

ステンレス鋼の腐食に及ぼす表面加工の影響

素材開発部 吉田健一^{*}、瀬知啓久、濱石和人

Effect of Surface Pretreatment on Corrosion of Stainless Steels

Ken-ichi YOSHIDA, Yoshihisa SECHI and Kazuto HAMAISHI

表面加工条件の異なる各種ステンレス鋼の試験片を作製し、腐食促進試験である塩水による噴霧試験及び複合サイクル試験を行い、加工条件と耐食性について調査した結果、後者の方がより腐食を促進すること、SUS405はSUS304よりも良い耐食性を示すこと、腐食促進の要因として表面加工による表面積の増加が考えられるが、それだけでなく表面状態が重要であることがわかった。

Keyword : ステンレス鋼, 腐食, 表面加工

1. 緒言

ステンレス鋼は、耐食性材料として広く使用されているが、建造物や配管等における腐食及び損傷は減少していない現状にある。

当センターでは、平成元年度から平成9年度における「オーステナイト系ステンレス鋼のガス窒化処理技術の研究」^{1)~3)}において、ステンレス鋼の加工条件によって表面の酸化皮膜状態が異なることを明らかにしており、このことは耐食性についても影響を及ぼしていると考えられる。

そこで、表面加工条件の異なる各種ステンレス鋼の試験片を作製し、腐食促進試験である塩水による噴霧試験及び複合サイクル試験を行い、表面加工と耐食性の関係について調査した。

2. 実験

供試材料は、産業分野で多く使用されている JIS 規格のオーステナイト系ステンレス鋼SUS304, SUS316及びSUS310S, フェライト系ステンレス鋼SUS405及びマルテンサイト系ステンレス鋼SUS420J2の各相当材5種類を選択した。SUS420J2以外の材料は、1273K, 60min加熱後、急冷し溶体化処理を施した。

その後、5種類の材料についてレジソンド SiC 切断砥石で水冷しながら10mm厚みに切断し、表1の4種類の表面加工を施した試験片を作製した。

各試験片は、塩水による噴霧試験及び複合サイクル試験を行った。塩水噴霧試験は、JIS Z 2371に従い、温度35℃、湿度96%、48時間連続で行い、複合サイクル試験は、表2の条件で塩水噴霧 乾燥 湿潤を12サイクル行った（塩水噴霧の合計時間は、24時間）。

^{*}化学・環境部

表1 表面加工条件

研削	CBN砥石により砥石周速度1000 min ⁻¹ , テーブル送り速度5m/min, 切り込み量100μmによる研削加工
研磨1	エメリー紙#120による研磨加工
研磨2	エメリー紙#500による研磨加工
鏡面加工	エメリー紙#800により研磨加工を施した後, 1μmダイヤモンド粒子でバフ研磨加工

表2 複合サイクル試験条件

塩水噴霧	温度35℃, 湿度60%, 2時間
乾燥	温度65℃, 湿度40%, 4時間
湿潤	温度35℃, 湿度96%, 2時間

腐食の評価方法は、1mmメッシュを利用し、試験片上面の腐食が確認された部分を、その当該上面積で除して算出した。

試験片は、3次元表面構造解析顕微鏡により、表面粗さ(Ra)を測定した。また、X線回折及び試験片を厚さ方向に垂直に切断し、その断面をダイヤモンドバフ研磨によって鏡面に仕上げた後、腐食して光学顕微鏡により金属組織の変化を観察した。また、腐食促進試験前及び後の表面状態の相違を電子顕微鏡にて観察するとともに、試験後は電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)による分析を行った。

3. 結果と考察

3.1 表面粗さ、X線回折及び金属組織観察結果

表面粗さ(Ra)の測定結果を表3に示す。また、試験片の加工状態は、研磨1及び研磨2は不規則に交差し合った加工跡であり、研削は1方向へのそれであった。

表3 表面粗さ(Ra)測定結果 (μm)

鏡面加工	研磨2	研磨1	研削
0.01	0.10	0.25	1.15

X線回折の結果、SUS304は研磨1及び研磨2において加工誘起マルテンサイトが確認された。また、SUS316は、ピーク強度は小さいが研磨1及び研磨2において加工誘起マルテンサイトが確認された。SUS310S及びSUS405は、表面加工によるピーク変化は見られなかった。

金属組織観察においても同様の結果であった。

3.2 塩水噴霧試験及び複合サイクル試験結果

塩水噴霧試験48時間後と複合サイクル試験6サイクル(試験合計時間48時間、塩水噴霧合計時間12時間)は、後

者の方がより腐食が進行した。

複合サイクル試験12サイクル後の写真を図1に、表面粗さ(Ra)と腐食割合(%)の関係を図2に示す。

加工条件ごとに比較すると、最も腐食が進行したのは研削であったが、最も小さかったのは、鏡面加工ではなく研磨2であった。これは、表面積だけでなく加工履歴や状態が、腐食に影響を及ぼしていることを示唆した。いずれの材料も、研磨2<鏡面加工<研磨1<研削の順に腐食割合が大きかった。

また、材料ごとで最も腐食が進行したのはSUS420J2であり、最も小さかったのはSUS310Sであった。

なお、サイクル回数が増えるにつれ、腐食は試験片の縁部分に多く見られた。

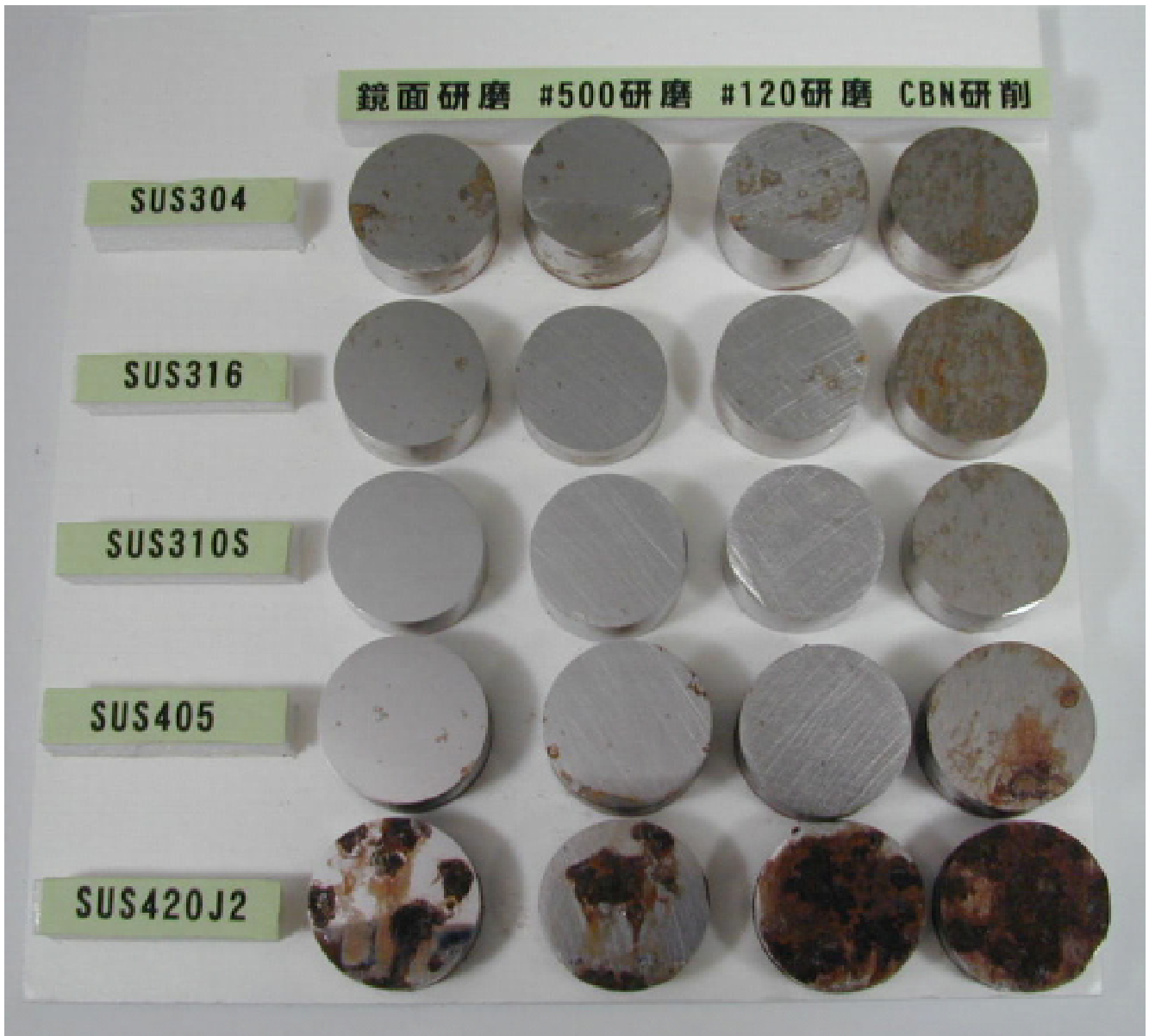


図1 塩水による複合サイクル試験結果(12サイクル)

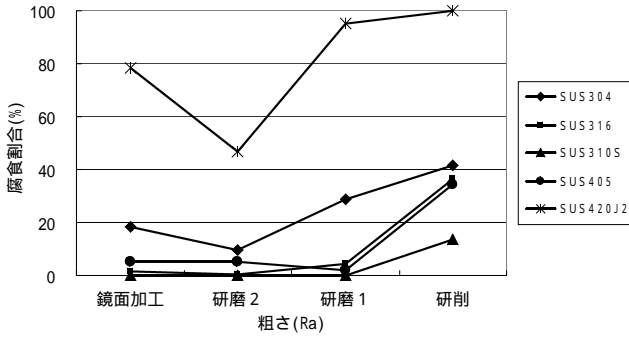
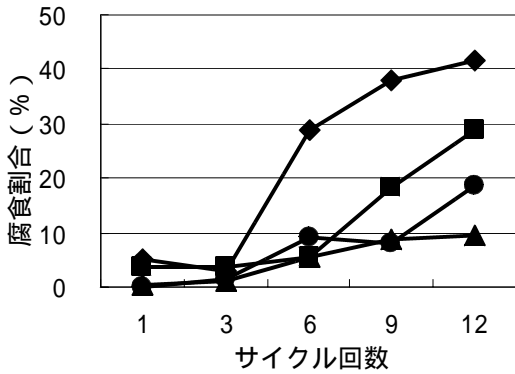
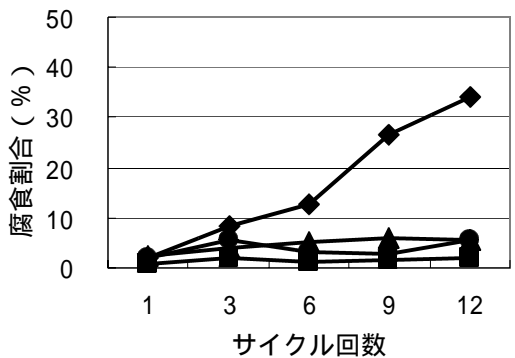


図2 表面粗さ(Ra)と腐食割合(12サイクル)

次に、図3にサイクル回数と腐食割合について示す。SUS304では、12サイクル後において腐食割合は研削で約40%、研磨2で約10%であり、6サイクル（試験合計時間48時間）から腐食が増加した。また、SUS405では、腐食割合は研削で35%、研磨及び鏡面加工で5%以内と、SUS304よりも良い耐食性を示した。



(a) SUS304



(b) SUS405

研削, 研磨1, 研磨2, 鏡面加工

図3 サイクル回数と腐食割合

3.3 電子顕微鏡観察及びEPMA分析結果

特に、複合サイクル試験後のSUS304及びSUS405について電子顕微鏡による観察を行った結果、SUS304の研磨1は、

激しい全面腐食及び孔食が見られ、図4に示すように前者は加工跡に沿って腐食が進行していた。

SUS405は、研磨1において孔食が見られたが、全面腐食はなかった。しかし、研削した試験片は全面腐食があり、一部には放射状を呈する部位もあった。また、図5に示すように鏡面研磨でも孔食が発生し、周辺金属組織への影響が見られた部分もあり、その部位のEPMA分析を行ったところ、鉄元素濃度が低い傾向が見られた。

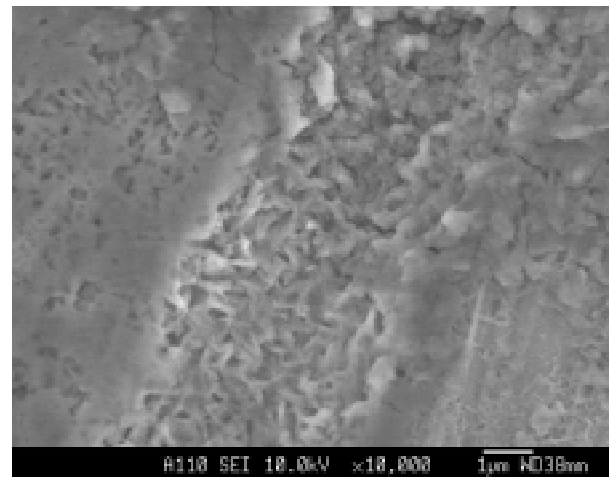
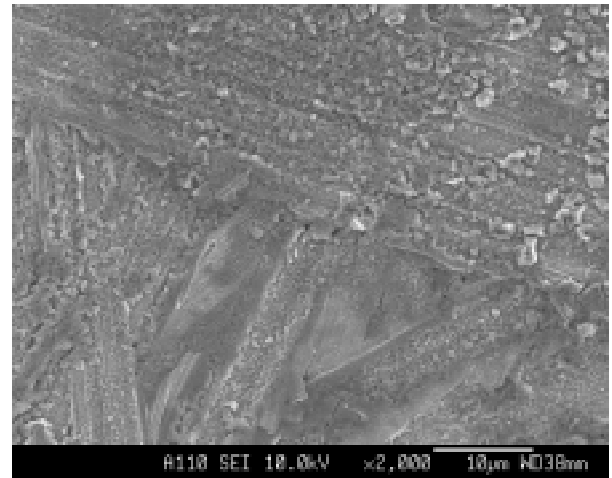
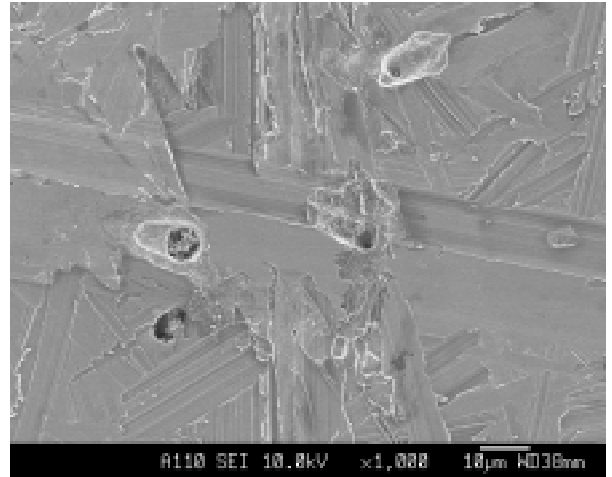


図4 研磨1したSUS304の複合サイクル試験後(12サイクル)の電子顕微鏡写真

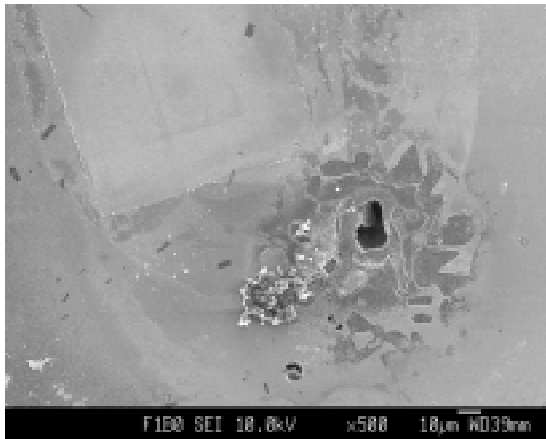


図5 鏡面加工したSUS405の複合サイクル試験後
(12サイクル)の電子顕微鏡写真

4. 結 言

ステンレス鋼の表面加工状態と耐食性について検討した結果、次のことがわかった。

- (1) 塩水による噴霧試験及び複合サイクル試験は、後者がより腐食を促進した。
- (2) SUS304は、表面加工で加工誘起マルテンサイト変態を起こすことにより耐食性を低下させることを裏付けた。

- (3) SUS304の研磨1では、加工跡に沿って、腐食が発生した。
- (4) SUS405は、研磨1では孔食が発生しており、また、研削の場合は全面腐食が発生した。
- (5) SUS405は、SUS304よりも研磨1、研磨2及び鏡面加工において良い耐食性を示した。
- (6) 腐食促進の要因として、加工による表面積の増加が考えられるが、それだけではなく材料の表面状態が重要であることがわかった。

以上のことから、耐食性にすぐれたステンレス鋼であっても、加工する場合は、使用用途を踏まえた材料選択と加工条件が重要であることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 濱石和人, 末吉秀一, 中村祐三, 清藤純一: 日本金属学会誌, 59, 133-139 (1995)
- 2) 濱石和人, 肥後さより, 清藤純一, 末吉秀一, 中村祐三, 塩水孝幸, 門松 繁: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 9, 21-26 (1995)
- 3) 濱石和人, 肥後さより, 末吉秀一, 塩水孝幸: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 12, 53-57 (1998)