

研究論文の概要

論文題目：

Formation mechanism of inclined fatigue-cracks in ultrafine-grained Cu processed by equal channel angular pressing

(ECAPにより製作した超微細粒銅の傾斜疲労き裂の形成機構)

著者：M. Goto, SZ. Han, T. Yamamoto, J. Kitamura, JH. Ahan, T. Yakushiji, S. Kim, J. Lee

掲載雑誌：International Journal of Fatigue (Elsevier) 2016年

概要：

材料の強度特性を改善する方法の一つに結晶粒の微細化がある。特に、材料のバルク形状を維持したまま微細化を行う手法として、材料に強変形を繰返し与える手法がいくつか開発されている。その中で、ECAP (Equal Channel Angular Pressing) 法に関する研究は最も多く、その特異な組織構造や強度・変形特性が報告されている。

ところで、実際の機械構造物は使用中に**応力**の繰返しを受ける。すなわち、超微細粒材料を実用化するには**疲労挙動**を明らかにする必要があり、近年超微細粒材料の疲労に関する研究が盛んに行われている。ECAPにより形成した超微細粒材料(結晶粒径: 200~数百ナノメートル, 通常材料は数十~100 マイクロメートルが多い)では、高応力の繰返しの下で疲労き裂が荷重方向に対して45°傾いて発生する場合(図1a)と直角に発生する場合(図1c)があることが数多くの研究機関から報告されている。一方、低応力の繰返しではき裂の形成は荷重方向に対してほぼ直角(図1b, d)である。**疲労き裂発生と進展のメカニズムの解明は、今後の超微細粒材料の開発および強度評価を行う上で極めて重要な課題である。**

疲労き裂形成に関して、これまで多くの研究者が材料組織の観点から形成機構の解明に取り組んできた。著者らは、**試験片の平滑部表面のどの位置に発生するか特定できない疲労き裂の発生位置を、指定した位置にき裂を自然発生させる試験方法を開発した。**この方法を用いて疲労試験を行い、き裂発生・進展挙動と結晶粒成長挙動(図2)をとり入れて傾斜き裂形成の組織的検討を行った。これに加えて、力学的検討が全くなされていなかった傾斜き裂の形成の力学的解明に取り組んだ。その際に、内部方向のき裂面形状とき裂先端付近の変形モードに着目し、混合モード**応力拡大係数**の評価(図3)を行うことで傾斜疲労き裂形成のメカニズムを解明した。**これまで組織的観点と力学的観点を総合してき裂形成機構を解明した研究の報告例は皆無であり、以上の結果は今後の超微細粒材料の開発と評価を行う際に注目すべき学術上重要な研究成果である。**

用語の説明：

応力：材料内部の単位面積あたりに伝わる荷重 [N/m²] [Pa]

疲労：機械や構造物に応力が繰返されるときに材料に認められる現象

ナノメートル：1 マイクロメートル (0.001 ミリメートル) は 1000 ナノメートル

応力拡大係数：き裂先端の力学的厳しさを表す尺度

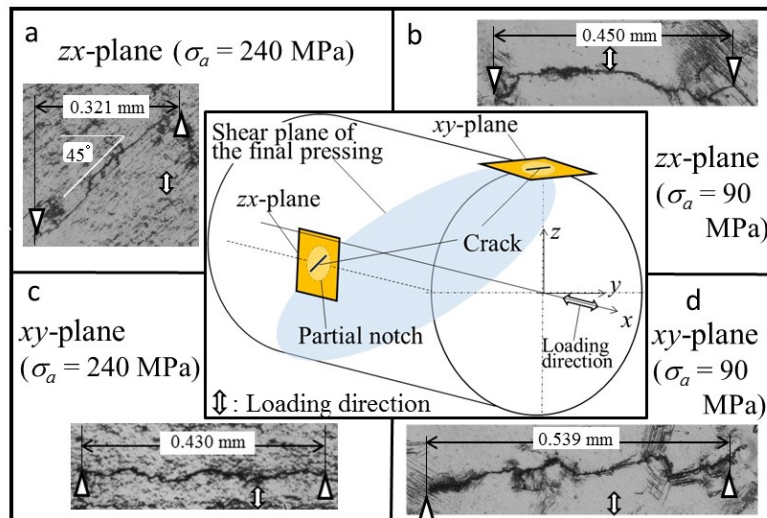


図 1 試験片のき裂発生位置と進展方向の関係 (試験片とき裂発生位置の関係を示す中央の図中における水色の楕円は ECAP 加工の最終せん断面)

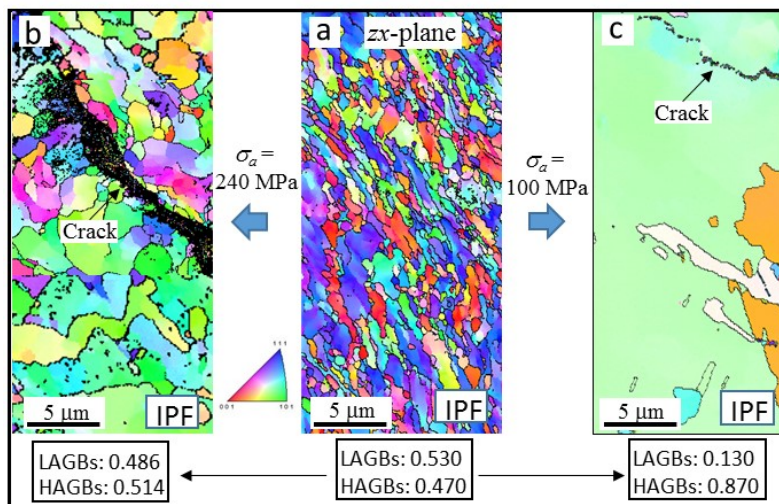


図 2 EBSD 解析による応力繰返しによるき裂経路周辺の結晶粒成長の様子 (a: 応力負荷前, b: 高応力の負荷後, c: 低応力の負荷後)

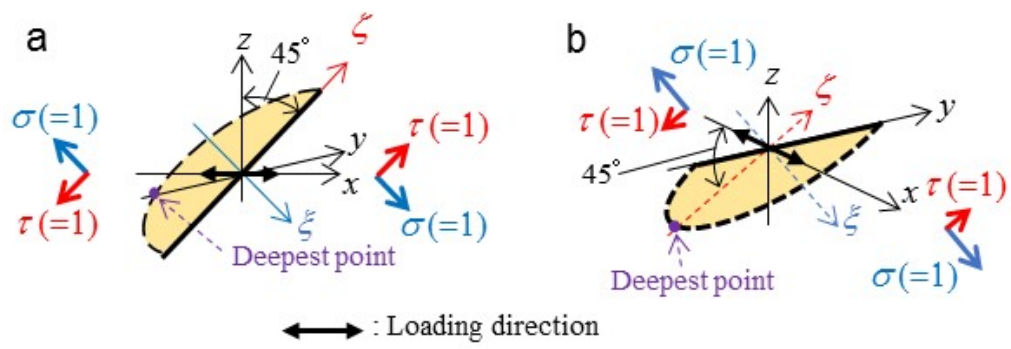


図 3 傾斜き裂の力学的モデル