

Project Code : MRG4880196

Project Title : การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในกระบวนการดิ่งลวดโลหะผสมจำรูป

Investigator : ผศ.ดร. อนรรฆ ชันชะวณะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผศ.ดร. อธิพิณ เตียววณิชย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร. คิม ฮี ยอง มหาวิทยาลัยทสึคุบะ ประเทศญี่ปุ่น

E-mail Address : anak.kha@kmutt.ac.th

Project Period : มิถุนายน 2548 ถึง ธันวาคม 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของกระบวนการดิ่งลวดโลหะผสมจำรูปหน้าตัดกลม เพื่อลดต้นทุนในการส่งชิ้นงานเข้ามาใช้จากต่างประเทศ โดยได้เตรียมชิ้นงานทั้งหมด 4 ชนิดคือ $Ti_{49}Ni_{51}$ (at.%), $Ti_{50}Ni_{47}Cu_3$ (at.%), $Ti_{50}Ni_{40}Cu_{10}$ (at.%) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm. และ $Ti_{50}Ni_{43}Cu_7$ (at.%) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm. ได้นำเอาวัสดุที่เตรียมไว้มาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลโดยการทำ Tensile test เมื่อทราบคุณสมบัติทางกลของวัสดุแล้ว หลังจากนั้น เพื่อให้กระบวนการดิ่งทำได้ง่ายขึ้นจึงได้นำเอาวัสดุทุกชนิดมาทำการอบที่อุณหภูมิในช่วงตั้งแต่ 300 – 800 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติอย่างละเอียดอีกครั้งคือ คุณสมบัติทางกล ความแข็ง อุณหภูมิเปลี่ยนเฟส โครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมี เพื่อให้ได้เงื่อนไขของกระบวนการทางความร้อนที่ดีที่สุดก่อนทำการดิ่ง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติต่างๆหลังทำการอบแล้ว ทำให้ทราบอุณหภูมิการอบที่มีความเหมาะสมที่สุดในการดิ่ง ซึ่งมองได้จากค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของวัสดุที่มีค่ามากที่สุด และส่วนผสมทางเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดของการอบเพื่อทำการดิ่งลวดนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 550-600 องศาเซลเซียส โดยไม่ขึ้นกับชนิดหรือส่วนผสมของวัสดุ

สำหรับกระบวนการดิ่ง ได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ที่เหมาะสมในการดิ่งลวด โดยเปลี่ยนอัตราการลดขนาดหน้าตัดและมุมไหลเข้าของแม่พิมพ์ที่มีค่าต่าง ๆ กัน โดยผลที่ได้พบว่าควรออกแบบแม่พิมพ์ให้มีมุมไหลเข้า 28 องศา จะทำให้ใช้แรงในการดิ่งน้อยที่สุดโดยไม่ขึ้นกับอัตราส่วนการลดขนาดหน้าตัด นอกจากนี้ได้พบว่ากระบวนการลดขนาดหน้าตัดของชิ้นงานเพื่อสอได้สีก่อนที่จะทำการดิ่งผ่านแม่พิมพ์นั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพของการดิ่งลวด จึงได้ศึกษาวิธีและทำการลดขนาดหน้าตัดชิ้นงานด้วยวิธีการเจียรระไน การกัดด้วยกรด และการทำ Swaging สำหรับสารหล่อลื่นนั้น ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารหล่อลื่นที่มีผลต่อแรงที่ใช้ในกระบวนการดิ่งลวดและความสามารถในการดิ่งลวด โดยได้ศึกษาสารหล่อลื่น 2 ชนิดคือ ISOCUT 570-A ซึ่งเป็นสารหล่อลื่นชนิดของเหลว และ Sodium Stearate ซึ่งเป็นสารหล่อลื่นชนิดแวกซ์ของแข็ง โดยเงื่อนไขที่ดีที่สุดก็คือเลือกใช้สารหล่อลื่นชนิด Sodium stearate และลดขนาดหน้าตัดโดยวิธีการ Swaging ซึ่งทำให้การดิ่งนั้นประสบความสำเร็จสูงที่สุด หลังผ่าน

กระบวนการดึงลวดแล้วสังเกตเห็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเปลี่ยนเฟสและค่าความแข็งของชิ้นงานที่อัตราส่วนการลดขนาดต่างๆกันได้อย่างชัดเจน และได้นำเอาลวดที่ผ่านการดึงมาทดสอบสมบัติการเปลี่ยนเฟส และการจำรูป ซึ่งทำให้ทราบว่าที่เปอร์เซ็นต์การลดขนาดของลวดที่ 15 % นั้น มีการเปลี่ยนเฟสเกิดขึ้นให้เห็นหลังกระบวนการดึงบ้าง แต่ไม่ชัดเจนนัก ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การลดขนาดของลวดที่ 25 % นั้น ไม่สามารถพบการเปลี่ยนเฟสในลวดหลังกระบวนการดึงได้ ซึ่งในการที่จะทำให้อลวดมีสมบัติการจำรูปตามที่ต้องการได้นั้น ต้องมีการนำมาผ่านกระบวนการความร้อนที่ 350 องศาเซลเซียสอีกครั้งหนึ่ง

Keywords : โลหะผสมจำรูป, TiNi, กระบวนการดึงลวด

Abstract

The purpose of this research is to study the optimum condition for wire drawing of circular shape memory alloy wires. 4 types of specimens were prepared ; $Ti_{49}Ni_{51}$ (at.%), $Ti_{50}Ni_{47}Cu_3$ (at.%), $Ti_{50}Ni_{40}Cu_{10}$ (at.%) wire with diameter of 1 mm and $Ti_{50}Ni_{43}Cu_7$ (at.%) wire with diameter of 0.5 mm. Mechanical properties of each specimen were evaluated by tensile test. In order to clarify the effect of heat-treatment temperature on draw ability, the heat-treatment was carried out at temperature ranging from 300 to 800 °C. After heat-treatment, tensile properties, hardness, transformation temperatures, microstructure and chemical compositions were investigated. It is obviously shown that heat-treatment temperature at 550 to 600 °C reveals the most effective condition for wire drawing due to a large percentage of elongation and homogeneity of chemical composition.

For wire-drawing process, the dies were designed with various reduction ratio and approached angles. It is seen that die with approached angle of 28 degree was the optimum because the lowest drawing force was obtained irrespective of reduction ratio. Moreover, it is found that the method of reducing cross-sectional area before inserting into the die is very important to the efficiency of wire-drawing process. Thus, the milling process, chemical etching process and swaging process were compared with two types of lubricant; ISOCUT 570-A oil and Sodium Stearate soap. The results showed that the swaging process with Sodium Stearate soap is the best condition. After wire-drawing, the clear relationship between transformation temperatures and hardness of the wire was seen. The shape memory properties of each drawn wire were anew evaluated. The martensite transformation can be partially confirmed in a 15% reduction specimen while almost none of martensitic transformation can be confirmed in a 25%

reduction specimen. In order to increase the transformation temperatures of all specimens, on the other word, in order to reveal the shape memory effect and pseudoelasticity of a drawn wire, the post heat-treatment at temperature of 350 °C was carried out.

Keywords : Shape memory alloys. TiNi, Wire drawing