Low-cycle Fatigue Behavior of ECAPed Fe-20%Cr Alloy

学 ○富田 竜史 (阪市大) 正 兼子 佳久 (阪市大)

Alexei Vinogradov (露トリアツチ大)

Ryuji TOMITA, Osaka City University, 3-3-138, Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka

Yoshihisa KANEKO, Osaka City University

Alexei VINOGRADOV, Togliatti State University

1 緒言

強ひずみ加工 (Severe Plastic Deformation: SPD) 法によって作製された超微細結晶粒 (UFG) を持つ材料は高強度であるが、疲労により軟化することが fcc 金属を中心に報告されている^{1,2)}。疲労破壊を促進させるこのような疲労軟化挙動を明らかにしていくことは、UFG 材の実用化を目指していく上で非常に重要である。

本研究では Fe-20%Cr 合金に対して ECAP 加工を施し、その微視的構造の ECAP パス回数依存性を調査するとともに、定塑性ひずみ振幅の条件で低サイクル疲労試験を実施し、bcc 構造を有する ECAP 加工材の疲労軟化挙動を調べた。

2 実験方法

4×4×40mm³ 形状の Fe-20%Cr 合金をおよそ 150℃ のダイス温度条件、ルート B_c で ECAP 加工を 1~4 回行った。それらの微視的組織を EBSD 法で解析した。ECAP 加工材をゲージ部 1.5×1.5×2mm³ の平滑試験片へと加工し、塑性ひずみ振幅が $\varepsilon_p = 5 \times 10^{-4}$ の一定値となる条件で低サイクル疲労試験を行った。

3 結果

Fig. 1 に 1Pass 材と 4pass 材の ECAP 加工直後の EBSD 解析結果を示す。1pass 材では結晶粒の微細化は進んでおらず、粒界に占める大角粒界の割合は 11% であり、小角粒界が支配的であった。一方で 4pass 材では大角粒界は 43% に増加し、粒径が 1μm 程度に微細化されている領域が認められたが、等軸粒と一方向に伸びた粒が混在していた。

$\varepsilon_p = 5 \times 10^{-4}$ の条件で行った低サイクル疲労試験では、未加工材では初期の応力振幅は 200MPa であり、繰返し硬化を示した。ECAP 材ではパス回数が増加するにつれ初期の応力振幅は増加し、4pass 材では 580MPa に達した。また、疲労寿命は塑性ひずみ振幅一定の条件であるにも関わらず、2pass 以上の ECAP 材が未加工材に比べて長くなった。2pass 以上の ECAP 材では、疲労き裂発生に必要な固執すべり帯の形成が抑止された可能性がある。

今回の低サイクル疲労試験では、すべての ECAP 材において繰返し軟化が生じた。Fig. 2 にパスごとの繰返し軟化の程度を示す。Fig. 2 右下の図は繰返し軟化曲線を模式的に示したものである。応力振幅は急速な減少を示したのち、変曲点を経て 2 次的な軟化が始まった。軟化率は最大応力振幅 $\sigma_{\max}$ と変曲点での応力振幅 σ_{if} を用いて $(\sigma_{\max} - \sigma_{if}) / \sigma_{\max}$ と定義した。1pass 材では繰返し軟化率が 0.13 と 2pass 以上の ECAP 材と比較して高い値となっている。これは 1pass 材の微細構造は小角粒界の占める割合が多いために、転位の対消滅などにより、容易に回復を起こしたためであると考えられる。一方で 2pass 以上の ECAP 材は大角粒界の占め

る割合が多く、繰返し変形に対して安定であるため、繰返し軟化の程度が抑えられたと考えられる。

4 結言

Fe-20%Cr 合金に ECAP 加工を行うと、パス回数の増加に伴い応力振幅が向上する。繰返し軟化の程度は 2 パス以上の ECAP 材で減少傾向を示し、疲労寿命も向上することがわかった。

Fig. 1 IPF maps of the Fe-20%Cr alloy processed by (a) 1-pass and (b) 4-passes ECAP.

Fig. 2 Stress amplitudes and cyclic softening ratio.

参考文献

1. Agnew, S. R. and Weertman, J. R., *Mater. Sci. Eng. A*, Vol. 244 (1998), pp. 145-153.
2. Hoppel, H. W., Zhou, Z. M., Mughrabi, H. and Valiev, R. Z., *Phil. Mag. A*, Vol. 82 (2002), pp. 1781-1794.