 茨城県 IBARAKI Prefectural Government MLF Experimental Report	提出日(Date of Report) 2022 年 5 月 2 日
課題番号(Project No.) 2021PM2009 実験課題名(Title of experiment) 準安定オーステナイト鋼の加工誘起マルテンサイトの転位密度および集合組織に及ぼす積層欠陥エネルギーの影響 実験責任者名(Name of principal investigator) 増村拓朗 所属(Affiliation) 九州大学	装置責任者(Name of responsible person) 石垣徹 装置名(Name of Instrument : BL No.) iMATERIA (BL20) 実施日(Date of Experiment) 2022 年 2 月 1 日

実験目的、試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、及び結論を記述して下さい。

実験結果などの内容をわかりやすくするため、適宜図表添付して下さい。

Please report experimental aim, samples, experimental method, results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

1. 実験目的(Objectives of experiment)
<p>申請者らは、過去の課題（2019PM0009）において、強加工した焼入れマルテンサイトよりも加工誘起マルテンサイトの強度および転位密度が高いことを示し、同じマルテンサイト組織でも形成過程が特性に影響を与えるという結果を得た。これは、多くの転位が導入された加工オーステナイトから加工誘起マルテンサイトが生成するためであると考察した。本課題では、変態前のオーステナイトの状態を変えるために、オーステナイトの積層欠陥エネルギーを変化させた鋼種を用い、加工誘起マルテンサイトの転位組織に及ぼす変態前のオーステナイトの影響を調査することを目的とする。</p>
2. 試料及び実験方法
Sample(s), chemical compositions and experimental procedure
2.1 試料 (sample(s))
<p>オーステナイト鋼の積層欠陥エネルギー(SFE)を変化させるには、Cr や Ni 量を調整すれば良いが、単に Ni 量を増やただけではオーステナイト安定度も変化し、加工誘起マルテンサイトの生成時期が変わり、単純な比較ができなくなる。そこで本実験では、オーステナイト安定が変わらないように合金組成を調整した Fe-18Cr-10Ni 合金(低 SFE 材)と、Fe-18Cr-9Ni-2Cu 合金(高 SFE 材)を用いた。</p>
2.2 実験方法(Experimental procedure)
<p>圧延材の ND 方向に対して中性子線を入射させ、最も 1/d 分解能が高い BS バンク($2\theta = 145-165\text{deg.}$)で検出したラインプロファイルを解析した。転位密度解析は、CMWP 法により行った。6x8x65mm の角柱試料に対して、600kW の出力でそれぞれ 10min の測定を行った。</p>

3. 実験結果及び考察（実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。）

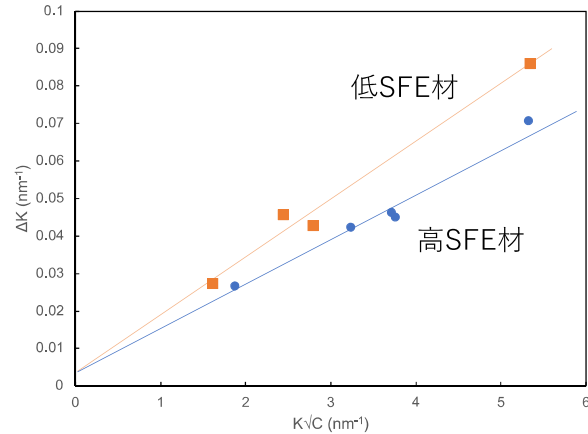
Experimental results and discussion. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

申請時の予定では、その場引張試験を行いながら中性子回折実験を実施し、転位密度の変化や集合組織発達挙動を連続的に測定する予定であったが、マシンタイムの都合上、その場測定はできなかったため、圧延材の転位密度を測定するのみとした。

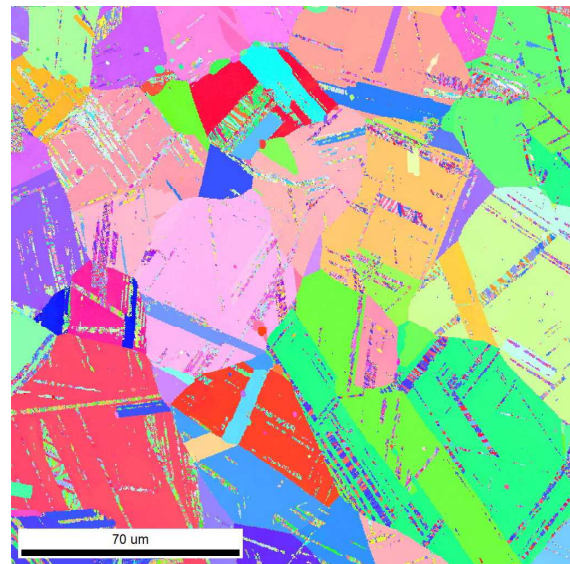
右図は 80% 圧延を施した低 SFE 材 (Fe-18Cr-10Ni) と高 SFE 材 (Fe-18Cr-9Ni-2Cu) の modified Williamson-Hall プロットを示す。低 SFE 材のほうが modified Williamson-Hall プロットの傾きが大きく、転位密度も高いことが予想される。さらに解析を進めることで転位密度を算出した結果、低 SFE 材で $3.8 \times 10^{15} / \text{m}^2$ 、高 SFE 材で $2.0 \times 10^{15} / \text{m}^2$ となり、オーステナイトの SFE が低いほど、加工誘起マルテンサイトの転位密度が高くなった。

オーステナイトの SFE が低いほど転位の交差すべりが抑制され、動的回復が抑えられることが知られている。すなわち、SFE が低いほど加工中に消滅する転位数が減少し、より多くの転位密度が蓄積されることが予想される。時間の都合上、低ひずみ側の測定が行えず、残留オーステナイトの転位密度を測定することができていないので、今後実施したいと考えている。

また、低 SFE 材の組織を見ると、マルテンサイトが板状に並んでいることから、先に変形双晶や ϵ マルテンサイトが中間相として生成し、それらを核生成サイトとしてマルテンサイト変態していることが推測される。このように、2 段階の無拡散変態が生じることで、転位密度が上昇した可能性もある。



低SFE材(Fe-18Cr-10Ni)と高SFE材(Fe-18Cr-9Ni-2Cu)の80%圧延材のModified Williamson-Hallプロット



低SFE材(Fe-18Cr-10Ni)のサブゼロ材の結晶方位マップ

4. 結論(Conclusions)

オーステナイト安定度を揃え、積層欠陥エネルギーを変化させた低 SFE 材 (Fe-18Cr-10Ni) と高 SFE 材 (Fe-18Cr-9Ni-2Cu) の加工誘起マルテンサイトの転位密度解析を行った結果、SFE が低いほうが加工誘起マルテンサイトの転位密度が高いことが明らかとなった。これは、低い SFE に起因してオーステナイトに多くの転位が蓄積していること、変形双晶や ϵ マルテンサイトが生成して2段階の無拡散変態が生じていることが主要因ではないかと考えられる。