ระยะห่างแหวนจิกที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงานในกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง
The V-ring Distance on Workpieces Quality in Fine Blanking Process

นัฐราช แสนมีมา,[1] บพิธ บุปผโชติ[2*]
Nattarat Sanmeema,[1] Bopit Bubphachot[2*]
Received: 7 November 2016 ; Accepted: 10 April 2016

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของระยะห่างของแหวนจิกต่อแรงตัดในกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้งด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยกำหนดชิ้นงานในแบบจำลองเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปลานกลาง (S45C) มีความหนา 4 mm. ภายใต้รูปร่างแหวนจิกที่ระยะห่าง 2.0, 2.8 และ 3.5 mm แม่พิมพ์ดายมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 mm. จากผลการศึกษาพบว่า ระยะห่างแหวนจิกที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าแรงตัด และ การไหลตัวของเนื้อวัสดุในชิ้นงานลดลง อย่างไรก็ตามระยะห่างของแหวนจิกที่เหมาะในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 2.8 mm.

คำสำคัญ: ระยะห่างแหวนจิก ความเค้นประสิทธิผล กระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง

Abstract
This research studies the effect of v-ring distance on blanking force in fine blank process by using finite element method. In simulation model, the workpiece materials were medium carbon steel (S45C) with thickness of 4 mm. The v-ring shape was used with distance of 2.0, 2.8 and 3.5 mm. and die diameter of 20 mm. From the simulation results, the v-ring shapes at increased distances have effects on decrease of blanking force value and the material flow. However, the optimum of v-ring distance in this study was 2.8 mm.

Keywords: The v-ring distance, Effective stress, Fine blanking process.

บทนำ
เทคโนโลยีการตัดโลหะด้วยกระบวนการตัดละเอียด (Fine blanking process) เป็นกระบวนการตัดชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่รวดเร็วและต้นทุนที่ต่ำเนื่องมาจากการได้มาซึ่งผิวชิ้นงานตัดที่เรียบตรง และมีความเที่ยงตรงสูงโดยปราศจากรอยแตก ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นในการทำการตกแต่งผิวงานตัดในกระบวนการถัดไป เช่นกระบวนการตกแต่งรอยตัด จากข้อได้เปรียบเหล่านี้จึงทำให้เทคโนโลยีการตัดละเอียดได้รับความสนใจและถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายมากในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์เป็นต้นจากข้อดีของกระบวนการตัดละเอียดที่ดีกว่ากระบวนการตัดทั่วไปนั้น เป็นผลเนื่องมาจากสภาวะเงื่อนไขในการตัดที่แตกต่างกันกล่าวคือในกระบวนการตัดละเอียดนั้นจะใช้แรงในการกดยึดชิ้นงานและแรงต้านการเคลื่อนที่ของพันช์ที่มีค่ามากกว่าการตัดทั่วไป มากรวมทั้งใช้แหวนจิก รูปตัว วี (V-ring) ที่มีขนาดรูปร่างแตก

[1] *วิศวกร, สำนักงานคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*
[2] *รองศาสตราจารย์, หน่วยวิจัยการออกแบบท่อความร้อนและเครื่องมือทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*
[1] *Engineer, Faculty Administrative office, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.*
[2] *Associate Professor, Heat Pipe and Thermal Tools Design Research Unit (HTDR), Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.*
* *Corresponding : Bopit bubphachot Heat Pipe and Thermal Tools Design Research Unit (HTDR), Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand. E-mail : bopit.b@msu.ac.th*

ต่างกันซึ่งการเลือกใช้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้นั้นก็จะส่งผลต่อการไหลของเนื้อวัสดุในชิ้นงาน และส่งผลกระทบต่อแรงที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานให้ขาดจากกัน[1,2] ดังแสดงค่าแนะนำรูปร่างแหวนจิกใน Figure 1. และ Table 1.

ในปี 2545 ศุภกฤษณ์[3] ได้ทำการศึกษาระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัดที่เหมาะสมที่มีต่อคุณภาพชิ้นงานอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (A1100-O) หนา 4 mm โดยกำหนดระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัด 4 ระยะคือ 2.5 2.8 3.0 และ 3.5 mm พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีแหวนจิก จากการทดลองทำการเก็บผล ของคุณภาพขอบตัด ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัดและระยะทางในการตัด ผลการวิจัยพบว่าระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัด 2.8 mm จะทำให้ ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด และ เมื่อใช้แหวนจิกที่อยู่ใกล้ขอบตัดมากและเมื่อใช้แหวนจิกจะใช้แรงในการตัดมากกว่าในกรณีไม่ใช้แหวนจิก นอกจากนั้นพบว่าผลที่ได้จาก โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (Deform2D) ก็มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการทดลอง และในปี 2554 ณัฐศักดิ์, คมกริช และ ภาสพิรุพห์[4] ได้ประยุกต์ใช้แหวนจิกเพื่อเพิ่มคุณภาพชิ้นงานในแม่พิมพ์ตัดวัสดุที่ทำการศึกษาคือเหล็กกล้าไร่สนิม (AISI 430) หนา 2 mm ที่ระยะห่างจากขอบตัดชิ้นงาน 2.5 mm และมีความ สูงของแหวนจิกต่างกันคือ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 mm โดยพบว่าความสูงของแหวนจิกเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ ระยะความสูงของครีบ รอยฉีกขาด ส่วนโค้งมน มีค่าลดลง และ ระยะความสูงของส่วนเรียบตรงเพิ่มขึ้น แผ่นกดจับชิ้นงานที่มีแหวนจิกช่วยเพิ่มคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 430

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งหารทดลองและแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของอิทธพลระยะห่างของแหวนจิกที่มีผลต่อคุณภาพชิ้น จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนชนิดของวัสดุชิ้นงานในการตัดด้วยกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง จำเป็นต้องมีการออกแบบระยะห่างของแหวนจิกให้เหมาะสมกับวัสดุชนิดนั้น เนื่องจากแหวนจิกจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพชิ้นงาน[6] และจากการศึกษางานวิจัยในอดีตในการศึกษาระยะห่างแหวนจิกในกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง โดยเน้นไปที่การทำการทดลองที่ต้องใช้งบประมาณค่าใช้จ่ายในการศึกษาสูง และใช้เวลานาน[1-4, 6] การที่จะทำงานศึกษาที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา ซึ่งแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้[7-9] ดังนั้นการศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะนำแบบจำลองมาใช้ในการศึกษาระยะห่างของแหวนจิกที่มีผลต่อรอบตัดเฉือนเกิดขึ้นในชิ้นงาน ในกระบวนการตัดละเอียดด้วยแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระยะห่างแหวนจิก (V-ring) ที่มีผลต่อค่าความเค้นประสิทธิผลในกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง
2. เพื่อศึกษาระยะห่างแหวนจิก (V-ring) ที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงานในกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลระยะห่างของแหวนจิกที่มีผลต่อค่าความเค้นประสิทธิผล และคุณภาพของชิ้นงานในกระบวนการไฟน์แบลงค์กิ้ง งานวิจัยนี้จะใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ (Deform2D) เพื่อง่ายและประหยัดเวลาในการคำนวณ แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบ 2 มิติอย่างง่าย ดังแสดงใน Figure 2 โดยจะศึกษา ระยะห่างของแหวนจิกที่ทำการศึกษา 3 ระดับ คือ 2.0, 2.8 และ 3.5 mm ชิ้นงานที่จะทำการตัดเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางรีดเย็น (JIS S45C) ขนาดความหนา 4 mm โดยสมการคอนสติตูทีฟว์ของวัสดุได้มาจากการทดสอบแรงดึง ดังแสดงใน Table 2 สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของดายที่ทำการศึกษามีขนาด 20 mm โดยมีช่องห่างระหว่างแม่พิมพ์เท่ากับ 0.5 %t กำหนดให้วัสดุชิ้นงานเป็นแบบอีลาสติก พลาสติก (Elasto-plastic) ชุดแม่พิมพ์ประกอบด้วย พันช์ (Punch), ดาย (Die), แหวนจิก (V-ring) และเคาเตอร์พันช์ (Counter punch) กำหนดให้เป็นแบบของแข็ง (Rigid) สำหรับจำนวนการแบ่งเอลิเมนต์ที่ใช้สำหรับชิ้นงานใช้ 3,000 เอลิเมนต์ เป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพื่อให้เกิดการแตกหักของวัสดุในแบบจำลอง จึงต้องกำหนดค่าการแตกหักวิกฤต (Critical value, C) ดังสรุปค่าต่างใน Table 2

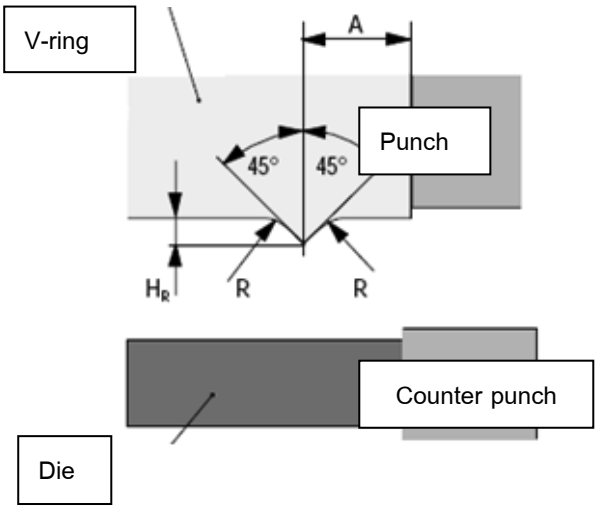


Figure 1 V-ring shapes[5, 9]

Table 1 The V-ring design (dimension in mm and angle in degree)[5, 9]

Thickness	A	H_R	R
1.0 – 1.7	1.0	0.3	0.2
1.8 – 2.2	1.4	0.4	0.2
2.3 – 2.7	1.7	0.5	0.2
2.8 – 3.2	2.1	0.6	0.2
3.3 – 3.7	2.5	0.7	0.2
3.8 – 4.5	2.8	0.8	0.2

Table 2 Simulation conditions

Simulation model	Equation/Constant
Material type	Wopkpiece: Elasto-plastic Mold: Rigid
Material	JIS:S45C (หนา 4 mm)
Flow stress	$\bar{\sigma} = 185.03\bar{\varepsilon}^{0.5338} + 640$
Diameter	∅ 20 mm
Clearance	0.5%t
Speed	0.1%/sec
Fracture	Rice&Tracy (α:1)
Critical value(C)	0.25
Friction (μ)	0.1

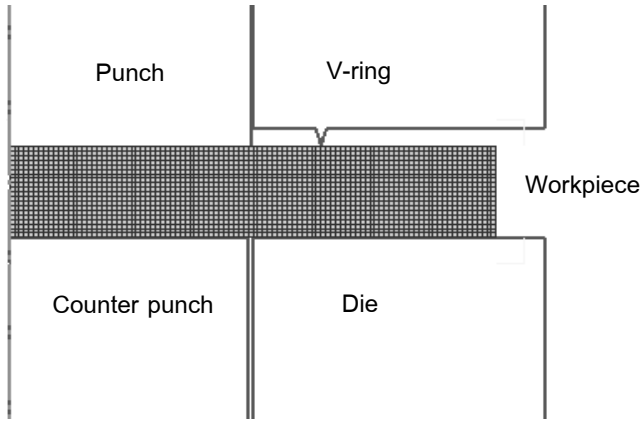


Figure 2 Simulation model in fine blanking process by the Deform 2D

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ค่าความเค้นประสิทธิผลที่ได้จากแบบจำลอง

จากการใช้แบบจำลองไฟน์ไนเอลิเมนต์ Deform2D ในการศึกษาพบว่าความเค้นประสิทธิผลของวัสดุจะมีไม่เท่ากันตามการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของแหวนจิก ซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวของค่าความเค้นประสิทธิผลในเนื้อวัสดุ เมื่อระยะห่างของแหวนจิกมีค่าน้อยจะมีผลทำให้เกิดแหวนจิกไปเพิ่มความเค้นให้กับแนวตัดเฉือนของกระบวนการทำการตัดสูงขึ้น และจะลดลงตามระยะห่างของแหวนจิกที่เพิ่มขึ้น ทุกวัสดุที่ทำการศึกษาทดลอง โดยได้ทำการบันทึกค่าความเค้นประสิทธิผลจะลดลงตามระยะพันช์กดลึก 3 ระดับ คือ 25 50 และ 75%t ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3

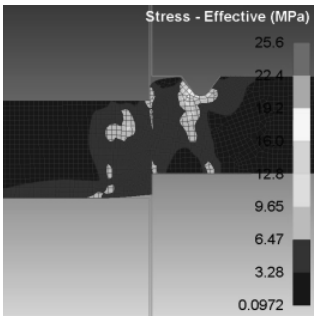
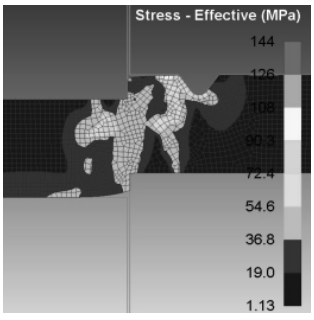
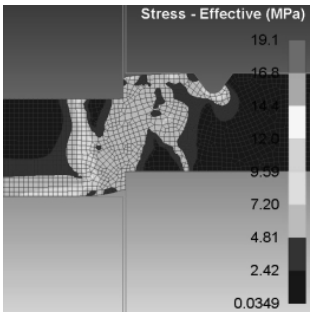
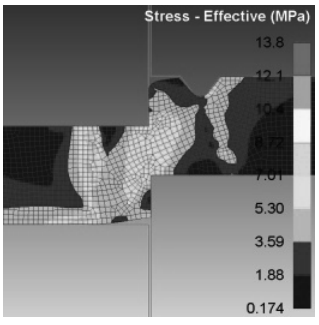
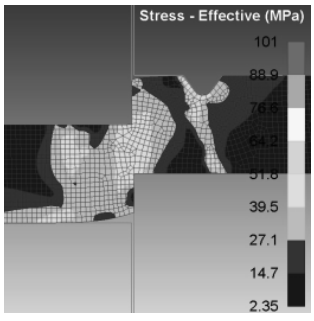
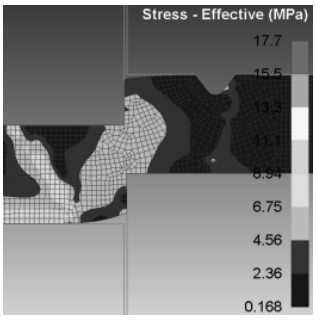
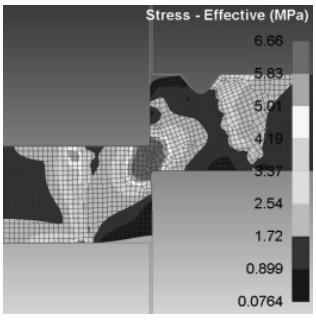
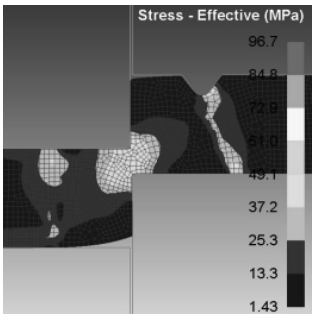
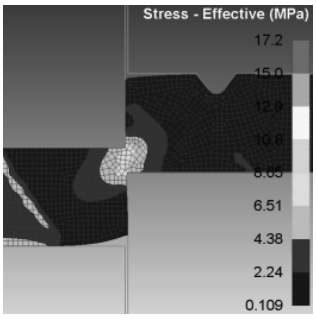
Deep distance (%t)	V-ring distance (mm)		
	2.0	**2.8**	**3.5**
25			
50			
75			

Figure 3 The effective stresses at difference of deep and v-ring distance

ค่าการไหลตัวของวัสดุที่ได้จากแบบจำลอง

ความเร็วการไหลตัวของเนื้อวัสดุทุกเงื่อนไขในการทดลองจะมีการไหลตัวที่เท่ากันที่ระยะพันช์กดลึก 25 %t แต่เมื่อพันช์เคลื่อนที่กดลึกมากกว่า 50 %t ที่ระยะห่างแหวนจิก 2.8 mm จะมีทิศทางของการไหลตัวของเนื้อวัสดุเข้าสู่แนวตัดเฉือนสูงกว่าระยะห่างแหวนจิก 2.0 และ 3.5 mm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นระยะห่างของแหวนจิก 2.8 mm เป็นระยะห่างที่เหมาะสมที่สุดที่จะได้ชิ้นงานมีคุณภาพรอยตัดเฉือนดีที่สุดในการศึกษานี้ ดังแสดงใน Figure 4

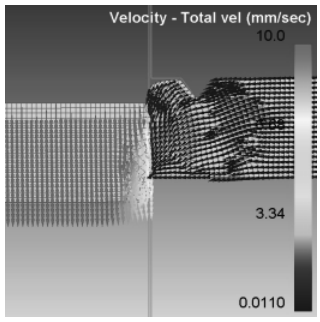
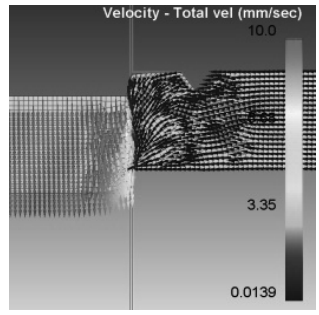
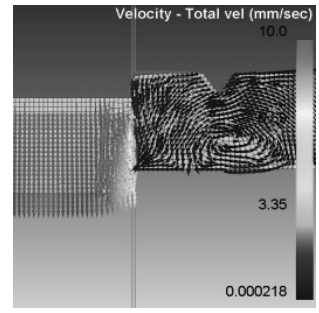
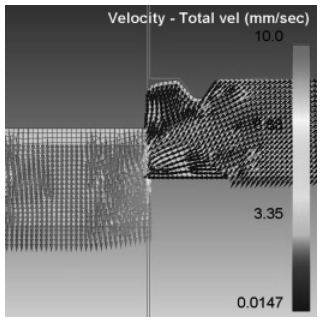
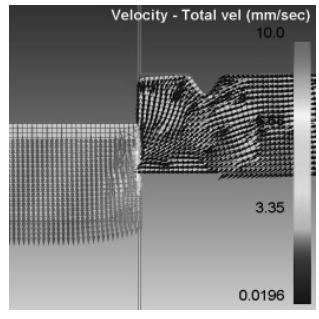
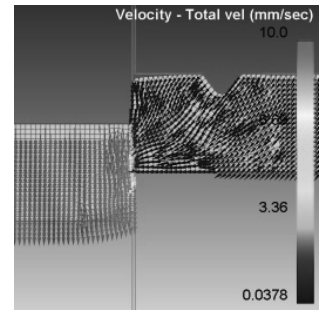
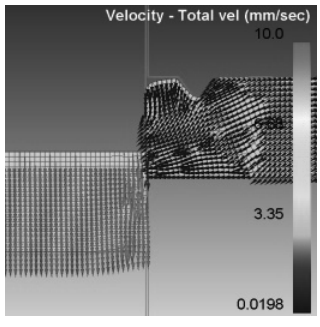
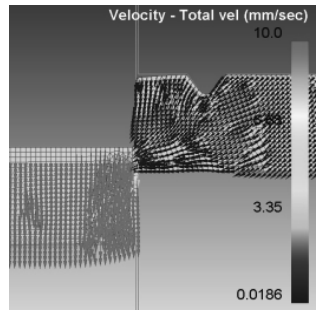
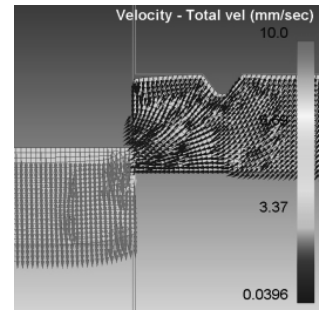
Deep distance (%t)	V-ring distance (mm)		
	2.0	2.8	3.5
25			
50			
75			

Figure 4 The material flow at difference of deep and v-ring distance

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของค่าแรงตัดชิ้นงานและทิศทางการไหลตัวของวัสดุ ที่ระยะห่างและรัศมีของแหวนจิก (V-ring) แตกต่างกันโดยใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ดังแสดงการศึกษาสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของแหวนจิก (V-ring) ที่ระยะห่างแตกต่างกัน มีผลต่อความเค้นประสิทธิผลในชิ้นงานและแนวการตัดเฉือนชิ้นงาน

2. ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของแหวนจิก (V-ring) ที่ระยะห่างแตกต่างกัน มีผลต่อทิศทางการไหลตัวของวัสดุในกระบวนการและส่งผลให้ความเค้นอัดภายในเนื้อวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับงานวิจัย สุทัศน์ และ คณะฯ (2550, หน้า 298)[8] ซึ่งมีผลทำให้เกิดรอยแตกที่แนวตัดเฉือนได้

3. ระยะห่างแหวนจิก(V-ring) ที่เหมาะสมจากการศึกษานี้คือ 2.8 mm

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้โปรแกรมในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. K. Maitri and D. Surangsee, “Sheet Metal Forming Process Optimization Using FEM Analysis,” The 21th Conference of the Mechanical Engineering, Chonburi, pp. 970-975, 17-19 Oct 2007 (in Thai).
2. P. Natthasak, L. Komgrit, and S. Bhadpiroon, “Application of Vee-Ring for Quality Increase the workpiece in Blanking Die,” IE Network Conference 2011, Chonburi, pp. 1062-1066, 20-21 Oct 2011 (in Thai)

3. ศุภกฤษณ์ ศรีสำเริง. การศึกษาระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัดที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ ของชิ้นงานในงานไฟน์แบลงค์. กรุงเทพมหานคร: ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย; 2545.
4. ณัฐศักดิ พรพุฒิศิริ, คมกริช ละวรรณวงษ์, ภาสพิรุพห์ ศรีสำเริง. การประยุกต์ใช้แหวนจิกเพื่อเพิ่มคุณภาพชิ้นงานในงานแม่พิมพ์ตัด. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554 ; 20 – 21 ตุลาคม 2554. ชลบุรี
5. บพิธ บุปผโชติ. กระบวนการตัดเฉือน. ตำรากระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2556. 115 – 132.
6. พิสิษฐ์ ศรีน้อย, ศิริชัย ต่อสกุล. การศึกษาอิทธิพลแหวนจิกในกระบวนการตัดไฟน์แบลงค์กิ้งโดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2557;24(1): 75-86.
7. สุทัศน์ ทิพย์ปรักมาศ, มาซาฮิโกะ จิน, มาซาโอะ มูราคาวา. การวิเคราะห์การไหลของเนื้อวัสดุของรอยฉีกขาดในงานตัดไฟน์แบลงค์. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 2550;30(2): 293-300.
8. สุรวุฒิ ยะนิล, ชาญ ถนัดงาน, ศิริศักดิ์ หาญชูวงศ์. การวิเคราะห์หาแรงในการไฟน์แบลงค์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2546;13(3): 75-86
9. Schuler, “Metal Forming Handbook”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998.