
シンポジウム: 「持続可能社会へと導くステンレスの高機能化」講演概要集
High Functionality of Stainless Steel Leading to a Sustainable Society

2026年3月13日(金)
一般社団法人 日本鉄鋼協会
材料の組織と特性部会
「持続可能社会へと導くステンレスの高機能化」自主フォーラム

材料の組織と特性部会

「持続可能社会へと導くステンレスの高機能化」 自主フォーラム

シンポジウム開催案内

地球規模で環境課題が深刻化する中、CO₂ 排出量削減や資源の有効利用といったテーマは避けて通れません。この状況において、100年以上の歴史を持つステンレス鋼も、次世代の課題に対応するためには、さらなる高機能化・多機能化が不可欠です。

本フォーラムでは、昨年の議論をさらに掘り下げ、大学や企業の垣根を越え、次世代ステンレス鋼の可能性について、より深い技術討論を行います。

1. 日時：2026年3月13日（金） 13:00-16:00

2. 場所：千葉工業大学 新習志野キャンパス (第191回春季講演大会 会場9)

〒275-0023 千葉県習志野市芝園2-1-1

JR京葉線「新習志野」駅 南口改札から徒歩約6分

3. プログラム：

13:00-13:05 開会の挨拶 「持続可能社会へと導くステンレスの高機能化」自主フォーラム座長

多田 英司(東京科学大)

座長： 長尾 護 (丸一スチール)

13:05-13:25 省合金二相ステンレス鋼板の α 相集合組織制御

林 亮佑(日鉄)

13:25-13:45 高機能・省資源を目指したステンレス鋼におけるマンガンの活用

大竹 善行(大同)

13:45-14:05 高圧水素環境におけるステンレス鋼の機械的性質

高橋 峻(愛知)

14:05-14:20 休憩

座長： 高橋 峻 (愛知)

14:20-14:40 アルカリ環境におけるステンレス鋼の耐食性と表面状態

米永 洋介(丸一スチール)

14:40-15:00 SUS304の耐孔食性に及ぼす光輝焼鈍条件の影響

堤 文仁(日冶)

15:00-15:20 省資源フェライト系ステンレス鋼の耐食性向上機構

七島 なつみ(JFE)

15:20-15:50 基調講演 オーステナイト系ステンレス鋼の高温高圧水中での応力腐食割れ

榊原 洋平(IHI)

15:50-16:00 総合討論

4. 資料：講演大会サイトよりダウンロードできます。

5. 参加費：無料

6. 申込方法：当日申込

【シンポジウムのみに参加される方】

講演大会当日、大会受付にてお申込みください。(WEB申込は不要です)

【講演大会に参加される方】

別途、参加登録が必要です。協会WEBページ (<https://www.isij.or.jp>) をご確認ください、期間内にお申込みください。

7. 問い合わせ先：日本冶金工業(株) 技術研究所 平田 茂 e-mail: shigeru.hirata@nyk.jp

省合金二相ステンレス鋼板の α 相集合組織制御 Control of the texture of ferrite phase in lean duplex stainless steel sheets

日本製鉄（株）技術開発本部 鉄鋼研究所 林亮佑、三平啓、平川直樹、濱田純一

1. 緒言

フェライト+オーステナイト($\alpha+\gamma$)系二相ステンレス鋼は高強度と高耐食性を兼ね備えたステンレス鋼である。特にリーン二相ステンレス鋼は、強度と耐食性を維持しつつ Ni や Mo などのレアメタルを削減しており、持続可能社会において重要な役割を持つ材料である。これら二相ステンレス鋼板の成形性には α 相の集合組織が強く関連しており、熱延段階で発達した α -fiber (ND//<100>)方位が冷延焼鈍板でも残存することで成形性の低下を招く¹⁾。 α 相の集合組織制御により二相ステンレス鋼の成形性を改善し、適用可能な用途を拡大することで、持続可能社会の実現に大きく寄与することが期待される。本研究では基礎検討として、リーン二相ステンレス鋼と汎用二相ステンレス鋼の α 相の集合組織形成挙動について、特に冷延中の加工誘起マルテンサイト(M)変態の影響に着目して比較した。

2. 実験方法

供試材は Table 1 に示す化学成分を有するリーン二相ステンレス鋼(SUS821L1)と汎用二相ステンレス鋼(SUS329J4L)の 5mmt の熱延鋼板を用いた。SUS821L1 は SUS329J4L と比較して γ -Md₃₀ が高く、 γ 相が不安定で M 変態が起こりやすい特徴を有している。熱延板焼鈍(1100°C×30sec)、冷延(50、84%)、最終焼鈍(700~1000°C×0sec 後水冷)の各工程で EBSD 解析、および X 線回折装置を用いて測定した(110)、(200)、(211)正極点図より α 相の ODF 解析を行った。冷延中の M 変態量は飽和磁化測定により評価した。

Table 1. Chemical compositions of steels used (mass%).

Steel	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	N	γ -Md ₃₀ (°C) ^{※1}
SUS821L1	0.015	0.32	3.21	2.15	21.1	0.41	0.61	0.172	9
SUS329J4L	0.015	0.54	0.74	6.81	25.2	3.02	0.18	0.137	-218

※1) γ -Md₃₀ is calculated by substituting the γ phase composition at 1100°C, calculated using Thermo-Calc, into the following equation: γ -Md₃₀=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo.

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に各鋼種の熱延焼鈍板、84%冷延板、950°C最終焼鈍板の α 相の ODF マップを示す。熱延焼鈍板では、いずれも α -fiber の代表方位である $\{100\}<011>$ および $\{211\}<011>$ が強く発達し、特に SUS821L1 で集積が強かった。熱延焼鈍板に冷延を施すと、いずれも α -fiber 方位が低減した。特に SUS821L1 では顕著に α -fiber 方位が低減し、SUS329J4L よりも集積度が低くなった。さらに最終焼鈍すると、SUS821L1 ではわずかに方位強度が低減し、SUS329J4L ではほとんど変化がみられなかった。

Fig. 2 に熱延焼鈍板を 50%冷延後の α 相の平均 KAM 値、IPF 像および $\{100\}$ 粒内の結晶方位変化を示す。SUS821L1 は SUS329J4L と比較して α 相の平均 KAM 値が高く、 α 相により多くのひずみが蓄積していた。また、 $\{100\}$ 粒内で局所的に大きな結晶方位変化を示した。M 変態量は SUS821L1 で 25%、SUS329J4L で 0%であり、 γ 相の安定度が低い SUS821L1 で M 変態が生じていた。これらのことから、SUS821L1 では、冷延中に生成した硬質なマルテンサイトの周囲の α 相の $\{100\}$ 粒で不均一な変形が生じることで、 α -fiber 強度が大きく低減したと推察される。

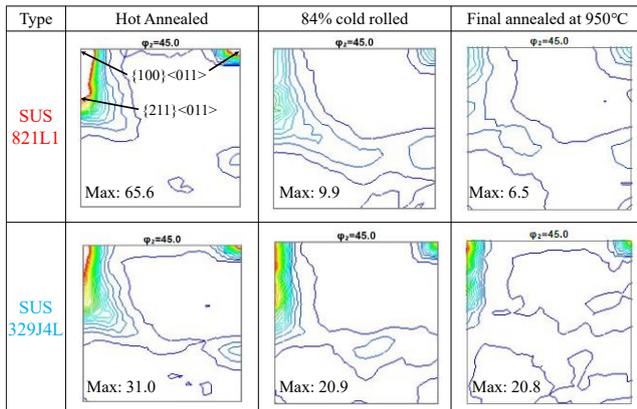


Fig.1. ODFs ($\phi_2=45^\circ$ section) of ferrite phase in the samples after hot annealing, cold rolling, and final annealing.

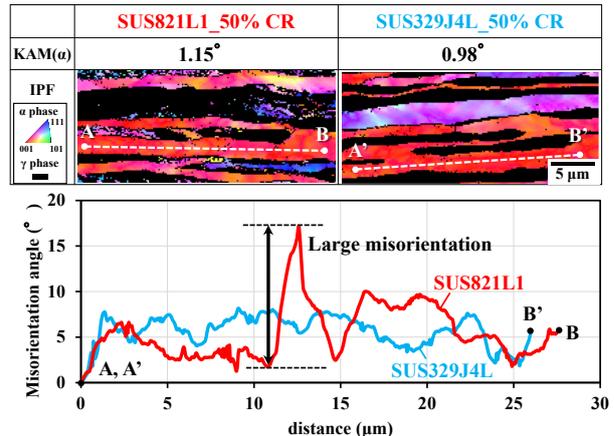


Fig.2. KAM values, IPF maps and misorientation profiles of ferrite phase after cold rolling to 50% reduction.

参考文献

1) G. Fargas et al.: ISIJ International, 48 (2008), 1596.

Ryosuke Hayashi (NIPPON STEEL Corporation, 3434, Shimata, Hikari, Yamaguchi, 743-8550)

高機能・省資源化を目指したステンレス鋼におけるマンガンの活用

Use of Manganese in Stainless Steel for High Performance and Resource Conservation

大同特殊鋼(株) 大竹善行 小柳禎彦

1. 緒言

マンガン(Mn)はステンレス鋼における強度向上およびオーステナイト相の安定化に有効な添加元素であることが知られている。また、Mn は同じくオーステナイト相の安定に重要なニッケル(Ni)と比較して安価であり、窒素(N)の固溶量を増加させる効果を有する。こうした背景から 1940 年代頃より Ni 資源の節減を目的として、Ni を Mn に代替する研究が盛んに行われ、1955 年に AISI 規格に 201, 202 が採用されたのを契機に、これらの改良鋼の開発と用途拡大が進められてきた。表 1¹⁾に JIS, AISI および ASTM で規格化されている Mn 添加オーステナイト系ステンレス鋼および各社開発鋼種の一列を示す。201, 202 および 205 はそれぞれ 17Cr-6Mn-4Ni-N, 18Cr-8Mn-5Ni-N および 17Cr-15Mn-1Ni-N で 301, 302 および 305 の省 Ni 鋼に対応する。これらの鋼種は Mn および N を多く含むため、Cr-Ni 系オーステナイト系ステンレス鋼と比較し高耐力であることが特徴である。また、各社開発鋼種のうち、R201L は 201 の低 C 鋼で車両用材、YUS120 は高強度材として使用される。DNM140²⁾は Mn に加え Cr, Mo および N を多く添加しており、高強度・高耐食であることから石油掘削用非磁性材として使用されている。

本報告ではステンレス鋼における Mn による特性影響を述べるとともに Mn 添加ステンレス鋼の活用事例を紹介する。

表 1 Mn 添加オーステナイト系ステンレスの一列

鋼種				Mn添加オーステナイト系ステンレス鋼の化学成分[%]									
JIS	AISI	ASTM	開発鋼	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	Other
201	201	201		≤0.15	≤1.00	5.50~ 7.50	≤0.060	≤0.030	3.50~ 5.50	16.00~ 18.00	-	≤0.25	
202	202	202		≤0.15	≤1.00	7.50~ 10.00	≤0.060	≤0.030	4.00~ 5.00	17.00~ 19.00	-	≤0.25	
	205	205		0.12~ 0.25	≤1.00	14.00~ 15.50	≤0.030	≤0.030	1.00~ 1.75	17.00~ 19.00	-	0.32~ 0.40	
			YUS120 (日鉄)	≤0.15	≤1.00	7.00~ 10.00	≤0.040	≤0.030	0.50~ 3.50	14.00~ 17.00	0.30~ 1.00	0.010~ 0.200	Cu:0.50 ~3.00
			R201L (JFE)	≤0.03	≤1.00	5.50~ 7.50	≤0.060	≤0.030	3.50~ 5.50	16.00~ 18.00	-	≤0.25	
			DNM140 (大同)	≤0.15	≤1.00	14.00~ 17.00	≤0.050	≤0.030	2.00~ 4.00	17.00~ 20.00	0.50~ 2.50	0.40~ 0.50	

2. ステンレス鋼における Mn による特性影響

ステンレス鋼に Mn を添加すると鋼中の積層欠陥エネルギーが低下し³⁾加工硬化能が上昇するため、冷間加工時の強度が増加する。また、Mn 単体だけでなく様々な元素と組み合わせることでステンレス鋼の特性向上が可能である。例えば、Mn は鋼中の N の固溶量を増加させるため Mn と N の複合添加により強度および耐食性が向上する。また、Mn と S の複合添加により鋼中に MnS が分散し、切削時の摩擦が低減されるため被削性が向上する。一方で、MnS は塩化物水溶液環境下において孔食発生の起点となるため、耐孔食性を低下させることが知られているが、同時に N も添加することで耐孔食性の改善⁴⁾も可能である。

3. Mn 添加ステンレス鋼の活用事例

ステンレス鋼に Mn を添加することで省資源への貢献や様々な特性向上が期待できる。201, 202 を代表とするオーステナイト系ステンレス鋼は一般的に高強度、耐食部材として自動車用部品、キッチン用品、建築構造物などに広く使用される。多くの場合 N も同時に添加されていることから耐熱性にも優れ、自動車用排気部品にも適用されている。また二相系ステンレス鋼においては Ni を Mn と N に置き換えた省 Ni 鋼種⁵⁾が開発されており水インフラ等の土木分野での利用が進んでいる。さらに 430F を代表とするフェライト系切削ステンレス鋼は Mn と S の複合添加により切削加工性に優れた部材として精密小物部品に使用される。

[参考文献]

- 1) ステンレス協会:ステンレス鋼便覧 第3版,(1995),586
- 2) 石川浩一ら:まてりあ,48,2,(2009),85-87
- 3) E. B. Pickering: The Inst. of Metals, London, (1984), 2
- 4) K. Osozawa, Zairyo-to-Kankyo (Corros. Eng.), 47, (1998), 561-569
- 5) 及川雄介ら:まてりあ,55,2,(1993),70-72

高圧水素環境におけるステンレス鋼の機械的性質

Mechanical Properties of Stainless Steels in High Pressure Gaseous Hydrogen Environment

愛知製鋼株式会社 高橋 峻

1. はじめに

カーボンニュートラルで持続可能な社会の実現に向けて、水素をエネルギーキャリアとして活用する「水素社会」の構築が進んでいる。この水素社会においては、例えば再生可能エネルギーによる水の電気分解といった、二酸化炭素フリーな方法で製造した水素ガスを、高圧水素ガスの状態で貯留し、自動車や船舶等の燃料として使用する。

高圧水素ガスを取り扱う水素ステーションや燃料電池自動車の高圧水素用機器では、SUS316L や SUS316、SUS305、XM-19、SUH660 といった、オーステナイト系のステンレス鋼が一般に用いられている。高圧水素環境においては、一般に鋼材の延性や強度が大気中に比べて低下しやすいことが知られているが、これらの鋼材は、高圧水素環境でも大気環境と同等の機械的性質を示すことから、一般的な高圧ガス用機器における設計手法を高圧水素用機器にも適用しやすい。

一方で、ステンレス鋼には、オーステナイト系ステンレス鋼に限らず、準安定オーステナイト系、フェライト系、マルテンサイト系、フェライト-オーステナイト二相系、マルテンサイト-フェライト二相系等が知られており、多彩な相状態が挙げられる。これらのステンレス鋼が高圧水素環境で、どのような機械的性質を示すのか、学術的な観点でも、産業利用の観点でも、大変興味深い。

そこで、本報告では、種々のステンレス鋼の高圧水素環境における機械的性質について紹介する。

2. 高圧水素環境 SSRT

鋼材の機械的性質は、ひずみ速度が低い試験条件において高圧水素環境の影響を特に受けやすいことから、SSRT(Slow Strain Rate Tensile Test)が鋼材の水素適合性の評価に用いられている。鋼材の水素適合性は、高圧水素環境の SSRT 結果と大気環境(もしくは不活性ガス環境)の SSRT 結果を比較して評価される。

また、水素ステーションにおいては、高圧水素ガスを -40°C 程度に冷却することで、燃料電池自動車に短時間で充填する技術が用いられていることから、高圧水素環境 SSRT は、 -40°C 程度の低温で実施されることが多い。

本報では、フェライト系ステンレス鋼である SUS430J1L、フェライト-オーステナイト二相系ステンレス鋼である SUS329J4L および、マルテンサイト系ステンレス鋼である SUS420J2 等の SSRT 結果を紹介する。高圧水素環境の影響を強く受ける鋼材は、伸びが低下しやすく、大気環境における引張強さを示す前に破断する。対して、高圧水素環境の影響を受けて伸びは低下するものの、大気環境と変わらない引張強さを示す鋼材もある。

後者の例として、マルテンサイト系ステンレス鋼である SUS420J2 における SSRT 結果を図 1 に示す。この供試材は、高圧水素環境において、不活性ガス環境と比較して破断伸びが低下しているものの、不活性ガス環境と同等の引張強さを示している。

また、マルテンサイト-フェライト二相系ステンレス鋼である 18Cr-4.8Ni-0.03C における SSRT 結果においては、室温の高圧水素環境において、不活性ガス環境と比較して破断伸びが低下しているものの、不活性ガス環境と同等の引張強さを示した。加えて、室温の高圧水素環境において、回転曲げ疲労試験を実施した結果、大気環境と同等の疲労限度が認められた¹⁾。

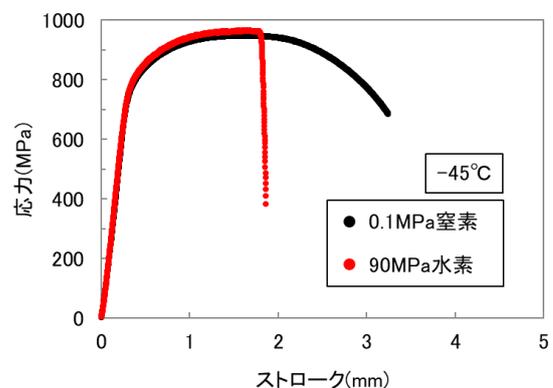


図 1. SUS420J2 の SSRT 結果

参考文献

1) R. Kawakami and K. Kubota: *J. Japan Inst. Met. Mater.* 87 (2023), 96–102

Ryo Takahashi (Aichi Steel Corporation, 1 Wanowari, Arao-machi, Tokai-shi, Aichi, 476-8666)

アルカリ環境におけるステンレス鋼の耐食性と表面状態

Corrosion layer state and Corrosion Resistance of Stainless Steel in Alkaline Environment

丸一ステンレス鋼管(株) 米永 洋介、長尾 護

1. 緒言

近年、脱炭素化社会の実現に向けて、水素調達の観点から水素製造の重要性が増しており、水素製造するための水電解装置の開発が進められている。水電解装置の中でアルカリ水電解装置は建設コストが安価かつ大型化が容易な方式とされているものの、耐アルカリ腐食性の観点から配管や電解槽に高価な Ni を使用しており、低コスト化の観点から Ni 使用量の削減が求められている⁽¹⁾。そのため、省 Ni な材料としてオーステナイト系ステンレス鋼の適用は有望な手段と期待されている。

各種ステンレス鋼や純 Ni までの耐アルカリ腐食性は榊ら⁽²⁾によってまとめられており、Ni 含有量が 20%を超える、もしくは Cr 含有量が 27%を超える鋼種で優れた耐アルカリ腐食性を有することが報告されている。しかし、榊らの報告は、耐アルカリ腐食性は 72 時間のアルカリ腐食試験結果を示したものであり、長時間化の影響は未確認である。そこで長時間のアルカリ浸漬試験を行い、耐アルカリ腐食性に対する成分の関係について検討した。

2. 実験方法

供試材として Ni 含有量の異なる 4 種の材料：SUS304、SUS310S、N08825、N06600 の板もしくは管を、比較用に純 Ni の板を用いた。供試材の表面積が 10cm²程度となるように切断した後、全面を #600 まで研磨した。加えて、表面分析を行うため 1 面をバフ研磨により鏡面仕上げとしたものを試験片とした。濃度 30wt%の KOH 水溶液を用意し、比液量 5ml/cm²となるよう密閉可能なボトルに入れ、90°Cになるまで加熱した。加熱した KOH 水溶液に試験片を浸漬し、100~960hr 保持した。30% KOH 水溶液浸漬前後の試験片重量を測定し、腐食重量変化量を求めた。重量変化量を求めた後、光学顕微鏡、SEM による観察に加えて、XPS による腐食生成物層の状態分析を行った。

3. 結果および考察

Fig.1 に各試験片を 90°C-30wt%KOH 水溶液に 960hr 浸漬した際の重量変化量を Ni 含有量で整理した結果を示す。今回評価を行った 5 種類の中で SUS304 が最も重量変化量が大きく、N08825 が最も重量変化量が小さかった。

Fig.2 は、90°C-30wt%KOH 水溶液に 960hr 浸漬後の各試験片の腐食生成物層を XPS で分析し、酸素濃度がピークから 1/2 となる位置を腐食生成物層厚さとして Ni 量で整理した結果である。腐食生成物層厚さは Ni 含有量が増加するほど厚くなる傾向があった。

講演では各試験片の腐食試験後皮膜の構成や腐食挙動について検討した結果を報告する。

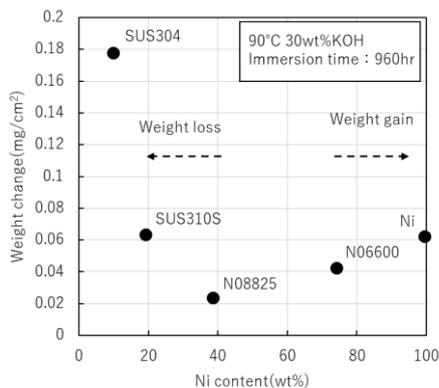


Fig.1 Results of immersion test in 30wt%KOH

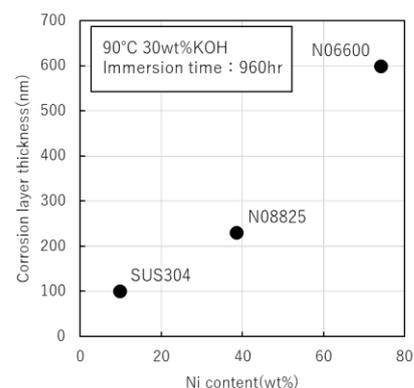


Fig.2 The Effect of Ni content on the corrosion layer thickness after immersion test

参考文献

- (1) NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ(2023)
- (2) 榊ら、日本金属学会誌、第 49 巻、第 3 号(1985)、pp.202-209

SUS304 の耐孔食性に及ぼす光輝焼鈍条件の影響

Effects of bright annealing conditions on pitting corrosion resistance of SUS 304 stainless steel

日本冶金工業 技術研究所 ○堤 文仁、小出 信也

1. 緒言

光輝焼鈍(BA)はステンレス鋼における熱処理工程の一種であり、アンモニア分解ガス(75% H_2 -25% N_2)などの還元性雰囲気で行われる。本処理により、表面のスケール形成が抑制され、圧延光沢を維持した表面仕上げや酸洗工程の省略が可能となる。光輝焼鈍材の耐孔食性については露点や均熱時間の制御により向上するとの報告¹⁾がある一方、水素濃度や露点、温度によっては表面に Cr 窒化物が形成されることも指摘されている^{2, 3)}。したがって、光輝焼鈍条件の適正範囲を明らかにすることは、ステンレス鋼のさらなる表面特性向上に寄与する。本研究では、SUS304 の光輝焼鈍における温度と水素濃度が耐孔食性に及ぼす影響を調査した。

2. 実験方法

供試材は厚さ2mmのSUS304冷間圧延材を用いて、光輝焼鈍を模擬するために H_2 - N_2 混合ガスを充填させた管状炉で熱処理を実施した。均熱時間は 1 分、露点は-40~-50°C一定として、焼鈍温度は 1050°C、1100°C、1150°C、混合ガス雰囲気中の水素濃度(% H_2)は 75%、80%、85% H_2 -残 N_2 とし、これらを組合わせて試料を作製した。耐孔食性は、熱処理後の表面を試験面として40°Cの3.5%NaCl水溶液を用いたアノード分極測定にて評価した。併せて、SEM/EDX、GD-OES により熱処理後の表面状態を調べた。

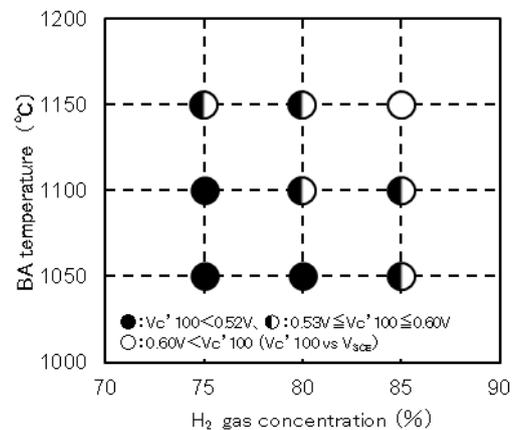


Fig. 1 Variation of pitting potential ($V_c'100$) with temperature and H_2 gas concentration for heat-treated SUS304.

3. 結果

アノード分極測定にて得られた孔食電位($V_c'100$)から、熱処理後の耐孔食性は温度と雰囲気中の水素濃度の増加に伴い向上することがわかった(Fig.1)。1050°C、水素濃度 75%の雰囲気中で熱処理したものの表面には、数 μm 程度の析出物が確認され、分析の結果、Cr 窒化物であることを確認した(Fig.2)。Cr 窒化物のサイズや分布は温度や水素濃度により変化し、耐食性に優れる 1150°C、水素濃度 85%の雰囲気中で熱処理したものでは、Cr 窒化物が小さくなっていった。本報告では、熱処理による表面状態の変化と耐孔食性の関係について、GD-OES の測定結果などと併せて議論する。

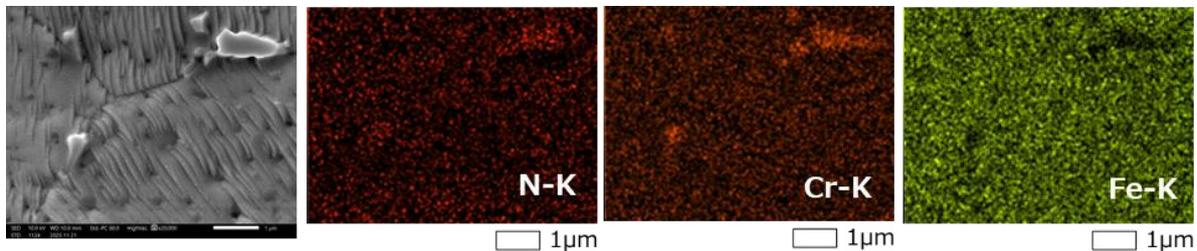


Fig.2 SEM/EDS results of precipitates on the surface of a specimen heat-treated at 1050 °C in 85% H_2 .

【参考文献】

- 1) 木谷 滋：材料と環境, 47(1998), P124
- 2) T.L. Ellison, R.H. Shay, and K.R. Berger.: Metal Progress, 123(1983), P37
- 3) John F. Kirner: Heat Treating, 7(1989), P27

省資源フェライト系ステンレス鋼の耐食性向上機構

Mechanisms of Corrosion Resistance Improvement in Resource-Saving Ferritic Stainless Steels

JFE スチール株式会社 スチール研究所

○七島 なつみ

1. 諸言

フェライト系ステンレス鋼は Ni フリーで資源面に優れる一方、従来はオーステナイト系ステンレス鋼に比べ耐食性が劣るとされてきた。この課題に対し、省資源フェライト系ステンレス鋼 SUS443J1 (21Cr-Cu-Ti)は、高 Cr に加え微量の Cu および Ti を添加することで、Ni・Mo フリーでありながら SUS304 同等以上の耐食性を実現した鋼種である¹⁾。Cu 添加による耐食性向上機構としては、活性溶解時に溶出した Cu が表面へ還元析出することで自然浸漬電位を貴化し、再不動態化を促進する作用が報告されている。石井ら²⁾の研究によれば、21Cr 鋼に Cu を添加すると無添加鋼と比較して大気暴露環境における耐食性が向上し、Cu 0.4%添加で最も高い耐発錆性を示した。一方で、時効処理により ϵ -Cu が析出した鋼においては、耐食性はむしろ低下することが報告されている。本研究では、固溶 Cu と ϵ -Cu 析出物が電気化学的溶解挙動に与える影響を実験的に調査し、Cu 添加による耐食性向上機構の理解を深めることを目的とする。特にアノード分極中の Cu の溶解挙動に着目し、分極曲線上のピーク電位における表面状態を比較したので、その結果を報告する。

2. 実験方法

供試材には Cu を 1.2% 添加したフェライト系ステンレス鋼を用いた。試料に 700°C で 24 h の時効処理を行い、鋼中に ϵ -Cu を析出させた。比較のため、Cu が固溶状態の試料も用いた。各試料は 800 番研磨を行い、アノード分極測定を実施した。Ar 脱気後、30°C、5mass% H₂SO₄ 溶液中において、-700mV (vs. SSE) で 10min カソード処理を行った後、20mV/min の掃引速度で自然浸漬電位からアノード方向に電位を掃引した。参照電極には飽和 KCl 銀-塩化銀電極(SSE)を用いた。また、分極曲線中に現れる 2 つのアノードピークにおける Cu の溶解挙動を調査するため、掃引をそれぞれの電位で停止し、直ちに取り出して乾燥後、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて表面観察を行った。

3. 結果及び考察

アノード分極測定の結果、Cu を 1.2% 添加したフェライト系ステンレス鋼では、-400 mV 付近および+50 mV 付近の 2 箇所のアノードピークが確認された。-400 mV 付近のピークは母材の活性溶解に対応する。固溶 Cu 材では Cu の還元析出により母材の活性溶解が抑制された一方、析出 Cu 材ではこの抑制効果が小さいため、電流密度が高くなったと考えられる。+50 mV 付近のピークは Cu の溶解反応が支配的な領域である。固溶 Cu 材では主として活性溶解時に還元析出した Cu が溶解する一方で、析出 Cu 材では活性溶解域で母材の溶解が大きく進むことで表面に露出した Cu が溶解に寄与すると考えられる。なお、表面分析については、当日の発表にて結果を報告する予定である。

参考文献

- 1) K. Ishii, T. Ishii, and H. Ota: *JFE Tech. Rep.*, **20** (2008), 10.
- 2) T. Ishii, T. Ujiro, E. Hamada, S. Ishikawa and Y. Kato: *Tetsu-to-Hagané*, **97** (2011), 441.

オーステナイト系ステンレス鋼の高温高圧水中での応力腐食割れ

Stress Corrosion Cracking of Austenitic Stainless Steels in High Temperature and High Pressurized Water

株式会社 IHI 榊原洋平

1. 緒言

第 7 次エネルギー基本計画において原子力発電による電力供給が期待されている。沸騰水型原子炉 (BWR) においては古くは米国の Dresden2 号において鋭敏化型の応力腐食割れ (SCC) 損傷が経験されたが、その後、低炭素オーステナイトステンレス鋼が開発され、これら損傷は防がれた。しかしながら 1990 年代から鋭敏化に基づかない SCC が経験されるようになり、2000 年代以降、本事象について数多くの研究が実施された。グラインダ施工や溶接金属の凝固時の収縮などによって熱影響部や表面硬さが上昇していること、また、溶接による引張残留応力により、非鋭敏化型の SCC が発生していると考えられた。本講演では、筆者らが取り組んできた BWR 模擬環境における非鋭敏化型の SCC 感受性に関する研究内容について紹介する。

2. BWR 環境における種々のステンレス鋼、Fe 基合金の SCC 感受性

288°C、8MPa、溶存酸素 8ppm の BWR 模擬環境にて、種々のステンレス鋼についてすきま付定ひずみ曲げ (CBB) 試験を実施した。試験時間は 500~2000hr とした。試験後、試験片長手方向に切断し、SCC 深さを評価したところ、図 1 に示す通り、Mo を含有する場合に SCC 感受性が高くなる傾向が認められた。316 系と 304 系では Cr 量に差があるため、次に 18Cr-10Ni 系の実験室溶解鋼を溶製し、予ひずみを 30%与えた上で 1000hr の CBB 試験を行った。結果として、Mo 添加、Si 添加により SCC 感受性が增大する傾向が認められた。BWR 模擬環境におけるアノード分極曲線からこれら溶解鋼の電気化学特性に大きな差異がないと考え、予ひずみを与えたときの微視組織の違いと割れ形態に着目して SCC 研究を行った。

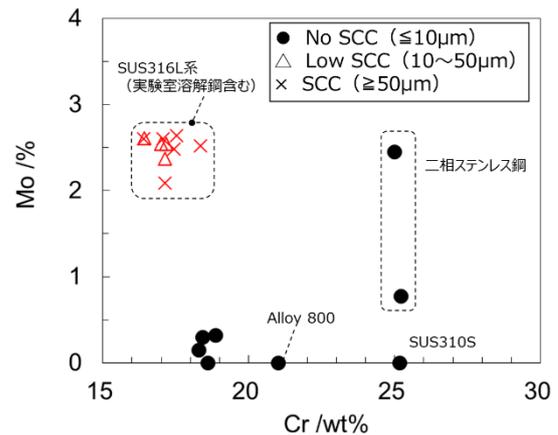


図 1 種々のステンレス鋼、Fe 基合金の CBB 試験結果

3. 進展性き裂への遷移の微視組織からの検討

316L 系、304L 系について 0~20%の予ひずみを冷間圧延にて与えて試験片を採取し、1000hr の CBB 試験を行った。割れ形態の詳細観察から、いずれの鋼種においても表面では粒内割れが観察されたが、316L 系では表面ならびに深さ方向においてき裂が粒界割れに遷移して進展していることが分かった。P. Ford のモデル [1]からき裂深さの小さい (1 粒径に満たない) 非進展性き裂が粒界 3 重点に到達したときの局所ひずみに違いがあると考え、種々の 316L 系、304L 系の材料に対して 15%の中止め引張試験を行い、EBSD にて局所的な方位差を計測したところ、316L 系において粒界 3 重点近傍にひずみが集中しやすいことが明らかになった。このことはマクロな塑性ひずみが与えられた際の局所的なひずみ分布が非鋭敏化ステンレス鋼の進展性に関係する仮説を支持する。

参考文献 [1] Ford F.P. Corrosion, 52 (1996) pp.375-395.

シンポジウム：「持続可能社会へと導くステンレスの高機能化」講演概要集
High Functionality of Stainless Steel Leading to a Sustainable Society

発行日 2026年3月13日(金)

編集 一般社団法人日本鉄鋼協会材料の組織と特性部会

「持続可能社会へと導くステンレスの高機能化」自主フォーラム

本書に記載されている記事の無断転載ならびに無断コピーを禁じます。