

研究論文

生体適合性 Ti-Nb-Ta-Zr 合金の超音波疲労特性

†山浦真一*, 成田健吾**, 仲井正昭**, 新家光雄**

Ultrasonic Fatigue of Biocompatible Ti-Nb-Ta-Zr Alloy

by

†Shin-ichi YAMAURA*, Kengo NARITA**, Masaaki NAKAI** and Mitsuo NIINOMI**

(Received Jun. 1, 2016; Accepted Jul. 5, 2016)

Abstract

In this work, the ultra-high cycle fatigue behavior of Ti-Nb-Ta-Zr alloys which have been thought as promising biomaterials in future was investigated by using an ultrasonic fatigue testing method. Test alloy rods with a diameter of 10 mm were prepared by cold-drawing. Then the alloy rods were solution-treated at 1063 K and subsequently aged at 723 K. They were tested at a frequency of 20 kHz under a stress ratio of -1. Since the temperature of test specimens increased during the ultrasonic fatigue test, the stress was loaded intermittently to decrease the specimen temperature. As a result, it was found that the fatigue limit (σ_w) (half a total stress amplitude) and fatigue ratio (σ_w/σ_B) of the solution-treated alloy were 300 MPa and 0.54, respectively and that those of the aged alloy were 465 MPa and 0.57. Furthermore, typical fatigue fracture morphology with crack initiation site and crack propagation region was observed in the alloys.

Keywords: Biomaterial, Titanium alloy, Microstructure, Ultrasonic fatigue, Giga-cycle fatigue

1. 緒言

チタン合金はステンレス鋼や Co-Cr-Mo 合金とともに重要な生体用金属材料であり、軽量かつ優れた機械的特性、耐食性、生体適合性を有し、注目が集まっている。チタンは活性な金属であるが、1) 生体環境下で安定な不働態皮膜が迅速に形成されること、2) 生体内に Ti イオンが溶出して直ちに酸化され無害化すること、3) 比較的バイオフィルムが形成し難いこと、4) 生体親和性が高いこと、5) MRI におけるアーチファクトが生じ難いことなど、生体材料として優れた特徴を有しており¹⁾、既に工業用純 Ti や Ti-6Al-4V ELI 合金が広く人工関節や骨折固定器具などに使

用されている。最近、アルミニウムやバナジウムを不使用としたさらなるチタン合金の開発が望まれ、新家らにより Ti-Nb-Ta-Zr 合金(以下 TNTZ 合金)が開発された^{2),3)}。TNTZ 合金は生体に有害とされる元素を含まず、優れた機械的特性(低ヤング率、優れた超弾性)と生体親和性を示すことが報告され、現在、生体埋入材として応用研究が進められている。

生体用金属材料をインプラント・人工関節として体内に埋入した場合、常に体重程度かあるいはそれ以上の負荷がかかっているため、材料の機械的強度には慎重な検討が必要である。TNTZ 合金の疲労特性についてはよく調べられており、 10^7 サイクルで疲労試験は打ち切られているものの、試験周波数 10 Hz において溶体化処理材(solution treated; ST 材)で 330 MPa、溶体化後時効材(solution treated and subsequently aged; STA 材)で 650 MPa の疲労限が著者らによって報告されている^{4)~6)}。これらの値は基礎データとして重要である。しかしながら、インプラント材料の荷重の繰り返し数は、その人が終生使用することから、さらに高サ

平成 28 年 6 月 1 日受付

* 職業能力開発総合大学校：東京都小平市小川西町 2-32-1
s-yamaura@uitec.ac.jp
Polytechnic University of Japan: 2-32-1 Ogawanishi-machi,
Kodaira 187-0035, Tokyo, Japan

** 東北大学金属材料研究所：宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
Institute for Materials Research, Tohoku University: 2-1-1
Katahira, Aoba, Sendai 980-8577, Miyagi, Japan

†:連絡先/Corresponding author