

放射光イメージングを用いたフレッティング微小疲労き裂の観察と破壊力学的評価  
**Observation and Fracture Mechanics Evaluation of Fretting Fatigue  
 Crack by using Synchrotron Radiation imaging**

T. Kurimura(9233)\*<sup>1</sup>, Y. Nakai(0015719)<sup>2</sup>, H. Tanaka(0015736)<sup>2</sup>, D. Shiozawa(0015720)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mitsubishi Heavy Industries LTD, <sup>2</sup>Kobe University

## 1. はじめに

フレッティング疲労に起因する事故や破壊が後を絶たない。フレッティング疲労き裂は一般に、機械構造物の勘合部や締付部において生じ、部材表面に対して斜めに進展し、複数のき裂が発生・成長・合体するという複雑なき裂進展挙動を示す。そこで部材内部のき裂形状を正確に測定し、フレッティング疲労における微小き裂伝ばモデルの問題点を抽出し、モデルの構築を行う必要がある。

本実験ではフレッティング疲労き裂の進展特性を調べるために放射光マイクロトモグラフィ(SR- $\mu$ CT)を用いてき裂の三次元的な形状の観察を行った。

## 2. 観察試料および観察結果

試験片および接触片の材料は析出硬化型ステンレス鋼(SUS630)である。試験片の接触端近傍に貼り付けたひずみゲージの出力が20%減少した時点で疲労試験を終了し、この試験片の接触端近傍から、観察用試料を切り出した。観察用試料の断面形状寸法は300×300 $\mu$ mとした。

SR- $\mu$ CTより得られた内部観察結果と実際のき裂形状との対応について調べるために、SPring-8での観察後、研磨により内部のき裂を表面に露出させ、電子顕微鏡(SEM)によりき裂形状の観察を行った。観察結果の一例をFig. 1に示す。測定ではX線エネルギーを35keVとし、0°から180°までを1°刻みで透過像を得た。SR- $\mu$ CT像のボクセルサイズは1.4 $\mu$ mである。Fig. 1では、試料表面から80 $\mu$ m内部における $\mu$ CT像およびSEM画像を示している。

Fig. 1より、SEM画像およびCT像において、同様の位置および形状のき裂が観察されている

ことがわかる。また、図中の点線で囲まれたA部とB部では、き裂像の様相が異なる。A部では連続な形状としてき裂が検出されているのに対し、B部では粒状の像が連結した形状が観察されている。これらのき裂形状を示す箇所の詳細なSEM画像を見ると、粒状の像が観察されたB部では部分的なき裂が開閉口していることがわかる。き裂像のコントラストが低く観察されたA部では、B部と比較してき裂の開口が小さい。したがって、CT結果ではき裂面の粗さが検出されており、き裂が粒状に観察された箇所では、き裂が部分的に閉口しているものと考えられる。

試料表面上において2つのき裂が観察された一例をFig. 2に示す。Fig. 2(b)より、試料表面ではSEM画像において2つのき裂の合体が観察されているが、内部ではFig. 2(d)に示したように1本のき裂となっていることがわかる。また、CT像においても同様である。CT結果では、表面から約30 $\mu$ m内部において2つのき裂が合体している様子が観察された。

これらのことよりSR- $\mu$ CT結果では、内部の詳細なき裂形状が反映されており、さらに非破壊的にフレッティング疲労き裂の三次元形状を得ることができるため、試料内部におけるき裂の合体などの複雑な形状分布を観察できることがわかった。本観察手法を適用することにより、金属組織などの影響や複数き裂の合体を考慮した、より正確なフレッティング疲労き裂のモデル構築、およびそれらの破壊力学的評価が可能になるものと考えられる。

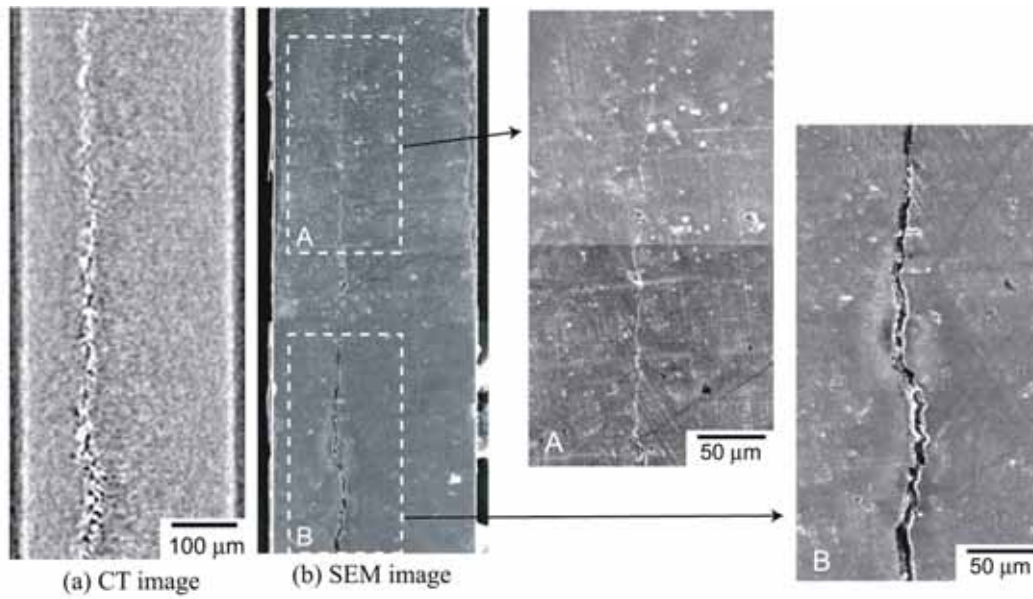


Fig. 1 Comparison of fretting fatigue crack shape inside of the sample by SR-CT and SEM 80 $\mu$ m under the surface ; (a) 2D slice reconstructed. (b) SEM image at polished plane (Pictures (a), (b) and displayed at the same magnification)

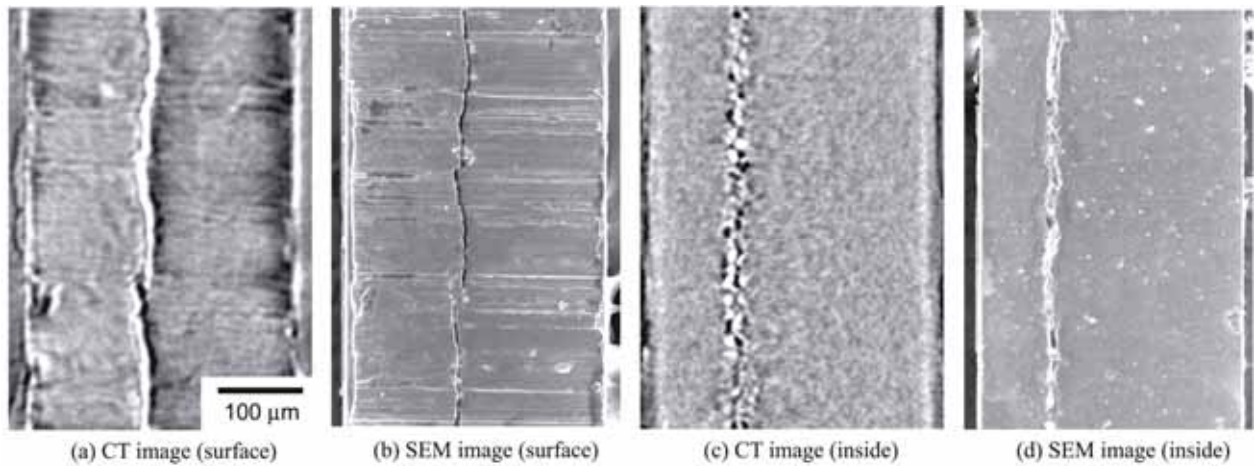


Fig. 2 Crack shape measured with SR-CT and SEM at the surface and inside of the sample. (c) and (d) 80 $\mu$ m under the surface (Magnification is the same in all pictures.)