

2000年 1月11日

機能材料工学専攻	学籍番号	933202
申請者氏名	赤堀俊和	

指導教官氏名	竹園茂男 教授
	小林俊郎 教授
	新家光雄 教授
	福本昌宏 助教授

論文要旨 (博士)

論文題目	生体用純チタンおよび ($\alpha+\beta$) 型チタン合金の疲労損傷過程と疲労寿命
------	--

(要旨1200程度)

硬質組織代替器具、いわゆるインプラントの構成材料である生体材料は、繰返し応力下で使用される場合が多く、インプラント破断の主な原因として疲労破壊が挙げられる。また、生体内で疲労条件下における疲労破壊が生じる前に材料が単発荷重を受け破壊する場合も考えられる。そのため、生体材料の疲労損傷による力学的特性変化や疲労寿命におけるマイクロ組織の影響を把握することは生体材料の疲労寿命を予測する上で重要であると考えられる。すなわち、疲労過程にある生体材料の破壊特性や機械的性質に代表される力学的特性の変化、転位組織の変化、疲労き裂発生および伝播特性の調査は、生体材料の余寿命推定のための情報を与えると考えられる。本研究では、生体材料としてASTMに登録されているTi-6Al-4V ELI合金および純チタンについて、疲労損傷と力学的特性および転位組織との関係の調査を行うとともに、Ti-6Al-4V ELI合金および新しい生体用チタン合金であるTi-6Al-7Nb合金の疲労損傷過程における疲労き裂発生および伝播特性に及ぼすマイクロ組織の影響を調査し、両チタン合金の疲労寿命の支配因子を比較検討した。

第一章では、純チタンおよびチタン合金の概説と本研究の背景ならびに目的について述べる。

第二および三章では、生体用金属材料の需要と動向および α 、 $\alpha+\beta$ および β 型チタン合金について説明する。また、疲労条件下における純金属および合金の機械的性質および転位組織変化についても説明する。

第四章では、種々の疲労段階にある生体用Ti-6Al-4V ELIの力学的特性を調査・解析した結果について述べる。特に低サイクル疲労域において、各力学的特性、すなわち引張強度、0.2%耐力および硬さは、サイクル数の増加に伴って増加するのに対し、引張伸びおよび衝撃韌性は減少する傾向を示す。また、それらの変化は、疲労過程の初期に大きく現れる。低サイクル疲労域で繰返し応力を受けた試験片内部の硬さは、疲労初期において試験片中心部近傍部から試験片表面近傍部にかけて硬度勾配を持ち、さらに疲労が進むと、試験片中心部近傍部の硬さは試験片表面近傍部のそれとほぼ同等の値となる。これは、転位増殖が疲労初期では試験片表面近傍で生じ、最終的には試験片全体において転位増殖が飽和するためと考えられる。

第五章では、純チタンの各疲労段階における力学的特性および転位組織の変化と疲労寿命との関係について調査・解析した結果を述べる。疲労過程における各力学的特性は、Ti-6Al-4V ELI合金のそれとほぼ同様な傾向を示す。純チタンにおける転位は、等軸転位セル構造を形成する。一定繰返し応力下における各疲労過程の転位構造は、疲労寿命と相関関係を示す。

第六章では、新しい生体用チタン合金であるTi-6Al-7Nb合金および従来から生体用チタン合金として用いられているTi-6Al-4V ELI合金を用い、様々な熱処理を施しマイクロ組織を変化させた場合の疲労強度、疲労き裂の発生および進展特性について検討を行った。き裂の発生は、両合金とも、等軸 α 組織では主に初析 α 粒界で生じ、針状 α 組織では応力軸に対し約45度方向に向く粗大なコロニーおよび β 粒内で生じる。初析 α 相の体積率の増加は、微小き裂領域におけるき裂の進展抵抗を高め、疲労寿命を向上させる。Ti-6Al-7Nb合金における疲労強度は、溶体化処理後の冷却速度を大きくすることにより、Ti-6Al-4V ELI合金のそれとほぼ同等とすることができる。

第七章では、第四章から第六章で得られた結果についての総括を述べる。