

氏 名 かね 子 よし ひさ
 兼 子 佳 久
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学位記番号 論 工 博 第 3413 号
 学位授与の日付 平 成 11 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 Fatigue Crack Propagation and Cyclic Deformation in Ferritic Stainless Steel
 Single and Bicrystals

(フェライト系ステンレス鋼の単結晶および双結晶における疲労き裂伝ばと繰返し変形)

(主査)

論文調査委員 教授 大谷隆一 教授 落合庄治郎 助教授 橋本 敏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、Fe-30%Crフェライト系ステンレス鋼における疲労き裂伝ばおよび繰返し変形挙動を方位制御された単結晶と双結晶試験片を用いて結晶塑性の観点から研究した結果についてまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景を概観し、目的を述べたものである。

第2章では、[001] から $[1\bar{1}0]$ 間の種々の引張軸を有する単結晶CT試験片を用いて、粒内疲労き裂伝ば特性に及ぼす結晶方位の影響を述べている。単調引張変形では $[1\bar{1}1]$ 方位が最も高い降伏応力を示したが、疲労き裂伝ばでは引張変形と異なり $[1\bar{1}0]$ 方位が最も高い伝ば抵抗を有することを示した。このような方位依存性の違いの原因として、疲労き裂伝ばの抵抗と表面におけるき裂の形態との関連性を指摘した。このき裂の形態はき裂伝ばの原因となるすべり系と自由表面との幾何学的関係によつて決定されることを明らかにした。

第3章では、体心立方金属のらせん転位運動の非対称性が顕著である $\{112\}$ すべり面が活動するように方位制御された単結晶平滑試験片を種々の定塑性ひずみ振幅下で引張-圧縮繰返し変形させ、応力-ひずみ応答の変化から予想される内部の転位運動を述べている。繰返し変形中のヒステリシスループからバウシंगाエネルギーパラメータや引張圧縮の応力振幅の非対称性を測定し、高ひずみ振幅下での固執すべり帯形成にともなう転位運動の変化を推測している。また、疲労き裂の核となる固執すべり帯の形成をバウシंगाエネルギーパラメータの変化から感知することによって、疲労き裂の発生を予知する手法を提案している。

第4章では、低ひずみ振幅下において応力振幅の突発的な減少として体心立方金属ではじめて観察されたストレインバースト現象について論じている。応力振幅の減少に加えて、バウシंगाエネルギーパラメータや応力非対称性の突発的な変化も測定し、ストレインバースト発生時の変形プロセスの変化について論じている。これらの応力-ひずみ応答の変化にもとづいて、刃状転位の双極子の分解を推測している。

第5章では、双結晶CT試験片を用いて疲労き裂伝ばにおよぼす結晶粒界の影響について述べている。同じ結晶粒界を有する試験片でも構成結晶の引張軸に依存して、疲労き裂は粒界に沿って伝ばするものと粒界を通過するものに分かれることを見だし、粒界に到達したき裂の経路は粒界構造だけではなく隣接する結晶内の優先的な粒内き裂伝ば方向の幾何学的関係によって決定されることを明らかにしている。また、き裂伝ばの抵抗に対する結晶粒界の役割を解析するために、荷重方向に平行な $\Sigma 3$ (112)双晶境界を有する双結晶CT試験片を用いて、粒界におけるき裂の停留を検討している。結晶間ですべり系が一致するように方位制御された試験片ではき裂の停留はほとんど見られなかったことから、き裂の停留現象とすべりの連続性との関連を指摘している。

第6章では、変形双晶境界への疲労変形の局在化およびそこでの疲労き裂の発生と伝ばについて述べている。荷重軸に対して傾斜している双晶境界を含んでいる試験片では、疲労き裂は低応力振幅下で双晶境界において優先的に発生することを

見いだした。また双晶境界を含むCT試験片においても、疲労き裂は双晶境界に沿って優先的に伝ばした。安定な界面構造を有する $\Sigma 3$ (112)双晶境界は疲労変形に対しては非常に脆弱であることを指摘している。

第7章は本研究で得られた結果を総括し、要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、繰返し変形を受けたフェライト系ステンレス鋼における疲労き裂伝ばの結晶学的方位依存性、繰返し応力ひずみ応答、およびき裂発生と伝ばに及ぼす結晶粒界の影響について述べたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 単結晶CT試験片を用いた疲労試験では、疲労き裂伝ば抵抗の結晶方位依存性は単調引張とは異なり、 $\langle 110 \rangle$ 軸方位で最も高くなることを見いだした。この違いを説明するために、き裂伝ば方向と結晶学的方位の幾何学関係にもとづいたモデルを提案した。

2. 単結晶平滑試験片を用いた繰返し変形試験では、種々の力学的パラメータの変化を測定し、固執すべり帯形成やストレーンバーストの発生にもなう転位運動の変化のモデルを示した。さらにバウシニングエネルギーパラメータの計測によるき裂発生予知の可能性を指摘した。

3. 双結晶CT試験片を用いた疲労試験では、粒界におけるき裂の停留現象には隣り合う結晶間のすべりの連続性が重要な役割を果たすことを明らかにした。また、各結晶には結晶方位に対応した優先的なき裂の伝ば方向が存在し、隣接する二結晶におけるそれらの幾何学的関係によって粒界に到達したき裂の経路が決定されるとするモデルを提案した。

4. 安定な粒界構造を有することが知られている双晶境界は、疲労変形に対しては非常に脆弱で、優先的なき裂発生面や伝ば経路になることを明確に示した。

以上要するに、本論文はフェライト系ステンレス鋼における疲労き裂伝ばおよび繰返し変形特性を金属物理学的な観点から研究し、基礎的にも応用の観点からも重要な知見を得たもので、その成果は学術上、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10年12月24日に論文内容とそれに関する事項について試問を行い、合格と認めた。