

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760070
 研究課題名(和文) 磁気計測を用いたき裂発生前からの予防保全的な非破壊疲労損傷検出法の開発
 研究課題名(英文) Development of non-destructive fatigue damage evaluation method before crack initiation by using magnetism measurement.
 研究代表者
 塩澤 大輝 (SHIOZAWA DAIKI)
 神戸大学・大学院工学研究科・助教
 研究者番号：60379336

研究成果の概要(和文)：磁気特性の評価をもとに疲労損傷を評価することを目的として、疲労過程中的マルテンサイト体積率をフェライトスコープにより測定し、マルテンサイト相に起因する漏洩磁界変化をMIセンサにより測定した。

塑性ひずみ幅とマルテンサイト体積率の変化率との間に対応関係が見られ、これらから累積ひずみをマルテンサイト体積率から推定できる可能性があることが分かった。したがってマルテンサイト体積率の測定から疲労損傷程度を評価できるものと期待される。

マルテンサイト体積率測定の高感度化のためにMIセンサよりも高感度なSQUID顕微鏡を用いた磁気顕微鏡を構築した。さらに微小き裂の発生および進展の観察のためにSPring-8の放射光を用いた・CTイメージングを構築した。

研究成果の概要(英文)：For development of nondestructive fatigue damage evaluation using magnetic measurement, martensitic volume fraction in fatigue damage process was measured by the ferrite scope, and leakage magnetic flux density caused by martensitic phase was measured by the MI sensor, which was high sensitive magnetic sensor. It was found that the martensitic volume fraction changed corresponding to the plastic strain range. This result shows that the fatigue damage can be estimated from the measurement of martensitic volume fraction. For sensitive detection of the change in martensitic phase, SQUID microscope was developed. Synchrotron radiation・CT imaging was developed to observe the crack initiation and the propagation behavior of small crack.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学

キーワード：機械材料・材料力学, 非破壊検査, 長寿命化

1. 研究開始当初の背景

オーステナイト系ステンレス鋼である SUS304 鋼は耐食性, 耐薬品性に優れていることから一般化学プラントや原子力発電施設などに広く用いられている. SUS304 鋼は本来非磁性であるが, 変形・ひずみにより磁性相であるマルテンサイト相が生成することが明らかとなっている. このような金属疲労過程の初期段階に生じる材料の磁気特性の変化を, 外部から計測することにより, 構造部材中のき裂発生以前の損傷状況を把握できるものと考えられる.

2. 研究の目的

SUS304 鋼のマルテンサイト変態に起因する磁気特性変化を利用した非破壊検査手法の開発の可能性について報告がなされているが, 疲労損傷を定量的に評価できたものはまだない. そこで本研究では疲労き裂発生過程における磁性相発生メカニズムを解明し, 非破壊疲労損傷の評価技術の開発への基礎的指針を得ることが本研究の目的である.

3. 研究の方法

疲労損傷と磁性相発生メカニズムを調べるために以下の実験を行った.

- (1) 疲労過程中的マルテンサイト体積率をフェライトスコープで測定を, マルテンサイト相から生じる漏洩磁界分布を MI センサで測定し, 疲労損傷とマルテンサイト相の変化および漏洩磁界との定量的な関係について詳細に観察した.
- (2) 磁界の微小な変化を検出するために, 高温超伝導量子干渉計 SQUID を用いた SQUID 顕微鏡を開発した.
- (3) き裂発生および微小き裂の内部進展挙動を観察するために SPring-8 の高

輝度放射光を用いた μ CT イメージング法を構築した.

4. 研究成果

- (1) 疲労損傷過程におけるマルテンサイト相および漏洩磁界分布の観察を行った. その結果, 以下の結果を得た.
 - ① 漏洩磁界分布は疲労損傷過程におけるマルテンサイト変態を反映しており, 応力集中部やき裂の発生箇所を効率的に検出できることが分かった.
 - ② 疲労損傷過程のマルテンサイト体積率およびひずみ挙動を比較した結果, 繰返し変形におけるマルテンサイト変態とひずみ挙動の変化に対応関係があることが明らかとなった. また疲労損傷過程のマルテンサイト変態挙動を累積塑性ひずみで表すことが可能であることが分かった. これらを詳細に調査することで繰返し変形下における金属組織の構造変化によるマルテンサイト変態のメカニズムの解明ができるとともに, 疲労損傷過程のマルテンサイト変態のモデル化を行えばマルテンサイト体積率の測定結果から累積塑性ひずみ, すなわち疲労損傷程度を評価できることが期待される.
- (2) SQUID 顕微鏡の開発では, 電流経路の検出を行い, 配線内欠陥の検出を試みたところ, 欠陥の位置および寸法を評価できる磁場及び空間分解能を実現できることが分かった.
- (3) SPring-8 の放射光 μ CT イメージングを用いてき裂発生・進展過程における材料内部でのき裂進展挙動を三次元的に非破壊で観察する手法を構築した. 本手法を用いてねじり疲労き裂の伝ば挙動を観察し, き裂進展モードの遷移を観察することに成功

した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- (1) 塩澤大輝, 藤本高志, 有野直樹, 中井善一, 高温超伝導SQUID顕微鏡を用いたプリント配線の欠陥検出, 材料, 査読有, Vol. 58, 2009, pp. 808-814.
- (2) 中井善一, 塩澤大輝, 高輝度放射光CT法による腐食疲労損傷の観察, 非破壊検査, 査読無, Vol. 58, 2009, pp. 446-451.

[学会発表] (計 16 件)

- (1) 塩澤大輝, Observation of Crack Propagation Under Reversed Torsion Fatigue Tests by microCT Imaging Using Synchrotron Radiation, M&M international conference for young researchers, 2010. 3. 2-3. 3, Pasadena, CA, USA.
- (2) 塩澤大輝, Observation of Fretting fatigue Cracks by Micro Computed Tomography with Synchrotron Radiation, 12th International conference of fracture, 2009. 7. 11-17, Ottawa.
- (3) 植村裕樹, 高温超伝導 SQUID 顕微鏡を用いたプリント配線の非破壊欠陥検査法の開発, 日本機械学会関西学生会卒業研究発表会, 2010. 3. 15, 神戸大学.
- (4) 蔵敷佳秀, 高分子圧電材料を用いたスマートシートセンサの開発, 日本機械学会関西学生会卒業研究発表会, 2010. 3. 15, 神戸大学.
- (5) 小山豊彦, Zrバルク金属ガラスの K_{Isc} 近傍におけるき裂伝ば挙動, 日本機械学会

関西学生会卒業研究発表会, 2010. 3. 15, 神戸大学.

- (6) 小川晃, オーステナイト系ステンレス鋼の疲労損傷によるマルテンサイト変態挙動, 日本機械学会関西学生会卒業研究発表会, 2010. 3. 15, 神戸大学.
- (7) 塩澤大輝, 放射光 μ C T イメージングを用いた疲労き裂・腐食ピットの観察, 第 132 回破壊力学部門委員会講演会, 2010. 3. 26, 横浜.
- (8) 真坂剛史, オーステナイト系ステンレス鋼の疲労損傷によるマルテンサイト変態挙動の観察, M&M カンファレンス 2009, 2009. 7. 24-26, 札幌, 札幌コンベンションセンター.
- (9) 塩澤大輝, 放射光 μ C T イメージングによる腐食疲労損傷の観察, M&M カンファレンス 2009, 2009. 7. 24-26, 札幌, 札幌コンベンションセンター.
- (10) 塩澤大輝, 放射光マイクロCTイメージングによるねじり疲労き裂の観察, 第 58 期材料学会学術講演会, 2009. 5. 23-5. 24, 愛媛大学.
- (11) 真坂剛史, オーステナイト系ステンレス鋼の疲労損傷によるマルテンサイト相変態挙動の観察, 関西学生会学生員卒業研究発表会, 2009. 3, 近畿大学.
- (12) 塩澤大輝, 高温SQUIDを用いたプリント配線の欠陥検出, 第 4 回マイクロマテリアルシンポジウム, 2008. 11, 東京大学.
- (13) 有野直樹, 高温 SQUID を用いたプリント配線の非破壊欠陥検出, M&M カンファレンス 2008, 2008. 9. 18, 立命館大学びわこくさつキャンパス.
- (14) 永島佳峰, オーステナイト系ステンレス鋼の繰返し変形による磁気特性変化に及ぼす応力比の影響, M&M カンファレ

ンス 2008, 2008. 9. 18, 立命館大学 び
わこくさつキャンパス.

- (15) 塩澤大輝, SUS304 鋼の疲労損傷による磁気特性変化に及ぼす応力比の影響, 第 57 期材料学会学術講演会, 2008. 5. 24, 鹿児島大学.
- (16) 塩澤大輝, SUS304 鋼の高サイクル疲労損傷による磁気特性変化に及ぼす応力比の影響, 「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, 2008. 5. 22, 別府, ビーコンプラザ.

[図書] (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塩澤 大輝 (SHIOZAWA DAIKI)

神戸大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：6 0 3 7 9 3 3 6