

氏 名	和 田 大 志
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1887 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 物 理 工 学 専 攻
学位論文題目	2 相 (α/γ) ステンレス鋼双結晶のすべり挙動に関する金属物理学的研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 北 村 隆 行 教 授 大 谷 隆 一 教 授 落 合 庄 治 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、引張試験および疲労試験が可能な 2 相 (α/γ) ステンレス鋼の双結晶作製法を開発するとともに、相界面が引張変形や疲労強度に及ぼす影響について解明するため、 α および γ ステンレス鋼単結晶と 2 相双結晶の引張試験および疲労実験を行い、その結果を金属物理学的観点から検討してまとめたものであって、7 章からなっている。

第 1 章は緒論であり、今まで行われてきた金属双結晶を用いた界面近傍の力学的特性研究を整理して述べるとともに、2 相双結晶を用いてすべり挙動観察を行った本研究の目的と位置づけについて述べている。

第 2 章では、本研究で開発し、引張試験および疲労試験に用いた 2 相 (α/γ) ステンレス鋼双結晶の作成方法について記述している。従来の作製法では、(1) 負荷試験を行うことができる寸法、(2) 結晶方位の制御、(3) 平滑で清浄な界面、の制約を満足した 2 相双結晶を作製することはできなかった。本研究では、2 相 (α/γ) ステンレス鋼双結晶の固相拡散接合法による育成方法を確立し、任意の界面方位、結晶粒方位を有する双結晶の育成を可能にした。また、作製した双結晶の相界面近傍の金属組織についての観察結果を示した。

第 3 章では、荷重軸に平行な相界面を有する双結晶の室温引張試験を行い、すべり挙動に及ぼす界面の影響について検討した結果が示されている。とくに、塑性ひずみの適合性が良い相界面を有する双結晶とそれが悪い双結晶を用意し、変形のミスマッチによるすべり挙動の相違について観察を行った。また、界面近傍の応力を解析し、すべり挙動との関連性について考察した。両方の双結晶における実験で観察されたすべり挙動はともに、ミスマッチを考慮した解析結果とよく一致した。

第 4 章では、荷重軸を横断する相界面を有する 2 相双結晶の室温引張-圧縮高サイクル疲労試験を行い、相界面近傍の繰返しすべり挙動を明らかにするとともに、疲労き裂発生機構について検討している。与えたひずみ振幅が小さいことを考慮して、相界面における弾性不適合応力の解析を行い、界面端でのシュミット因子に相当する「修正シュミット因子」を提案した。実験におけるすべり線観察との対応より、この修正シュミット因子の値が相界面近傍のすべり挙動を支配していることを明らかにした。

第 5 章では、荷重軸に平行な相界面を有する 2 相双結晶の室温引張-圧縮疲労試験を行い、すべり挙動、応力-ひずみ曲線、き裂発生挙動について検討している。とくに、(1) 疲労き裂発生サイトとなる固執すべり帯 (PSB) の発生に及ぼす相界面の変形拘束の影響、(2) 繰返し応力-ひずみ関係における特異なバウシinger 効果と単結晶の変形特性の関係、(3) γ 相の多重すべり挙動とき裂発生との関連性、を明らかにした。

第 6 章では、相界面を横切って伝ばする疲労き裂伝ば挙動について検討している。2 結晶粒間のすべりの連続性が良い双結晶と悪い双結晶の 2 種類の試験片を用いた。とくに、疲労き裂が相界面を通過する前後のき裂先端近傍のすべり挙動の変化に着目し、き裂伝ば速度と相界面の関連性に注目して観察を行った。き裂伝ばが相界面で阻止される現象は、2 結晶粒間のすべりの連続性の悪い場合と、軟質 γ 相から硬質 α 相へ伝ばする場合において観察された。また、相界面近くでのき裂伝ばの加速あるいは減速はき裂先端近傍における応力場の強さに起因することを解明した。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、2相 (α/γ) ステンレス鋼の相界面が引張変形や疲労強度に及ぼす影響について解明するために、単結晶と双結晶の引張試験および疲労試験を行い、金属物理学的観点から研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

(1) α 相と γ 相の単結晶ステンレス鋼を用いて固相拡散接合法によって平滑で清浄な界面を有する双結晶を育成し、この試料から任意の結晶方位を組み合わせた2相双結晶の材料試験片を作製することに成功した。

(2) 荷重軸に平行な界面を有し、塑性ひずみの適合性が良い双結晶と悪い双結晶の引張試験を行い、相界面における変形拘束が相界面近傍のすべり挙動に及ぼす影響を明らかにした。とくに、複雑な様相を示す軟質である γ 相のすべり挙動について力学的解析を行った。

(3) 荷重軸を横断する界面を有する双結晶の引張-圧縮疲労試験を行い、相界面近傍におけるすべり挙動を明らかにするとともに、き裂発生機構について検討した。界面における変形拘束の影響を考慮した修正シュミット因子を提案し、その有効性を確認した。

(4) 荷重軸に平行な界面を有する双結晶の引張-圧縮疲労試験を行い、2相の降伏強度の相違が双結晶全体の変形挙動に及ぼす影響について明らかにするとともに、界面近傍の多重すべりとき裂発生挙動の関連性について検討した。

(5) き裂が界面を越えて伝ばする疲労き裂伝ば試験を行い、界面近傍におけるき裂伝ばの加減速について検討した。とくに、2結晶粒間のすべりの連続性が良い双結晶と悪い双結晶を比較し、界面における変形拘束に起因するすべり挙動がき裂伝ばに及ぼす影響を明らかにした。

以上、要するに本論文は、2相 (α/γ) ステンレス鋼の相界面が引張変形や疲労き裂発生に及ぼす影響を明らかにするため、相界面近傍のすべり挙動について、実験および金属物理学的考察を行ったものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年1月24日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。