P-78

物質・材料

構造材料の先端計測に基づく損傷評価に関する研究

TECHNOLOGY SHOWCASE

■ はじめに

近年、発電プラントや航空機の高効率化に伴い、より高度な安全・信頼性の確保が要求されている。従来では非破壊検査を用いてミリスケールの巨視的き裂を検出し点検を行うことで破壊を未然に防ぐ手法がとられていた。しかし、高温・高圧環境下ではき裂が急速進展し破壊に至る危険性があるため巨視的き裂よりもさらに早い段階でき裂を検出する評価技術が必要となる。最近では原子空孔やボイドなどのサブナノスケールの空孔型欠陥を検出することができる陽電子寿命法があり、微視的き裂の発生前駆段階の寿命予測として期待できる。そこで我々研究グループでは、発電プラントおよび航空機用材料を対象として陽電子寿命法を用いた力学的損傷による寿命予測を目的として研究を行っている。本研究では、陽電子寿命法の力学的損傷による空孔量の変化に関する知見が少ないため基礎的研究として、オーステナイト系ステンレス鋼SUS316Lを対象材料とし室温下で単軸引張試験による損傷材を作製し、引張損傷と空孔型欠陥の相関性について調査を行った。また、電子線後方散乱回折(EBSD)測定より結晶分布などを取得しミクロレベルでの損傷評価も併せて行った。

■ 陽電子寿命法

変位制御0.1mm/minの室温下で単軸引張を行い残留ひずみ1%および3.1%の損傷材を作製した。ひずみを与えた引張損傷材と受入材を対象とした陽電子寿命法測定結果を図1に示す。S-parameterが大きいほど陽電子寿命が長く、空孔量が多いことを表している。また、陽電子打ち込みエネルギーを変化させることで陽電子の侵入深さを変化させることができ、陽電子は最大で試料表面から5μmの深さに到達する。図2をみると6keVまでの領域ではS-parameterに差異はほとんどないが6keV以降の領域では損傷材と受入材と比べてS-parameterが大きく変化し空孔量を敏感に検出していることがわかる。

■ EBSD測定

EBSDとは材料表面に走査型顕微鏡(SEM)による電子ビームを照射させその反射電子パターンをEBSD検出器で検出し解析することで材料の極表面情報(試料表面から1μm程度の深さまで)を得ることができる。図2にEBSD測定によるKAM(Kernel Average Misorientation)マップを示す。これは結晶粒内の隣接する測定点において結晶方位差を平均化して得られた局所方位マップを表し、図2において受入材と損傷材を比較すると損傷材の方が結晶粒界近傍において結晶方位差が大きくなっていることがわかる。よって、結晶粒界近傍の方位差を局所的に計測することで力学的損傷の度合いを定性的に推定可能であることがわかった。

■ 今後の展望

室温および高温における疲労試験を実施し各段階での疲労損傷において空孔量がどのように変化するのかを陽電子寿命法を用いて明らかにしていく予定である。

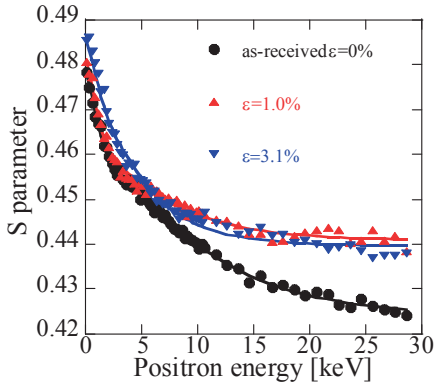

図1　陽電子寿命法測定結果

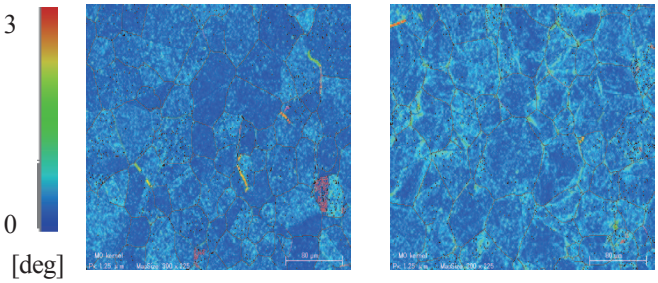

図2　受入材と引張損傷材のEBSD測定によるKAMマップ

■ 謝辞

本研究の一部は、JST「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発-D66-」の支援により行われた。

代表発表者　原田　祥久[1]（はらだ　よしひさ）
井上　陽介[2]（いのうえ　ようすけ）
所　属　1:国立研究開発法人産業技術総合研究所 製造技術研究部門
2:筑波大学大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻
問合せ先　〒305-8564　茨城県つくば市並木 1-2-1
TEL:029-861-7169　FAX:029-861-7853
harada.y@aist.go.jp

■キーワード:　(1)陽電子寿命法
(2)EBSD
(3)引張損傷
■共同研究者:　高津周平、寺本徳郎
筑波大学大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻