

การหาช่องว่าง (CLEARANCE) ที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดขาดสำหรับเหล็ก
รีไซเคิล

BLANKING DIE CLEARANCE FOR RECYCLE STEEL

ธวัช วิวัฒน์เจริญ¹ รุ่งวสันต์ ไกรกลาง¹

Received: September, 2010; Accepted: June, 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองหาค่าช่องว่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ปั๊มตัดขาดสำหรับเหล็กแผ่นรีไซเคิลตามหลักทฤษฎีของแม่พิมพ์โลหะ (Punch and Die) จะมีวิธีหาค่าช่องว่าง 2 รูปทรง คือ รูปงานที่เป็นวงกลมกับงานที่มีรูปไม่เป็นวงกลม ดังนั้นจึงได้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์โลหะออกเป็น 2 รูป คือ รูปวงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตรกับงานรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 x 50 มิลลิเมตรที่มุม 4 มุม มีรัศมี 5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ปั๊มงานเหล็กแผ่นรีไซเคิลหนา 3 มิลลิเมตร โดยใช้ค่าช่องว่างตั้งแต่ 5, 6, 7... n% ของความหนาแผ่นงานทดลอง

ผลจากการวิจัยปั๊มชิ้นงานรูปวงกลมและรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่าชิ้นงานเกิดสภาพผิวรอยตัดช่วงความหนาคือแถบผิวมัน ครีบและรอยฉีกขาดในแต่ละค่าเปอร์เซ็นต์ ที่ใช้ทดลองด้วยการวัดค่าแถบผิวมันและค่าครีบในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Motic Images Plus 2.0 ปรากฏผลคือ ค่าช่องว่างที่ถูกต้องของชิ้นงานรูปวงกลมเท่ากับ 8 % และงานรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับ 9 % ของความหนาแผ่นงานทดลอง

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
E - mail : tawat_vi@hotmail.com

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถิติในเรื่องความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) โดยการตีความผ่านดัชนีความสามารถ C_p มีค่าเท่ากับ 7.65 C_{pk} มีค่าเท่ากับ 5.04 ของชิ้นงานรูปวงกลมและรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่าดัชนีความสามารถ C_p มีค่าเท่ากับ 5.46 C_{pk} มีค่าเท่ากับ 3.11 แสดงว่ากระบวนการปั๊มเหล็กแผ่นรีไซเคิลของแม่พิมพ์นี้มีความสามารถ ซึ่งหมายถึงมีการออกแบบกระบวนการผลิตที่ดีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

คำสำคัญ : ช่องว่าง, ความหนา, แถบผิวมัน, ครีบ, เหล็กรีไซเคิล

Abstract

The objective of this research is to determine corrective clearance of punch and die for the recycled steel by the theory of the metal die (Punch and Die). The way to determine the clearance of 2 shapes (circular and non circular workpiece) is to design and make 2 blanking dies, one is circular shape with a diameter 35 mm and the other is rectangle shape with size 30 x 35 mm. and 4 corners are 5 mm. radius, the blanking dies press the 3 mm. thick recycled steel sheet by using clearance 5, 6, 7...n% of thickness.

The result, pressing circle and rectangle workpiece, shows the surface of shearing thickness workpiece has cut band, burr and break off in each of percentage clearance testing. It has done by Motic Images Plus 2.0 Program, the cut band and burr are measured to determine the corrective clearance. The most corrective clearance for thickness of circular workpiece is 8 % and rectangle workpiece is 9 %.

The result from statistical analysis in process capability by interpretation of index capability of circle, C_p is 7.65, C_{pk} is 5.04 and rectangle C_p is 5.46, C_{pk} is 3.11 This shows that these blanking dies for recycled steel have the process capability according to industrial standard of die process design.

Keywords : Clearance, Thickness, Cut band, Burr, Recycle steel

บทนำ

สถานประกอบการประเภทต่างๆ ตั้งแต่อุตสาหกรรมขนาดเล็กจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ล้วนต้องสั่งซื้อหรือผลิตชิ้นส่วนขึ้นใช้ โดยชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ แต่ละชิ้นที่ได้จากกระบวนการผลิตด้วย

แม่พิมพ์โลหะ (Punch and Die) แม่พิมพ์โลหะวัสดุที่นำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนดังกล่าว เช่น อลูมิเนียม ทองเหลือง เหล็ก สแตนเลส เป็นต้น แต่สถานประกอบการจะประสบปัญหาเกี่ยวกับ

การขึ้นราคาของวัสดุชนิดต่างๆ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงได้หันมาใช้วัสดุรีไซเคิล (Recycle) แทน โดยเฉพาะเหล็กแผ่นรีไซเคิล จะมีราคาถูกกว่าเหล็ก SS400 ซึ่งอยู่กลุ่มเหล็กเกรดเดียวกัน แต่คุณสมบัติการใช้งานทดแทนกันได้ อย่างมีคุณภาพ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง กรณีนำเหล็กแผ่นรีไซเคิลไปผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ในงานแม่พิมพ์โลหะชนิดปั๊มตัดขาด สถานประกอบการจะได้ชิ้นส่วนที่มีครีบ (Burr) มากบ้าง ครีบน้อยบ้าง ก็เนื่องจากค่าช่องห่าง (Clearance) ของแม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมียไม่ถูกต้อง ทำให้เสียเวลาตกแต่งครีบเพื่อให้ชิ้นงานอยู่ในข้อกำหนดจึงจะสามารถผ่านการตรวจสอบคุณภาพได้ เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไป

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการหาค่าช่องห่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ปั๊มตัดขาดสำหรับเหล็กแผ่นรีไซเคิล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าช่องห่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดขาดสำหรับงานที่เป็นรูปทรงวงกลม
2. เพื่อหาค่าช่องห่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดขาดสำหรับงานที่เป็นรูปทรงไม่เป็นวงกลม

ขอบเขตการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะสำหรับงานที่เป็นรูปทรงวงกลมโต 35 มิลลิเมตร
2. ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะสำหรับงานที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 x 50 มิลลิเมตรที่มุม 4 มุมมีรัศมี 5 มิลลิเมตร
3. ขนาดความหนาของเหล็กแผ่นรีไซเคิลเท่ากับ 3 มิลลิเมตร
4. ทดลองปั๊มตัดชิ้นงานเพื่อหาค่าช่องห่างเริ่มที่ 5, 6, 7...n ของความหนาชิ้นงาน

โดยทดลองปั๊มชิ้นงาน 16 ชิ้นต่อ 1 ค่าช่องห่างของภาวะเบื้องต้นของการปั๊มตัดเท่านั้น และต้องมีค่าแถบผิวมัน (Cut Band) ตรงรอยตัดขาดของชิ้นงานระหว่าง 0.4 - 1.2 มิลลิเมตร ค่าครีบที่เกิดขึ้นต้องไม่เกิน 0.100 มิลลิเมตร

5. วิเคราะห์ข้อมูลค่าแถบผิวมันด้านสถิติด้วยโปรแกรม MINITAP รุ่นทดลองใช้ โดยวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้ Paired T-test และวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) โดยการตีความผ่านดัชนีความสามารถ C_p , C_{pk} ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.00

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

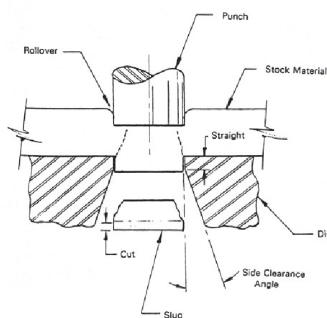
เหล็กรีไซเคิล (Recycle Steel)

ปัจจุบันนานาประเทศได้มีความพยายามลดการใช้ทรัพยากรที่ได้จากธรรมชาติให้มากที่สุด ยิ่งโดยเฉพาะสินแร่เหล็กที่นำมาผลิตเป็นเหล็กชนิดต่างๆ เหล็กรีไซเคิลที่เกิดจากการนำเศษเหล็กจากงานอุตสาหกรรมมาดัดใหม่ โดยที่จะพยายามควบคุมส่วนผสมให้ใกล้เคียงกับเกรด SS400 เหล็ก รีไซเคิล หรือ SS400 มี Specification อยู่ในมาตรฐานญี่ปุ่น JIS G 3101 ปี 1987 ส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกับเกรด SS41 ใน JIS G 3101 ปี 1996 หรือปี 2001 ซึ่งควบคุมส่วนผสมไว้ดังนี้ ฟอสฟอรัส (P) ไม่เกิน 0.05 %, ซัลเฟอร์ (S) ไม่เกิน 0.05% มีความแข็งประมาณ 116 - 152 HB เหล็กรีไซเคิลมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการประกอบหรือขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เหล็ก ได้แก่ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร การผลิตชิ้นส่วนรถบรรทุก งานท่อเหล็กต่างๆ มีความต้านแรงดึง 400 - 510 N/mm.² ความต้านแรงดึงจุดครากต่ำสุด 245 N/mm.² (สำหรับความหนาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 16 มิลลิเมตร) การยืดตัวต่ำสุด 21 % (สำหรับเหล็กแผ่น

ที่ความหนาแน่นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิเมตร) ความหนาตั้งแต่ 0.14 - 3.2 มิลลิเมตร และมีความกว้างตั้งแต่ 600 - 1550 มิลลิเมตร ปัจจุบันผลิตได้ตั้งแต่ความหนา 1.00 - 19.00 มิลลิเมตร และมีความกว้างตั้งแต่ 750 - 1550 มิลลิเมตร ส่วนความยาวนั้นขึ้นอยู่กับน้ำหนักและความหนาของเหล็กม้วน (บริษัท กรุงเทพเหล็กกล้า จำกัด, 2552)

กรรมวิธีที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตัดเฉือน

ชาญชัย ทรัพย์ากร, (2552) กล่าวว่า กระบวนการตัดโลหะออกจากกันของแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ โดยใช้คมตัดของแม่พิมพ์ตัวผู้ และแม่พิมพ์ตัวเมีย แสดงดังรูปที่ 1

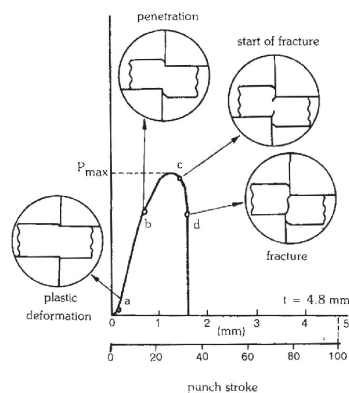


รูปที่ 1 โลหะฉีกขาดออกจากกัน

ที่มา : Randal A. Walsh and Denis Cormier, (2005)

สี่ขั้นตอนในกระบวนการกดตัดเริ่มจากการที่แม่พิมพ์ตัวผู้กดลงบนโลหะ และพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของแม่พิมพ์ตัวเมียจนเลยจุดขีดจำกัดของความยืดหยุ่น (Elastic Limit) ของโลหะ ช่วงนี้ผิวด้านล่างของเนื้อโลหะเริ่มไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ตัวเมีย และผิวทางด้านบนถูกแม่พิมพ์ตัวผู้กดลง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นแม่พิมพ์ตัวผู้เจาะเข้าไปในเนื้อโลหะ โดยความลึกของส่วนที่ถูกกดทางผิวด้านบนเท่ากับส่วนที่ถูกกดลงในแม่พิมพ์ตัวเมียทางผิวด้านล่าง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นจนเลย

จุดความแข็งแรงสูงสุดของโลหะ โลหะฉีกขาดออกจากกันรายละเอียดของขั้นตอนในการตัดดังแสดงรูปที่ 2 และระยะที่แม่พิมพ์ตัวผู้กดเข้าไปในเนื้อโลหะก่อนที่โลหะขาดออกจากกัน



รูปที่ 2 สี่ขั้นตอนโลหะฉีกออกจากกัน

ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร, (2552)

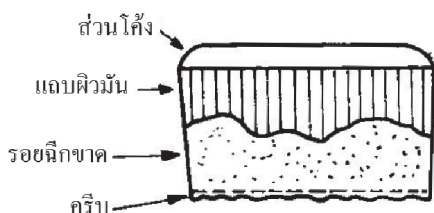
จากรูปที่ 2

- a = แม่พิมพ์ตัวผู้เริ่มกดลงบนเนื้อโลหะ
- b = แม่พิมพ์ตัวผู้เพิ่มแรงกดบนเนื้อโลหะ
- c = โลหะเริ่มฉีกขาด
- d = การฉีกขาดของโลหะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การฉีกขาดของโลหะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ตัวผู้ กับแม่พิมพ์ตัวเมีย กรณีช่องว่าง มากไปหรือน้อยไป ทำให้เพิ่มแรงที่มากกระทำต่อแม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมีย ทำให้สึกหรอเร็ว นอกจากนั้นยังทำให้อายุฉีกขาดไม่เรียบอีกด้วย

กรณีที่ค่าช่องว่างพอดีหรือเหมาะสม

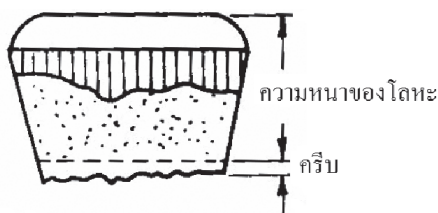
แถบผิวมันตรงรอยตัดมีความกว้างประมาณ 1/3 ของความหนาของโลหะและครีบ เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชิ้นงานที่มีค่าช่องว่างที่เหมาะสม
ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร, (2552)

กรณีที่มีค่าช่องว่างมากเกินไป

ที่ส่วนโค้ง (Edge Radius) ตรงรอยตัด จะมีความโค้งมาก แฉกผิวมันแคบ รอยฉีกขาด ไม่เป็นระเบียบ และมีครีบมากแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชิ้นงานที่มีค่าช่องว่างที่มาก
ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร, (2552)

กรณีที่มีค่าช่องว่างน้อย และน้อยเกินไป

ที่แฉกผิวมันมีบริเวณกว้าง และอาจมีมากกว่า 2 แห่ง แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชิ้นงานที่มีค่าช่องว่างที่น้อย
ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร, (2552)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของ กระบวนการผลิต

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, (2546) สถิติ หมายถึง ศาสตร์สำหรับการตัดสินใจภายใต้ความ-ไม่แน่นอน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ เป็นศาสตร์

ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของความผันแปรที่เกิดขึ้น โดยสถิติที่ใช้ในการตัดสินใจด้านคุณภาพมีมากมาย หลายวิธี ในที่นี้จะกล่าวถึงเรื่อง การวิเคราะห์ ความแตกต่างของข้อมูล โดยใช้ Pried T-Test ใน โปรแกรม MINITAB และวิเคราะห์ความสามารถ ของกระบวนการด้วยค่าดัชนี C_p และค่า C_{pk}

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยค่า ดัชนี C_p และค่า C_{pk}

ในบางครั้งการตีความหมายเกี่ยวกับความ-ผันแปรมีความจำเป็นต้องตีความหมายเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ เพื่อพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ บกพร่องจากกระบวนการ โดยอาจจะเรียกการ ตีความหมายในกรณีนี้ว่า การวิเคราะห์ความสามารถ ของกระบวนการ (Process Capability Study) ซึ่งจะดำเนินการพิจารณาเมื่อความผันแปรของ กระบวนการอยู่ภายใต้สาเหตุธรรมชาติ เพื่อให้ สะท้อนถึงผลจากการออกแบบกระบวนการ โดย กรณีนี้ความผันแปรควรอยู่ในรูปทรงระฆังคว่ำ

ในการวิเคราะห์เพื่อการตีความหมายนี้ จะ อาศัยการตีความผ่านดัชนีความสามารถ C_p และ C_{pk} ดังสมการที่ 1, 2, 3, 4 สมการที่ 5 และตารางที่ 1 กรณีข้อมูลไม่ต่ำกว่า 20 กลุ่ม

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad 1$$

กรณีข้อมูลน้อยกว่า 20 กลุ่ม

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2^*} \quad 2$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad 3$$

และ $C_{pk} =$ ค่าต่ำกว่าระหว่าง ($C_{pu}; C_{pl}$)

$$\text{เมื่อ } C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \quad 4$$

$$\text{เมื่อ } C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \quad 5$$

$\bar{R}$ = ค่าเฉลี่ยของพิสัย
 $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 USL = ค่ากำหนดด้านบน
 LSL = ค่ากำหนดด้านล่าง

ตารางที่ 1 ตารางหาค่า d_2^* สำหรับ $\bar{R}$

k	n = 2		n = 3		n = 4	
	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*
1	1.0	1.41	2.0	1.906	2.9	2.237
2	1.9	1.27	3.8	1.806	5.7	2.149
3	2.9	1.22	5.7	1.767	8.4	2.120
4	3.7	1.20	7.5	1.749	11.0	2.105
5	4.6	1.18	9.3	1.738	13.0	2.096
6	5.5	1.17	11.1	1.731	16.0	2.090
7	6.4	1.17	12.9	1.726	19.0	2.086
8	7.2	1.16	14.8	1.722	22.0	2.082
9	8.1	1.16	16.6	1.718	24.0	2.080
10	9.0	0.15	18.4	1.716	27.0	2.078
11	9.9	1.15	20.2	1.714	30.0	2.076
12	10.8	1.15	22.1	1.712	33.0	2.075
13	11.6	1.15	23.9	1.711	35.0	2.073
14	12.5	1.15	25.7	1.709	38.0	2.072
15	13.4	1.14	27.5	1.708	41.0	2.071
16	14.2	1.14	29.3	1.707	44.0	2.071

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2542)

k = จำนวนกลุ่มย่อยที่ใช้คำนวณ
 v = องศาความอิสระของ
 n = ขนาดของกลุ่มย่อย
 d = พิกัดของ d
 d = ตัวปรับค่าความเอนเอียงสำหรับ
 v = ส่วนเพิ่มขององศาความอิสระต่อกลุ่มย่อยที่เพิ่มขึ้น

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, (2543) กล่าวว่า การตีความหมายเพื่อการปฏิบัติการแก้ไขนั้น จะมีความแตกต่างกันคือในขณะที่ ถ้า C_p มีค่าต่ำ แสดงว่าสาเหตุมาจากการออกแบบไม่มีความ-

เหมาะสม ซึ่งควรจะมีการปฏิบัติแก้ไขด้วยการออกแบบใหม่ แต่ถ้า C_{pk} มีค่าต่ำแสดงว่าอาจจะมาจากสาเหตุจากการตั้งและมาจากการออกแบบ ซึ่งควรจะมีการปฏิบัติการแก้ไขด้วยการปรับค่าตั้งก่อนเสมอ

วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์, (2554) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วอุตสาหกรรมไทย จะกำหนดค่าดัชนี C_{pk} มีค่าไม่ต่ำกว่า 1.00 และสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 1.33 ซึ่งถือว่ากระบวนการจะมีความสามารถที่ดีซึ่งตรงกับ AIAG ที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน ISO/TS 16949

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ, (2545) กล่าวว่า แม่พิมพ์ตัดที่ทำจากเหล็กเครื่องมือที่มีปริมาณคาร์บอน และโครเมียมสูงเกรด JIS SKD11 ชุบแข็งที่ระดับ 60 HRC ตัดวัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดเฟอร์ริติก AISI 430 แผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ความหนา 0.5 มิลลิเมตร โดยมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างคมตัดระหว่างแม่พิมพ์ ที่มีต่ออัตราการสึกหรอของแม่พิมพ์ การตรวจสอบการสึกหรอทำทั้งทางตรง คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่แม่พิมพ์ตัวผู้ โดยการวัดค่าแรงตัดชิ้นงาน น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ระยะการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัวผู้ด้านข้างกับด้านหน้าและทางอ้อม คือ การตรวจสอบที่ขอบตัดของชิ้นงานที่ได้ ด้วยการวัดความสูงของครีบทที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นตัด จนถึงจำนวนการตัดที่ 10,000 ครั้ง ของทุกชุดแม่พิมพ์ ผลการทดลองพบว่าแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดน้อย การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัวผู้เกิดขึ้นด้วยอัตราที่สูงกว่าแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดมาก ความสูงของครีบทเพิ่มขึ้นตามปริมาณการสึกหรอของแม่พิมพ์ ซึ่งชุดแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดร้อยละ 3 ร้อยละ 8 และร้อยละ 18 ของความหนาชิ้นงานแรงตัดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.91, 23.79 และ 21.17 ของความหนาชิ้นงานตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบและแรงตัดจากแม่พิมพ์เริ่มต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องถึงรายละเอียดของคุณสมบัติของเหล็กกริไซเคิล กรรมวิธีที่เกิดขึ้นในกระบวนการปั๊มตัดโลหะแผ่นด้วยแม่พิมพ์โลหะสภาพของช่องทางที่ถูกต้องเหมาะสม การกำหนดขนาดของค่าช่องทางระหว่างแม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมีย ค่าครีบ หลักการออกแบบแม่พิมพ์และการเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้ แผ่นวัสดุเหล็กกริไซเคิล ทน 3 มิลลิเมตรแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็ง เพื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก SS400 การวางตำแหน่งของชิ้นงานของรูปร่างกลมและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบป้อนแผ่นวัสดุผ่านแม่พิมพ์ปั๊มครั้งเดียว แบบนี้ชิ้นงานถูกเรียงไว้แถวเดียวและแผ่นวัสดุจะถูกป้อนผ่านแม่พิมพ์เพียงครั้งเดียว

การออกแบบแม่พิมพ์ตัวเมีย

ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ตัวเมียรูปร่างกลมและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอย่างละ 1 ชุด โดยรูของแม่พิมพ์ตัวเมียมีขนาดแสดงดังตารางที่ 2 โดยเริ่มต้นที่ 5 เพอร์เซ็นต์ วัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ตัวเมียเป็นเหล็ก SKD11 มีความแข็งเฉลี่ย 60.5 HRC

ตารางที่ 2 ขนาดของแม่พิมพ์ตัวเมียตัดเอาชิ้นงานไปใช้งานที่ใช้ในการทดลองปั๊มตัดขาด

เปอร์เซ็นต์ค่าช่องทาง	ขนาดค่าช่องทาง/ข้าง (มม.)
5	0.15
6	0.18
7	0.21
8	0.24
9	0.27
10	0.30
11	0.33
12	0.36

การออกแบบแม่พิมพ์ตัวผู้

ดำเนินการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัวผู้เหล็กที่ใช้ทำแม่พิมพ์ตัวผู้ เป็นเหล็ก SKD11 มีความแข็งเฉลี่ย 61 HRC

การออกแบบแผ่นยึดแม่พิมพ์ตัวผู้

ดำเนินการออกแบบและสร้างแผ่นยึดแม่พิมพ์ตัวผู้ เหล็กที่ใช้ทำแผ่นยึดแม่พิมพ์ตัวผู้ เป็นเหล็ก SS400

การออกแบบตัวกำหนดตำแหน่งรูตัวแอล

ดำเนินการออกแบบและสร้างตัวกำหนดตำแหน่งรูตัวแอลเหล็กที่ใช้เป็นเหล็ก SS400

การออกแบบหมุดกัก

ดำเนินการออกแบบและสร้างตัวกำหนดตำแหน่งด้วยหมุดกัก เหล็กที่ใช้เป็นเหล็ก SKS3

การออกแบบแผ่นกดชิ้นงาน

ดำเนินการออกแบบและสร้างแผ่นกดชิ้นงานรูปร่างกลมและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอย่างละ 1 ชุด เหล็กที่ใช้เป็นเหล็ก SS400

โครงประกอบของชุดแม่พิมพ์ตายเซ็ท

ชุดแม่พิมพ์ปั๊มโลหะจะประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้ เฟลทยึดชุดแม่พิมพ์ตัวผู้ เฟลทยึดชุดแม่พิมพ์ตัวเมีย และค้ำจับยึดแม่พิมพ์เหล็กที่ใช้เป็นเหล็ก SS400

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวิจัย

- เครื่องทดสอบแข็งของวัสดุ
- เครื่องปั๊มแบบข้อเหวี่ยงขนาด 60 ตัน
- เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์แบบดิจิตอล

0.01 มม.

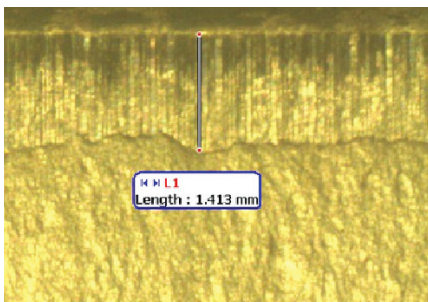
- ชุดอุปกรณ์ยึดแม่พิมพ์
- ไดอัลอินดิเคเตอร์ 0.001 มม.

- แท่นระดับ
 - กล้องจุลทรรศน์สำหรับถ่ายภาพแสดง
- ดังรูปที่ 6

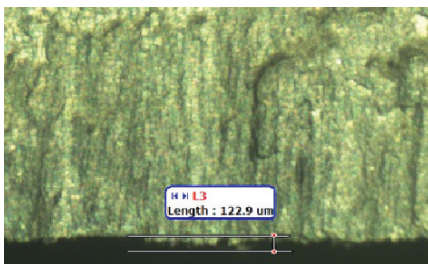


รูปที่ 6 กล้องจุลทรรศน์สำหรับถ่ายภาพชิ้นงาน

- โปรแกรม Motic Image Plus 2.0 สำหรับวัดค่าแถบผิวมันตรงรอยตัดและค่าครีบของชิ้นงานทดลอง แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7 วิธีการวัดค่าแถบมันในเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 8 วิธีการวัดค่าครีบในเครื่องคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ข้อมูลด้านสถิติเปรียบเทียบกับคุณภาพของชิ้นงานด้วยการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) โดยการตีความผ่านดัชนีความสามารถ C_p, C_{pk}

วิธีการวัดค่าแถบมันและค่าครีบ

- สำหรับชิ้นงานรูปวงกลม วัดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เส้นตัดกันเป็นมุมฉาก รวม 4 จุด
- สำหรับชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วัดค่าในแนวกึ่งกลางของด้านความกว้างและความยาว รวม 4 จุด

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเหล็กกรีไคเคิลด้านความแข็ง

พบว่าได้ค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 124.5 HB ซึ่งมีความแข็งเฉลี่ยอยู่ในช่วงของเหล็ก SS400 (116-152HB) ดังนั้น จึงสามารถนำเหล็กกรีไคเคิลมาใช้ทดแทนเหล็ก SS400 ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อผลิตชิ้นส่วนงานปั๊มโลหะแบบต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม

ผลการทดลองหาค่าแถบมันและค่าครีบของชิ้นงานรูปวงกลม

จากทฤษฎีของกระบวนการตัดโลหะด้วยแม่พิมพ์โลหะ ค่าของแถบมันด้านบนจะมีค่า 1/3 ของความหนาแผ่นชิ้นงาน คือ 1 มม. โดยที่ค่าแถบมันด้านล่างต้องไม่มี ดังนั้น สามารถวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

จากผลการทดลองหาค่าช่องว่าง ค่าแถบมันด้านบนและค่าครีบของชิ้นงานรูปวงกลมมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับหลักทฤษฎีของค่าช่องว่าง ค่าแถบมัน ด้านบนและค่าครีบของชิ้นงานรูปวงกลมพบว่า

1. ค่าช่องห่าง 5, 6 และ 7 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน ปรากฏว่ามีแถบมัน 2 ด้าน คือ ค่าเฉลี่ยด้านบนและด้านล่าง แสดงว่าค่าช่องห่างน้อยไป ตามหลักทฤษฎีของค่าช่องห่าง ในกระบวนการปั๊มตัดโลหะด้วยแม่พิมพ์โลหะแผ่น ด้วยแม่พิมพ์โลหะจะมีค่าแถบมันด้านบนด้านเดียว

2. ค่าช่องห่าง 8 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน มีค่าแถบมันด้านบนเฉลี่ย 0.664 มิลลิเมตร ไม่มีค่าครีป

3. ค่าช่องห่าง 9 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน มีค่าแถบมันด้านบนเฉลี่ย 0.580 มิลลิเมตร ไม่มีค่าครีป

4. ค่าช่องห่าง 10, 11 และ 12 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน มีค่าแถบมันด้านบนเฉลี่ย 0.553, 0.542 และ 0.520 มิลลิเมตร มีค่าครีปเฉลี่ย 0.017, 0.034 และ 0.047 มิลลิเมตร แสดงว่าค่าช่องห่างมากไป เพราะว่าค่าแถบมันมีน้อยกว่าค่าแถบมันของค่าช่องห่าง 8 % และเป็นค่าที่ใกล้ 1 มากที่สุด ส่วนค่าครีปที่ 8 % ไม่มีตามหลักทฤษฎี ค่าแถบมันจะเท่ากับ $1/3$ ของความหนาชิ้นงาน ดังนั้นค่าแถบมันของชิ้นงานหนา 3 มิลลิเมตร ต้องเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถิติที่ได้จากการปั๊มตัดชิ้นงานรูปวงกลมที่ค่าช่องห่าง 8 %

จากข้อมูลของการทดลองปั๊มชิ้นงานรูปวงกลมได้ค่าช่องห่างเท่ากับ 8 % ได้ค่าแถบมันของชิ้นงาน แสดงดังตารางที่ 3 เพื่อหาค่าความแตกต่างของข้อมูล โดยใช้ Paired T-Test และหาค่าความสามารถของกระบวนการ C_p และค่า C_{pk} ในโปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าแถบมันของชิ้นงานรูปวงกลมเป็นค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของแต่ละชิ้นงานที่ค่าช่องห่างที่ 8 %

ค่าช่องห่าง 8 % ของความหนาชิ้นงาน						
ชิ้นที่	ขนาดของค่าแถบมันด้านบน (มม.)				ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าพิสัย R
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4		
1	0.713	0.627	0.578	0.722	0.660	0.144
2	0.684	0.645	0.578	0.673	0.645	0.106
3	0.664	0.655	0.722	0.658	0.675	0.067
4	0.688	0.706	0.571	0.696	0.665	0.135
5	0.691	0.613	0.711	0.580	0.649	0.131
6	0.661	0.710	0.685	0.625	0.670	0.085
7	0.733	0.598	0.683	0.675	0.672	0.135
8	0.675	0.652	0.614	0.715	0.664	0.101
9	0.578	0.605	0.749	0.624	0.639	0.171
10	0.745	0.711	0.667	0.607	0.683	0.138
11	0.750	0.631	0.677	0.703	0.690	0.119
12	0.718	0.683	0.623	0.597	0.655	0.121
13	0.713	0.613	0.608	0.603	0.634	0.110
14	0.637	0.621	0.585	0.724	0.642	0.139
15	0.634	0.667	0.743	0.719	0.691	0.109
16	0.673	0.723	0.645	0.707	0.687	0.078

1. การวิเคราะห์สิ่งตัวอย่างที่เหมาะสมของชิ้นงานรูปวงกลม

Power and Sample Size

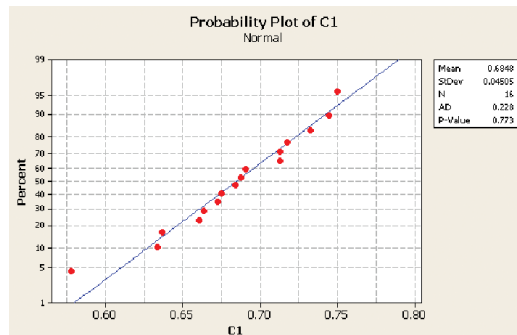
1-Sample t Test

Testing mean = null (versus not = null)
Calculating power for mean = null + difference
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.0533

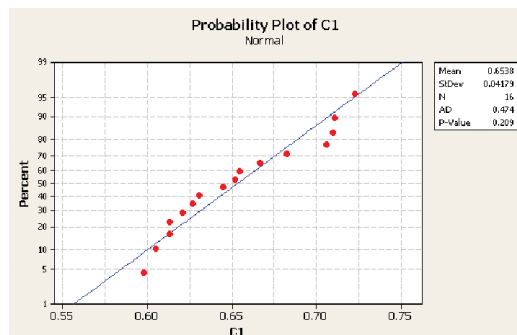
Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.1599	4	0.9	0.967001

จากการวิเคราะห์ห้สิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม ทำให้ทราบว่าใช้ข้อมูลเพียง 4 ชั้น ก็เพียงพอแล้ว แต่ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์มีถึง 16 ตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

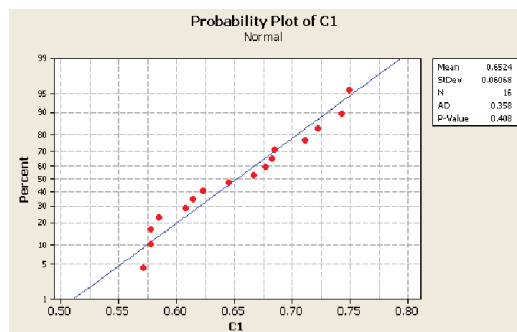
2. การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลทั้ง 4 จุด แสดงดังรูปที่ 9



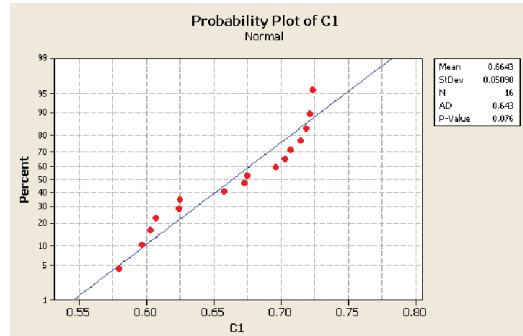
(ก) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 1



(ข) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 2



(ค) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 3



(ง) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 4 รูปที่ 9 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 1, 2, 3 และ 4

ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลทั้ง 4 จุด จะได้ ค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทั้ง 4 จุดหมายความว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นดำเนินการทดสอบข้อมูลแบบ T-test ต่อไป

3. ทดสอบความแตกต่างของข้อมูลโดย Paired T-Test

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จุดที่ 1 และ 2

Paired T for C1 - C2

	N	Mean	StDev	SE Mean
C1	16	0.6848	0.0451	0.0113
C2	16	0.6537	0.0418	0.0104
Difference	16	0.0311	0.0590	0.0148

95% CI for mean difference: (-0.0004, 0.0625)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 2.11 P-Value = 0.053

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จุดที่ 3 และ 4

Paired T-Test and CI: C3, C4

Paired T for C3 - C4

	N	Mean	StDev	SE Mean
C3	16	0.6524	0.0607	0.0152
C4	16	0.6643	0.0509	0.0127
Difference	16	-0.0118	0.0904	0.0226

95% CI for mean difference: (-0.0600, 0.0364)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.52 P-Value = 0.609

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยระหว่างจุดที่ 1 - 2 และ 3 - 4 โดยใช้ Pried T-Test

Paired T-Test and CI: C5, C6

Paired T for C5 - C6

	N	Mean	StDev	SE Mean
C5	16	0.66928	0.03189	0.00797
C6	16	0.65834	0.03306	0.00826
Difference	16	0.0109	0.0533	0.0133

95% CI for mean difference: (-0.0174, 0.0393)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.82 P-Value = 0.424

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทั้ง 4 จุดและค่าเฉลี่ยระหว่างจุดที่ 1 - 2 และ 3 - 4 จะได้ ค่า P-Value มีค่าสูงกว่า 0.05 ทุกการวิเคราะห์หมายความว่าข้อมูลแต่ละจุดมีขนาดของค่าแถบมันดำนบนไม่มีความแตกต่างกัน การวิเคราะห์ทั้งสองตัวอย่างที่เหมาะสมของชิ้นงานรูปวงกลม

Power and Sample Size

1-Sample t Test

Testing mean = null (versus not = null)

Calculating power for mean = null + difference

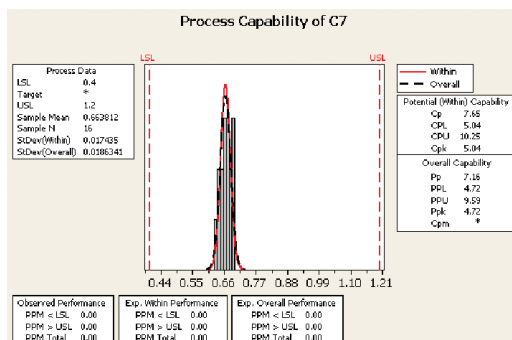
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.0533

Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.1599	4	0.9	0.967001

จากการวิเคราะห์ทั้งสองตัวอย่างที่เหมาะสม ทำให้ทราบว่าใช้ข้อมูลเพียง 4 ชิ้น ก็เพียงพอแล้ว แต่ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีถึง 16 ตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

4. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ C_p , C_{pk}

ในการวิเคราะห์เพื่อตีความหมายเกี่ยวกับความผันแปรเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะจะอาศัยการตีความผ่านดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_p และ C_{pk} โดยข้อกำหนดเฉพาะเท่ากับ 0.4-1.2 มม. แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงความสามารถของกระบวนการปั๊มตัดรูปวงกลม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าแถบมันจากรูปที่ 10 ค่า C_p มีค่าเท่ากับ 7.65 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ทั้งคู่ แสดงว่ากระบวนการมีความสามารถซึ่งหมายถึง มีการออกแบบที่ดี ดัชนี C_p มีค่ายิ่งสูงยิ่งดีเพราะเท่ากับเป็นการลดความผันแปรรอบค่าเป้าหมาย ส่วน C_{pk} มีค่า 5.04 ที่สูงเช่นกัน สามารถอธิบายได้ว่า การตั้งกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดีไม่ต้องการแก้ไขด้วยการปรับตั้งค่าก่อนเสมอ

ผลการทดลองหาค่าแถบมันและค่าครีบของชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยม

จากข้อมูลของการทดลองปั๊มชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ค่าช่องห่างเท่ากับ 9 % ได้ค่าแถบมันของชิ้นงาน แสดงดังตารางที่ 4 เพื่อหาค่าความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้ Paired T-Test และหาค่าความสามารถของกระบวนการ C_p และค่า C_{pk} ในโปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าแถบมันของชิ้นงานรูปลี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของแต่ละชิ้นงานที่มีค่าช่องว่างที่ 9 %

ค่าช่องว่าง 9% ของความหนาชิ้นงาน 3 มม. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า						
ชิ้นงาน ที่	ขนาดของแถบมัน (มม.)				ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าพิสัย R
	ด้านบน					
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4		
1	0.591	0.637	0.495	0.644	0.592	0.149
2	0.639	0.546	0.556	0.548	0.572	0.093
3	0.771	0.606	0.598	0.695	0.668	0.173
4	0.657	0.578	0.647	0.722	0.651	0.144
5	0.586	0.689	0.675	0.593	0.636	0.103
6	0.565	0.586	0.682	0.558	0.598	0.124
7	0.565	0.682	0.675	0.666	0.647	0.117
8	0.721	0.634	0.616	0.552	0.631	0.169
9	0.668	0.613	0.664	0.613	0.640	0.055
10	0.647	0.606	0.645	0.593	0.623	0.054
11	0.654	0.565	0.586	0.608	0.603	0.089
12	0.601	0.634	0.731	0.627	0.648	0.130
13	0.675	0.609	0.668	0.586	0.635	0.089
14	0.593	0.707	0.588	0.578	0.617	0.129
15	0.585	0.587	0.591	0.723	0.622	0.138
16	0.621	0.617	0.723	0.668	0.657	0.106

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถิติ

1. การวิเคราะห์หสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสมของชิ้นงานรูปลี่เหลี่ยม

Power and Sample Size

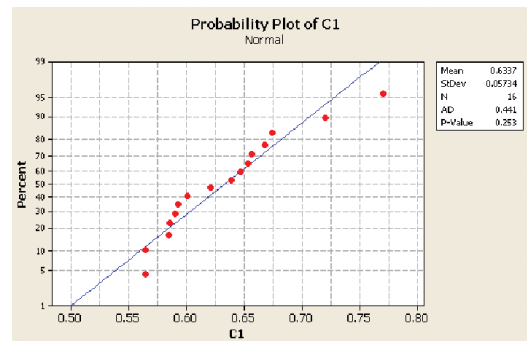
1-Sample t Test

Testing mean = null (versus not = null)
Calculating power for mean = null + difference
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.0695

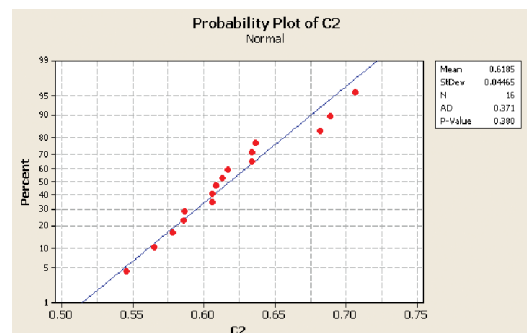
Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.2085	4	0.9	0.967001

จากการวิเคราะห์หสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสมของชิ้นงานรูปลี่เหลี่ยม ทำให้ทราบว่าใช้ข้อมูลเพียง 4 ชิ้น ก็เพียงพอแล้ว แต่ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีถึง 16 ตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

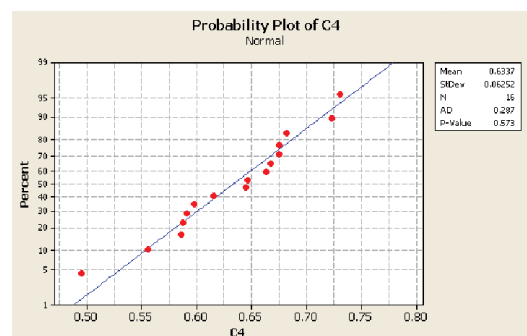
2. การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลทั้ง 4 จุด แสดงดังรูปที่ 11



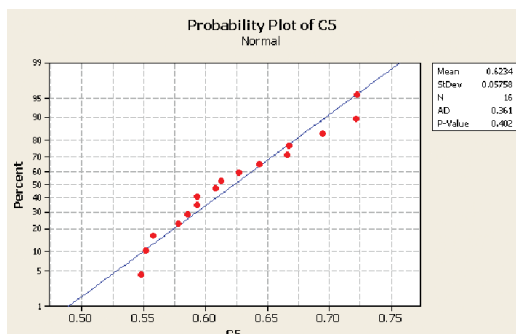
(ก) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 1



(ข) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 2



(ค) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 3



(ง) การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจุดที่ 4 รูปที่ 11 การทดสอบการแจกแจงปกติข้อมูลจุดที่ 1, 2, 3 และ 4

จากการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลทั้ง 4 จุด พบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทั้ง 4 จุดหมายความว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นดำเนินการทดสอบ T-Test ต่อไป

3. ทดสอบความแตกต่างของข้อมูลโดย Paired T-Test

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จุดที่ 1 และ 2

Paired T-Test and CI: C1, C2

Paired T for C1 - C2

	N	Mean	StDev	SE Mean
C1	16	0.6337	0.0573	0.0143
C2	16	0.6185	0.0446	0.0112
Difference	16	0.0152	0.0832	0.0208

95% CI for mean difference: (-0.0292, 0.0595)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.73 P-Value = 0.477

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จุดที่ 3 และ 4

Paired T-Test and CI: C4, C5

Paired T for C4 - C5

	N	Mean	StDev	SE Mean
C4	16	0.6338	0.0625	0.0156
C5	16	0.6234	0.0576	0.0144
Difference	16	0.0104	0.0840	0.0210

95% CI for mean difference: (-0.0344, 0.0551)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.49 P-Value = 0.628

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยระหว่าง

จุดที่ 1 - 2 และ 3 - 4 โดยใช้ Pried T-Test

Paired T-Test and CI: C3, C6

Paired T for C3 - C6

	N	Mean	StDev	SE Mean
C3	16	0.6261	0.0301	0.0075
C6	16	0.6338	0.0625	0.0156
Difference	16	-0.0077	0.0695	0.0174

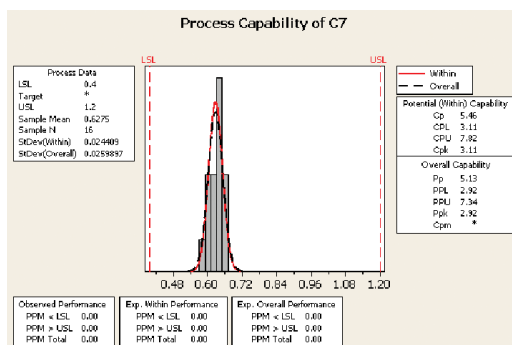
95% CI for mean difference: (-0.0447, 0.0294)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.44 P-Value = 0.666

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทั้ง 4 จุดและค่าเฉลี่ยระหว่างจุดที่ 1 - 2 และ 3 - 4 จะได้ค่า P-Value มีค่าสูงกว่า 0.05 ทุกการวิเคราะห์เหมือนกับการวิเคราะห์ชิ้นงานที่เป็นรูวงกลม หมายความว่าข้อมูลแต่ละจุดที่นำมาวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกัน

4. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ Cp, Cpk

ในการวิเคราะห์เพื่อตีความหมายเกี่ยวกับความผันแปรเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะจะอาศัยการตีความผ่านดัชนีความสามารถของกระบวนการ Cp และ Cpk โดยข้อกำหนดเฉพาะเท่ากับ 0.4 - 1.2 มม. แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ความสามารถขบวนการปั๊มตัดรูปลั้เหลี่ยม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าแถบมันจาก

รูปที่ 12 ค่า Cp มีค่าเท่ากับ 5.46 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ทั้งคู่ แสดงว่ากระบวนการมีความสามารถ

ซึ่งหมายถึงมีการออกแบบที่ดี ดัชนี C_p มีค่ายิ่งสูงยิ่งดีเพราะเท่ากับเป็นการลดความผันแปรรอบค่าเป้าหมาย ส่วน C_{pk} มีค่า 3.11 สูงเช่นกันสามารถอธิบายได้ว่า การตั้งกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดีไม่ต้องการแก้ไขด้วยการปรับตั้งค่าก่อนเสมอ

สรุป

จากการวิจัยเชิงทดลองปั๊มเหล็กแผ่นรีไซเคิลความหนา 3 มิลลิเมตร ปรากฏผลดังนี้

1. ค่าช่องว่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดขาดรูปวงกลมเท่ากับ 8 % ของความหนาชิ้นงาน และค่าช่องว่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดขาดที่มีรูปทรงไม่เป็นวงกลม (รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า) เท่ากับ 9 % ของความหนาชิ้นงาน โดยผลของการทดลองได้ค่าช่องว่างแตกต่างจากมาตรฐานค่าช่องว่างของวัสดุเหล็ก (Low carbon soft) งานรูปวงกลมเท่ากับ 2 % ส่วนงานรูปสี่เหลี่ยมเท่ากับ 3 % ตามลำดับ (ชาญชัย, 2552) กรณีใช้ค่าช่องว่างของรูปวงกลมเท่ากับ 2 % และรูปสี่เหลี่ยมเท่ากับ 3 % จะทำให้แม่พิมพ์ตัวเมียแตกกร้าว หรือชิ้นงานมีครีบมากเกินไปจนข้อกำหนด

2. ความสามารถของกระบวนการของชิ้นงานรูปวงกลม ค่า C_p เท่ากับ 7.65 ค่า C_{pk} เท่ากับ 5.04

3. ความสามารถของกระบวนการของชิ้นงานรูปทรงไม่เป็นวงกลม (รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า) ค่า C_p เท่ากับ 5.46 ค่า C_{pk} เท่ากับ 3.11

ข้อเสนอแนะ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ผลสำเร็จของงานวิจัยสามารถนำไปใช้กับธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดย่อม เช่น งานชิ้นส่วนลวดลายตกแต่งประตูรั้วบ้าน ลวดลายกรอบเหล็กคัตประตูหน้าต่างบ้านเรือน การผลิตชิ้นส่วน

อุปกรณ์ของอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร อุตสาหกรรมประกอบกระเบาะเหล็กของรถบรรทุก 10 ล้อ 18 ล้อ เป็นต้น โดยถ้าปั๊มชิ้นงานที่เป็นรูปวงกลมใช้ค่าช่องว่างเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ กรณีปั๊มชิ้นงานที่ไม่ใช่วงกลมให้ใช้ค่าช่องว่างเท่ากับ 9 เปอร์เซ็นต์

2. การได้ค่าช่องว่างที่ถูกต้องและเหมาะสมของแม่พิมพ์ตัดขาดสามารถลดเวลาในการผลิตลดเวลาในการตกแต่งครีบเพื่อให้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง

3. ผลสำเร็จของงานวิจัยสามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของสินแร่เหล็ก โดยหันมาใช้เหล็กกรีไชเคิลแทนซึ่งมีราคาถูกกว่า แต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็ก SS400

4. ความคุ้มค่าของการวิจัย สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ปั๊มตัดโลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. กรุงเทพฯ : ส. เอเชีย เพรส. พิมพ์ครั้งที่ 5.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2543). ระบบควบคุมคุณภาพที่ทำน้างาน : คิวซีเซอร์เคิล. กรุงเทพฯ : ส. เอเชียเพรส. พิมพ์ครั้งที่ 3. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2542). สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2. กรุงเทพฯ : ส.เอเชียเพรส. พิมพ์ครั้งที่ 2.
- ชาญชัย ทรัพยากร. (2552). การออกแบบแม่พิมพ์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). พิมพ์ครั้งที่ 23.
- ณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ. (2545). ศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างที่มีอัตราการผลิตของแม่พิมพ์ตัวผู้. วิทยานิพนธ์วิศวกรรม-

ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยี
การขึ้นรูปโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี.

บริษัท กรุงเทพเหล็กกล้า จำกัด. (2552). มาตรฐาน
เหล็กกล้า. เข้าถึงได้ที่ http://www.bssteel.ci.th/product_th.html.
เข้าถึงเมื่อ 10 ก.พ. 2552

วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์. (2554). ดัชนีความสามารถ
ของกระบวนการ. เข้าถึงได้ที่ <http://www.tpa.or.th/pulisher/images/abstract/absfq472.pdf>. เข้าถึงเมื่อ
16 ต.ค. 2554

Ranald A. Walsh, and Denis Cormier.
McGraw-hill Machining and Metal-
working Handbook. New York :
McGraw-hill. 2005.