

オーステナイト系快削ステンレス鋼の引き割れメカニズム解明

秋山精鋼株式会社 関根 雅彦

1. Introduction

弊社は特殊鋼の 2 次加工品をユーザーのニーズ（寸法精度、真円度、粗さなど）に対応して生産しており、販売先において機械部品などに使用されている。本研究の対象であるオーステナイト系快削ステンレス鋼 SUS303、ASK-8000 は耐食性に優れるだけでなく、被削性も優れる為、多くの用途で使用されているが、引抜き加工時に軸方向に割れが発生する事がある。SUS303、ASK-8000 は快削性成分として硫黄とマンガンを添加し、MnS として鋼中に介在物として均一に点在しているが、その MnS が割れの起点となり、引抜き時の応力により割れが進むと考えられる。しかし、MnS 以外にも、加工前の固溶化熱処理状態や引抜き時に発生する加工誘起マルテンサイト変態や集合組織など母材組織の影響もあり、不明点が多い。メカニズム解明の 1 つとして BL20 において引抜き加工の条件を変更したサンプルの加工誘起マルテンサイト変態量・集合組織の測定、解析を実施した。

2. Experiment

2.1 試料 (samples)

鋼種：SUS303、SUS304 [比較材]、ASK-8000*

*Ni 減 Mn 増により、加工時の誘起マルテンサイト変態量を増加、高強度を狙ったオリジナル鋼種
加工条件：下記条件で潤滑油を使用して 1 パス引抜き加工

φ12.0→φ10.8（減面率 19%） 加工時の温度 10°C、20°C、30°C（SUS303、SUS304）

φ11.0→φ10.0（減面率 17%） 加工時の温度 10°C、20°C、30°C（ASK-8000）

2.2 実験方法 (Experimental procedure)

BL20 では各棒材試料の軸を垂直に立て、試料を取り囲む 132 方向の検出器群を使って回折ビームを同時に観測し、MAUD プログラムを使って集合組織を解析した。また、結晶相が複数混在する場合はその相分率を解析した。31 本の試料を 615kW で 5 時間かけて測定した。

3. Results

[SUS303 丸棒試料]

加工前の材料と 10°C、20°C、30°C で引抜き加工した材料の極点図（以後 PF と表記）、逆極点図（以後 IPF と表記）を導出した。加工温度が 10°C の材料において、 γ （ガンマ）相鉄（FCC 構造）に加えて ϵ （イプシロン）相鉄（HCP 構造）が 2% 強生じていることが判った（図 1~3）。加工温度 20°C 加工では 2% 弱で、加工温度が 30°C の材料では ϵ 相鉄（HCP 構造）の出現は無かった。低い温度での加工の方が ϵ 相鉄（HCP 構造）の出現が多い傾向がある。

[SUS304 丸棒試料]

加工前の材料と 10°C、20°C、30°C で引抜き加工した材料の PF と IPF を導出した。これらの材料の内、加工温度 10°C の材料では γ 相鉄（FCC 構造）に加えて 2% 余りの ϵ 相鉄（HCP 構造）が現れた（図 4~6）が、他の材料では γ 相鉄（FCC 構造）のみの単相であった。

[ASK-8000 丸棒試料]

加工前の材料と 10°C、20°C、30°C で引抜き加工した材料の PF と IPF を導出した。加工温度の何れにも、 α' (アルファプライム) 相鉄 (BCC 構造) が強く出現した。その相分率は、加工温度 10°C で 11% (図 7~10)、20°C で 8%、30°C で 5% であった。この相分率の大小は、比透磁率 (μ_r) 値、加工温度 10°C 材料で 1.68、20°C 材料で 1.48、30°C 材料で 1.27 の大小と強い相関がある。混在している 3 相のうち α' 相鉄 (BCC 構造) のみが強磁性を持つので、その相分率が比透磁率の強弱を決定していることをこの実験は明確に示している。

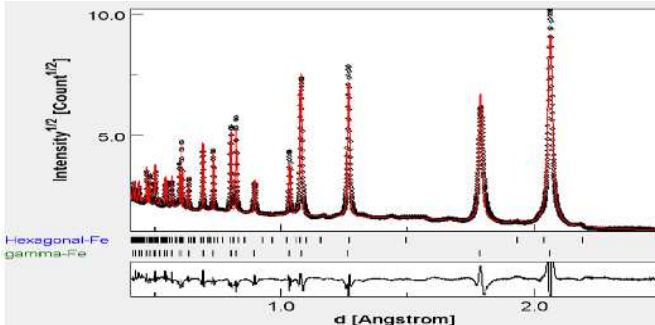


図 1 SUS303 10°C加工材料の回折データ

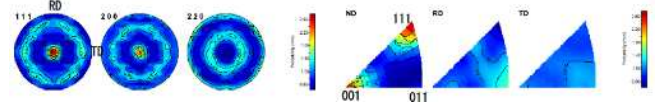


図 2 SUS303 10°C加工材料の γ 相 PF(左図)・IPF(右図)

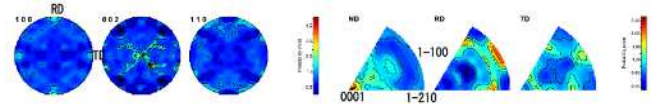


図 3 SUS303 10°C加工材料の ϵ 相 PF(左図)・IPF(右図)

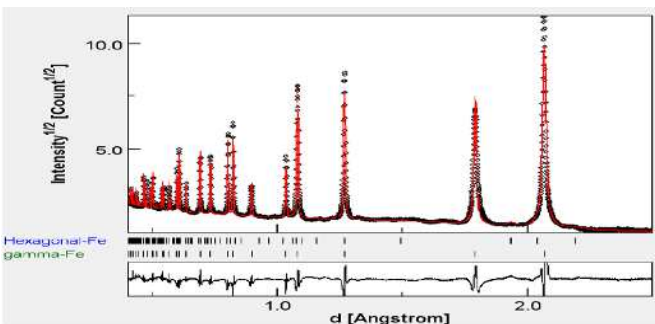


図 4 SUS304 10°C加工材料の回折データ

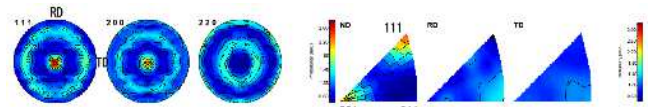


図 5 SUS304 10°C加工材料の γ 相 PF(左図)・IPF(右図)

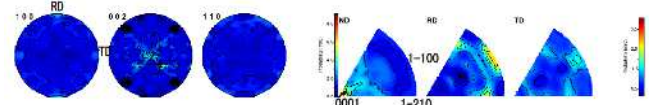


図 6 SUS304 10°C加工材料の ϵ 相 PF(左図)・IPF(右図)

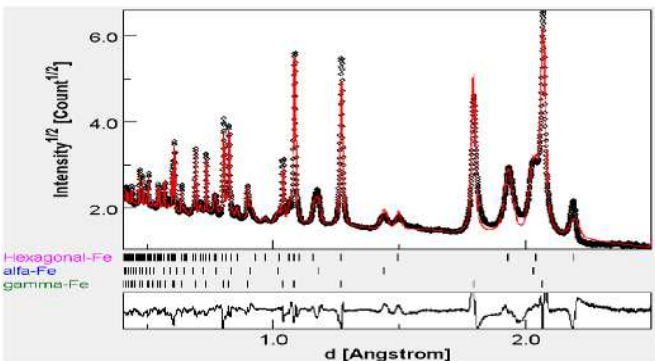


図 7 ASK-8000 10°C加工材料の回折データ

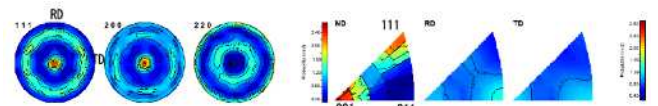


図 8 ASK-8000 10°C加工材料の γ 相 PF(左図)・IPF(右図)

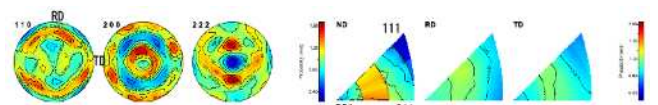


図 9 ASK-8000 10°C加工材料の α' 相 PF(左図)・IPF(右図)

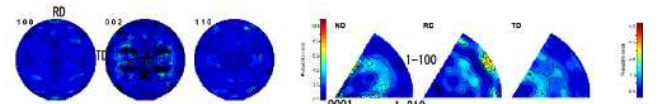


図 10 ASK-8000 10°C加工材料の ϵ 相 PF(左図)・IPF(右図)

4. Conclusion

今回の実験試料では、鋼種・加工する温度によって、 γ 相鉄 (FCC 構造) 100% のもの、 γ 相鉄 (FCC 構造) に ϵ 相鉄 (HCP 構造) が若干出現したもの、 γ 相鉄 (FCC 構造) に ϵ 相鉄 (HCP 構造) と α' 相鉄 (BCC 構造) が強く出現したものの 3 種が観測された。この実験事実は α' 相鉄 (BCC 構造) が現れる前に ϵ 相鉄 (HCP 構造) が現れる過程が存在することを示している。