

[2024105203]

多結晶鋼における転位密度の結晶粒間の差異 Differences in dislocation density among grains in polycrystalline steels

土田紀之^{#A)}, 友田陽^{B)}, 徐平光^{C)}, 諸岡聡^{C)},
Noriyuki Tsuchida^{#A)}, Yo Tomota^{B)}, Pingguang Xu^{C)}, Satoshi Morooka^{C)}

^{A)} Graduate School of Engineering, University of Hyogo

^{B)} Ibaraki University, ^{C)} Japan Atomic Energy Agency

Abstract

The work hardening behavior of polycrystalline metallic materials is still unknown. In our previous study, the differences in the direction of dislocation density measurement and between crystal grains were investigated by using an austenitic stainless steel. In this study, to further deepen our understanding of the previous study, we examined (1) the differences in the direction of dislocation density measured by line profile analysis and (2) the differences in dislocation density between grains using two steels with different crystal structures.

Keyword: dislocation density, austenitic stainless steel, ultra-low carbon steel

1. 緒言

多結晶金属材料の加工硬化挙動については不明な点が多い^[1]. 友田らは、オーステナイト鋼を用いて転位密度の測定方向と結晶粒間の相違について検討した^[2]. 本課題では先行研究についてさらに理解を深めるため、結晶構造の異なる2種類の材料を用いて、かつ、測定条件を増やして、①ラインプロファイル解析による転位密度の測定方向の違い、②転位密度の結晶粒間の相違、の2点について検討を行った.

JRR-3 の RESA を利用した実験では、角度分散法であるため、結晶粒毎の残留格子ひずみの変化を正確に測定することができる. このような実験は、RESA だからこそできると言える. 本研究では、この点に注目し実験を行った. また、同じ課題の実験は、J-PARC (BL-19/TAKUMI) を用いても行っており、ふたつのビームラインを利用した実験結果より、目的である結晶粒毎の転位密度測定の理解に繋がる解析が期待できる.

2. 実験方法

本実験では、結晶構造の異なる2種類の鉄鋼材料、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS310S 鋼 (fcc) とフェライト鋼である極低炭素鋼 (bcc) を用いた. 各試料から、直径 8 mm、平行部長さ 40 mm の丸棒試験片を作製し、事前に引張変形を加え、ひずみの異なる試験片を準備した. SUS310S 鋼は、ひずみ 0, 5, 10, 20, 30, 40%, 極低炭素鋼は、ひずみ 0, 5, 10, 15, 20%である. これらのサンプルは、中性子応力測定装置 RESA (JRR-3 ビームホール T2-1 ポート) を用いて、実験を行った (Fig. 1). サンプルはオイルクレードルに設置して、0, 45, 90° の3条件で中性子回折測定を行った. 測定の際、引張試験片は、直径約 8 mm、長さ約 8 mm の円筒形になるよう、切断を行った.

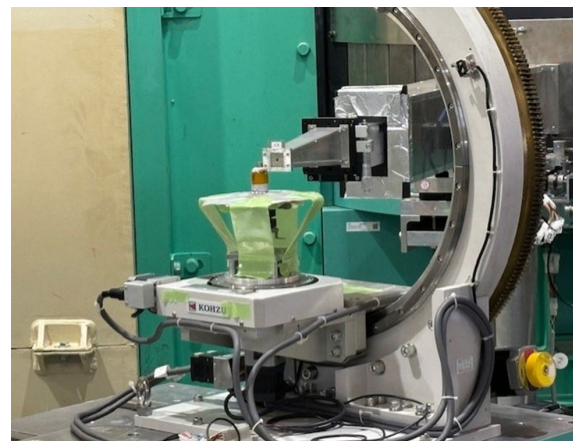
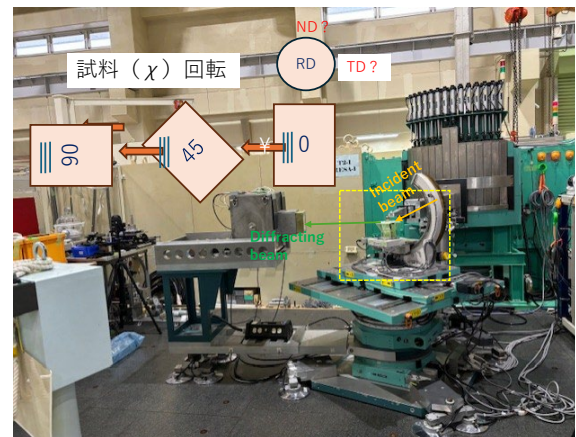


Fig. 1. Neutron diffraction experiment in RESA.

3. 実験結果と考察

Fig. 2, 3 に, SUS310S 鋼のひずみ 0% (変形前) 試料の 3 つの方向 (0, 45, 90°) のオーステナイト 311 と 111 回折プロファイルを示す. いずれの結果も回転角度を変えることで, ピークカウント数が変化した.

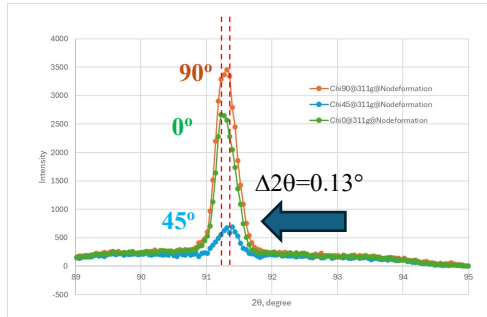


Fig. 2. Neutron diffraction profile of γ 311 before deformation.

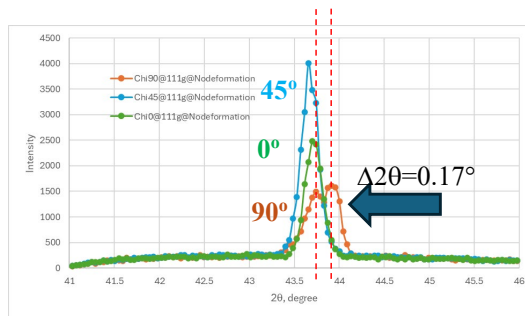


Fig. 3. Neutron diffraction profile of γ 111 before deformation.

Fig. 4, 5 には, SUS310S 鋼のひずみ 40%試料の 3 つの方向のオーステナイト 311 と 111 回折プロファイルを示す. 111 の回折プロファイルについては, ひずみが加わったことで, 回転角度によるピークカウント数の大きさが, ひずみ 0%の結果から変化した. 具体的には, 90° 方向のピークカウント数が大きくなった.

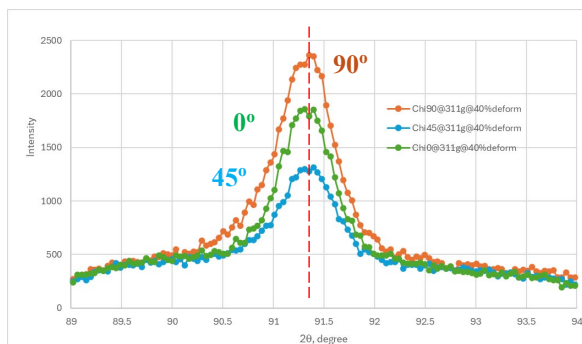


Fig. 4. Neutron diffraction profile of γ 311 with plastic strain of 40%.

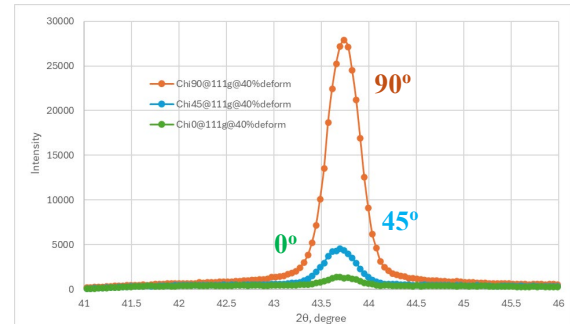


Fig. 5. Neutron diffraction profile of γ 111 with plastic strain of 40%.

我々は, Fig. 2 から 5 で示された結果について, J-PARC/TAKUMI での実験で得られた結果と比較を行った. その結果, 試料回転によるピーク強度変化の関係は異なっていた. 今回の実験では, 丸棒試験片を使用した, 試験片の RD と TD 方向を確認できなかったため, 正確な材料の変形と加工の方向が一致しなかった可能性が考えられる.

参考文献

- [1] T. Ungár, A. Borbély, The effect of dislocation contrast factor on x-ray line broadening: a new approach to line profile analysis, *Appl. Phys. Lett.* 69 (1996), 3173.
- [2] Y. Tomota *et al.*, Dislocation densities and intergranular stresses of plastically deformed austenitic steels, *Mater. Sci. Eng. A*, 743 (2019), 743.