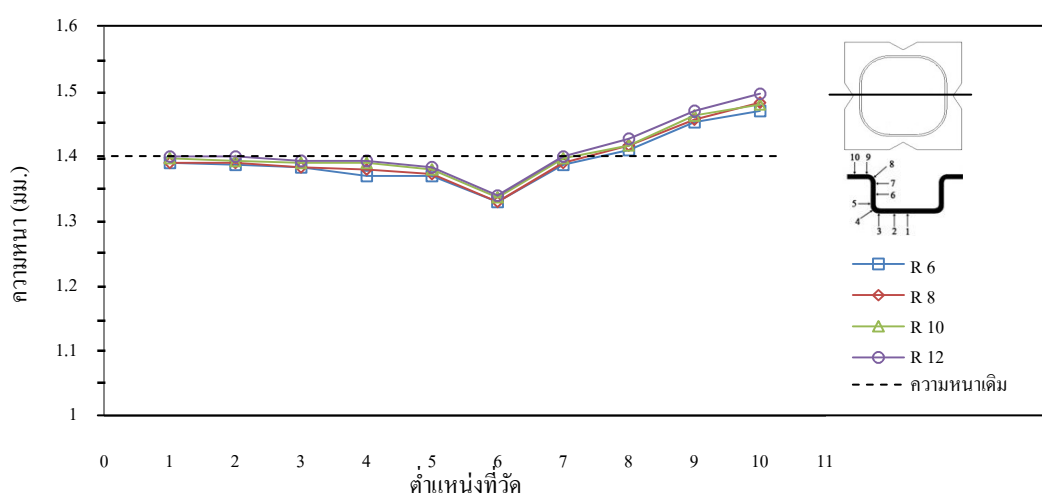


ภาพที่ 4.9 ความกว้างของชิ้นงานรวมปีกเฉลี่ยเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับ

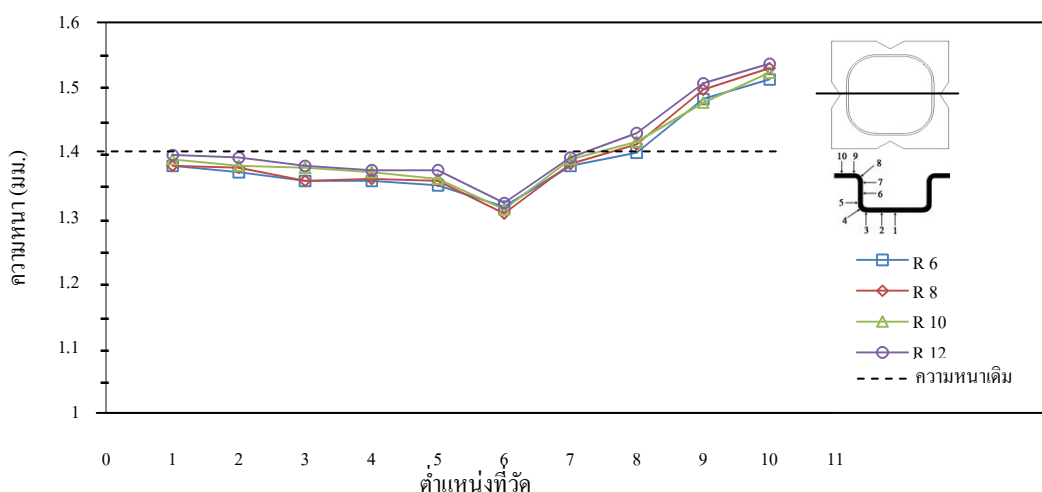
จากภาพที่ 4.9 ผลการวัดความกว้างของชิ้นงานรวมปีกชิ้นงานของเหล็ก SPCC จะมีความกว้างของชิ้นงานรวมปีกมากกว่าเหล็ก SAPH 440 เล็กน้อยจากการยึดตัวของแผ่นชิ้นงานขณะ กระบวนการลากขึ้นรูปเหล็ก SPCC จะมีการยึดตัวมากกว่าเหล็ก SAPH 440 เนื่องจากเหล็ก SPCC เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงต่ำกว่าเหล็ก SAPH 440 และความกว้างของชิ้นงานรวมปีกที่วัดได้นั้น ค่าความกว้างของชิ้นงานจากเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือค่าความกว้างของชิ้นงานจะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเลือกใช้รัศมีบ่าคายขนาดใหญ่ขึ้น จากการตัดตัวของ ชิ้นงานบริเวณปากถ้วยให้โค้งตามขนาดของรัศมีบ่าคาย เมื่อใช้ขนาดของรัศมีบ่าคายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ปากถ้วยก็จะกว้างขึ้นทำให้ความกว้างของชิ้นงานรวมปีกกว้างขึ้นตามไปด้วย

4.2.2 อิทธิพลของรัศมีบ่าคายนี่มีผลต่อความหนาผนังด้วยด้านตรงของชิ้นงาน

จากการทดลองลากขึ้นรูปด้วยสึ่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีก เมื่อทำการลากขึ้นรูปชิ้นงานได้ด้วยสึ่เหลี่ยมแบบมีปีกที่สมบูรณ์ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่น จึงนำชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปมาทำการตัดค่าครึ่งเพื่อวัดความหนาของผนังชิ้นงานส่วนที่ตรง โดยได้กำหนดตำแหน่งในการวัดความหนาของผนังด้วยด้านตรงไว้ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟเส้นเพื่อเปรียบเทียบผลความหนาผนังด้วยด้านตรงของชิ้นงานเฉลี่ยที่รัศมีบ่าคายนี่แต่ละระดับของตัวแปรที่ทดสอบ ได้กราฟเส้นแสดงความหนาผนังด้วยด้านตรงของชิ้นงานเฉลี่ย แสดงดังภาพที่ 4.10 และ 4.11



ภาพที่ 4.10 ความหนาผนังด้านตรงของชิ้นงานเฉลี่ยเหล็ก SPCC ที่รัศมีบ่าคายนี่แต่ละระดับ

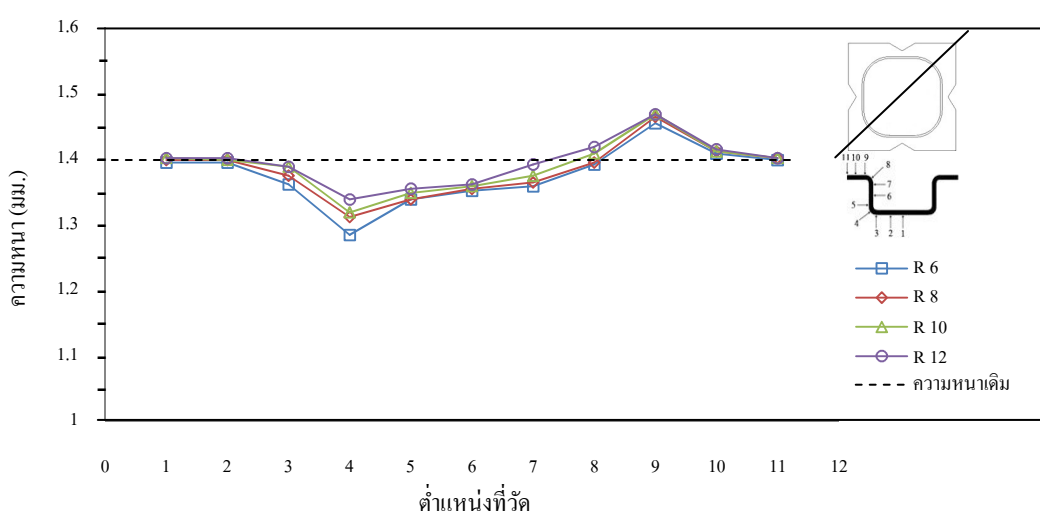


ภาพที่ 4.11 ความหนาผนังด้านตรงของชิ้นงานเฉลี่ยเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีบ่าคายนี่แต่ละระดับ

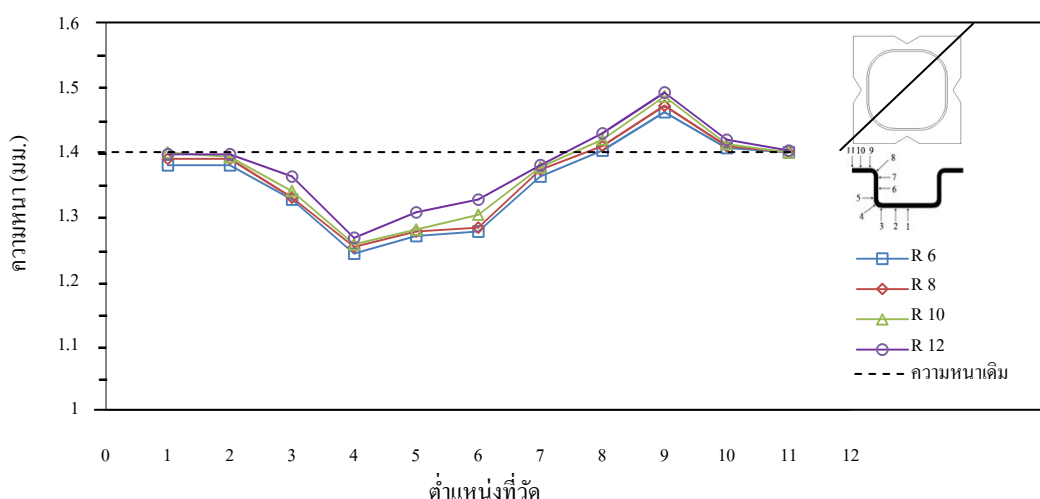
จากภาพที่ 4.10 และ 4.11 ผลความหนาผนังด้านตรงของชิ้นงานเฉลี่ย ที่ผ่านกรรมวิธีลาก ขึ้นรูปลึกโดยใช้รัศมีบ่าคายในการลากขึ้นรูปที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นตัวอย่างสำหรับกรณีของวัสดุ เหล็กกล้ารีดร้อนสำหรับ โครงสร้างยานยนต์เกรด SAPH 440 (JIS) และวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SPCC (JIS) การวัดความหนาของชิ้นงานจะวัดที่ตำแหน่งต่างๆ ตั้งแต่กันด้วยไปจนถึงปีกถ้วย จากผล ที่ได้จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดของรัศมีบ่าคายจะไม่มีอิทธิพลอย่างชัดเจนต่อความหนาผนังด้าน ตรงของชิ้นงาน ทั้งนี้ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานของเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 มี แนวโน้มเช่นเดียวกัน นอกจากนี้จากภาพจะพบว่าตรงบริเวณตำแหน่งที่ 6 จะเป็นตำแหน่งที่มีความ หนาของผนังถ้วยเฉลี่ยน้อยที่สุดเพราะเป็นบริเวณที่เกิดความเค้นดึงในแนวแกนสูงสุดของการลากขึ้น รูปส่วนบริเวณปีกถ้วยในตำแหน่งที่ 10 ชิ้นงานจะมีความหนาเฉลี่ยมากที่สุดและจะมีความหนาเพิ่ม มากกว่าความหนาเริ่มต้นของชิ้นงาน ซึ่งเป็นผลมาจากความเค้นอัดในแนวเส้นรอบวงบริเวณปีกถ้วย ในขณะที่ลากขึ้นรูปนั่นเอง

4.2.3 อิทธิพลของรัศมีบ่าคายที่มีผลต่อความหนาผนังบริเวณมุมถ้วยของชิ้นงาน

เนื่องจากการกระบวนการลากขึ้นรูปชิ้นงานรูปถ้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีก การไหลตัว ของชิ้นงานบริเวณด้านตรงกับบริเวณมุมถ้วยจะมีอัตราการไหลตัวของแผ่นชิ้นงานไม่เท่ากัน จึงได้ทำ การตัดผ่าชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่นในแต่ละรัศมีบ่าคายเพื่อวัดความหนา ผนังบริเวณมุมถ้วย โดยได้กำหนดตำแหน่งในการวัดความหนาไว้ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ เส้นเพื่อเปรียบเทียบผลความหนาผนังบริเวณมุมถ้วยของชิ้นงานเฉลี่ย ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับของตัว แปรที่ทดสอบ แสดงดังภาพที่ 4.12 และ 4.13



ภาพที่ 4.12 ความหนาผนังบริเวณมุมถ้วยเฉลี่ยเหล็ก SPCC ที่รัศมีบ่าคายแต่ละระดับ



ภาพที่ 4.13 ความหนาผนังบริเวณมุมด้วยเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีปาดายแต่ละระดับ

จากภาพที่ 4.12 และ 4.13 ผลจากการวัดค่าความหนาของชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง บริเวณมุมด้วยตามแนวเส้นทแยงมุมของชิ้นงานที่รัศมีปาดาย 4 ระดับ คือ 6, 8, 10 และ 12 มม. พบว่า ความหนาของชิ้นงานเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความหนาของผนังบริเวณมุมด้วยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือบริเวณกันด้วยในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนาลดลงจากความหนาเดิมของแผ่นเปล่าเพียงเล็กน้อย จากนั้นจะเริ่มลดลงในตำแหน่งที่ 3 และ 4 โดยบริเวณมุมกันด้วยเหนือรัศมีพื้นซ์ หรือตำแหน่งที่ 4 เป็นจุดที่รับแรงดึงสูงสุดจากการตัดโค้งตามรัศมีปาดายพื้นซ์และแรงดึงจากการตัดโค้งตามรัศมีมุมพื้นซ์ ทำให้ผนังด้วยบริเวณนี้มีความหนาน้อยที่สุดซึ่งเป็นจุดวิกฤติของชิ้นงาน เนื่องจากเป็นจุดที่ผนังด้วยบางที่สุด ดังนั้นหากมีการฉีกขาดหรือแตกของด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกจากกระบวนการลากขึ้นรูป ชิ้นงานจะเกิดการฉีกขาดหรือแตกจากตำแหน่งนี้ ซึ่งเหมือนกันทั้งเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 จากนั้นความหนาจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของผนังด้วยจนหนาที่สุดบริเวณบริเวณปีกด้วย บริเวณนี้ความหนาของชิ้นงานจะเพิ่มมากขึ้นกว่าความหนาเดิมของแผ่นเปล่าจากการขยายตัวของแผ่นชิ้นงาน เนื่องมาจากการเบียดหรือการอัดตัวในแนวเส้นรอบวง จากนั้นความหนาของชิ้นงานจะค่อยๆ ลดลงจนเท่ากับความหนาเดิมของแผ่นเปล่าในตำแหน่งที่ 11

4.2.4 อิทธิพลของรัศมีปาดายที่มีผลต่อรอยแตกและรอยย่น

ชิ้นงานที่มีการไหลตัวของวัสดุที่ไม่สมมาตร เช่น รูปทรงด้วยสี่เหลี่ยมหรือด้วยวงรี ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นบนชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรนี้คือ เกิดรอยย่นที่ปีกด้วย เกิดรอยฉีกขาดหรือรอยแตกที่บริเวณมุมรัศมีพื้นซ์ หรือรอยฉีกขาดที่เกิดจากการไหลตัวไม่เท่ากันที่บริเวณต่างๆ ของ

ชิ้นงานที่บริเวณปีกของชิ้นงานด้วยสี่เหลี่ยม โดยเฉพาะขอบปีกตรงบริเวณรัศมีมุมโค้งจะมีแนวโน้มที่จะเกิดการโก่งตัว และเกิดรอยย่นได้มากที่สุด เพราะเป็นบริเวณที่เกิดความเค้นอัดในแนวเส้นรอบวงมาก และบริเวณรัศมีมุมโค้งก็เกิดความเค้นคดด้วย ทำให้การไหลตัวของแผ่นชิ้นงานช้ากว่าบริเวณขอบเส้นตรงของถ้วย จึงทำให้เนื้อวัสดุเกิดการอัดตัวบริเวณรัศมีมุมโค้งซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการโก่งตัวหรือเกิดรอยย่น ดังนั้นการลากขึ้นรูปจึงจำเป็นต้องใช้แรงในการลากขึ้นรูปที่สูงขึ้นเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในบางครั้งจะทำให้งานเกิดการฉีกขาดหรือแตกตรงบริเวณรัศมีมุมโค้งที่ก้นถ้วย จากการทดลองลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกด้วยเหล็ก SPCC ที่แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเฉลี่ยที่ 37 kN และเหล็ก SAPH 440 ที่แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานเฉลี่ยที่ 56 kN ที่รัศมีบ่าตาย 4 ระดับคือ 6, 8, 10 และ 12 มม. ชิ้นงานรูปถ้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกจากวัสดุเหล็กทั้งสองชนิดที่ได้นั้นไม่เกิดรอยแตกและรอยย่นขึ้นที่บริเวณปีกของชิ้นงาน เนื่องจากรัศมีมุมโค้งของพื้นซ์และคานของชุดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดใหญ่ จึงทำให้แผ่นชิ้นงานสามารถไหลตัวได้ง่ายขึ้นและการเลือกใช้แรงกดแผ่นกดยึดชิ้นงานในการทดลองที่ได้มาจากการคำนวณซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในระดับที่มีความเหมาะสม ทำให้ชิ้นงานที่ได้จากการทดลองของเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่น

4.2.5 อิทธิพลของรัศมีบ่าตายที่มีผลต่อความหยาบผิว

จากการทดลองการลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกที่รัศมีบ่าตาย 4 ระดับ คือ 6, 8, 10 และ 12 มม. นำชิ้นงานที่ได้จากการทดลองด้วยวัสดุเหล็กทั้งสองชนิด มาทำการวัดความหยาบของผิวชิ้นงาน (R_a) โดยกำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวทั้งหมดสี่ตำแหน่งที่บริเวณผนังถ้วยด้านตรงของชิ้นงาน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาลดลงจากความหนาเดิม

ผลของการวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน (R_a) บริเวณผนังถ้วยด้านตรงของชิ้นงาน โดยวัดในตำแหน่งที่กำหนดไว้ ค่าความหยาบผิวชิ้นงานวัสดุเหล็ก SAPH 440 ที่รัศมีบ่าตาย 10 มม. จะมีค่าความหยาบผิวชิ้นงานน้อยกว่ารัศมีบ่าตาย 6 มม. เนื่องจากที่รัศมีบ่าตาย 10 มม. วัสดุจะไหลตัวผ่านบ่าตายได้ง่ายทำให้เกิดการเสียดสีกับแม่พิมพ์มากกว่ารัศมีบ่าตาย 6 มม. ที่รัศมีบ่าตาย 8 มม. และ 12 มม. ก็ได้แนวโน้มเช่นเดียวกัน ค่าความหยาบผิวชิ้นงานบริเวณผนังถ้วยด้านตรงมีแนวโน้มเช่นเดียวกันทั้งเหล็ก SPCC และเหล็ก SAPH 440 คือ ค่าความหยาบผิวชิ้นงานน้อยลงเมื่อรัศมีบ่าตายใหญ่ขึ้น และเหล็ก SAPH 440 จะมีค่าความเรียบผิวที่ละเอียดกว่าเหล็ก SPCC ในทุกระศมีบ่าตาย เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงสูงจึงเสียดสีกับแม่พิมพ์มากกว่า