

高濃度窒素鋼の耐食性 (2)

高窒素ステンレス鋼の耐食性

Localized Corrosion Resistance of High Nitrogen Stainless Steel

相良雅之
Masayuki Sagara

物質・材料研究機構 超鉄鋼研究センター
特別研究員

1 はじめに

ステンレス鋼中への窒素の添加により付与される性質として耐局部腐食性の向上が知られている。ステンレス鋼の局部腐食が問題となる環境として代表的なものに、海水などの塩化物イオンを含む環境が挙げられる。前述の通り、当機構(旧金属材料技術研究所)では、超鉄鋼研究プロジェクトテーマのひとつとして、耐海水性ステンレス鋼の研究開発を実施している。常温の海水環境において、ステンレス鋼は人工海水に浸漬しただけでは模擬できないほど貴な電位に到達することが報告されている¹⁾。こうした電位の貴化がステンレス鋼においてすき間腐食が発生する一因であるといわれており、窒素は耐すき間腐食性を向上する有効な元素の一つであると考えられる。ここでは、当機構で導入した窒素ガス加圧式ESR (Electro-slag remelting) 装置により創製した高窒素添加オーステナイト系ステンレス鋼の耐孔食・すき間腐食性について述べる。

2 耐孔食性

Fig.1に加圧式ESR法により作製したオーステナイト系ステンレス鋼とVIM (Vacuum Induction Melting) およびVIM鋼の窒素ガス吸収処理により作製したオーステナイト

系ステンレス鋼の、人工海水における孔食電位と溶液温度の関係を示す。なお、孔食電位測定はJIS G 0577に準拠した方法で行い、25~75℃の範囲で測定した。図中の矢印は+0.9 V vs. SCE以下で孔食が発生しなかったことを表す。VIM鋼(図中のVIM steel)は溶液温度の上昇に伴って孔食電位が低下する傾向にあった。また、鋼中の窒素含有量の増加により孔食電位は上昇し、その効果は溶液の温度が低いほど大きかった。一方、加圧式ESRにより作製された鋼(図中のESR steel, 23%Cr-4%Ni-1%N)は全ての温度範囲で+0.9 V vs. SCE以下では孔食が発生しなかった。

Fig.2²⁾には人工海水中で+0.4 V vs. SCEに定電位保持した後、1℃/minの速度で溶液を昇温した時に測定される電流の変化を示す。17%Cr-14%Ni-2%Mo鋼では試験開始直後に、また17%Cr-14%Ni-2%Mo-0.2%N鋼では約40℃において孔食の発生に伴う電流の急激な増加が認められた。一方、加圧式ESRにより作製した23%Cr-4%Ni-1%N鋼は75℃まで孔食が発生しなかった。また、孔食が発生する前の不働態保持電流には温度依存性が認められ、昇温によって電流値が増加した。以上のように、耐孔食性の向上に関して鋼中の窒素は有効であると考えられる。また、VIM鋼と比較するとCr量や鋼の清浄度に違いはあるものの、加圧式ESR法により優れた耐孔食性を有する高窒素ステンレス鋼が創製されているものと考えられる。

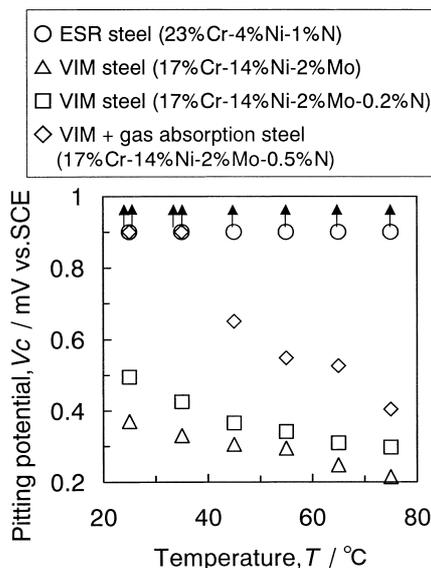


Fig.1 Correlation between temperature and pitting potential in artificial seawater (deaerated by Ar gas)

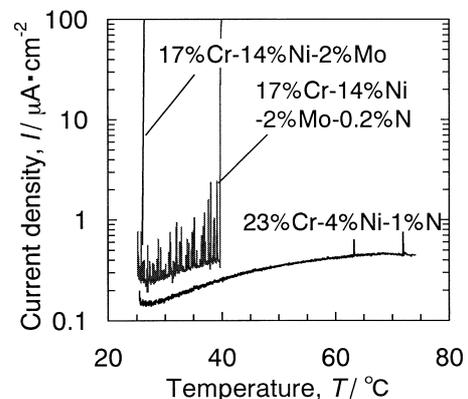


Fig.2 Current response for temperature ascending at constant potential (+0.4V vs. SCE) in artificial seawater (deaerated by Ar gas)²⁾

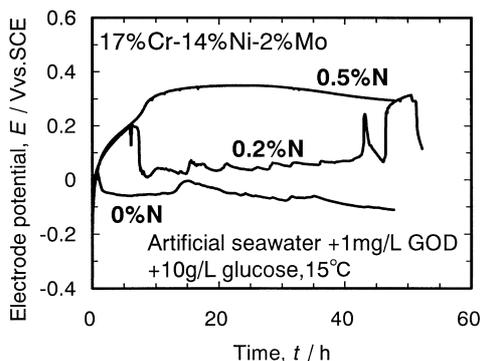


Fig.3 Time dependence of corrosion potential of stainless steels in simulated natural seawater test (15°C , Artificial seawater + 1mg/L GOD + 10g/L glucose, aerated) ⁴⁾

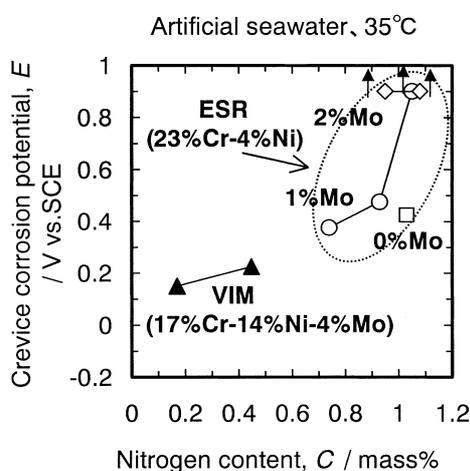


Fig.4 Relationship between nitrogen content and crevice corrosion potential in artificial seawater (35°C, non-deaerated) ⁵⁾

3 耐すき間腐食性

海水環境ではすき間腐食は孔食と比べて発生頻度が高く、より深刻な問題となる。天谷ら³⁾は微生物の存在に起因するステンレス鋼の電位の貴化を再現できる試験法を提案している。宇野⁴⁾はこの方法によりポリサルホン樹脂製のマルチクレビスを取り付けた17%Cr-14%Ni-2%Mo-N量変化鋼の電位経時変化を測定した (Fig.3)。いずれのステンレス鋼でも浸漬直後から電位が貴化し、0%N鋼、0.2%N鋼では試験開始から約10h以内に電位が急激に卑化した。これはすき間腐食の発生に対応しており、これらの材料ではすき間腐食が発生していることが試験後にも確認できた。また、0.5%N鋼は電位が+0.3 V vs.SCE付近で停滞し、すき間腐食は発生しなかった。創製した加圧式ESR鋼にも同様にこの再現試験を適用した結果、すき間腐食の発生は認められな

かった。

また、Fig.4⁵⁾に電気化学試験⁶⁾によりすき間腐食が発生する電位と鋼中の窒素量の関係について示す。図中の矢印は+0.9 V vs.SCE以下の電位ではすき間腐食が発生しなかったことを表す。加圧式ESR鋼はMoフリーでも+0.425 V vs. SCEと優れた耐すき間腐食性を示した。1%Mo鋼については窒素含有量の増加に伴って、すき間腐食が発生する電位が上昇した。さらに2%Mo鋼では、実施した35°Cの試験ですき間腐食が発生しなかった。加圧式ESR鋼は高窒素添加により、Moフリーでも高い耐すき間腐食性を有すると考えられるが、Moとの複合添加⁷⁾によりさらに優れた耐すき間腐食性が得られるものと考えられる。これまでもステンレス鋼の窒素添加による耐局部腐食性向上機構については研究が行われている⁸⁾。当機構でも加圧式ESR法で得られた高窒素ステンレス鋼を用いて電気化学的手法や皮膜解析などにより、耐食性向上機構の未解明な部分について検討中である。

また、実海水での曝露試験も実施中である。5ヶ月間の予備試験の結果、加圧式ESR鋼では取り付けたポリサルホン樹脂とのすき間、あるいは鋼に付着した海洋生物の下でもすき間腐食は認められなかった。現在、さらに海水曝露試験を継続中である。

4 おわりに

オーステナイト系ステンレス鋼の約1 mass%までの高窒素化により、優れた耐孔食・すき間腐食性を持つ材料が得られる可能性を示した。今後、ここで得られた材料の実環境での耐食性を明らかにしていくこと、高窒素ステンレス鋼を用いることにより窒素による耐食性向上機構に対する理解を深めてゆけることを期待している。

参考文献

- 1) V. Scotto, R. Di Cintio and G. Marcenaro : Corrosion Science, 25 (1985), 185.
- 2) 相良雅之, 片田康行, 小玉俊明 : CAMP- ISIJ, 14 (2001), 694.
- 3) 天谷 尚, 幸 英昭 : 材料と環境, 44 (1995), 94.
- 4) 宇野秀樹 : 第119回腐食防食シンポジウム資料, 腐食防食協会 (1998), 68.
- 5) M. Sagara, Y. Katada and T. Kodama : ISIJ Int., 投稿中
- 6) 相良雅之, 宇野秀樹, 片田康行, 小玉俊明 : 鉄と鋼, 88 (2002) 10, 672.
- 7) Claes- Olof A. Olsson : Corrosion Science, 37 (1995), 467.
- 8) 遅沢浩一郎 : 材料と環境, 47 (1998), 561.

(2002年8月15日受付)