

การออกแบบและผลิตแม่พิมพ์เพื่อผลิตต้นแบบวัสดุรองแทนหมอนรองกระดูกสันหลัง เพื่อเชื่อมต่อ (Cage) ด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปโลหะผง Mould Design and Manufacturing of Metal Injection Moulded Cage

ณัฐพล หมีนยา* สุทธา อัมระนันท์ และ อัญชลี มโนกุล
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน
ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทร 0-2564-6500 ต่อ 4713 โทรสาร 0-2564-6403 *อีเมลล์ nattapm@mtec.or.th

บทคัดย่อ

ชิ้นส่วนปลูกฝังทางการแพทย์ที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่นำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งวัสดุที่ใช้สำหรับทางการแพทย์นั้นมีราคาสูง เพื่อที่จะลดปริมาณการนำเข้ารวมทั้งทำให้ราคาถูกลง จึงได้มีการศึกษาและทำการวิจัยนี้ โดยได้ศึกษาการออกแบบต้นแบบวัสดุรองแทนหมอนรองกระดูกสันหลังเพื่อเชื่อมต่อด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L โดยเทคโนโลยีการฉีดขึ้นรูปโลหะผงที่เหมาะสมกับสรีระคนไทย และได้ทำการคำนวณการหดตัวระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อออกแบบแม่พิมพ์ฉีดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ในกระบวนการผลิตพบว่าสามารถควบคุมการผลิตได้ดี ต้นแบบที่ผลิตได้มีความหนาแน่นหลังการเผาผนึกใกล้เคียงกัน ระหว่างการเผามีการเปลี่ยนแปลงของขนาดมากแต่สามารถควบคุมความแตกต่างของขนาดต้นแบบที่ผลิตได้กับขนาดจริงที่ต้องการให้อยู่ในช่วง ± 0.3 มม. ในส่วนของการทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยการกดพบว่าในระดับแรงกดที่ใช้งานจริงในมนุษย์ คือ 0.75 และ 2 กิโลนิวตัน ชิ้นงานจะมีการเสียรูปแบบอิลาสติกเพียงเล็กน้อย และชิ้นงานเริ่มเสียรูปแบบพลาสติกเมื่อถูกแรงกระทำมากกว่า 8 กิโลนิวตัน

Abstract

Most medical implants used in Thailand are imported and expensive. This research is aim to introduce cheaper implants and reduce the imported quantity. In this research, 316L stainless steel cage prototypes were designed for the physiology of Thai people and produced by metal injection moulding. The shrinkage during processing was determined and used to design the desirable injection mould. During prototype production, it was found that the quality of the production process can be controlled tightly. As-sintered density of prototypes is relatively constant. In addition, large dimensional changes were observed during sintering. However, it was possible to control the tolerance to

± 0.3 mm. Compressive tests at 0.75 and 2 kN, which are commonly observed during usage in human, were carried out. It was founded that prototypes was slightly elastically deformed and the plastic deformation started at a compressive load higher than 8 kN.

1. คำนำ

ปัจจุบันเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ในประเทศส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ซึ่งต้องการเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนมากที่ผลิตในประเทศ เช่น แผ่นโลหะสำหรับจับยึดกระดูกที่แตกหัก สกรูสำหรับจับยึด และเครื่องมือสำหรับประกอบกระดูก โดยการผลิตจะเป็นตัดการปาด (Machining) จากชิ้นงานก้อน ในการตัดปาดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนต้องมีหลายขั้นตอน ทั้งนี้ใช้เวลาและเกิดเศษเหลือทิ้งจำนวนมาก

เทคโนโลยีการฉีดขึ้นรูปโลหะผงเป็นเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนโลหะที่มีรูปร่างซับซ้อน สามารถผลิตชิ้นงานที่ได้อารมณ์ใกล้เคียงกับรูปร่างสุดท้าย (Near-net-shape manufacturing process) อีกทั้งกระบวนการฉีดขึ้นรูปโลหะผงนี้มีเศษเหลือทิ้งน้อย เนื่องจากเศษจากการฉีดและชิ้นงานที่บกพร่องจากการฉีดสามารถนำไปดัดเพื่อนำกลับไปฉีดใหม่ได้โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของชิ้นงานฉีดขึ้นรูปโลหะผงที่ต้องการผลิต อีกทั้งเป็นกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตชิ้นงานจำนวนมากและสามารถควบคุมความเที่ยงตรงได้ดี [1]

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบวัสดุรองแทนหมอนรองกระดูกสันหลังเพื่อเชื่อมต่อ (Cage) ที่ผลิตจากการฉีดขึ้นรูปโลหะผงด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานในประเทศไทย รวมทั้งทำการสร้างแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปโลหะผงและทำการผลิตต้นแบบซึ่งรูปร่างและลักษณะการใช้งานของ Cage แสดงในรูปที่ 1 [2]

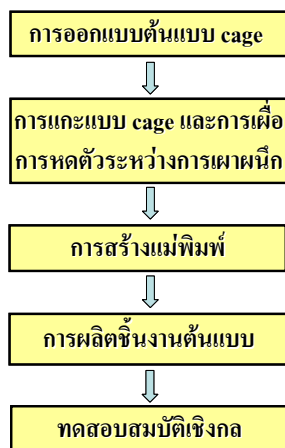


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1 (ก) วัสดุรองแทนหมอนรองกระดูกสันหลังเพื่อเชื่อมต่อ (Cage)
(ข) ภาพรังสีเอกซ์ของกระดูกสันหลังที่ประสบอุบัติเหตุ และ
(ค) ภาพรังสีเอกซ์แสดงการใช้งานของ Cage [2]

2. วิธีการทดลอง

สำหรับขั้นตอนการทดลองได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเริ่มจากการผลิตต้นแบบ Cage ด้วยการตัดปาด การแกะแบบ และคำนวณเพื่อการเปลี่ยนแปลงของขนาดชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต การสร้างแม่พิมพ์ การผลิตชิ้นงานด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปโลหะผง และสุดท้ายคือการทดสอบสมบัติเชิงกลโดยการทดสอบแรงกด



รูปที่ 2 ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

3. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

3.1 การออกแบบต้นแบบพลาสติก

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้ทำงานร่วมกับบริษัทร่วมโครงการอย่างใกล้ชิด โดยได้รับคำปรึกษาจากแพทย์เฉพาะทางด้านศัลยกรรมกระดูกและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในเบื้องต้นของการออกแบบแม่พิมพ์นี้ได้มีการสร้างแบบจากต้นแบบพลาสติกขนาดเหมือนจริงโดยใช้การตัดปาดเพื่อให้เห็นภาพง่ายและมีความเข้าใจที่ตรงกัน โดยภาพถ่ายของต้นแบบนี้แสดงไว้ในรูปที่ 3 ชิ้นงาน Cage มีรอยหยักเป็นฟันปลาที่ด้านข้าง 2 ด้านดังแสดงในภาพ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของ Cage ขณะใช้งาน ที่ปลายด้านหนึ่งมีลักษณะเฉพาะสำหรับต่อยึดกับเครื่องมือและสามารถประกอบได้ง่ายและสะดวก ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งมีลักษณะสอบ (Taper) เข้า มีขนาดเล็กกว่าตัวของชิ้นงานเพื่อให้สอดใส่เข้าไปในกระดูกสันหลัง



รูปที่ 3 ต้นแบบพลาสติกของชิ้นงาน Cage

3.2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปโลหะผง

หลังจากได้ชิ้นงานต้นแบบที่มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม ได้ทำการแกะแบบและทำภาพเขียนเส้น (Drawing) ของชิ้นงานต้นแบบ โดยเพื่อการหดตัวของชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนการขึ้นรูป เนื่องจากจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่หลายช่วง ทั้งในช่วงการฉีดและนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ฉีด การกำจัดวัสดุประสาน (Debinding) และการเผาผนึก (Sintering) เมื่อเปรียบเทียบขนาดของร่องแม่พิมพ์ (Cavity) และขนาดของชิ้นงานหลังการเผาแล้วพบว่ามีการหดตัวมากอย่างสังเกตได้ชัด โดยจะมีการยืดตัวกลับ (Spring back) เล็กน้อยของชิ้นงานที่ได้จากการฉีดเมื่อเปรียบเทียบกับร่องแม่พิมพ์ และจะมีการหดตัวมากเนื่องจากการแน่นตัวระหว่างการเผาผนึก ดังแสดงตัวอย่างเปรียบเทียบชิ้นงานหลังการฉีดและชิ้นงานหลังการเผาในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 L ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผาผนึก (ขวา)

ได้ทำการคำนวณอัตราการหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage, δ) เพื่อนำมาหาสัดส่วนการขยาย (Shrink factor, S) ของชิ้นงานและนำไปสร้างแม่พิมพ์ต่อไป ซึ่งอัตราการหดตัวเชิงเส้น คือสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานฉีดขึ้นรูปโลหะผงหลังการเผาผนึก (L) โดยเทียบกับขนาดของร่องแม่พิมพ์ (L_0) ซึ่งใช้ในการฉีดขึ้นรูปโลหะผง และนำเสนอในรูปของร้อยละ ความรู้เกี่ยวกับอัตราการหดตัวมีความจำเป็นต่อการควบคุมขนาดของชิ้นงานที่ต้องการผลิตด้วยวิธีฉีดขึ้นรูปโลหะผงมาก อัตราการหดตัวเชิงเส้นของเมตติคขึ้นรูปอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของผงโลหะและวัสดุประสาน (Binder) อัตราส่วนในการผสม การฉีด การกำจัดวัสดุประสาน และการเผาผนึก อัตราการหดตัวเชิงเส้นเป็นลักษณะเฉพาะของเมตติคสำหรับฉีดขึ้นรูปโลหะผง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ (1) [3]

$$\delta = \left(\frac{L_0 - L}{L_0} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

โดยที่ δ คือ อัตราการหดตัวเชิงเส้น
 L_0 คือ ขนาดของร่องแม่พิมพ์
 L คือ ขนาดของชิ้นงานหลังการเผาผนึก

ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ [4] พบว่าที่สภาวะการเผาผนึกที่ 1350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศก๊าซอาร์กอน จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดและได้อัตราการหดตัวเชิงเส้นร้อยละ 13.75 และในบางครั้งการหดตัวถูกกำหนดโดยใช้สัดส่วนการขยายแทน โดยสัดส่วนการขยายเป็นสัดส่วนของขนาดของร่องแม่พิมพ์และขนาดของชิ้นงานหลังการเผาผนึก ซึ่งสัดส่วนการขยายสามารถกำหนดได้ตามสมการ (2) [3]

$$S = \frac{L_0}{L} \quad (2)$$

โดยที่ S คือ สัดส่วนการขยาย

สำหรับอัตราการหดตัวเชิงเส้นนิยมใช้ระหว่างการควบคุมกระบวนการผลิต ส่วนสัดส่วนการขยายนิยมใช้ระหว่างการออกแบบแม่พิมพ์ ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของร่องแม่พิมพ์สามารถคำนวณได้ง่ายจากขนาดชิ้นงานที่ต้องการ โดยการคูณค่าสัดส่วนการขยายกับขนาดของชิ้นงานที่ต้องการดังแสดงในสมการ (3)

$$L_0 = SL \quad (3)$$

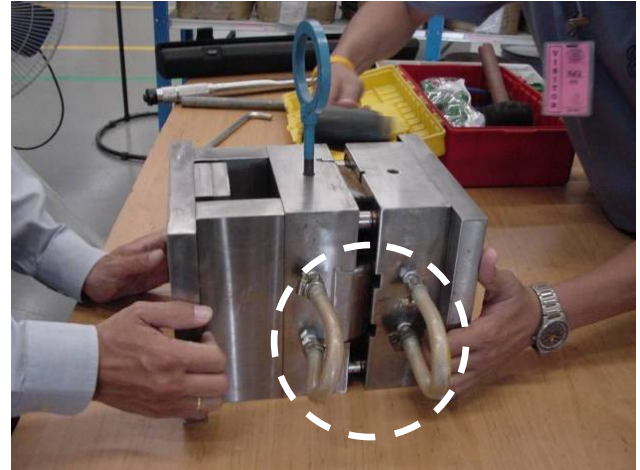
โดยอัตราการหดตัวเชิงเส้นและสัดส่วนการขยายมีความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการ (4)

$$S = \frac{1}{1 - \frac{\delta}{100}} \quad (4)$$

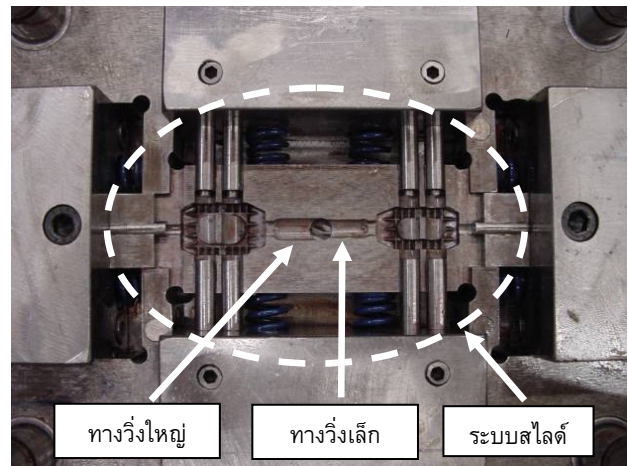
จากอัตราการหดตัวเชิงเส้นร้อยละ 13.75 จะได้สัดส่วนการขยายเท่ากับ 1.1594 ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้ไปทำการคำนวณตามสมการ (3) เพื่อหาขนาดของร่องแม่พิมพ์ในการออกแบบแม่พิมพ์ได้

รูปที่ 5 แสดงลักษณะภายนอกของแม่พิมพ์สำหรับฉีดขึ้นรูป Cage ซึ่งมีระบบน้ำร้อนหมุนเวียนภายในแม่พิมพ์ทั้งสองส่วนเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิที่ฉีดแข็งตัวเร็วเกินไปและแยกชั้นขณะที่ยังฉีดไม่เต็มร่องแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นส่วนที่แตกต่างจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในรูปที่ 6 แสดงระบบภายในทั้งสองส่วนของแม่พิมพ์ ซึ่งมีระบบสไลด์ (Slide) ภายในแม่พิมพ์เพื่อทำให้เกิดรูตามที่ต้องการ สำหรับแม่พิมพ์ที่ผลิตนี้มีร่องแม่พิมพ์สำหรับฉีดที่มีขนาดแตกต่างกัน 2 ขนาด เนื่องจากปริมาตรของร่องแม่พิมพ์ทั้งสองไม่เท่ากัน ในการทำให้ร่องแม่พิมพ์ทั้งสองเต็มพร้อมกันและป้องกันการอัดแน่นเกินไปในร่องแม่พิมพ์ที่มีขนาดเล็ก

กว่า ได้มีการใช้เทคนิคทางวิ่ง (Runner) ต่างขนาดเพื่อสร้างสมดุลในการฉีด (Balancing runner) โดยร่องแม่พิมพ์ที่มีปริมาตรใหญ่กว่าจะมีขนาดของทางวิ่งใหญ่กว่าด้วย เพื่อให้เนื้อวัสดุที่ไหลผ่านมีปริมาณที่มากกว่า



รูปที่ 5 ระบบน้ำร้อนหมุนเวียนภายในแม่พิมพ์สำหรับฉีดขึ้นรูป Cage



รูปที่ 6 ระบบสไลด์และทางวิ่งภายในแม่พิมพ์สำหรับฉีดขึ้นรูป Cage

3.3 ความแตกต่างระหว่างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปโลหะ

หลังจากการผลิตแม่พิมพ์ได้ทำการทดสอบการฉีด ซึ่งในการฉีดต้องมีการตั้งค่าตัวแปรในการฉีด เช่น เวลาในการฉีด เวลาในการเย็นตัวในแม่พิมพ์ ความเร็ว ความดัน และ อุณหภูมิในการฉีด รวมทั้งอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้เหมาะสม และไม่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในชิ้นงาน แต่พบว่าเกิดปัญหาหลายอย่างจากแม่พิมพ์จึงต้องนำแม่พิมพ์กลับไปแก้ไขหลายครั้ง และสรุปปัญหาพร้อมแนวทางแก้ไขที่พบได้ดังนี้

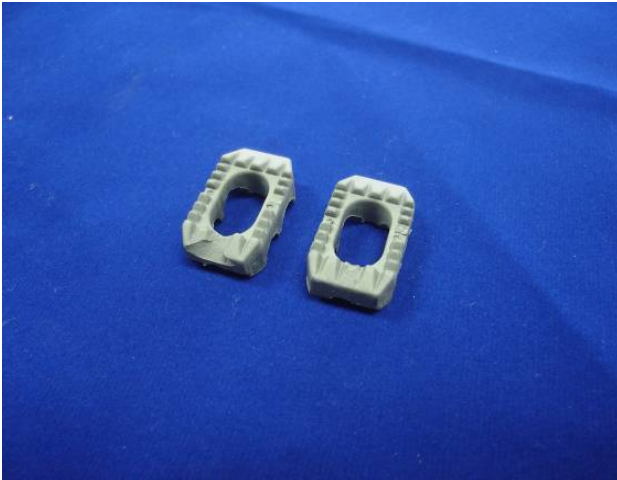
3.3.1 ชิ้นงานแตกและมีพื้นบางซีกหักติดแม่พิมพ์เมื่อปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

เนื่องจากชิ้นงานฉีดมีความเปราะจากการที่มีปริมาณผงโลหะและวัสดุประสานกลุ่มเทอร์โมพลาสติกผสมกันอยู่ ซึ่งแตกต่างจากชิ้นงานพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นสูง ชิ้นงานแตกเกิดจากแรงเสียดทาน

ระหว่างแม่พิมพ์และชิ้นงาน และแกนสไลด์บางส่วนที่ไปเกี่ยวชิ้นงาน ตอนถอยแกนสไลด์ระหว่างเปิดแม่พิมพ์เพื่อนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 7 ได้ทำการแก้ไขโดยการนำแม่พิมพ์ไปขัดผิวให้มีความเรียบระดับผิวกระจก (Mirror finish) และแก้แกนสไลด์ให้ตรง

3.3.2 ทางเข้า (Gate) หักหลังจากกระทุ้งชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

เนื่องจากชิ้นงานมีน้ำหนักมากและทางเข้ามีขนาดเล็กไม่สามารถรับน้ำหนักของชิ้นงานได้ (ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปโลหะผงมีความเปราะไม่สามารถปล่อยให้ตกพื้นได้เหมือนชิ้นงานฉีดพลาสติก) ดังแสดงในรูปที่ 8 จึงได้ทำการแก้ไขโดยเพิ่มขนาดทางเข้าให้ใหญ่ขึ้น



รูปที่ 7 ลักษณะการแตกและพื้นบางซี่หักของชิ้นงาน Cage



รูปที่ 8 ลักษณะการหักของทางเข้าของชิ้นงาน Cage

3.3.3 ก้านสปรู (Sprue) หักติดแม่พิมพ์

เนื่องจากลักษณะของก้านสปรูที่มีขนาดยาวและเรียวยาวเหมือนสปรูสำหรับฉีดพลาสติกทั่วไป ทำให้มีความเสียดทานระหว่างแม่พิมพ์และสปรูมาก แก้ไขโดยการทำให้หัวฉีด (Nozzle) พุ่งเข้าไปในแม่พิมพ์มากขึ้นเพื่อทำให้ก้านสปรูสั้นลง โดยได้แสดงลักษณะของก้านสปรูก่อนและหลังแก้ไขในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ลักษณะของก้านสปรูก่อนแก้ไข (ล่าง) และหลังแก้ไข (บน)

3.3.4 เกิดครีบ

เนื่องจากเทอร์โมพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุประสานมีส่วนผสมของเทอร์โมพลาสติกหลายชนิดที่มีจุดหลอมเหลวแตกต่างกัน ส่งผลให้ที่อุณหภูมิฉีดมีพลาสติกบางตัวมีความหนืดต่ำมาก สามารถไหลได้ดี ส่งผลให้เกิดครีบได้ง่ายดังแสดงในรูปที่ 10 สำหรับแนวทางการแก้ไขคือการลดช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบแม่พิมพ์ (Clearance) ให้น้อยลงเพื่อป้องกันการเกิดครีบ



รูปที่ 10 ลักษณะการเกิดครีบของชิ้นงาน Cage

หลังจากที่ได้แก้ไขแม่พิมพ์หลายครั้งจนได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพที่ดีจนสามารถฉีดชิ้นงานออกมาได้อย่างสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 11

3.4 ลักษณะชิ้นงาน Cage ที่ผลิตได้

เมื่อนำชิ้นงานที่ได้หลังทำการฉีดไปเข้ากระบวนการกำจัดวัสดุประสานและเฟาเมติก จะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะที่ดี มีความสม่ำเสมอและความหนาแน่นหลังการเผาที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันที่ 7.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือมีความหนาแน่นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 96.3 ซึ่งความหนาแน่นของชิ้นงานฉีดขึ้นรูปโลหะผงเป็นดัชนีชี้วัดที่ดีที่จะแสดงระดับของสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน โดยทั่วไปชิ้นงานที่มีความหนาแน่นสูงจะมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี [5] สำหรับขนาดของชิ้นงานหลัง

การเผาพบว่ามีการหดตัวในทุกด้านเมื่อเทียบกับชิ้นงานก่อนการเผาผืนิก ดังแสดงในรูปที่ 12



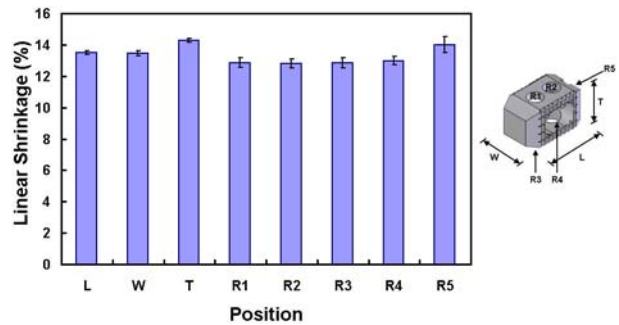
รูปที่ 11 ชิ้นงาน Cage ที่สมบูรณ์หลังการฉีด



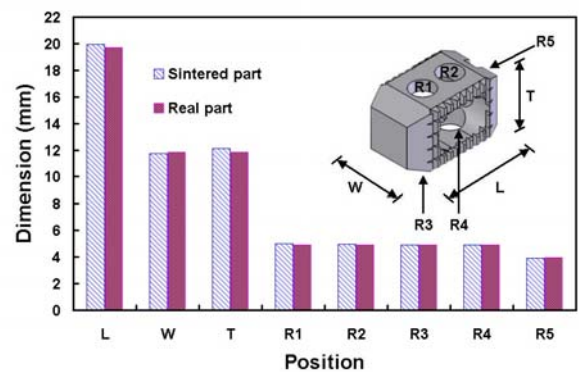
รูปที่ 12 การเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงาน Cage ก่อนการเผา (ซ้าย) และ หลังการเผาผืนิก (ขวา)

งานวิจัยนี้ได้มีการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงานที่ผลิตได้กับขนาดจริงที่ต้องการ โดยมีการวัดอัตราการหดตัวเชิงเส้นของชิ้นงานในแต่ละตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 13 พบว่ารูทั้งสี่รูที่มีขนาดเท่ากันและอยู่ในทิศทางเดียวกัน (R1, R2, R3 และ R4) มีการหดตัวใกล้เคียงกันมาก และโดยปกติแล้วจะหดตัวน้อยกว่าแนวเชิงเส้นเล็กน้อยเนื่องจากแรงต้านในแนวนอนมี สำหรับรู (R5) มีการหดตัวมากกว่ารูอื่น จากการสังเกตพบคือรูนี้มีขนาดเล็กกว่าและอยู่คนละแนวกับรูอื่น ในด้านความสูง (T) จะมีการหดตัวมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ในด้านความสูงจะมีความแตกต่างมากที่สุดเช่นเดียวกัน เนื่องจากอิทธิพลของแรงดึงดูดของโลก ทำให้มีการหดตัวมากกว่าด้านอื่น ความแตกต่างนี้สามารถปรับปรุงให้น้อยลงได้ด้วยการปรับอุณหภูมิสูงสุดในการเผาผืนิก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของชิ้นงานเล็กน้อย แต่ที่เราสามารถควบคุมขนาดของชิ้นงานให้อยู่ในช่วง ± 0.3 มม. ถือว่าเป็นที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานของชิ้นส่วนนี้จึงไม่จำเป็นต้องปรับการเผาผืนิก และจากการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงานหลังการเผาผืนิกและขนาดของชิ้นงาน

จริงที่ต้องการ จะเห็นว่าชิ้นงานที่ผลิตได้มีขนาดใกล้เคียงกับที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 13 การหดตัวเชิงเส้นที่ตำแหน่งต่างๆของชิ้นงาน Cage



รูปที่ 14 เปรียบเทียบขนาดของชิ้นงาน Cage หลังการเผาผืนิก และขนาดของชิ้นงานจริงที่ต้องการ



รูปที่ 15 เปรียบเทียบ (ก) ชิ้นงาน Cage ก่อนการทดสอบและ (ข) ชิ้นงาน Cage ที่เสียรูปร่างการที่ 8 กิโลนิวตัน

ชิ้นงานที่ผลิตได้ขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการแล้วนั้นจำเป็นต้องมีสมบัติเชิงกลที่ดีและสม่ำเสมอ เนื่องจากลักษณะการใช้งานของวัสดุรองรับหมอนรองกระดูกสันหลังเพื่อเชื่อมต่อจะถูกใช้งานเพื่อรับแรงกดเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนั้นชิ้นงานที่ผลิตได้จึงถูกนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลโดยการกด พบว่าชิ้นงานเกิดการเสียรูปร่างการที่ 8 กิโลนิวตัน ดังแสดงในรูปที่ 15 แต่ในทางปฏิบัติแล้วชิ้นงานจะรับแรงกดเพียงที่ 0.75 และ 2 กิโลนิวตัน โดยแรง 0.75 กิโลนิวตันเทียบเท่ากับน้ำหนักเฉลี่ยของมนุษย์ และที่แรง 2 กิโลนิวตันเป็นแรงสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากมีความแรง เช่น อุบัติเหตุ [6] ซึ่งจากการทดสอบที่

แรงดังกล่าวพบว่าชิ้นงานที่ผลิตได้มีการเสียรูปแบบพลาสติกเพียงเล็กน้อย คือไม่มีการเสียรูปถาวร

4. สรุป

การออกแบบแม่พิมพ์สำหรับผลิตต้นแบบวัสดุสำหรับรองแทนหมอนรองกระดูกสันหลังเพื่อเชื่อมข้อด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L นั้น สิ่งสำคัญคือการใช้ค่าอัตราการหดตัวและสัดส่วนการขยายของวัสดุให้เหมาะสมในแต่ละด้านของชิ้นงาน เพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นงานที่ออกมาใกล้เคียงกับขนาดจริง โดยต้องคำนึงถึงการหดตัวตามแนวตั้งของชิ้นงานที่มีความสูงมากซึ่งได้รับอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงโลก ทำให้มีการหดตัวมากที่สุด ส่วนการทำแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปโลหะผงควรจะขัดผิวหน้าของแม่พิมพ์ให้เรียบระดับผิวกระจกตั้งแต่แรกเพื่อลดการเกิดปัญหาที่ตามมา สำหรับต้นแบบที่ผลิตได้มีความสม่ำเสมอดี สามารถควบคุมให้ขนาดมีความเที่ยงตรงในระดับที่ดี รวมทั้งมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันไทย-เยอรมันสำหรับทุนวิจัยตามโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ยุทธศาสตร์การพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อความเป็นเลิศเฉพาะทาง และบริษัทร่วมโครงการวิจัย พี พี เอ็ม ซี (ประเทศไทย)

เอกสารอ้างอิง

- [1] German R.M. and A. Bose, "Injection Molding of Metals and Ceramics", MPIF, New Jersey, 1997.
- [2] Solco biomedical (www.solco.co.kr)
- [3] German, R., M., Powder Injection Molding – Design and Application, Innovation Material Solutions, Inc., US, 2003
- [4] Chotika, R., Punna, A., Shoosiri, C., Muenya N., Amoran, S., Kittinantapol, W., Carmai J., Manonukul, A., (2006), Study of sintering parameters of MIM stainless steel 316L, Asian Symposium on Materials and Processing 2006, Bangkok, Thailand, pp. 62
- [5] German R.M., "Powder Metallurgy Science", 2nd edition, MPIF, New Jersey, 1994.
- [6] C.Got, J.Y.Foret-Bruno, X.Trosseille, Jean-Yves Le Coz, F.Bendjella, C.Steyer, T.Phalempin, D.Villeforceix, P. Dandres (1998), Thoracic Injury Risk in Frontal Car Crashes With Occupant Restrained With Belt Load Limiter, Stapp Car Crash Conference, November 1998, Tempe, AZ, USA