หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ได้มีการนำลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียม (nickel-titanium alloy wire) มาใช้งานด้วยคุณสมบัติที่สำคัญคือ

1. ปรากฏการณ์จำรูป (shape memory) หมายถึงคุณสมบัติของโลหะที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปอย่างถาวร แต่มีความสามารถที่จะคืนรูปเดิมได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2. ความยืดหยุ่นยิ่งยวด (superelasticity หรือ pseudoelasticity) ที่แม้ว่าจะให้แรงกับลวดโลหะมากเท่าใดก็ทำให้ลวดโลหะมีการเปลี่ยนแปลงรูปถาวรได้ยาก ทำให้ลวดโลหะมีการคืนตัวได้ในระยะทางที่ไกล ในขณะที่ความเค้น (stress) มีค่าที่ต่ำ

แรงที่เหมาะสมในการจัดฟันคือ แรงที่มีลักษณะ light continuous force คือแรงที่ให้มีลักษณะคงที่และมีค่าน้อย[1] ซึ่งก็ตรงกับคุณสมบัติทางกลของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมที่มีความยืดหยุ่นยิ่งยวดที่ให้แรงขณะคืนตัว เป็นแรงที่มีลักษณะเกือบคงที่ และมีค่าที่ต่ำและยังเคลื่อนกลับได้เป็นระยะทางไกลกว่าเมื่อเทียบกับลวดโลหะชนิดเดิมๆ ที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน[2]

คุณสมบัติทั้งสองนี้เกิดจากการที่ลวดโลหะนิกเกิล ไทเทเนียมนั้นมีลักษณะของผลึกโลหะ 2 ชนิดในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ได้แก่ รูปผลึกในเฟสมาร์เทนไซต์ (martensitic phase) ซึ่งคงรูปอยู่ ณ อุณหภูมิระดับต่ำกว่ารูปผลึกในอีกเฟสหนึ่ง รูปผลึกนี้มีผลทำให้ลวดโลหะมีคุณสมบัติอ่อน, เปลี่ยนรูปได้ง่าย ส่วนรูปผลึกอีกรูปนั้นอยู่ในเฟสออสเทไนท์ (austenitic phase) ที่คงรูปอยู่ ณ อุณหภูมิสูงกว่า และมีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวได้ดีกว่า อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนไประหว่างเฟสทั้งสอง เรียกว่าช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟส (transitional temperature range)

ได้มีการกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมกับช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสไว้ว่า ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟส ลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมจะแสดงคุณสมบัติของการจำรูปร่างเดิม แต่ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่าช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟส ลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมจะแสดงคุณสมบัติการมีความยืดหยุ่นยิ่งยวด [3]

และจากความสัมพันธ์นี้เอง หากสามารถจัดกระทำให้ลวดโลหะนิคเกิลไทเทเนียมมีช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายมนุษย์ก็จะทำให้ลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมมีความยืดหยุ่นยิ่งยวด ณ อุณหภูมิร่างกายมนุษย์

ได้มีรายงานถึงลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมบางชนิดที่มีช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสอยู่สูงกว่าอุณหภูมิร่างกายมนุษย์เช่น Nitinol® ของบริษัท 3M/Unitek ทำให้ไม่สามารถ

แสดงคุณสมบัติของความยืดหยุ่นยิ่งยวดได้[4] แต่จากการศึกษาอื่นๆพบว่า Nitinol® ของบริษัท 3M/Unitek ไม่แสดงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงเฟสและไม่สามารถหาช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสเนื่องจากการมีความเค้นตกค้างในเนื้อโลหะจากการผลิต[5]

มีการอ้างถึงการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟส โดยพบว่าสามารถทำได้โดยใช้วิธีอบชุบด้วยความร้อน, การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนขององค์ประกอบของโลหะ และเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิต [6]

แต่เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในทางคลินิคของสาขาทันตกรรมจัดฟัน ทำให้ความสนใจของการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งในที่การปรับปรุงช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมเพื่อให้คุณสมบัติของลวดโลหะขณะใช้งานดีขึ้นโดยอาศัยการอบชุบด้วยความร้อน เนื่องจากสามารถกระทำได้สะดวกที่สุด และในการศึกษาเบื้องต้นของนักวิจัยต่างๆ [7,8,9] ก็ยังให้ผลที่แตกต่างกัน จึงเป็นจุดที่น่าสนใจอีกจุดหนึ่งของการวิจัยในครั้งนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียม ที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน 2 ขั้นตอนและผ่านการอบชุบด้วยความร้อนขั้นตอนเดียว
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการอบชุบด้วยความร้อนขั้นตอนที่ 2 กับ อุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมหลังจากอบชุบด้วยความร้อน

สมมติฐานของการวิจัย

1. มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน 2 ขั้นตอนและผ่านการอบชุบด้วยความร้อนขั้นตอนเดียว
2. อุณหภูมิการอบชุบด้วยความร้อนมีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมหลังจากอบชุบด้วยความร้อน

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมในเชิงอุณหพลศาสตร์
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางเบื้องต้นในการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. วิธีการอบชุบความร้อนในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการซึ่งเป็นการอบชุบความร้อน 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการอบชุบความร้อนเพื่อลดความเค้นที่มีอยู่ในลวด ส่วนขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการอบชุบเพื่อศึกษาผล

2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียม ที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน 2 ขั้นตอนและผ่านการอบชุบด้วยความร้อนเพียงขั้นตอนเดียว โดยใช้วิธีดิฟเฟอเรนเชี่ยล สแกนนิ่ง คาลอริเมทรี และศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการอบชุบด้วยความร้อนครั้งที่ 2 กับ อุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะ นิกเกิลไทเทเนียมหลังจากอบชุบด้วยความร้อน
3. ลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมที่ใช้ เป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท ยูนิเท็ค ชื่อทางการค้า Nitinol® ขนาด 0.016 นิ้ว

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การอบชุบด้วยความร้อนใช้วิธีการอบชุบโลหะด้วยความร้อน 2 ขั้นตอน
2. การอบชุบโลหะด้วยความร้อนขั้นตอนที่ 1 ทำเพื่อลดความเค้นที่อาจมีในเนื้อโลหะ
3. การอบชุบโลหะด้วยความร้อนขั้นตอนที่ 2 ทำเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น
4. เป็นการศึกษาในช่วงอุณหภูมิการอบชุบโลหะด้วยความร้อนขั้นตอนที่ 2 ตั้งแต่ 400 ถึง 600 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็นช่วงๆ ละ 50 องศาเซลเซียส
5. ใช้เวลาอบชุบด้วยความร้อนขั้นตอนที่ 1 เท่ากับ 15 นาที และขั้นตอนที่ 2 เท่ากับ 10 นาที
6. ใช้เครื่องดิฟเฟอเรนเชี่ยล สแกนนิ่ง คาลอริเมทรี ทดสอบอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะ นิกเกิลไทเทเนียม
7. ใช้เตาเผาพอร์ซเลนสูญญากาศ (vacuum porcelain furnace) เป็นเครื่องอบชุบโลหะด้วยความร้อน

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. ผลวิจัยไม่สามารถอ้างอิงถึงลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมชนิดอื่นที่นอกเหนือจาก Nitinol® ของ 3M /Unitek ได้
2. ผลวิจัยไม่สามารถอ้างอิงอุณหภูมิและวิธีการให้ความร้อนอื่นๆ ได้

คำจำกัดความ

ช่วงอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะ (Transition Temperature Range) ประกอบด้วย

1. อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนเฟสเป็นเฟสมาร์เทนไซต์ (martensitic start : M_s)
2. อุณหภูมิที่การเปลี่ยนเฟสเป็นเฟสมาร์เทนไซต์สิ้นสุด (martensitic finish : M_f)
3. อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนเฟสเป็นเฟสออสเทไนท์ (austenitic start : A_s)
4. อุณหภูมิที่การเปลี่ยนเฟสเป็นเฟสออสเทไนท์สิ้นสุด (austenitic finish : A_f)

มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากร

   เป็นลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมชนิดส่วนโค้งสำเร็จรูปจากบริษัทยูนิเทค ชื่อทางการค้า Nitinol® ขนาด 0.016 นิ้ว

2. กลุ่มตัวอย่าง

   เป็นลวดโลหะนิกเกิลไทเทเนียมชนิดส่วนโค้งสำเร็จรูปจากบริษัทยูนิเทค ชื่อทางการค้า Nitinol®ขนาด 0.016 นิ้วที่ได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 90 ชิ้น

3. การรวบรวมข้อมูล

   ใช้วิธีดิฟเฟอเรนเชี่ยล สแกนนิ่ง คาลอริเมทรี ทดสอบหาอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสของลวดโลหะนิกเกิล ไทเทเนียมที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อนทั้ง 1 และ 2 ขั้นตอน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

   4.1. เตาเผาพอร์ซเลนสูญญากาศ Jelenko รุ่น LT II VPF (New York , USA.)ใช้เป็นเครื่องอบชุบโลหะ ด้วยความร้อน

   4.2. เครื่องดิฟเฟอเรนเชี่ยล สแกนนิ่ง คาลอริมิเตอร์ Perkin-Elmer รุ่น DSC 7 (Connecticut , USA)

   4.3. กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด JEOL รุ่น JSM-6301S (Japan) ที่มีระบบวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอ็กซ์เรือง แบบ อี ดี เอส (energy dispersive x-ray) Lynk Ultracool (UK.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย