

クレーム対応のための分析試験の高度化（第3報）

—オーステナイト系ステンレス鋼の塑性加工と腐食の関係に係る研究—
山口貴嗣*

Advanced analytical testing for complaint handling (III)

- Study on the relationship between plastic working and corrosion of Austenitic Stainless Steels - YAMAGUCHI Takashi*

ステンレス鋼、特に SUS304 に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼は、耐食性に優れており延性や靱性も適度に有したバランスの取れた材料であり、非常に多くの分野で用いられている。

このオーステナイト系ステンレス鋼は塑性加工すると、加工部分がマルテンサイト化して加工硬化が起こり磁性を持つことから、相談などでは材料が違うのでは？サビ易くなるのでは？等の質問を受けることが多いが、サビの問題はないとされている。今回は、この内容についてのデータをまとめ、説明資料を作成した。

1 はじめに

岐阜県では企業からの依頼に応じて、さまざまな分析・試験を実施している。これら依頼試験においては、定期的な性能チェックおよび品質確認のための試験以外のクレーム・トラブルに関する試験・調査依頼は、全ての依頼のおおよそ 20%程度を占めており、この中で特に多いのが異物確認で、クレーム・トラブルに関する依頼の約 50%はこの内容についての相談である。

本研究では、このような状況において相談者との共同研究等も実施しているが、それとは別に相談時の説明を補助しわかり易くすることを目的とした資料の作成も実施している。

今回はいくつか作成した資料の中から、特に相談時に聞かれることが多い、ステンレス鋼の塑性加工における加工硬化と腐食の関係についての実験について内容を説明する。

2 ステンレス鋼の塑性加工に関する実験

2.1 塑性加工試験片の作製

試験片の素材には、溶体化処理（固溶化処理）されたオーステナイト系ステンレス材料（SUS304）を用い、ひずみ等を生じないようにワイヤ放電加工機で 150x70mm のサイズに切り出した。

塑性加工には株式会社大東製作所製の『小型圧延機 DBR150』を用いて、圧下率 0, 5, 10, 15, 20, 25% の試験片を作成した。

2.2 測定機器および条件

比透磁率の測定には、List-Magnetik 社製の『Ferromaster』を用いた。

硬さは、株式会社ミットヨ（旧株式会社アカシ）製『マイクロピッカース硬度計 HM-124 型』を用い、試験荷重 Hv0.2 保持時間 10 秒の試験条件で測定した。

加工誘起マルテンサイトの測定には、日本電子株式会

社製『集束イオンビーム—高分解能走査電子顕微鏡複合装置 JIB-4600F』に付属している、TSL 株式会社製『OIM 結晶方位解析装置』を使用した。

また、EBSD（電子線後方散乱回折）測定は加速電圧 15kV で実施した。

塩水噴霧試験には、板橋理化学工業株式会社製『複合サイクル試験機 BQ-1 型』を使用し、JIS H8502 に規定された中性塩水噴霧試験の試験条件で実施した。

3 結果及び考察

3.1 比透磁率の測定

比透磁率の測定に用いた装置は IEC60404-15 および ASTM A342M に準拠した低透磁率計で、比透磁率 1.001～1.999 までの範囲で測定可能で、National Physical Laboratory (NPL、英国) によって製造された精密標準に合わせて校正されており、校正標準によってキャリブレーションが可能であるため、正確な値を測定可能とされている。

永久磁石と差動接続された 2 つの高感度磁場センサーを備えたプローブを調査対象にあてるだけで、即時結果が表示される。

比透磁率と、塑性加工された試験片の圧下率の関係を図 1 に示す。

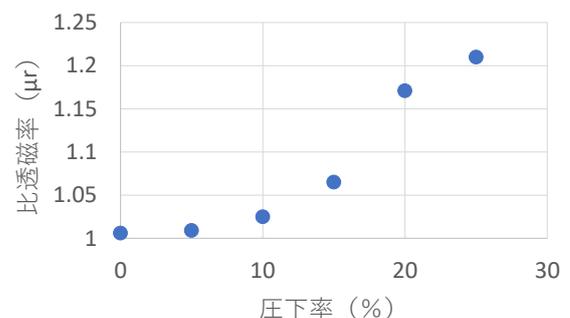


図 1 塑性加工と比透磁率の関係

* 技術支援部

試験片の圧下率の上昇に伴って、比透磁率が増加していることがわかる。

これは、塑性加工によって着磁性が増していることを示しており、磁石等に付きやすくなっていることを示している。

3.2 硬さ測定

ビッカース硬さと、塑性加工された試験片の圧下率の関係を図2に示す。

ビッカース硬さの測定は、ダイヤモンドでできた角錐形圧子を試験片に押し付け、できた圧痕を顕微鏡で観察し対角線の長さを測定して硬さを求めた。

試験片の圧下率の上昇に伴って加工硬化が起こり、硬さが増加していることがわかる。

3.3 加工誘起マルテンサイトの測定

加工誘起マルテンサイト量と、塑性加工された試験片の圧下率の関係を図3に示す。

また、加工誘起マルテンサイト量はEBSD測定による逆極点図結晶方位マップ(図4)による結晶の解析、および相マップ(図5)からのオーステナイト相/マルテンサイト相の解析から割合を算出した。

前述の比透磁率および硬さの変化と同様に、試験片中の加工誘起マルテンサイトの割合も増加していることがわかる。

また、加工硬化による組織変化によってマルテンサイト組織に変化したこと、材料硬度の増加、比透磁率の上昇に関して、お互いに相関があることが理解できる。

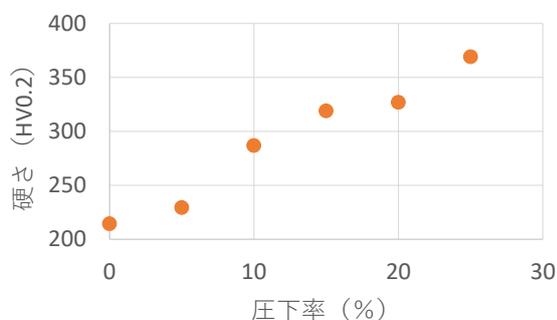


図2 塑性加工とビッカース硬さの関係

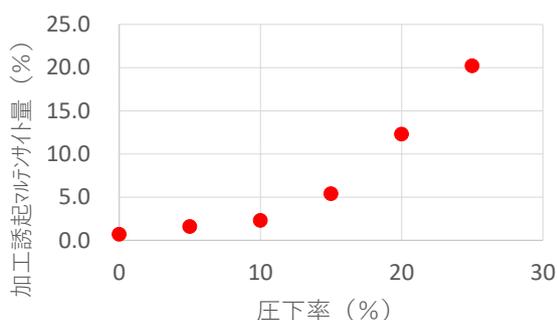


図3 塑性加工と加工誘起マルテンサイトの関係

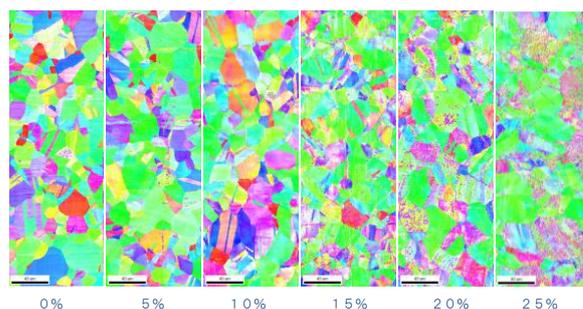


図4 圧下率の違いによる逆極点図結晶方位マップ

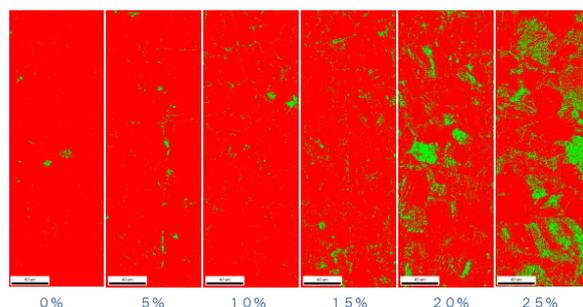


図5 圧下率の違いによる相マップ

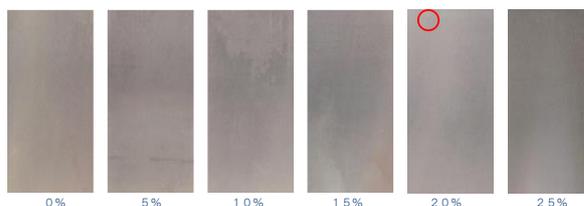


図6 圧下率の異なる試験片の塩水噴霧試験

3.4 塩水噴霧試験

圧下率の異なる、塑性加工された試験片の塩水噴霧試験の結果を図6に示す。試験片は960時間試験後のものであるが、ほとんど腐食が見られない。圧下率20%の試験片でサビのようなものが見られる(図6○囲み部)が、圧延時に生じた微細な隙間に異物が付着していたもので、EDS測定により素材のサビでないことを確認した。

4 まとめ

それぞれの試験結果より、オーステナイト系ステンレスの塑性加工による、比透磁率、加工硬化、加工誘起マルテンサイト量には相関があることがわかった。

また、塑性加工と腐食には全く相関がなく、塑性加工時に発生した微細なすき間に異物等が付着することで、サビのように見えるのではないかとと思われる。

【参考文献】

- 1) ステンレス協会, ”ステンレスの磁性”
<https://www.jssa.gr.jp/contents/faq-article/q6/>,
 (参照 2024/3/13)