

กนกวรรณ อันทะนาม : การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ภายใต้การดึงในแนวแกนเดียว (MICROSTRUCTURAL EVOLUTION OF 316L STAINLESS STEEL UNDER UNIAXIAL TENSION)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ ปิยวิทย์, 63 หน้า.

คำสำคัญ: เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 316L/การแปรรูปถาวร/ลักษณะพื้นผิว/มุมสัมผัส/พลังงานพื้นผิวอิสระ

เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 316L เป็นเหล็กกล้าที่มีองค์ประกอบหลักคือ โครเมียม และนิกเกิลในปริมาณสูง มีสมบัติเด่นคือมีความแข็งแรง มีความสามารถในการขึ้นรูปด้วยวิธีทางกลได้ และมีสมบัติต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ทำให้วัสดุนี้เหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภททั้งอุตสาหกรรมเคมี อากาศยาน ยานยนต์ รวมถึงการใช้งานทางการแพทย์ เช่น การผลิตเป็นวัสดุชีวภาพทางการแพทย์ออร์โธปิดิกส์ วัสดุฝังทางทันตกรรม ล้นหัวใจเทียมและสแตนต์ในการรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น เพราะโลหะสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และมีความสามารถในการเข้ากันได้ทางชีวภาพระหว่างผิวของวัสดุและผิวสัมผัสของเนื้อเยื่อดี แต่ในขณะที่ใช้งานเป็นวัสดุฝังในร่างกายของมนุษย์ นอกเหนือจากการเกิดการกัดกร่อนจากของเหลวในร่างกายแล้ว ยังมีการรับแรงกระทำที่เกิดขึ้นจากร่างกาย ทั้งการรับน้ำหนักตัวและการเคลื่อนไหวจากการใช้ชีวิตประจำวัน ทำให้วัสดุฝังนั้นได้รับแรงกระทำอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลให้เกิดการแปรรูปถาวรและการเปลี่ยนแปลงสัณฐานพื้นผิว (surface morphology) ของวัสดุฝัง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปรากฏการณ์การยึดเกาะของเซลล์กับพื้นผิวของวัสดุ ทั้งนี้แรงกระทำต่อวัสดุฝังในแต่ละบริเวณของร่างกายไม่เท่ากัน

เหล็กกล้าไร้สนิม 316L มีโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟสออสเทนไนต์ที่มีโครงผลึกแบบ FCC เมื่อถูกแรงทางกลกระทำต่อวัสดุทั้งแรงดึงหรือแรงอัดทำให้วัสดุเกิดการแปรรูปถาวรไป การแปรรูปถาวรที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากกลไกหลายประการ เช่น การเคลื่อนที่ของดิสโลเคชัน (dislocation gliding), การเลื่อน (slip), การเคลื่อนที่ขอบเกรน (grain boundary sliding) และการเกิดระนาบแฝด (deformation twins) เป็นต้น ทั้งนี้ ยังส่งผลถึงการเปลี่ยนเฟสจากออสเทนไนต์เป็นเฟสมาเทนไซต์ได้อีกด้วย ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป การแปรรูปถาวรที่เกิดกับวัสดุทำให้เกิดลักษณะพื้นผิว (surface relief) ที่เป็นร่องรอยของการแปรรูป รวมถึงการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวเนื่องจากการเกิดการเลื่อนหรือระนาบแฝด หากสามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือจำแนกลักษณะสัณฐานที่เกิดขึ้นได้ จะนำไปสู่ความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสัณฐานพื้นผิวของวัสดุฝังในร่างกายมนุษย์ที่สัมพันธ์กับปริมาณการแปรรูปถาวรได้ งานวิจัยนี้จะศึกษาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคและการเปลี่ยนเฟสของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เมื่อได้รับแรงดึงในแนวแกนเดียวขนาดโหลดเซลล์ 50 กิโลนิวตัน ที่ปริมาณความเครียดแตกต่างกัน คือ 2, 5, 10 และ

25 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เทคนิคจุลทรรศน์ศาสตร์เป็นเครื่องมือในการจำแนกโครงสร้างจุลภาค รวมถึง
 สันฐานพื้นผิวเชิงจุลภาคและเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนเฟสที่เกิดขึ้น

สรุปได้ว่าระดับความเครียดที่สูงขึ้นจะทำให้ความหนาของพื้นผิวและจำนวนเส้นการเลี้ยว
 เพิ่มขึ้น จากผลการวัดมุมสัมผัสและการคำนวณพลังงานพื้นผิวอิสระแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความ
 หนาพื้นผิวและจำนวนเส้นการเลี้ยวให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทำให้เหล็กกล้าไร้สนิม 316L มี
 ความสามารถในการเปียกผิวที่ดีขึ้น โดยที่พลังงานพื้นผิวอิสระมีบทบาทสำคัญในการควบคุม
 พฤติกรรมของวัสดุ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาและการออกแบบวัสดุในใช้งานทางการแพทย์



สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ

ปีการศึกษา 2567

ลายมือชื่อนักศึกษา ทนทศนันท์ สันทะนาม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุภาภรณ์

KANOKWAN ANTANAM : MICROSTRUCTURAL EVOLUTION OF 316L STAINLESS
STEEL UNDER UNIAXIAL TENSION.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WARAPORN PIYAWIT, Ph.D., 63 PP.

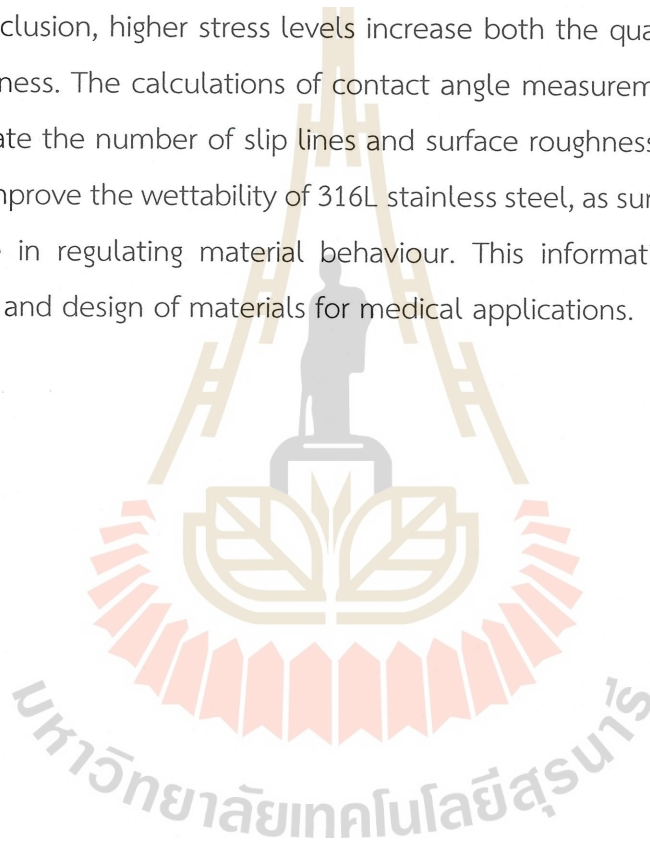
Keywords: 316l Stainless Steel/Plastic Deformation/Surface Relief/Contact Angle/
Surface Free Energy

316L austenitic stainless steel is a type of steel with high amounts of chromium and nickel. Its notable properties include high strength, favorable formability through mechanical processes, and excellent corrosion resistance. This makes the material suitable for use in various industries, including chemical, aerospace, and automotive, as well as in medical applications such as the production of orthopedic biomaterials, dental implants, and stents. Artificial heart valves and stents are used for the treatment of heart and blood vessel disease, among others. This is because 316L has excellent corrosion resistance and excellent biocompatibility between the material's surface and the tissue it contacts, making it suitable for use as an implantable material in the human body. Bodily fluids cause corrosion, but the material also undergoes forces from the body, such as body weight and movement from daily activities. This results in continuous stress on the implant, which may lead to permanent deformation and changes in the surface morphology of the material. These changes directly affect the cell adhesion process to the surface of the material. Furthermore, the forces acting on the implant vary in different areas of the body.

Stainless steel 316L's microstructure consists of an austenitic phase with a face-centred cubic (FCC) crystal structure. When subjected to mechanical forces, such as tensile or compressive stress, the material undergoes deformation. The resulting permanent deformation may occur through various mechanisms, such as dislocation gliding, twinning, grain boundary sliding, and the formation of deformation twins, among others. This can also result in a phase transformation from austenite to martensite, leading to changes in the material's physical and mechanical properties. The plastic deformation of the material causes surface relief that are signs of deformation, including alterations in surface roughness due to slip or twinning occurring. If the phenomenon or morphological characteristics that occur can be explained and

classified, it will lead to a better understanding of the changes in the surface morphology of implant materials in the human body in relation to the amount of plastic deformation. This research will study the microstructural changes and phase transformation of stainless steel 316L when subjected to uniaxial tensile stress. We will conduct load cell tests with a capacity of 50 kN using different strain levels of 2%, 5%, 10%, and 25%. The study will use microscopy techniques to classify the microstructure, including microscopic surface morphology, and X-ray diffraction to analyze the phase transformation that occurs.

In conclusion, higher stress levels increase both the quantity of slip lines and surface roughness. The calculations of contact angle measurements and surface free energy correlate the number of slip lines and surface roughness. These modifications significantly improve the wettability of 316L stainless steel, as surface free energy plays a crucial role in regulating material behaviour. This information is crucial for the development and design of materials for medical applications.



School of Metallurgical Engineering

Academic Year 2024

Student's Signature..... นางสาวศุภากร คุ้มภัย

Advisor's Signature..... ดร.กรรณ