J04101

Ni 基超合金のクリープ損傷に起因した非線形超音波特性の変化

Evolution of nonlinear acoustics induced by creep damage in a Nickel based superalloy

○正 石井 優^{*1}, 金子 将貴^{*1} 大谷 俊博^{*1},榊原 隆之^{*2}, 太田 祐太朗^{*3}, 久布白 圭司^{*3}Yutaka ISHII^{*1}, Masataka KANEKO^{*1}, Toshihiro OHTANI^{*1},Takayuki SAKAKIBARA^{*2}, Yuutarou OHTA, and Keiji KUBUSHIRO^{*3}^{*1} 湘南工科大学 Shonan Institute of Technology^{*2} 中央発條株式会社 Chuo Spring Co., LTD.^{*3} (株) IHI IHI Coporation

Key Words : Inconel 718 alloy, Creep, Nonlinear ultrasonics, Electromagnetic acoustic resonance, Non-destructive evaluation

Ni 基超合金インコネル 718 は γ'' 相(Ni_3Nb)の析出強化相によって高温で高い耐力をもち、耐熱部材として使用されている。高温下でインコネル 718 は γ'' 相が喪失し、破壊に至る。本研究ではインコネル 718 材のクリープ損傷中の組織変化に伴う非線形 3 波相互作用法⁽¹⁾による振幅比の変化を、非接触で超音波を送受信する電磁超音波探触子 (EMAT : Electromagnetic Acoustic Transducer) ⁽²⁾ に共鳴法を適用した電磁超音波共鳴法 (EMAR : Electromagnetic Acoustic Resonance) ⁽²⁾ を用いて調べた。非線形 3 波相互作用法は、被測定物に 2 つの異なる共鳴モード次数を持つ超音波を送信し、相互作用させ干渉波を生じさせる。送信周波数の振幅 A_1 , A_2 と干渉波の振幅 A_3 の比 $A_3/(A_1A_2)$ を非線形超音波量とする。

試験片素材は固溶体化処理として 1,253 K で 1h, 保持後空冷, 時効条件は 991 K で 8h 保持後冷却速度 56 deg/h, 894 K, 8h 保持後空冷を行った。その後、厚さ 5mm, 幅 18mm, 長さ 40mm の評点部持つクリープ試験片を製作した。クリープ試験は、973 K, 310 MPa と 1,033 K, 220 MPa の条件で行った。180 h, 70 h 毎にクリープ試験を中断し、室温下で評点部の非線形超音波量と超音波減衰係数を計測した。破断時間は 1810 h, 351 h で破断した。この破断時間からクリープ寿命比を算出した。また、X 線回折法による半価幅から転位密度も計測した。

非線形超音波量と減衰係数は初期からクリープ寿命の 10 % にかけて減少し、60%付近までは大きな変化を示さなかったが、60 % 過ぎから非線形超音波量が増加し破断に至った。クリープひずみ量は 60% から急増した。転位密度の計測結果は非線形超音波量と超音波減衰係数の変化と同様な傾向を示していた。Granato-Lücke の弦モデルより超音波減衰係数の変化は転位密度と転位線長さに支配されていることが明らかにされている⁽³⁾。また非線形超音波現象の候補因子として原子間ポテンシャルの非対称性、超音波による材料内部の応力-ひずみ関係によるヒステリシスループ、微小き裂の開閉口部を透過する際の波形のゆがみが知られている^(4,5)。ヒステリシスループによる内部摩擦が超音波減衰として観測されることから、非線形超音波法によるインコネル 718 のクリープ損傷による微細組織変化を非破壊的に検出できる可能性がある。

文 献

- (1) Landau, L. D. and Lifshitz, D. M., Theory of elasticity, Pergamon, Oxford (1986), pp.1-187.
- (2) Hirao, M. and Ogi, H., EMATs for science and industry: nondestructive ultrasonic measurements, Kluwar Academic Publishers, Boston (2003).
- (3) Granato, A. and Lücke, K., Theory of mechanical damping due to dislocation, Journal of Applied Physics, Vol.27, Issue 6 (1956), pp. 583-593.
- (4) Moises, L., Henry, B. and Richard S., Handbook of Elastic Properties of Solids, Liquids, and Gases, Vol.3, Academic Press, (1991)
- (5) Kim, K. Y., Thermodynamics at finite deformation of an anisotropic elastic solid, Physical Review, B, 54, (1996), pp.6245-6254.