

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

นัฐราช แสนมีมา,<sup>1</sup> บพิท บุปผโชติ<sup>2\*</sup>

Nattarat Sanmeema,<sup>1</sup> Bopit Bubphachot<sup>2\*</sup>

Received: 7 November 2016 ; Accepted: 10 April 2016

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของระยะห่างของแหวนจิกต่อแรงตัดในกระบวนการไฟน์แบลนคิงด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยกำหนดชิ้นงานในแบบจำลองเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (S45C) มีความหนา 4 mm. ภายใต้รูปร่างแหวนจิกที่ระยะห่าง 2.0, 2.8 และ 3.5 mm แม่พิมพ์ดายมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 mm. จากผลการศึกษพบว่า ระยะห่างแหวนจิกที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าแรงตัด และการไหลตัวของเนื้อวัสดุในชิ้นงานลดลง อย่างไรก็ตามระยะห่างของแหวนจิกที่เหมาะสมในการศึกษาค้างนี้มีค่าเท่ากับ 2.8 mm.

**คำสำคัญ:** ระยะห่างแหวนจิก ความเค้นประสิทธิผล กระบวนการไฟน์แบลนคิง

### 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 เช่นกระบวนการตกแต่งรอยตัดจากข้อได้เปรียบเหล่านี้จึงทำให้เทคโนโลยีการตัดละเอียดได้

ได้รับความสนใจและถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายมากในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น จากข้อดีของกระบวนการตัดละเอียดที่ดีกว่ากระบวนการตัดทั่วไปนั้น เป็นผลเนื่องมาจากสภาวะเงื่อนไขในการตัดที่แตกต่างกันกล่าวคือ ในกระบวนการตัดละเอียดนั้นจะใช้แรงในการกดยึดชิ้นงาน และแรงต้านการเคลื่อนที่ของพันธที่มีค่ามากกว่าการตัดทั่วไปมากกว่ารวมทั้งใช้แหวนจิก รูปตัว วี (V-ring) ที่มีขนาดรูปร่างแตก

<sup>1</sup> วิศวกร, สำนักงานคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์, หน่วยวิจัยการออกแบบท่อความร้อนและเครื่องมือทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Engineer, Faculty Administrative office, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

<sup>2</sup> 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

ต่างกันซึ่งการเลือกใช้ค่าต่างๆ เหล่านี้ก็จะส่งผลต่อการไหลของเนื้อวัสดุในชิ้นงาน และส่งผลกระทบต่อแรงที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานให้ขาดจากกัน<sup>1,2</sup> ดังแสดงค่าแนะนำรูปร่างแหวนจิกใน Figure 1. และ Table 1.

ในปี 2545 ศุภกฤษณ์<sup>3</sup> ได้ทำการศึกษาระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัดที่เหมาะสมที่มีต่อคุณภาพชิ้นงานอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (A1100-O) หนา 4 mm โดยกำหนดระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัด 4 ระยะคือ 2.5 2.8 3.0 และ 3.5 mm พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีแหวนจิก จากการทดลองทำการเก็บผลของคุณภาพขอบตัด ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัดและระยะทางในการตัด ผลการวิจัยพบว่าระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัด 2.8 mm จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด และเมื่อใช้แหวนจิกที่อยู่ใกล้ขอบตัดมากและเมื่อใช้แหวนจิกจะใช้แรงในการตัดมากกว่าในกรณีไม่มีใช้แหวนจิก นอกจากนี้พบว่าผลที่ได้จาก โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (Deform2D) ก็มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการทดลอง และในปี 2554 ณัฐศักดิ์, คมกริช และ ภาสพิรุฬห์<sup>4</sup> ได้ประยุกต์ใช้แหวนจิกเพื่อเพิ่มคุณภาพชิ้นงานในแม่พิมพ์ตัดวัสดุที่ทำการศึกษาคือ เหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 430) หนา 2 mm ที่ระยะห่างจากขอบตัดชิ้นงาน 2.5 mm และมีความสูงของแหวนจิกต่างกันคือ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 mm โดยพบว่าความสูงของแหวนจิกเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ ระยะความสูงของครีบ รอยฉีกขาด ส่วนโค้งมน มีค่าลดลง และ ระยะความสูงของส่วนเรียบตรงเพิ่มขึ้น แผ่นกดจับชิ้นงานที่มีแหวนจิกช่วยเพิ่มคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 430

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งการทดลองและแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของอิทธิพลระยะห่างของแหวนจิกที่มีผลต่อคุณภาพชิ้น จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนชนิดของวัสดุชิ้นงานในการตัดด้วยกระบวนการไฟน์แบลนดิ่ง จำเป็นต้องมีการออกแบบระยะห่างของแหวนจิกให้เหมาะสมกับวัสดุชนิดนั้น เนื่องจากแหวนจิกจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพชิ้นงาน<sup>6</sup> และจากการศึกษางานวิจัยในอดีตในการศึกษาระยะห่างแหวนจิกในกระบวนการไฟน์แบลนดิ่ง โดยเน้นไปที่การทำการทดลองที่ต้องใช้งบประมาณค่าใช้จ่ายในการศึกษาสูง และใช้เวลานาน<sup>1-4, 6</sup> การที่จะทำงานศึกษาที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา ซึ่งแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้<sup>7-9</sup> ดังนั้นการศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะนำแบบจำลองมาใช้ในการศึกษาระยะห่างของแหวนจิกที่มีผลต่อรอบตัดเฉือนเกิดขึ้นในชิ้นงาน ในกระบวนการตัดละเอียดด้วยแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาระยะห่างแหวนจิก (V-ring) ที่มีผลต่อค่าความเค้นประสิทธิผลในกระบวนการไฟน์แบลนดิ่ง
2. เพื่อศึกษาระยะห่างแหวนจิก (V-ring) ที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงานในกระบวนการไฟน์แบลนดิ่ง

**วิธีดำเนินการวิจัย**

การศึกษาดิถีพลระยะห่างของแหวนจิกที่มีผลต่อค่าความเค้นประสิทธิผล และคุณภาพของชิ้นงานในกระบวนการไฟน์แบลนดิ่ง 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 โดยสมการคอนสตีดูทีฟี่ของวัสดุได้มาจากการทดสอบแรงดึง 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

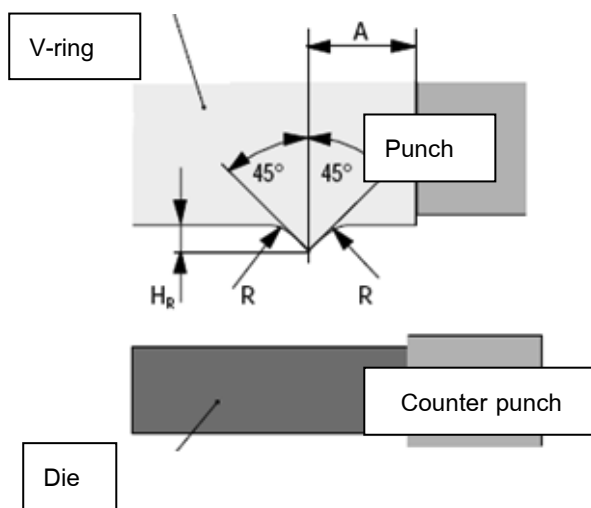


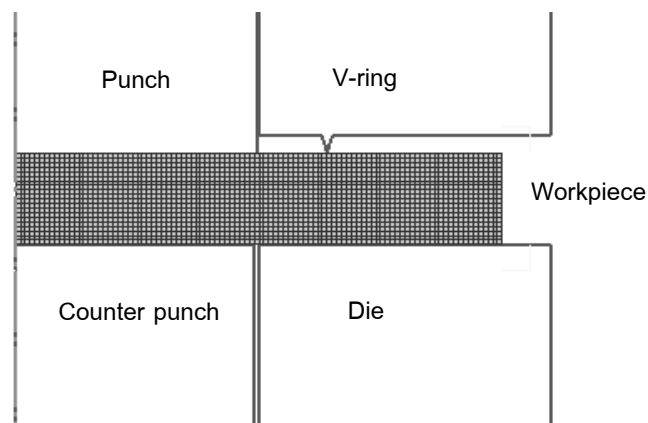
Figure 1 V-ring shapes<sup>5, 9</sup>

**Table 1** The V-ring design (dimension in mm and angle in degree)<sup>5, 9</sup>

Thickness	A	H <sub>R</sub>	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	$\bar{\sigma} = 185.03\bar{\epsilon}^{0.5338} + 640$
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**

จากการใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ Deform2D ในการศึกษาพบว่าความเค้นประสิทธิผลของวัสดุจะมีไม่เท่ากันตามการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของแหวนจิก ซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวของค่าความเค้นประสิทธิผลในเนื้อวัสดุ เมื่อ

ระยะห่างของแหวนจิกมีค่าน้อยจะมีผลทำให้เกิดแหวนจิกไปเพิ่มความเค้นให้กับแนวตัดเฉือนของกระบวนการทำการตัดสูงขึ้น และจะลดลงตามระยะห่างของแหวนจิกที่เพิ่มขึ้นทุกวัสดุที่ทำการศึกษาดังกล่าว โดยได้ทำการบันทึกค่าความเค้นประสิทธิผลจะลดลงตามระยะห่างจิก 3 ระดับ คือ 25 50 และ 75%t ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3

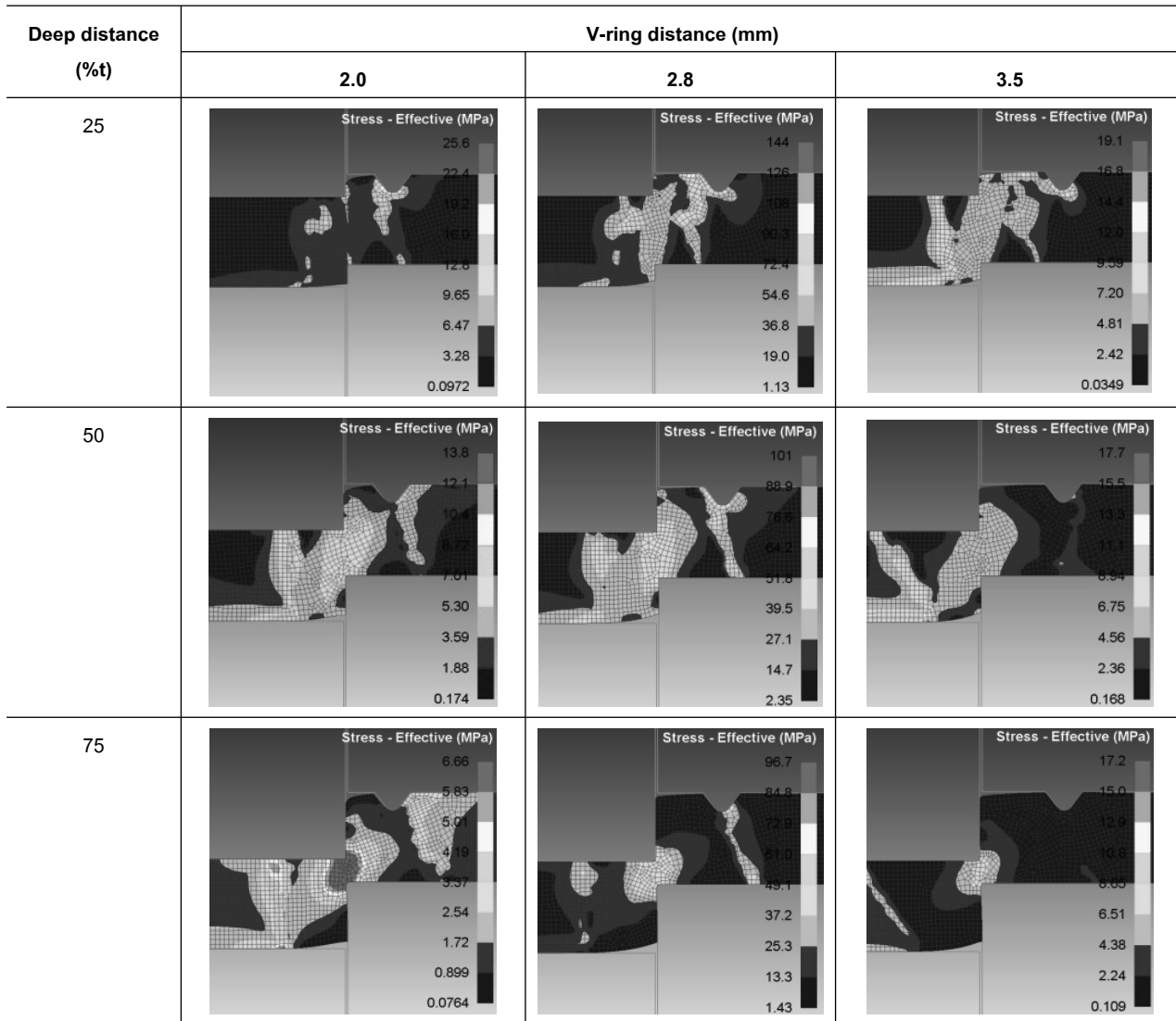


Figure 3 The effective stresses at difference of deep and v-ring distance

**ค่าการไหลตัวของวัสดุที่ได้จากแบบจำลอง**

ความเร็วการไหลตัวของเนื้อวัสดุทุกเงื่อนไขในการทดลองจะมีการไหลตัวที่เท่ากันที่ระยะพันธักดลิก 25 %t แต่เมื่อพันธักเคลื่อนที่กดลิกมากกว่า 50 %t ที่ระยะห่างแหวนจิก 2.8 mm จะมีทิศทางของการไหลตัวของเนื้อวัสดุเข้าสู่แนวตัด

เงื่อนไขสูงกว่าระยะห่างแหวนจิก 2.0 และ 3.5 mm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นระยะห่างของแหวนจิก 2.8 mm เป็นระยะห่างที่เหมาะสมที่สุดที่จะได้ชิ้นงานมีคุณภาพรอยตัดเฉือนดีที่สุดใน การศึกษานี้ ดังแสดงใน Figure 4

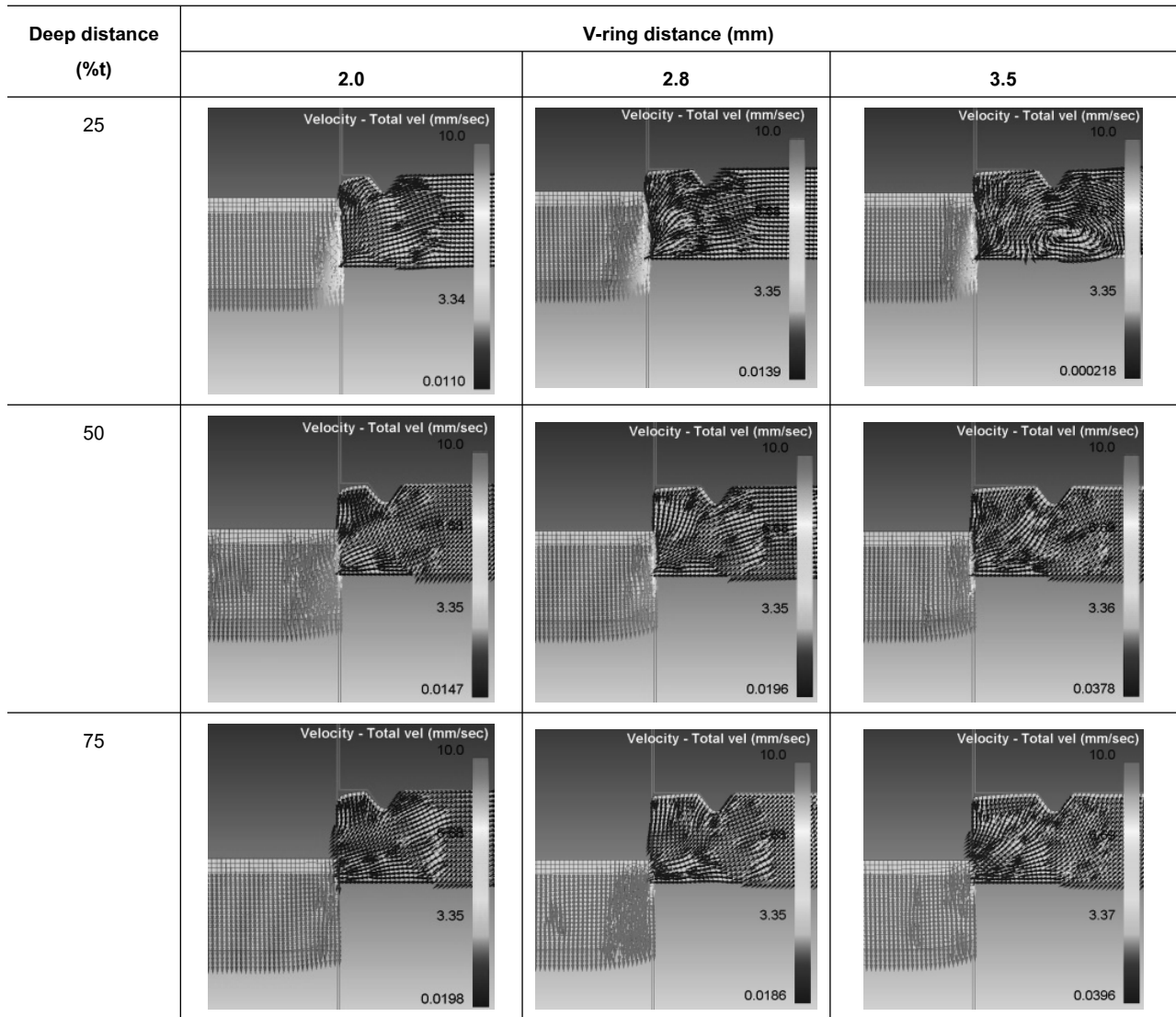


Figure 4 The material flow at difference of deep and v-ring distance

**สรุปผลการวิจัย**

จากการศึกษาผลของค่าแรงตัดชิ้นงานและทิศทางการไหลตัวของวัสดุ ที่ระยะห่างและรัศมีของแหวนจิก (V-ring) แตกต่างกันโดยใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ดังแสดงการศึกษานี้สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของแหวนจิก (V-ring) ที่ระยะห่างแตกต่างกัน มีผลต่อความเค้นประสิทธิผลในชิ้นงานและแนวการตัดเฉือนชิ้นงาน
2. ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของแหวนจิก (V-ring) ที่ระยะห่างแตกต่างกัน มีผลต่อทิศทางการไหลตัวของวัสดุในกระบวนการและส่งผลให้ความเค้นอัดภายในเนื้อวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับงานวิจัย สุทัศน์ และ คณะ (2550, หน้า 298)<sup>๑</sup> ซึ่งมีผลทำให้เกิดรอยแตกที่แนวตัดเฉือนได้
3. ระยะห่างแหวนจิก(V-ring) ที่เหมาะสมจากการศึกษานี้คือ 2.8 mm

**กิตติกรรมประกาศ**

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้โปรแกรมในการศึกษานี้

**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 ศรีสำเร็จ. การศึกษาระยะห่างของแหวนจิกจากขอบตัดที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ ของชิ้นงานในงานไฟน์แบลนค์. กรุงเทพมหานคร: ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย; 2545.
4. ณิชศักดิ์ พรพุดศิริ, คมกริช ละวรรณวงษ์, ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเร็จ. การประยุกต์ใช้แหวนจิกเพื่อเพิ่มคุณภาพชิ้นงานในงานแม่พิมพ์ตัด. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 ; 20 – 21 ตุลาคม 2554. ชลบุรี
5. บพิช บุปผาโชติ. กระบวนการตัดเฉือน. ตำรากระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2556. 115 – 132.
6. พิสิทธิ์ ศรีน้อย, ศิริชัย ต่อสกุล. การศึกษาอิทธิพลแหวนจิกในกระบวนการตัดไฟน์แบลนค์กึ่งโดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2557;24(1): 75-86.
7. สุกฤษณ์ ทิพย์ปรีภมาศ, มาซาฮิโกะ จิน, มาซาโอะ มูราคาวา. การวิเคราะห์การไหลของเนื้อวัสดุของรอยฉีกขาดในงานตัดไฟน์แบลนค์. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 2550;30(2): 293-300.
8. สุรวุฒิ ยะนิล, ชาญ ถนัดงาน, ศิริศักดิ์ หาญชูวงศ์. การวิเคราะห์หาแรงในการไฟน์แบลนค์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2546;13(3): 75-86
9. Schuler, "Metal Forming Handbook", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998.