ความเป็นไปได้ของการผลิตแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ยางแบบอัดโดยกระบวนการเติมเนื้อวัสดุ

Making Compression Mould for Rubber Products by Material Deposition Process

ดร.คุณยุต เอี่ยมสอาด[1,3*], ณัฐพร บุญเลิศเจริญศักดิ์[1], ณัฐรินทร์ ชัยภักดี[1],
ดร.ชนะ รักษ์ศิริ[2,3], ดร.ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ[1,3]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล [2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ [3] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
โทร 0-2942-8555 ต่อ 1836 โทรสาร 0-2579-4576 *อีเมล์ fengkye@ku.ac.th

Kunnayut Eiamsa-ard[1,3*], Nuttaporn Boonlerdcharoensak[1], Nattarin Chaipukdee[1],
Chana Raksiri[2,3], and Suppasit Rodkwan[1,3]
[1] Department of Mechanical Engineering, [2] Department of Industrial Engineering,
[3] Research and Development Institute of Industrial Production Technology, Faculty of Engineering,
Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok 10900, Thailand
Tel: 0-2942-8555 Ext. 1836, Fax: 0-2579-4576, *E-mail: fengkye@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการพัฒนาแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ยางแบบอัดโดยกระบวนการเติมเนื้อวัสดุสามารถช่วยลดต้นทุนและระยะเวลาในการผลิตได้ อีกทั้งกระบวนการผลิตง่ายและสั้นลง ซึ่งในกระบวนการผลิตนี้ประกอบไปด้วยกระบวนการหลักอยู่ 2 กระบวนการคือ กระบวนการเติมเนื้อวัสดุโดยการเชื่อมพอกด้วยเครื่องเชื่อมแบบ MIG/MAG และกระบวนการกัดเนื้อวัสดุเพื่อทำให้ชิ้นงานแม่พิมพ์มีผิวเรียบ และได้มีการนำหลักของ Taguchi Method มาเพื่อช่วยตัดตัวแปรที่ไม่สำคัญออกเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมแก่การผลิตได้เร็วขึ้น แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นได้จากงานนี้เป็นสิ่งที่ทำให้สรุปได้ว่ากระบวนการผลิตแม่พิมพ์โดยกระบวนการเติมเนื้อวัสดุนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตในอนาคต อย่างไรก็ตามแม่พิมพ์ที่ได้จากการเติมเนื้อวัสดุโดยการเชื่อมพอกด้วยเครื่องเชื่อมแบบ MIG/MAG ยังมีรูพรุนอยู่บ้าง ถ้าสามารถพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเชื่อมพอกด้วยเครื่องเชื่อมแบบ MIG/MAG ให้ดีขึ้นงานที่ได้น่าจะมีคุณภาพมากขึ้น

Abstract

This work focuses on making compression mould by deposition process which could reduce the cost and time for making mould. The complication of mould making process can be reduced as well. This process combines 2 main processes: Material Deposition Process using MIG/MAG welding machine and Material Removal Process using CNC machine for the purpose of finishing up the surfaces. Taguchi Method is used to find the appropriate parameters for the mould making process. Therefore, the deposition process is feasible to be used in the industry in the near future. However, the mould produced by the process has some porosity. In order to get a better quality mould, the deposition process using MIG/MAG needs to be studied in detailed.

1. บทนำ

เนื่องจากการสร้างแม่พิมพ์ส่วนมากใช้เวลานาน ซึ่งในปัจจุบันรูปแบบการผลิตมีการแข่งขันสูงในเรื่องของระยะเวลาในการผลิต ซึ่งทำให้การผลิตใช้เวลานานอีกทั้งการสร้างแม่พิมพ์มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและต้องใช้การลองผิดลองถูกเพื่อแก้ไขแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดปัญหากับการขึ้นรูปชิ้นงาน เช่นปัญหาชิ้นงานไม่เต็ม หรือชิ้นงานขาด เป็นต้น ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการผลิต

ในปัจจุบันได้มีการคิดวิธีการใหม่ๆเพื่อที่จะลดเวลาการสร้างแม่พิมพ์โดยใช่เครื่อง Rapid Prototyping สร้างแบบจำลองจากเรซิ่นเพื่อนำไปเป็นแบบในการสร้างแม่พิมพ์ โดยเครื่อง Rapid Prototyping ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ เครื่อง Stereo Lithography Apparatus (SLA) และ Fused Deposition Modeling (FDM) เครื่อง SLA มีหลักการทำงานของเครื่องคือเครื่องจะสร้างชิ้นงานทีละชั้นโดยการใช้เลเซอร์กวาดให้เรซิ่นแข็งตัว โดยเครื่องจะนำ Platform ที่ติดตั้งอยู่บน Elevator ค่อยๆจุ่มลงไปในเรซิ่นเหลวลึกทีละชั้น แล้วหัวเลเซอร์

จะถูกกวาดตามรูปชิ้นงานเพื่อทำให้เรซิ่นเหลวแข็งตัวและทำต่อไปเรื่อยๆจนได้ชิ้นงาน ซึ่งการสร้างแม่พิมพ์โดยวิธีนี้มีข้อเสียคือต้องนำแม่พิมพ์ไปหล่อแม่พิมพ์ทำให้เสียเวลา

หลักการการทำงานของเครื่อง FDM จะมีความต่างกับ SLA กล่าวคือเนื้อวัสดุจะถูกป้อนเข้ามาเป็น Filament แล้วถูกหลอมละลายตรงหัว Nozzle X-Y Table จะถูกเคลื่อนในระนาบ X-Y เพื่อเติมเนื้องานในชั้นงานหรือ Layer เมื่อเสร็จหนึ่งชั้น (Layer) หัว Nozzle จะถูกค่อยๆยกขึ้นเป็นความสูงของชั้นเนื้องาน ชั้นเนื้องานจะถูกสร้างทับกันไปเรื่อยๆจนเป็นรูปชิ้นงานสำเร็จ

กระบวนการใหม่ที่จะใช้ในการสร้างแม่พิมพ์นี้เป็นกระบวนการสร้างแม่พิมพ์ด้วยการเติมเนื้อโลหะโดยกระบวนการนี้สามารถที่จะผลิตแม่พิมพ์ได้โดยตรง จาก CAD Drawing เพื่อลดขั้นตอนในการผลิตแม่พิมพ์ได้หลายขั้นตอนทำให้สามารถลดเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ได้ และกระบวนการนี้สามารถสร้างแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนได้มากกว่าการสร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีการกัด ดังนั้นวิธีนี้จึงสามารถสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้งานได้ในทันที

2. ทดลองการเชื่อมแบบคาร์บอนไดออกไซด์คลุม (CO_2) ด้วยค่าปัจจัยต่าง ๆ

เมื่อทำการเชื่อมแบบคาร์บอนไดออกไซด์คลุม (CO_2) ด้วยค่าปัจจัยต่างๆและนำแนวเชื่อมที่ดีที่สุดไปทำการหาค่าเฉลี่ยของความกว้างและความสูงของแนวเชื่อมเพื่อหาค่าปัจจัยในขบวนการเชื่อมหลอมละลายการส่งถ่ายน้ำโลหะด้วยค่าปัจจัยที่ดีที่สุด ค่าปัจจัยในการเชื่อมที่ทดลองมีรายละเอียดดังนี้

เนื่องจากการเชื่อมอาร์คด้วยเครื่อง MIG/MAG โดยใช้ก๊าซ CO_2 คลุม จะต้องประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมดังนี้

(1) ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบคงที่ (Constant Voltage: CV) ทั่วไปไม่เกิน 40 โวลท์
(2) ความหนาของชิ้นงานโลหะ 40 mm
(3) ความเร็วลวด จากการปรับตั้งใช้ 2.5, 3.5, 4.5 เมตร/ นาที
(4) ขนาดลวด 1.2 mm
(5) การปรับตั้งแก๊สขึ้นอยู่กับสถานที่ทำการเชื่อมสำหรับการทดลองนี้ใช้ที่ 15 ลิตร/นาที
(6) ความเร็วในการเดินหัวเชื่อมอยู่ระหว่าง 500-800 mm/min
(7) ความสูงของหัวเชื่อมกับชิ้นงานมีค่าอยู่ระหว่าง 10 mm – 22 mm
(8) กระแสที่ได้ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลวดเป็นตัวกำหนด

3. นำหลักของ Taguchi methods มาเพื่อช่วยตัดตัวแปรที่ไม่สำคัญออก

3.1กำหนดปัญหา (Formulate The Problem)

ในขั้นตอนนี้วิศวกรจะต้องจัดการกับปัญหาของ Robust design (RD) ให้แน่นอน โดยการกำหนดวัตถุประสงค์เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการให้ชัดเจนและกำหนดข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์คุณลักษณะเฉพาะของค่าตอบสนองของกระบวนการ (Process Response) และทำการไตร่ตรองวัตถุประสงค์เหล่านี้ ในขั้นตอนของการกำหนดปัญหา มีบ่อยครั้งสมบูรณ์ได้ด้วยการนั่งประชุมระดมสมอง (Brainstorming session) ของกลุ่มวิศวกร สำหรับการออกแบบปัญหาสามารถทำได้โดยการรวบรวมผู้ออกแบบกระบวนการ และวิศวกรฝ่ายผลิต ผู้รับผิดชอบในการปรับตั้งและซ่อมบำรุงสายการผลิต

3.2 วางแผนการทดลอง (Plan the Experiment)

ขั้นตอนในการวางแผนการทดลอง (Plan the Experiment) สามารถแยกออกเป็นขั้นตอนย่อยได้ 2 ขั้นตอน คือ ออกแบบตารางการทดลอง (Design the matrix experiment) ทำการทดลองและรวบรวมข้อมูล (Conduct the experiment and collect data)

3.2.1 ออกแบบตารางการทดลอง (Design the matrix experiment)

ทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาปัจจัยหลายๆ ปัจจัยพร้อมๆ กันคือ การกำหนดตารางแผนการทดลองโดยใช้ Orthogonal Array ประโยชน์ของ Orthogonal Array มีหลายประการ
ด้วยกัน คือ

- ผลสรุปที่ได้จากการทดลองแต่ละการทดลอง จะใช้ได้คลอบคลุมกับขอบเขตของการทดลองทั้งสิ้นโดยการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง
- ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทดลองเป็นอย่างมาก
- ง่ายในการวิเคราะห์ข้อมูล
- สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้จาก additive model

พิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อการขึ้นรูปโดยการเติมเนื้อโลหะโดยพิจารณาเลือกตัวแปรที่ต้องการศึกษา เช่น ความเร็วnozzle ความเร็วลวดเชื่อม กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความสูงจากหัวเชื่อมถึงชิ้นงาน เป็นต้น ส่วนตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาจะต้องกำหนดวิธีการควบคุมตัวแปรเพื่อให้ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยภายนอกเกิดขึ้นน้อยที่สุด

กำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการขึ้นรูปโดยการเติมเนื้อโลหะ ซึ่งได้แก่ ความเร็วnozzle ความเร็วลวดเชื่อม กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความสูงจากหัวเชื่อมถึงชิ้นงาน

กำหนดวัสดุที่ใช้เป็นเครื่องมือวิจัยหรือหน่วยทดลอง ได้แก่ อลูมิเนียม นิกเกิล บรอนซ์

กำหนดระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง โดยกำหนดให้ตัวแปรมี 4 ตัวโดยตัวแปรที่เหลือถือว่าคงที่ทุกการทดลองและกำหนดตัวแปรละ 3 ระดับ เลือก Standard Orthogonal Array กำหนดจำนวนของเครื่องมือวิจัยหรือหน่วยทดลองที่ใช้ในการทดลอง โดยในการกำหนดจำนวนการทดลองนั้นจะทำการทดลองทั้งหมด 9 ครั้ง

3.2.2 ทำการทดลองและรวบรวมข้อมูล (Conduct the experiment and collect data)

การทดลองจริงเป็นการทำให้บรรลุซึ่งผลสำเร็จ และการปฏิบัติการทดลองนี้เป็นการหาค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ ผลการทดลองดิบจะถูกนำไปใส่ในตาราง โดยที่เครื่องชี้วัดการปฏิบัติสำหรับการทดลองทั้งหมด จะทำการแปลงให้อยู่ในรูปของ อัตราส่วนของ Signal to Noise (S/N Ratio) โดยที่คุณลักษณะของ S/N Ratio สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ Small – the – better type problem , Nominal – the – best – type problem และLarger – the – better type problem

อัตราส่วนของ Signal to Noise (S/N Ratio) มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในการหาเป้าหมายที่ถูกต้องเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (Optimize) ของปัญหาของวิศวกรถ้าหากเกิดความล้มเหลวในการหาเป้าหมายก็จะนำไปสู่การสรุปผลที่ผิดพลาดได้ในเรื่องของระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

Small – the – better type problem คือ ค่าความต้องการของค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่ดีที่สุดมีค่าเป็นศูนย์ เช่น ต้องการให้เกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุดในการผลิตคอมพิวเตอร์เวเฟอร์ ต้องการให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุดจากโรงงาน และต้องการให้เกิดการรั่วของกระแสไฟน้อยที่สุด เป็นต้น

Nominal – the – best – type problem คือ ค่าความต้องการของค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่ดีที่สุดมีค่าเท่ากับค่าที่ได้กำหนดไว้ หรือเป็นค่าที่จำกัดไว้ เช่น ความหนาของโพลีซิลิโคนที่ต้องการมีค่าตามที่ได้กำหนดไว้ในลักษณะที่มีคุณภาพคือ สำหรับปัญหาแบบนี้เมื่อค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ความแปรปรวนก็จะเป็นศูนย์ด้วย ค่ามากที่สุดของ nominal – the – best S/N ratio จะใช้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ y_i เมื่อ i คือจำนวนครั้งของการทดลองที่อยู่ในช่วงจาก 1 ถึง n ครั้ง

- Larger – the – better type problem คือ ค่าความต้องการของค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่ดีที่สุดจะต้องมีค่าให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เช่น ต้องการให้ความแข็งแรงของสายไฟต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดมีค่าให้มากที่สุด หรืออีกตัวอย่างหนึ่งคือ ต้องการให้น้ำมันของรถบรรทุกของสามารถขับเคลื่อนรถบรรทุกได้จำนวนไมล์มากที่สุด เป็นต้น

ในการกำหนดตารางแผนการทดลอง (Matrix experiment) โดยใช้ตารางมาตรฐานของวิธีทากูชิ (Orthogonal Array) ตารางแผนการทดลอง (Matrix experiment) จะประกอบด้วยเซตของการทดลอง ซึ่งมีผลิตภัณฑ์หรือปัจจัยของกระบวนการที่เราต้องการ ศึกษาจากการทดลอง หลังจากดำเนินการกำหนดตารางแผนการทดลอง จะต้องดำเนินการทดลอง โดยกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองตามตารางแผนการทดลอง ที่ได้กำหนดไว้ และเมื่อดำเนินการทดลองเสร็จแล้วจะต้องนำข้อมูลที่ได้ จากการทดลองทั้งหมดไปทำการ

วิเคราะห์เพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ

การสร้างตารางแผนการทดลอง โดยใช้ตารางพิเศษที่เรียกว่า Orthogonal Array จะทำให้สามารถหาอิทธิพลของปัจจัยหลายๆ ปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นเทคนิคที่มีความสำคัญใน Robust Design (RD) ในการจัดปัจจัยควบคุมหรือตัวแปรที่ออกแบบไว้ให้กับ Orthogonal Array จะต้องจัดให้อยู่ในคอลัมน์ของตาราง (Array) โดยแปลงจำนวนเต็มในคอลัมน์ของตาราง ให้เป็นเซตที่แท้จริงของปัจจัยที่ได้ถูกจัดไว้ คอลัมน์ที่ไม่ได้ถูกจัดจะถูกลบทิ้งออกจากตารางเพื่อให้ง่ายในการเลือกใช้ Orthogonal Array ผู้ออกแบบการทดลองสามารถเลือกใช้ได้ โดยการใช้ตารางที่ 1

เมื่อผู้ออกแบบการทดลองทราบจำนวนของปัจจัยควบคุม (Control Factor) และระดับของปัจจัยควบคุม (Control Factor Level) ที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำค่าทั้งสองนี้มาทำการพิจารณาเลือก Orthogonal Array ที่เหมาะสม เช่นต้องการศึกษาเพื่อประเมินอิทธิพลของปัจจัยควบคุม 4 ปัจจัย ที่มีผลต่อค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ ผู้ออกแบบการทดลองได้เลือกระดับของปัจจัยทั้ง 4 ไว้ 3 ระดับเท่ากันทุกปัจจัย ตารางแผนการทดลอง (Matrix experiment) ที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างนี้คือตาราง L9 (3^4) Orthogonal array ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดง L9 (3^4) Orthogonal array

ลำดับการทดลอง	คอลัมน์(Columns)			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

หมายเหตุ เลขจำนวนเต็มในตารางที่ 1 แสดงถึงระดับต่างๆ ของระดับที่แท้จริงของปัจจัยควบคุม (Control Factor Level) ที่จะนำมาใส่ในคอลัมน์ของ Orthogonal Array

4. ทำการวัดค่าหาค่าเฉลี่ยความกว้างและความสูงของแนวเชื่อม

รูปที่ 1 แนวรอยเชื่อมที่ค่า Parameter ต่างๆ

การทดลองเชื่อมด้วยค่าปัจจัยต่างๆ (Parameter) โดยการนำค่าปัจจัยที่แตกต่างของแนวเชื่อมทดลองมาทำการวัดค่าหาค่าเฉลี่ยทำการตรวจสอบ 1 แนวเชื่อมจำนวน 5 ครั้งด้วยเครื่องมือ CALIPERS วัดความกว้าง (W) และวัดค่าความสูง (H) และนำค่าการตั้ง Parameter ที่แตกต่างกันทั้ง 48 ค่าปัจจัยมาทำการปรับเครื่องเชื่อม CO_2 เติมเนื้อโลหะในชิ้นงานตามรูปที่ 1 ต่อจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ทั้ง 48 ชิ้นเข้าสู่กระบวนการทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwall Hardness Tester)

รูปที่ 2 การเติมเนื้อโลหะในชิ้นงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwall Hardness Tester)

5. นำค่าปัจจัยที่ดีที่สุดไปปรับตั้งในขบวนการเชื่อมเติมเนื้อโลหะลงบนชิ้นงาน เพื่อใช้ทดสอบการสร้างต้นแบบรวดเร็ว

ก่อนจะทำการขึ้นรูปชิ้นงานต้องทำการสร้าง Tool Path เพื่อให้เครื่องเชื่อมเคลื่อนที่เพื่อเติมเนื้อโลหะไปตามตำแหน่งที่ต้องการ การสร้าง Tool Path มีกระบวนการโดยสังเขปดังนี้

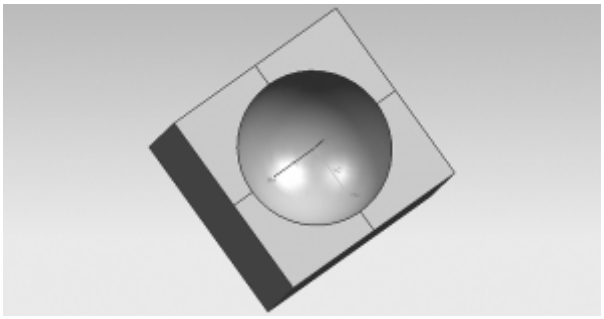
1. เปิดไฟล์โมเดล 3D
2. หมุนโมเดล สเกล และย้ายตำแหน่งของโมเดล เพื่อให้เหมาะต่อการทำงานของเครื่อง CNC
3. ตัดโมเดลออกเป็น slice โดยสามารถเลือกความหนาของ slice ได้
4. สร้าง tool path จาก slice โดยสามารถเลือกรูปแบบและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ tool ได้
5. สร้าง NC code แบบ G&M code จาก tool path ได้

รูปที่ 3 ตัวอย่างงานที่ได้จาก CAM SOFTWARE

เมื่อได้ค่าปัจจัยที่ดีที่สุดในการเชื่อมเติมเนื้อโลหะลงบนชิ้นงานแล้ว จึงนำค่าปัจจัยที่ดีที่สุดที่ได้ใช้ทดสอบสร้างต้นแบบรวดเร็ว โดยมีวิธีการดังนี้

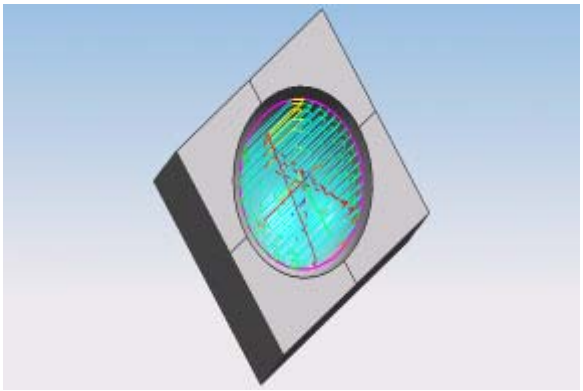
1. ใช้เทคโนโลยี CAM ของโปรแกรม UNIGRAPHICS เพื่อช่วยในการหาโปรแกรม Numerical Control (NC) เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องจักร

2. จากภาพ CAD ที่ได้จากโปรแกรม UNIGRAPHICS พบว่าค่า Z นั้นติดลบ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของแกน Z ของเครื่อง CNC คือเมื่อทำการเคลื่อนที่ขึ้นนั้นให้แกน Z มีทิศทางการเคลื่อนที่ที่เป็นลบจากเดิมที่เคลื่อนที่ขึ้นเป็นบวก



รูปที่ 4 ภาพ CAD ที่ได้จากโปรแกรม UNIGRAPHICS

3. นำ NC-CODE ที่ได้จากโปรแกรม UNIGRAPHICS นำไปถ่ายข้อมูลเข้าสู่เครื่อง CNC โดยทำการส่งโปรแกรม NC-CODE ด้วยวิธี DNC (Direct Numerical Control) โดยเป็นการส่งโปรแกรมให้เครื่อง CNC จากเครื่อง คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยผ่านทางสายคมนาคมสื่อสารชนิด RS 232 เพราะขนาดของ NC-CODE มีขนาดค่อนข้างใหญ่

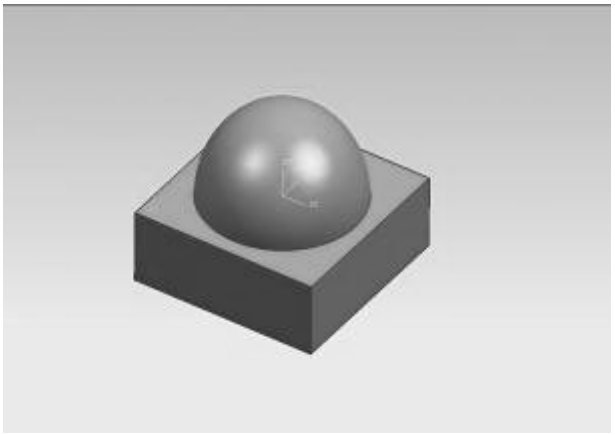


รูปที่ 5 Tool Path ที่ได้จากโปรแกรม UNIGRAPHICS

4. สั่งให้เครื่องจักรทำงานตาม NC-CODE โดยในครั้งแรกในการทำงานจะไม่ติดตั้งชิ้นงาน และใช้ความเร็วที่ต่ำ เพื่อตรวจเช็คการทำงานของโปรแกรม
5. ทำการเติมเนื้อวัสดุด้วยวิธีการเชื่อม MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) ตาม NC-CODE ที่ส่งให้กับเครื่องจักร แสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 การเติมเนื้อวัสดุด้วยวิธีการเชื่อม MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) ตาม NC-CODE

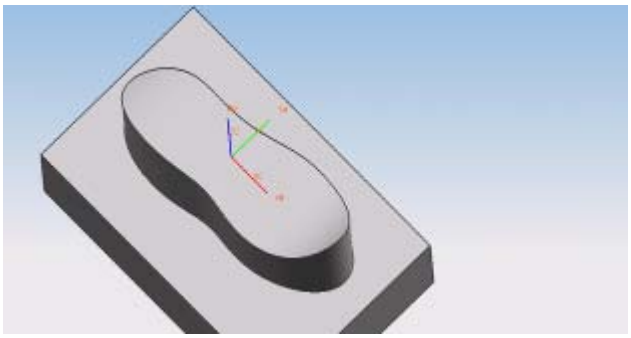
เมื่อทำการเติมเนื้อวัสดุตาม NC-CODE ที่ส่งให้กับเครื่องจักร CNC จะได้ตามรูปที่ 7



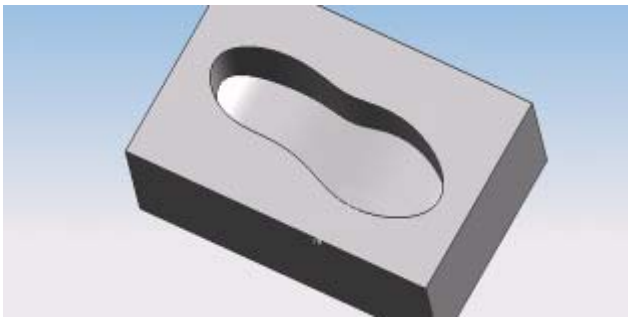
รูปที่ 7 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับ CAD

6. ออกแบบแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าและสร้างแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าที่ใช้ในงานอัดขึ้นรูปด้วยวิธีเติมเนื้อวัสดุด้วยค่าปัจจัยที่ดีที่สุด

การออกแบบแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าใช้โปรแกรม UNIGRAPHICS ในการออกแบบทั้งในส่วนของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) จะวาดเป็น CAD Drawing ในโปรแกรม UNIGRAPHICS และในการออกแบบแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้านั้นออกแบบให้พื้นยางรองเท้าที่ได้เมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วมีความหนาเท่ากับ 5 มิลลิเมตร แม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าใช้โปรแกรม UNIGRAPHICS ออกแบบทั้งในส่วนของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) ดังแสดงในรูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 แผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate)



รูปที่ 9 แผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate)

รูปที่ 10 Tool Path ของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate)

ใช้เทคโนโลยี CAM เพื่อช่วยในการหาโปรแกรม Numerical Control (NC) เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องจักรออกมาจะได้ไฟล์ออกมา 2 ไฟล์ประกอบด้วย NC-CODE ของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และ NC-CODE แผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) นำ NC-CODE ที่ได้จากโปรแกรมนำไปถ่ายข้อมูลเข้าสู่เครื่องCNC ต้นแบบ ต่อมาทำการตรวจเช็ค NC-CODE ที่ได้มาจนแน่ใจว่าถูกต้อง และทำการเติมเนื้อวัสดุด้วยวิธีการเชื่อม MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) ตาม NC-CODE ที่ส่งให้กับเครื่องจักร ในการเติมเนื้อวัสดุด้วยวิธีการเชื่อม MIG/MAG ทั้งแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) แผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) ที่ได้จากการทำงานตาม NC-CODE ที่ป้อนให้กับเครื่องต้นแบบได้ถูกแสดงในรูปที่ 10

7. การออกแบบงานกัดแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้า

สำหรับการออกแบบงานกัดนั้นจะเอาไฟล์ CAD Drawing ที่ออกแบบในส่วนของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) ไว้ตอนแรกมาออกแบบ สำหรับพื้นผิวที่ได้จากงานเชื่อมมีผิวค่อนข้างไม่เรียบนั้น จะต้องระมัดระวังในการออกแบบมากพอสมควร ซึ่งในการกัดงานที่มีรูปทรงอยู่แล้วจะใช้เวลา ไม่นานเมื่อนกับการกัดงานออกจากชิ้นงานสี่เหลี่ยมหรือกรรมวิธีการผลิตแบบหักออก วัสดุที่ใช้ในการทำเป็นเหล็ก S400 สำหรับเวลาที่ใช้ในการกัดชิ้นงานแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าที่ใช้ในงานอัดขึ้นรูป ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมงในการกัด สำหรับ Tool ที่ใช้ในการกัดชิ้นงานทั้งหมด 4 Tool และค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการกัดแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) รวมทั้งสิ้น 12,184 บาท

สำหรับชิ้นงานแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าที่กัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งในส่วนแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) แสดงในรูปที่ 11 และ 12

รูปที่ 11 แม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) ที่ผ่านกระบวนการกัดเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 12 แผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) ที่ผ่านกระบวนการกัดเรียบร้อยแล้ว

8. สรุป

การศึกษาตวามเป็นไปได้ของการผลิตแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ยางแบบกดโดยกระบวนการเติมเนื้อวัสดุ ซึ่งสามารถที่จะผลิตแม่พิมพ์ได้จาก CAD Drawing ซึ่งสามารถข้ามขั้นตอนในการผลิตแม่พิมพ์ได้หลายขั้นตอน โดยจะเริ่มจากการวาด CAD Drawing จากโปรแกรม UNIGRAPHICS แล้วใช้เทคโนโลยี CAM ของโปรแกรม UNIGRAPHICS เพื่อช่วยในการหาโปรแกรม Numerical control (NC) เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องจักร และเมื่อได้โปรแกรม Numerical control (NC) นำไปถ่ายข้อมูลเข้าสู่เครื่องต้นแบบ โดยทำการส่งโปรแกรม NC-CODE ด้วยวิธี DNC (Direct Numerical Control) โดยเป็นการส่งโปรแกรมให้เครื่องต้นแบบ จากเครื่อง คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยผ่านทางสายคมนาคมสื่อสาร ชนิด RS 232 เพราะขนาดของ NC-CODE โดยเครื่องต้นแบบจะใช้ขบวนการเชื่อมโลหะเติมเนื้อวัสดุลงบนชิ้นงานในการสร้างต้นแบบรวดเร็ว และใช้ก๊าซคลุมแนวเชื่อมเป็นก๊าซ CO_2 โดยขั้นตอนสร้างต้นแบบรวดเร็ว โดยกระบวนการเติมเนื้อวัสดุประกอบด้วย

8.1 หาปัจจัยที่ดีที่สุดในการเติมเนื้อวัสดุ

ทดลองการเชื่อมแบบคาร์บอนไดออกไซด์คลุม (CO_2) ด้วยค่าปัจจัยต่าง ๆ

เมื่อทำการเชื่อมแบบคาร์บอนไดออกไซด์คลุม (CO_2) ด้วยค่าปัจจัยต่าง ๆ และนำแนวเชื่อมที่ดีที่สุดไปทำการหาค่าเฉลี่ยของความกว้าง และความสูงของแนวเชื่อมเพื่อหาค่าปัจจัยในขบวนการเชื่อมหลอมละลายการส่งถ่ายน้ำโลหะด้วยค่าปัจจัยที่ดีที่สุด ปัจจัยในการเชื่อมที่ทดลองมีรายละเอียดดังนี้

เนื่องจากการเชื่อมอาร์คด้วยเครื่อง MIG/MAG โดยใช้ก๊าซ CO_2 คลุมจะต้องประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมดังนี้

- ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบคงที่ (Constant Voltage : CV) ทั่วไปไม่เกิน 40 โวลท์
- ความหนาของชิ้นงานโลหะ 40 mm

- ความเร็วลวด จากการปรับตั้งใช้ 2.5 , 3.5 , 4.5 เมตร/ นาที
- ขนาดลวด 1.2 mm.
- การปรับตั้งแก๊สขึ้นอยู่กับสถานที่ทำการเชื่อม สำหรับการทดลองนี้ใช้ที่ 15 ลิตร/นาที
- ความเร็วในการเดินหัวเชื่อมอยู่ระหว่าง 500-800 mm/min
- ความสูงของหัวเชื่อมกับชิ้นงานมีค่าอยู่ระหว่าง 10 mm – 22 mm

กระแสที่ได้ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลวดเป็นตัวกำหนด ต่อจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ทั้ง 48 ชิ้นเข้าสู่กระบวนการทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwall Hardness Tester) เพื่อหาปัจจัยที่ดีที่สุดในการเติมเนื้อวัสดุโดยสามารถที่จะดูได้จากระดับความเชื่อมั่นซึ่งสามารถที่จะพิจารณาได้จากค่าความแข็งที่ควรได้จากลวดเชื่อม (E-70S-6) เทียบเคียงกับค่าความแข็งของลวดเชื่อมที่เติมลงบนชิ้นงานและพิจารณาเลือกค่าที่มีเปอร์เซนต์สูงที่สุดเป็นปัจจัยที่ดีที่สุดในการเติมเนื้อวัสดุซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ค่าปัจจัยที่ดีที่สุดคือ ค่าที่ใช้ความเร็วลวด 3.5 (m/min) กระแสที่ได้ 250 A และความเร็วของหัวเชื่อม 600 mm/min ระยะห่างของหัวเชื่อมกับชิ้นงาน 10 mm และอัตราการไหลของก๊าชคลุม 15 ลิตร/นาที สำหรับผลการทดสอบความแข็งเท่ากับ 72.5 HRB ระดับความเชื่อมั่น 97% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความแข็งที่ควรได้จากลวด ที่ใช้เติมลงไป

8.2 นำค่าปัจจัยที่ดีที่สุดไปปรับตั้งในขบวนการเชื่อมเติมเนื้อโลหะชิ้นงานเพื่อใช้ทดสอบการสร้างต้นแบบรวดเร็ว

โดยวาด CAD จากโปรแกรม UNIGRAPHICS เป็นรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรแล้วใช้เทคโนโลยี CAM ของโปรแกรม UNIGRAPHICS เพื่อช่วยในการหาโปรแกรม Numerical control (NC) เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องต้นแบบ ในการเชื่อมเติมเนื้อวัสดุนั้นจะเติมเนื้อวัสดุตามโปรแกรม NC ที่ได้มาจากการ CAM จากโปรแกรม UNIGRAPHICS และปัจจัยที่ใช้เป็นปัจจัยที่ดีที่สุดในขบวนการเชื่อมเติมเนื้อโลหะชิ้นงาน และในขณะเชื่อมเติมเนื้อโลหะลงบนชิ้นงานในแต่ละชั้นนั้นจะต้องพักช่วงเพื่อรอให้ชิ้นงานเย็นตัวลง เนื่องจากถ้าเชื่อมแต่ละชั้นต่อเนื่องจะเกิดความร้อนสะสมบริเวณชิ้นงานมากทำให้ลวดเชื่อมที่ใช้เติมลงไปในเนื้อชิ้นงานเกิดการไหลตัวออกมา เนื่องจากความร้อนดังนั้นจึงต้องหยุดพักเป็นเวลา 2-3 นาที แล้วจึงค่อยเชื่อมเติมเนื้อชิ้นงานต่อไปจนเสร็จ สำหรับชิ้นงานที่ได้นั้นมีรูปร่างเหมือนใน CAD Drawing แต่ในบางจุดของชิ้นงานอาจจะเกิดฟองอากาศขึ้นได้ถ้าทำความสะอาดชิ้นงานก่อนเชื่อมไม่ดีพอ

7.3 ออกแบบแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าและสร้างแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าที่ใช้ในงานอัดขึ้นรูปด้วยวิธีเติมเนื้อวัสดุด้วยค่าปัจจัยที่ดีที่สุด

ในการออกแบบทั้งในส่วนของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) จะวาดเป็น CAD Drawing ในโปรแกรม UNIGRAPHICS และในการออกแบบแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้านั้นออกแบบให้พื้นยางรองเท้าที่ได้เมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วมีความหนาเท่ากับ 5 มิลลิเมตร ใช้เทคโนโลยี CAM ของโปรแกรม UNIGRAPHICS เพื่อช่วยในการหาโปรแกรม Numerical Control (NC) เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องจักรออกมาจะได้ไฟล์ออกมา 2 ไฟล์ ประกอบด้วย NC-CODE ของแผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวผู้ (Core Plate) และ NC-CODE แผ่นแม่พิมพ์ส่วนตัวเมีย (Cavity Plate) นำ NC-CODE ที่ได้จากโปรแกรม UNIGRAPHICS นำไปถ่ายข้อมูลเข้าสู่เครื่องCNC ต้นแบบ และทำการเติมเนื้อวัสดุด้วยวิธีการเชื่อมตาม NC-CODE เมื่อเสร็จแล้วนำชิ้นงานไปออกแบบการกัดตาม CAD Drawing ที่ออกแบบไว้ และเลือก Tool ที่จะทำการกัดและใช้ เทคโนโลยี CAM ของโปรแกรม UNIGRAPHICS หาโปรแกรม Numerical Control (NC) แล้วส่งเข้าเครื่อง CNC เมื่อกัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อมาเอาแม่พิมพ์พื้นยางรองเท้าสร้างชิ้นงานพื้นยางรองเท้า

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบัน ไทย-เยอรมัน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านทุนวิจัย และขอขอบคุณ LASER Aided Manufacturing Process LAB, University of Missouri ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้าน software

เอกสารอ้างอิง

[1] มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร, 2542, คู่มือการเชื่อม มิก-แม็ก, เอ็มแอนด์ดี, กรุงเทพฯ.

[2] Jonsson, P.G., T.W.Eagar and J.Szekely. 1993. Heat and Metal Transfer in Gas Metal Arc Welding Using and Helium, Massachusetts Institute of Technology Cambridge

[3] สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ, 2542, กระบวนการเชื่อม, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, กรุงเทพฯ.

[4] TAPAN P. BAGCHI, Taguchi Methods Explained: Practical Steps to Robust Design, Prentice-Hall India Ltd., 1992