



Title	走査形電子顕微鏡による疲労過程の直接観察と微視的 定量測定に関する基礎研究
Author(s)	安達, 正晴
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33122">https://hdl.handle.net/11094/33122</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていない ため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利 用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka- u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文につい て</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	あ 安	だち 達	まさ 正	はる 晴
学 位 の 種 類	工	学	博	士
学 位 記 番 号	第	5	5	0 2 号
学位授与の日付	昭和 56 年 12 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
学 位 論 文 題 目	走査形電子顕微鏡による疲労過程の直接観察と微視的定量測定に関する基礎研究			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授	菊 川	真	
	教 授	大 路	清 嗣	教 授 山 田 朝 治

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は走査形電子顕微鏡の中で、バルクな試験片による疲労試験が可能な小形疲労試験装置を試作し、バルク材の疲労現象の連続観察を行うとともに、一結晶粒内の微視的なひずみ分布あるいはき裂先端の微小領域で起る変形を精度良く測定し、微視的な疲労現象を定量的に取扱うことを目的としたもので、6章からなっている。

第1章は緒論であり、従来の微視的な疲労研究の問題点について述べるとともに本研究の目的と意義を明らかにし、本論文各章の概要を述べている。

第2章では使用した走査形電子顕微鏡の概要と、試作してこれに組込んだ疲労試験装置について述べている。

第3章では微視的なひずみや変形の測定法として開発したフォトレジストの電子ビーム露光による超微小格子と酸化マグネシウムを標点とする2つの方法について述べている。これにより本研究に必要な一結晶粒内のひずみ分布あるいは疲労き裂先端の微小領域の変形の分布を十分な精度で測定することが可能となった。また、試験片表面の微細な凹凸形状を反射電子線を利用し、オンラインで自動計測する方法をも開発している。

第4章では電磁用純鉄の疲労試験を行い、動的な表面観察と結晶粒内の微視的なひずみ分布を測定した結果、多くの場合疲労き裂は粒界あるいは粒内のひずみ集中部に発生することを明らかにしている。

第5章では電磁用純鉄と一方向性ケイ素鋼板のバルクな試験片による疲労き裂進展試験を行い、疲労き裂の進展挙動を直接連続観察するとともに、き裂先端の変形を定量的に測定することにより、平

面応力条件下と平面ひずみ条件下における疲労き裂の進展挙動と進展条件を調べ、これらより得られた次のような主要な結果について述べている。

- (i) 通常問題となる平面ひずみ状態での進展挙動の直接観察はバルク材によってもき裂の表面観察からは一般には困難であるが、結晶方位を選択した一方向性ケイ素鋼板を用いることにより可能となった。
- (ii) モードⅠのき裂の進展機構はき裂先端の頂点における交互すべり面分離であり、進展量は材料のすべり方向とき裂先端の開き角で定まる比例定数をもちき裂先端開口変位 (CTOD) に比例する項をもつ一つの式で定量的に表すことができた。さらに観察結果に基づき進展機構のモデルを提示している。
- (iii) モードⅡのき裂進展量とき裂先端剪断変位 (CTSD) の比はモードⅠの進展量とCTODの比にくらべかなり小さく、可逆的なすべりが含まれているようである。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめて述べている。

## 論文の審査結果の要旨

疲労破壊は本来極めて局所的な性格をもち、かつ表面が強く関与している現象であるので、その解明にはバルクな試験片における疲労現象の微視的な連続観察と、さらにその定量的な測定が非常に重要と思われる。本論文は走査形電子顕微鏡の試料室内にバルクな試験片の疲労試験が可能な小形疲労試験装置を試作して組込み、疲労現象の微視的な連続直接観察とひずみや変形の微視的な分布の定量測定を行ない現象の解明を進めようとしたものである。

ひずみや変形の微視的な分布の測定法としてフォトレジストの電子ビーム露光による超微小格子を用いる方法と酸化マグネシウムの微粒子を標点とする方法を開発し、また試験片表面の微細な凹凸形状を反射電子線を利用してオンラインで自動計測する方法をも開発した。これらの方法により電磁用純鉄と一方向性ケイ素鋼板のバルクな試験片による疲労試験の連続直接観察を行ない、結晶粒内あるいはき裂先端部のひずみや変形の微視的な分布を定量測定して次のような成果を得ている。

疲労き裂の発生については微視き裂は多くの場合粒界あるいは粒内のひずみの集中部に発生することを明らかにしている。疲労き裂の進展についてはバルク材においてき裂進展速度を主に支配すると思われる平面ひずみ状態での進展挙動の直接観察は表面観察によつては通常困難であるが、結晶方位を選択した一方向性ケイ素鋼板を用いてこれを可能とした。き裂進展速度が $1 \sim 0.3 \mu\text{m}/\text{cycle}$ の領域においてはモードⅠのき裂進展はPellouxもしくはこれを修正したNeumannのモデルの示すき裂先端の頂点における交互すべり面分離により生じ1サイクルの進展量はき裂先端開口変位 (CTOD) の半分程度となることを、ほぼ小規模降伏の条件下ではじめて確認した。さらにモードⅡのき裂進展についてはき裂先端剪断変位 (CTSD) ともいうべき量をはじめて確認して定量的に測定し、この時のき裂進展量はその数分の一程度となり、この場合にはかなり可逆的なすべりが含まれていることなど

を見出した。CTOD, CTSDは巨視的な弾塑性力学により計算できる量であるので、これらの成果は疲労現象に関し巨視的な破壊力学と微視的な機構を定量的につなぐ意味において工学上興味深く寄与する所が多い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。