# ASSESSMENT OF MECHANICAL PROPERTIES AND TRANSFORMATION BEHAVIOR OF LOCALLY-MADE NI-TI ALLOYS USED IN ORTHODONTICS

**NATTIREE CHIRANAVANIT**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT**
**OF THE REQUIREMENTS FOR**
**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE**
**(ORTHODONTICS)**
**FACULTY OF GRADUATE STUDIES**
**MAHIDOL UNIVERSITY**
**2008**

**COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

Copyright by Mahidol University

การประเมินสมบัติทางกลและการเปลี่ยนแปลงเฟสของโลหะผสมนิกเกิลไทเทเนียมที่ผลิตขึ้นเอง สำหรับใช้งานทางทันตกรรมจัดฟัน (ASSESSMENT OF MECHANICAL PROPERTIES AND TRANSFORMATION BEHAVIOR OF LOCALLY-MADE NI-TI ALLOYS USED IN ORTHODONTICS

ณัฐฐิรีย์ ชีรณวาณิช 4937190 DTOD/M

วท.ม. (ทันตกรรมจัดฟัน)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุรชัย เดชคุณากร, Dip. In Ortho., นิวัต อนุวงศ์นุเคราะห์, Dip. In Ortho., อนรรฆ ขันธะชวนะ, D. Eng.

**บทคัดย่อ**

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินคุณสมบัติทางกลและการเปลี่ยนเฟสของโลหะผสมนิกเกิล-ไทเทเนียม 50.7Ni-49.3Ti (at%) (NT) และ 45.2Ni-49.8Ti-5.0Cu (at%) (NTC) ที่ได้รับการขึ้นรูปด้วยการรีดเย็นที่ระดับการรีดลดความหนาที่ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แล้วอบภายใต้บรรยากาศแก๊สอาร์กอนที่อุณหภูมิ 400 และ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลาหนึ่งชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย Energy-dispersive X-ray sectroscope วิเคราะห์อุณหภูมิการเปลี่ยนเฟสด้วย Differential Scanning Calorimeter (DSC) วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลด้วยการทดสอบแรงดึงและแรงกดแบบสามจุดด้วย Universal Testing Machine (Instron) และทดสอบความแข็งแรงผิวด้วย Vickers hardness tester ศึกษาลักษณะโครงสร้างเกรนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงและศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยX-ray Diffractometer (XRD) และใช้ค่าสถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาพบว่า NT ประกอบด้วย Ni 47.65 at%, Ti 52.01 at% และ Si 0.20 at% ส่วน NTC ประกอบด้วย Ni 41.94 at%, Ti50.21 at%, Cu 7.56 at% และ Si 0.29 at% จากการทดสอบแรงกดสามจุด พบว่า NTC ที่ได้รับการอบที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสมีการคืนกลับแบบยืดหยุ่นยิ่งยวด ส่วน NT ที่ได้รับการรีดลดความหนา 30 เปอร์เซ็นต์ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสมีการคืนกลับแบบยืดหยุ่นยิ่งยวดบางส่วน สำหรับการจำรูป NTC ที่ได้รับการอบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มแสดงความยืดหยุ่นยิ่งยวดที่อุณหภูมิช่องปาก ถ้าสามารถกำหนดให้อุณหภูมิออสเตไนท์สิ้นสุดที่ระดับต่ำกว่า 26-30 องศาเซลเซียสเล็กน้อย ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่าความแข็งแรงผิวจะเพิ่มขึ้นตามระดับการรีดลดความหนาที่เพิ่มขึ้น ส่วนอัตราส่วนการยืดตัวจะลดลง เกรนของชิ้นงานมีขนาดเฉลี่ย 50-80 ไมโครเมตร ในการปรับปรุงคุณสมบัติความยืดหยุ่นยิ่งยวดและการจำรูปให้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิในการเปลี่ยนเฟสให้ต่ำกว่าอุณหภูมิช่องปาก ซึ่งอาจทำได้โดยการเพิ่มระดับการรีดลดความหนาให้มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ หรือเพิ่มนิกเกิลหรือทองแดงในส่วนผสมอีกเล็กน้อย

จากการศึกษาพบว่าโลหะผสมนิกเกิล-ไทเทเนียมทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันทั้งการเปลี่ยนเฟสและคุณสมบัติทางกล ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมี ระดับการขึ้นรูป และอุณหภูมิการอบ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการผลิตโลหะผสมนิเกิล-ไทเทเนียมสำหรับใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันต่อไป

117 หน้า

Copyright by Mahidol University

ASSESSMENT OF MECHANICAL PROPERTIES AND TRANSFORMATION BEHAVIOR OF LOCALLY-MADE NI-TI ALLOYS USED IN ORTHODONTICS

NATTIREE CHIRANAVANIT 4937190 DTOD/M

M.Sc.(ORTHODONTICS)

THESIS ADVISORS: SURACHAI DECHKUNAKORN, Dip. in Ortho., NIWAT ANUWONGNUKROH, Dip. in Ortho., ANAK KHANTACHAWANA, D.Eng.

## ABSTRACT

Ni-Ti alloy wires have been widely used in clinical orthodontics because of their properties of superelasticity (SE) and shape memory effect (SME).

The purpose of this study was to assess the mechanical properties and phase transformation of 50.7Ni-49.3 Ti (at%) alloy (NT) and 45.2Ni-49.8Ti-5.0Cu (at%) alloy (NTC), both of which underwent different degrees of reduction (10%, 20% and 30 %) and then received heat treatment at 400°C or 600°C respectively. The Ni, Ti and Cu (purity 99.99%) were prepared and melted by Argon atmosphere arc furnace with a non-consumable tungsten electrode. After being sliced with wire cutting machine, the specimens were cold-rolled with a reduction ratio ranging from 10% to 30%. In order to investigate SE and SME, heat-treatment was performed for 1 h at 400°C or 600°C respectively. The specimens were examined using Energy-Dispersive X-ray Spectroscope (EDS), Differential Scanning Calorimeter (DSC), Universal Testing Machine (Instron), Vickers hardness tester, Optical Microscope (OM) and X-ray Diffractometer (XRD).

The chemical compositions were Ni 47.65at%, Ti 52.01at%, Si 0.24at% for NT, and Ni 41.94at%, Ti 50.21at%, Cu 7.56at%, Si 0.29at% for NTC. On the three-point bending test, superelastic load-deflection curve was seen in NTC heat-treated at 400°C. NT heat-treated at 400°C with 30% reduction produced a partially superelastic curve. For SME, NTC heat-treated at 600°C tended to be superelastic at the oral temperature if the $A_f$ was set slightly lower than 26°C-30°C. For tensile test, the ultimate tensile strength increased when increasing the percentage reduction. On the other hand, the percentage elongation decreased when increasing the percentage reduction. Micro-harness value increased when increasing the percentage reduction. The average grain size was typically 50-80 μm. In order to improve the superelasticity and shape memory effect, the transformation temperature range should be lower than the oral temperature, either by increasing cold-working over 30% reduction, or adding more Ni/Cu.

The results showed that locally-made Ni-Ti alloys have various transformation behaviors and mechanical properties depending on three principal factors: chemical composition, work-hardening (% reduction) and heat-treatment temperature. In order to fabricate Ni-Ti alloy used in orthodontics, these three factors should be carefully monitored. This information was valuable as a baseline data for further development of locally-made Ni-Ti alloyed used in orthodontics.

KEY WORDS: MECHANICAL PROPERTIES/ PHASE TRANSFORMATION/ LOCALLY-MADE NI-TI ALLOYS / ORTHODONTICS

117 pp.

Copyright by Mahidol University