

塑性変形を受けた Fe-Si 合金多結晶体の粒内ひずみ分布

Transgranular strain distribution in Fe-Si polycrystal alloy with plastic deformation

菅蒲敬久^{1*}, 城鮎美^{1,2}, 新垣優³, 内藤大幹³, 羅紅岩³, 大工原森³, 友田陽³¹ (独) 日本原子力研究開発機構、〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1² 徳島大学、〒770-8501 徳島県徳島市新蔵町 2-24³ 茨城大学、〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

1 はじめに

多結晶金属材料の塑性変形はほとんどの場合に転位の運動によって生じる。塑性変形が進むに伴って転位組織が形成され、内部応力分布が生じる。単結晶においても生じる転位セル壁とセル内部では転位密度が異なり応力が分配する(セル応力)。多結晶では結晶方位の相違によって塑性ひずみ量が異なり結晶粒単位で応力が分配する(粒応力)。さらに硬質粒子等があると、母相との間で塑性ひずみ差に起因して相応力が発生する。このような応力分配が重なりあってマクロな変形応力が決まっている。

本研究では、塑性変形に伴う局所内部応力分布の導出を目指し、多結晶中の 1 結晶粒内ひずみ分布計測を行い、塑性変形前後でどのようなデータ差が生じるかを検討した。

2 実験

実験は BL4C で、ごく表面のみからの回折 X 線を計測するために Fe の吸収端より少し上のエネルギーである 8keV の高輝度な単色 X 線を使用した。

供試材は、Fe に Si を 0.75% 添加した合金であり、熱処理したアニール材(無ひずみ)と 4% 塑性変形させた 2 つを試験片とした。試験片のサイズは 10×10×1mm 程度であり、その試験片を回折計の φ ステージに取り付けた自動 xyz ステージに設置した。

Fig.1 にアニール材の写真と、電子線後方散乱回折法(EBSD)で測定した方位マッピングを示す。色は結晶方位を表しており、本試験片には mm オーダーの結晶粒が複数存在していることがわかる。測定は、アニール材については図 1 の四角い枠内のオレンジ部からの α Fe200 回折、4% 塑性変形材については図では示していないが、同様に材料中のある結晶粒内からの α Fe200 回折を複数計測した。

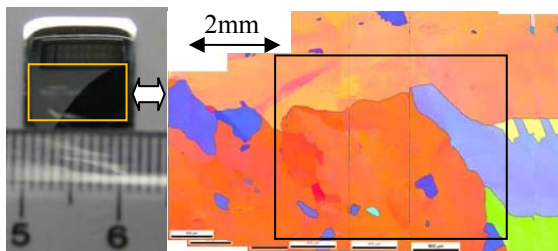


図 1 : アニール材写真と EBSD.

3 結果

図 2 に、結晶粒内のいくつかの場所で測定したロッキングカーブを示す。どちらの図についても観測

場所により角度、強度が異なっている。これは粒界はもたないが、局所的に結晶方位がわずかに異なっている、いわゆる亜粒界が存在しているためである。一方、2つの図を比較すると、アニール材はロッキングカーブの幅が狭く、4% 塑性変形材では幅が広ばかりでなく、その形も左右非対称でショルダーが存在している。これは塑性変形に伴う転位密度の増加やすべりにより、亜粒界よりもさらに小さいセル組織が発生し、各セルの結晶方位が細かく異なっているためであると考えられる。

図 3 に、2つの材料の 1 結晶粒内の回折角分布を示す。黒い部分は観測できなかったところであり隣の結晶粒を表している。アニール材は緑一色であるのに対して、4% 塑性変形材は粒界側に青色の領域が広がっている。これは隣り合う粒との粒間ひずみが発生しているためであると考えられる。

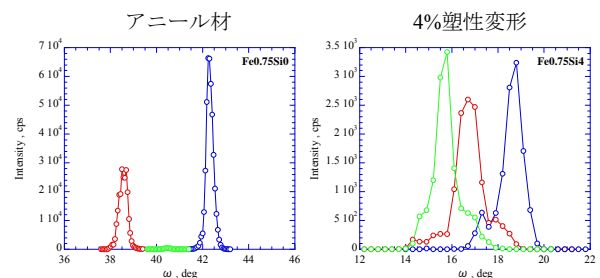


図 2 : ロッキングカーブ.

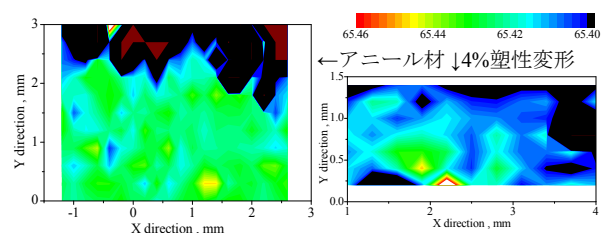


図 3 : 回折角分布

4 まとめ

本研究では、多結晶中の 1 結晶粒内ひずみ分布計測を行い、塑性変形前後でロッキングカーブに大きな違い、および結晶粒内のひずみ分布に変化が現れることを明らかにした。今後、1つの試験片で逐次変形させながら計測し、塑性変形と応力、転位などとの相関について検討していく予定である。

* shobu@spring8.or.jp