

平成 19 年度日本材料学会技術賞受賞

走査型電子線誘起超音波顕微鏡 (SEAM) の開発と非破壊観察への応用

大阪大学 渋谷 陽二, 長崎大学 小山 敦弘, JR西日本(㈱ 塩田 剛

1 は じ め に

走査型電子顕微鏡 (SEM) は、金属材料から生物まで 幅広い対象を直接観察する手法として広く活用されてい るが、試料の表面のみの情報しか得られない。そのよう な SEM の利点と面内分解能を活かしつつ、表面観察視 野直下の内部非破壊観察を可能にする手法として、走査 型電子線誘起超音波顕微鏡 (SEAM、熱波 SEM)を開 発した.¹SEAM の原理および非破壊観察例を以下に示す。

2 SEAM の原理とシステム構成

電子線を試料表面に断続的に照射すると、電子線のも つエネルギーの大部分は、 試料中のある領域で吸収され、 局所的温度上昇をもたらす. 電子線は断続照射されるの で、この領域の温度は上昇・下降を繰り返す. このよう な温度変化は数 um の波長を持つ熱波として伝ばする。 温度変化に伴って試料には局所的な膨張と収縮の繰り返 し熱応力が生じ、この熱弾性的刺激が縦波の弾性波(超 音波)を引き起こし放出される。その振動を試料裏面に 設置したピエゾ素子 (PZT) を用いて検出する.そして, SEM の電子線走査に同期させてこの信号を映像信号と して画像化することにより、2次元電子線誘起超音波像 (EAI) が得られる. SEAM は,通常の市販されている SEM に電子線断続装置、試料ホルダー、スロースキャン 装置,発振器,ロックインアンプ,処理用コンピュータ を付加して構成される、通常の2次電子像 (SEI) と EAI は画像化プログラム上で切り替えることができるので, SEM で観察した同一の場所を SEAM によって容易に内部 非破壊観察することが可能である.現在の装置の仕様は、 (1) 使用 SEM (JEOL JSM-6400, 最大加速電圧 40kV)

- (2) 断続周波数(50kHz~800kHz可変)
- (3) 最大試料サイズ(□15mm×板厚3mm程度)
 3 微小内部空孔の非破壊観察例

供試材として、JIS SUJ2 組成の Ar ガスアトマイズ粉 末を HIP 加工した内部に数~数十 μ m の複数の空孔を含 有する試料(\Box 10mm × 板厚1mm)を用いた. SEIを 図1(a)と(b)に、同じ場所の EAI(電子線断続周波数 200kHz)を図1(c)と(d)に示す。図中の記号Aは、マー キングのための表面上にある欠陥やビッカース圧痕であ る。SEM では全く捉えることのできない多数の内部微小 空孔が SEAM では明確に確認できる。

図1(c)のP領域に含まれる空孔に着目し,実際の空 孔を集束イオンビーム加工機(FIB)のエッチング処理に よって破壊観察した結果が図2である.図1(a)から確認 できるように,SEIでは観察されていないことから,この 微小空孔は材料内部に位置している.図2(a)は図1(a) と同じSEIであり,Pの領域を削り取ることにより, 図2(b)のように空孔が深さ約7µmの位置で露出してき た.その拡大図を図2(c)に示す.これにより,材料内部 に微小空孔が確かに存在していることがわかる.



図1 焼結材料の非破壊観察例



図2 図1の欠陥 P部の FIB 加工による検証

この他に,これまでの観察例として,ケイ素鋼板の結 晶粒界の観察や,TRIP 鋼のマルテンサイト相の形状観 察(図3)があり,粒界抽出のためのエッチングが不要で あったり, 微細構造の形状が容易に把握できる.これら は,局所的な熱的特性の相違を SEAM により検出し,そ の不均質な微細構造を画像化することにより観察される.



図3 TRIP 鋼の微細組織の観察例

参考文献

1) 渋谷陽二,小山敦弘,塩田 剛,材料,55-1, pp.95-100 (2006).

[[]問合せ先] 大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻 渋谷 陽二 (E-mail) sibutani.mech.eng.osaka-u.ac.jp