

## 加工に伴う鋼中転位密度変化と転位下部組織形成挙動の解明(その2)(メールインサービス)

日本製鉄株式会社 技術開発本部/重里 元一

日鉄テクノロジー株式会社 富津事業所/草間 一徳

### 1. Introduction

一般に、加工に伴い金属中の転位密度は増加し、転位下部組織が発達する。転位密度の増加挙動、下部組織発達挙動は、金属の機械特性(強度、延性、靱性)に大きな影響を及ぼす。その挙動は材料組成、加工温度に影響されると考えられる。

しかしながら、従来、転位密度、転位下部組織の発達度合いを定量的に評価することは難しかった。最近、放射光回折、中性子回折技術が高度化し、それらの測定が可能となってきている。回折プロファイルを高精度に測定し、得られたプロファイルを解析することで、転位密度、転位の分布の不均一性、転位性格(螺旋、刃状)の比率などの情報を得ることが可能である。例えば、Ungarらは、CMWP法(Convolutional Multiple-peak Whole Profile fitting)により様々な材料中の転位組織を解析している[1, 2]。友田ら、佐藤らも同様の報告をしている[3, 4]。

本研究の目的は、種々の温度(室温から液体窒素温度)で鋼を加工した際に、歪量増加に伴う転位密度および転位下部組織の変化を定量的に明らかにすることである。前回実験で、純鉄に近い組成の鋼を用いて中性子回折実験を実施し、転位密度、らせん割合、転位セル化指標(M値)を取得する手法を確立した。今回は、炭素添加鋼を用いて、同様の測定を行い、炭素量による転位組織変化を調査する。

[1] T. Ungar et al., J. Appl. Cryst. (1999). 32, 992-1002

[2] T. Ungar, Materials Science and Engineering A309-310 (2001) 14-22

[3] Y. Tomota, Acta Materialia 51 (2003) 819-830

[4] 佐藤ら, 鉄と鋼, 104, 2018, 201-207

### 2. Experiment

真空溶解にて Fe-0.017 mass%C-0.03Al 合金を作製し、供試材として用いた。真空溶解後、熱間圧延にて厚さ 20mm の板材とした。この板材から引張試験片を採取し、室温から液体窒素温度の温度範囲で引張試験を行った。引張試験は、歪速度は  $10^{-3}$  で、公称歪 5~20%の歪量を付与した。引張試験を施した試料を広角中性子回折測定に供した。装置由来の回折ピーク広がり进行评估するため、歪なしの試料も測定した。

Ungar らの手法 (CMWP 法) を用いて得られた中性子回折プロファイルを解析した。転位密度、転位組織に関するパラメーター: 転位性格 (らせん/刃状割合)、転位カットオフ半径 ( $Re^*$ )、転位セル化指標 (M 値) を評価した。

### 3. Results

加工温度 50°C、歪量 7%の試料について、回折プロファイルを CMWP 法でフィッティングした例を Fig.1 に示す。フィッティングは 110~400 の 8 つの回折ピークに対して行った。概ね良好なフィッティング結果が得られている。同様にして、各温度、歪量の試料に対しても解析を行った。転位密度、ROS、 $M^*$ を加工温度に対してプロットした結果を Fig.2~4 に示す。転位密度は、加工温度が室温付近の場合に高くなっていた。その原因は現段階では不明確であるが、低温ではらせん転位比率が高くなるため、クロススリップにより転位消滅が起こりやすいと考えることができる。低温でらせん比率が高くなるのは、BCC 金属の特徴を表していると思われる。 $M^*$ は低温のほうが高くなる傾向がみられた。すなわち、

低温で加工したほうが転位がセル化しにくいことを示している。この点については、TEM 観察で確認する必要がある。

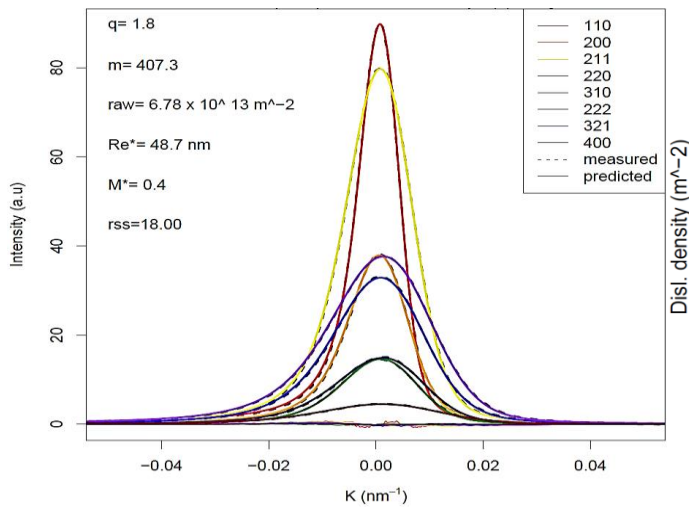


Fig.1 Measured and simulated peak profiles fitted by CMWP.

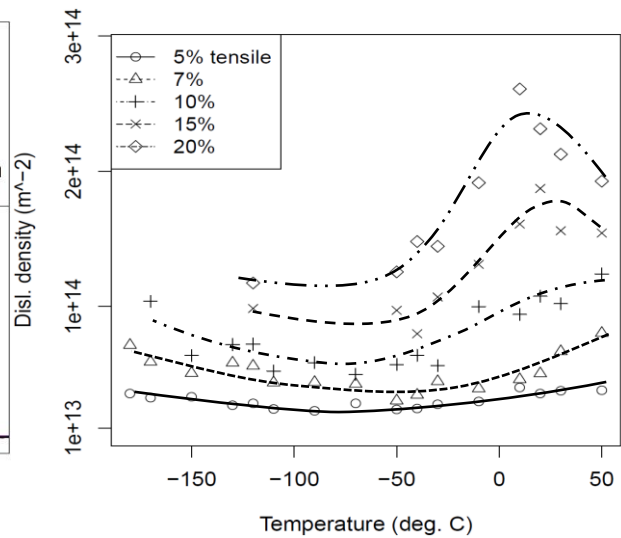


Fig.2 Dislocation density plotted against tensile temperature for different strains.

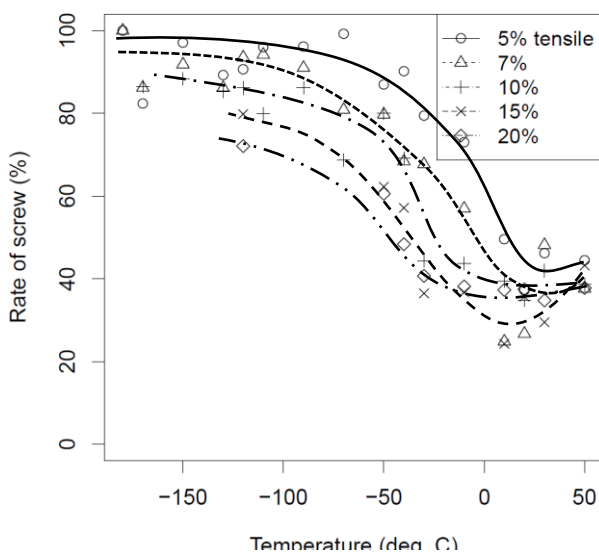


Fig.3 Rate of screw plotted against tensile temperature for different strains.

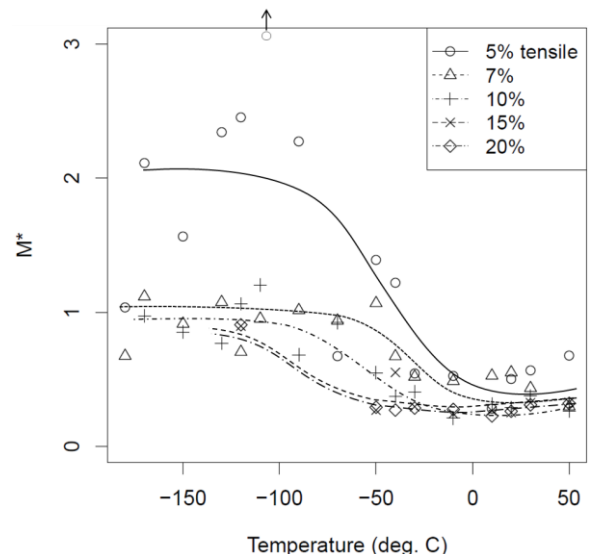


Fig.4 M\* parameter plotted against tensile temperature for different strains.

#### 4. Conclusion

- 極低炭素鋼を用いて、加工に伴う転位組織変化を調べた。
- 転位密度は、加工温度が室温付近の場合に高く、低温では低くなっていた。
- らせん比率は加工温度が低いほど高くなる傾向がみられた。これは BCC 金属の特徴を表していると思われる。
- M\*は加工温度が低いほうが高くなる傾向がみられた。すなわち、低温で加工したほうが転位のセル化が起こりにくいことを示している。この点については、TEM 観察で確認する必要がある。
- 今後、以上の結果が得られた原因を考察する必要がある。他の手法による調査結果も併ようして、転位組織発達のメカニズムを明らかにする。

以上