

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลหะจำรูปคือโลหะผสมที่มีสมบัติการคืนรูปร่างได้ด้วยกระบวนการทางความร้อนภายหลังจากถูกทำให้เสียรูปอย่างถาวรด้วยแรงกล สมบัติการจำรูปถูกนำไปใช้ในการประดิษฐ์คิดค้นและออกแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ไม่ว่าจะเป็นในวงการแพทย์ การทหาร หุ่นยนต์ และอากาศยาน เป็นต้น กลไกของปรากฏการณ์จำรูปอธิบายได้โดยกลไกของการเปลี่ยนเฟสแบบมาร์เทนไซต์ (1,2)

เนื่องจากโลหะจำรูปสามารถให้แรงจากการคืนรูปต่อน้ำหนักสูง ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นตัวกระตุ้นแทนระบบเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถทำงานได้อย่างปราศจากเสียงและประหยัดเนื้อที่กว่าระบบตัวกระตุ้นแบบดั้งเดิม โลหะจำรูปบางระบบมีความสามารถต้านทานการกัดกร่อนดีเลิศและมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพสูงทำให้สามารถนำไปใช้ในร่างกายมนุษย์ได้โดยไม่มี การต่อต้าน สมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของโลหะจำรูปคือ superelasticity ซึ่งเกิดขึ้นในสถานะที่ อุณหภูมิใช้งานสูงกว่าอุณหภูมิคืนรูปทำให้โลหะจำรูปออกแรงคืนรูปด้วยแรงที่คงที่โดยไม่มีการเสีย รูปอย่างถาวรเกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานบางประเภทได้อย่างเหมาะสม เช่น ทำเป็นลวดดัดฟัน ด้วยสมบัติเด่นหลายประการของโลหะจำรูปทำให้ความต้องการโลหะจำรูปมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นใน อนาคต อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตโลหะจำรูปมีข้อจำกัดหลายประการซึ่งทำให้การผลิตโลหะจำรูป ให้มีอุณหภูมิการคืนรูปตามต้องการอย่างแม่นยำเป็นไปได้ยากและมีต้นทุนสูง จึงจำเป็นต้องมีการ วิจัยเพื่อศึกษาในขั้นมูลฐาน เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยและผลิตในอนาคต

โลหะผสมหลายระบบที่สามารถแสดงปรากฏการณ์การจำรูป เช่น Ni-Ti, Cu-Al-Zn และ Au-Cd เป็นต้น อย่างไรก็ตาม NiTi เป็นโลหะผสมระบบหนึ่งที่สามารถแสดงปรากฏการณ์จำรูปได้ ซึ่ง โลหะจำรูป NiTi เป็นโลหะจำรูปที่ได้รับความสนใจมากที่สุดระบบหนึ่ง เนื่องจากโลหะจำรูป NiTi มีความเครียดที่ได้จากการคืนรูป (recovery strain) สูง (1,2,3,4) มีความสามารถเข้ากันได้ทาง ชีวภาพ (biocompatibility) ที่ดี (3,4), ความเค้นคืนรูป (recovery stress) สูง (2,3) และมีอุณหภูมิ การเปลี่ยนเฟสที่ไม่สูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิห้องนัก (3) ด้วยสมบัติที่ดีดังกล่าวทำให้ NiTi ถูกนำไปใช้ งานอย่างแพร่หลายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยเฉพาะสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดีทำให้โลหะ จำรูป NiTi ถูกนำไปใช้งานทางการแพทย์อย่างมาก

อย่างไรก็ดีโลหะจำรูป NiTi มีข้อจำกัดหลักในขั้นตอนกระบวนการผลิต เนื่องจากสาเหตุหลัก 3 ประการได้แก่ การควบคุมส่วนผสมทางเคมี การขึ้นรูปเย็น และราคาของวัตถุดิบ โลหะจำรูป NiTi เป็นสารประกอบเชิงโลหะที่มีส่วนผสมทางเคมี 50/50 atom% ซึ่งถ้ามีความคลาดเคลื่อนของส่วนผสมทางเคมีเพียงเล็กน้อยจะทำให้มีผลต่อสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการปรากฏการณ์จำรูปเป็นอย่างมาก ความคลาดเคลื่อนของ Ni เพียงเล็กน้อยจะทำให้อุณหภูมิการเปลี่ยนเฟสเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก (2) สำหรับการขึ้นรูปเย็น ถึงแม้ว่าโลหะจำรูป NiTi จะเป็นสารประกอบเชิงโลหะแต่มีความเหนียว จึงทำให้สามารถขึ้นรูปเย็นได้ แต่ว่าโลหะจำรูปจะไม่สามารถแสดงปรากฏการณ์จำรูปได้หากไม่มีการทำกระบวนการทางกลและความร้อนเพื่อเปลี่ยนแปลงเฟสภายในชิ้นงานให้กลับไปเป็นเฟสแม่ ซึ่งการทำกระบวนการทางกลและความร้อนมีความยุ่งยากและสิ้นเปลือง อีกทั้งยังอาจมีผลต่อสมบัติของโลหะจำรูปที่ได้ ดังนั้นถ้าหากสามารถขึ้นรูปโลหะจำรูปให้เป็นรูปร่างสุดท้ายที่ต้องการได้ในขั้นตอนเดียวจะช่วยลดต้นทุน เวลา และการสูญเสียวัตถุดิบซึ่งมีราคาแพงไปได้มาก

กระบวนการดั้งเดิมของการผลิตโลหะจำรูป NiTi ได้แก่กระบวนการหล่อหลอม ซึ่งต้องประสบกับข้อจำกัดต่าง ๆ ข้างต้นทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นการควบคุมส่วนผสมทางเคมีให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันตลอดชิ้นงาน เนื่องมาจากการเย็นตัวของโลหะจะมีการเกิด microsegregation ทำให้โลหะที่เย็นตัวก่อนและหลังมีส่วนผสมทางเคมีไม่เท่ากัน นอกจากนี้ในการหลอมอาจมีการเกิด oxidation ซึ่งทำให้สูญเสียธาตุบางตัวในโลหะหลอมเหลวไปบางส่วน ทำให้ส่วนผสมทางเคมีคลาดเคลื่อนไปจากที่ต้องการและควบคุมได้ยาก เมื่อได้โลหะจำรูปที่แข็งตัวจากการหล่อแล้วชิ้นงานจำเป็นต้องถูกนำไปขึ้นรูปเย็นในภายหลังแล้วทำกระบวนการทางกลและความร้อน เพื่อให้โลหะจำรูปจดจำรูปร่างสุดท้ายหลังจากถูกขึ้นรูปแล้ว และในบางครั้งก็จำเป็นต้องมีการกลึง ไส กัด เจาะ เชื่อม ให้กับชิ้นงาน ซึ่งทำได้โดยปราศจากผลกระทบต่อสมบัติการจำรูปได้ยากมาก ดังนั้นกระบวนการโลหะผงจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตโลหะจำรูป NiTi เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้หรือใกล้เคียงรูปร่างสุดท้ายของชิ้นงานที่ต้องการทำให้ลดขั้นตอนการขึ้นรูปและลดการสูญเสียวัตถุดิบไปได้มากและสามารถได้ส่วนผสมทางเคมีที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันตลอดชิ้นงานได้โดยกระบวนการแพร่ในสภาพของแข็งในขั้นตอนการเผาประสาน ดังนั้นโลหะจำรูปที่ได้จากกระบวนการโลหะผง จึงน่าจะสามารถควบคุมอุณหภูมิการขึ้นรูปได้มากกว่ากระบวนการหล่อหลอม นอกจากนี้โลหะจำรูปที่ได้จากกระบวนการโลหะผงจะมีความพรุนซึ่งสามารถนำไปใช้งานทางการแพทย์ได้เป็นอย่างดีเพราะโครงสร้างที่พรุนมีลักษณะคล้ายกับกระดูกของมนุษย์ซึ่งสามารถให้ของเหลวในร่างกายแพร่ผ่านได้ (4) อย่างไรก็ตามโครงสร้างที่มีลักษณะพรุนที่ได้จากกระบวนการโลหะผงทำให้ความแข็งแรงของโลหะจำรูป NiTi ที่ได้ลดลง (3,5) จากลักษณะทางโครงสร้างและทางเคมีที่แตกต่างของกันของโลหะจำรูปที่ได้จากกระบวนการโลหะผงทำให้มีสมบัติด้านต่าง ๆ แตกต่างไปจากโลหะจำรูป NiTi ที่ได้จากกระบวนการ

หล่อหลอม จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้คือศึกษาอิทธิพลของของพารามิเตอร์ในการเตรียมต่อการเปลี่ยนเฟสของโลหะจำรูป NiTi

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เตรียมโลหะจำรูป NiTi โดยกระบวนการโลหะผงและศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ในการเตรียมต่อการเปลี่ยนเฟสของโลหะจำรูป NiTi

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 โลหะจำรูปที่ผลิตเป็นโลหะผสมระหว่าง Ni และ Ti โดยกระบวนการที่สนใจคือกระบวนการโลหะผงที่ใช้สารตั้งต้นเป็นโลหะผง Ni และ Ti บริสุทธิ์

1.3.2 ตัวแปรของกระบวนการที่ต้องการศึกษาได้แก่

1.3.2.1 อุณหภูมิการเผาประสาน

1.3.2.2 เวลาในการเผาประสาน

1.3.2.3 ส่วนผสมทางเคมี

1.3.3 สมบัติของโลหะจำรูปที่ทำการทดสอบได้แก่

1.3.3.1 อุณหภูมิการเปลี่ยนเฟส

1.3.3.2 โครงสร้างจุลภาค

1.3.3.3 วิเคราะห์เฟส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบอิทธิพลของพารามิเตอร์ที่มีต่อการผลิตโลหะจำรูป NiTi และอุณหภูมิการเปลี่ยนเฟสของโลหะจำรูป NiTi ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย