

STX-21 ニュース



独立行政法人物質・材料研究機構 超鉄鋼研究センター

(<http://www.nims.go.jp/stx-21/>)

発行 独立行政法人
物質・材料研究機構
超鉄鋼研究センター
平成16年11月1日発行
〒305-0047
茨城県つくば市千現 1-2-1
TEL: 029-859-2102
FAX: 029-859-2101

04年11月号 (通巻第87号)

目次

- | | | |
|---|---------------------|---|
| 1. 天恵の鉄、まだまだ未来はある | | |
| | 新日本製鐵株式会社 副社長 澤田 靖士 | 1 |
| 2. TOPICS 促進腐食試験による耐候性鋼の評価 | | |
| | 耐食グループ 黒沢 勝登志 | 2 |
| 3. TOPICS ナノインデンテーションによる焼戻しマルテンサイト鋼の粒界強化の解析 | | |
| | 金相グループ 大村 孝仁 | 3 |
| 4. センター便り 第7回高窒素鋼国際会議(HNS2004)参加報告 | | |
| | 耐食グループ 片田 康行 | 4 |

1. 天恵の鉄、まだまだ未来はある

新日本製鐵株式会社 副社長 澤田 靖士

東大の小柴名誉教授がノーベル賞を受賞して以来、多少なりとも宇宙に興味がある人たちに多くの宇宙関連書籍が出版されている。一般の人たちにも宇宙核物理という学問が目を引くようになってきた。その中で、鉄は恒星の中で核融合最後の元素であり、宇宙に特異的に多く存在する元素であることが紹介されている。原子番号が鉄以上の元素は超新星爆発で生まれ、その存在量は少なく、星の生成、消滅を繰り返すうちに、いずれは鉄に収斂してしまうという。鉄は神という錬金術師が造った究極の作品である。

人間が鉄を発見して以来、さまざまな工夫で鍛え上げ、多くの用途に供してきた。勘と経験に頼ってきた長い時間を経て、神が造った鉄からさまざまな鉄の魅力を引き出してきた。さらに現在においては、高度な分析技術と材料設計に関する技術の進歩により、新しい鉄鋼材料を生み出し続けている。

鉄の秘めた可能性はまだまだ大きなものがある。実用化されている最大強度は現在400キロだが理論的には1000キロ以上も可能で、強度の向上代は大きい。機能材料としても鉄の理想的飽和磁化を大きく越える鉄合金が予測されている。

高い能力を内在している鉄も世の中では古い材料であり、また鉄鋼産業は成熟産業であると見られている。これは我々鉄鋼に携わるものが十分にその魅力を伝えてこなかったと大いに反省している。世の中、ナノテクやIT



に目が向いているが社会の基盤を支えているのは鉄であり、社会のニーズの変化に対応して研究課題が今後とも生まれてくる。研究者にとって鉄鋼は、まだまだ面白い分野であり、未来ある産業だと確信している。

強度2倍、寿命2倍を目標とした超鉄鋼プロジェクトの成果は、鉄鋼研究の意味を改めて世に問う大きな力であった。

将来における鉄鋼の可能性とその道筋を示す強い発信基地として更なる役割を超鉄鋼研究センターに期待したい。

天恵の鉄を活かすのは人であり、神が潜ませている能力を最大限に引き出せば、まだまだ鉄には未来がある。

2. TOPICS

促進腐食試験による耐候性鋼の評価

- 試験法標準化の基礎研究と試験方法の適応性に関する検討 -

耐食グループ 黒沢 勝登志



背景と目的

耐食性評価を迅速に行うため、従来から促進腐食試験が用いられているが、耐候性鋼と炭素鋼の腐食量が等しいなど自然環境における耐候性鋼の特徴を示さない。そこで、湿潤と乾燥を繰り返し、雨水洗浄を模擬した、新しい促進腐食試験方法を開発した。この方法では、耐候性鋼と炭素鋼の差はもとより、耐食性の異なる2種類の耐候性鋼の判別が腐食量によって可能となり、自然環境の場合と順位相関した。そして、腐食量 y と試験時間 x との関係が $y=Ax^B$ で示され、大気環境の場合と一致することが判明した。

標準化のための基礎データ収集

ち密なさび層の生成には、さびの熟成時間と環境の付与が不可欠である。促進腐食試験では、さび熟成に重要な工程は乾燥工程と考えられた。そこで、乾燥工程での環境条件を湿度50%、50一定とし、2種類の耐候性鋼を用いて最も腐食量が多くなる条件を探索した。

図1は、耐候性鋼の腐食量に及ぼす乾燥時間の影響を示したものであり、上記の式より800h後の腐食量をプロットしたものである。実際の試験は、720h行った。その結果、水洗工程のない(無水洗)場合、5%NaClの場合、また乾燥時間が6hの場合に腐食量が多く、これらの条件で迅速に耐食性評価が得られることが判明した。

しかし、無水洗では腐食量の差はなく、5%NaCl

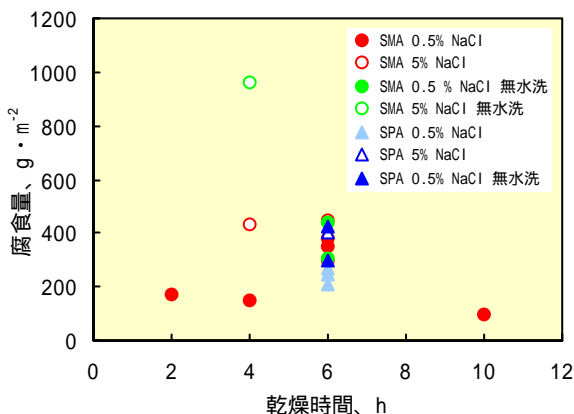


図1 塩水噴霧 0.5h + 乾燥 Xh + 湿潤 1.5h(または湿潤 1h + 水洗 0.5h)を1サイクルとし、耐候性鋼の腐食に及ぼすXの影響を示す。0.5% NaClの場合、6hの乾燥工程のとき最も腐食量が多く、迅速に試験結果が得られる。

では密着性の劣るさび層を生成した。一方、乾燥時間6hの場合、ち密なさび層が生成したため、2種類の耐候性鋼の腐食量に差が認められ、腐食速度は自然環境の場合と同様、試験時間とともに減少した。

Ni, Cr添加鋼への応用

図2は、前項で得られた最適条件を用いて、NiまたはCr添加鋼に対する応用例を示したものである。試験は2回行い、比較のため、耐候性鋼(SMA)の腐食量を示した。Ni添加鋼の場合、添加量1~9%の範囲で局部腐食となったが、1%では時間とともに全面腐食となった。Cr添加鋼の場合、添加量1~5%の範囲で試験時間とともに局部腐食から全面腐食となり、添加量9%の場合は局部腐食であった。

Ni添加鋼の場合、添加量が多くなるに従って腐食量が単純に減少した。Cr添加鋼の場合、添加量1~5%で腐食量の極大値を示したが、この現象は塩素イオンが多量に存在する大気環境中でも認められる。原因は明解ではない。

Ni添加鋼の腐食量の経時変化をみると、生成したさび層の防錆性能が低い。腐食が局部的に発生し、ここを拠点として流れさびが生じたためと推定される。しかし、腐食部位が局部的なため、Ni添加量が増加すると腐食量が減少した。Cr添加鋼の腐食量の経時変化についてもNi添加鋼と同じ傾向を示した。

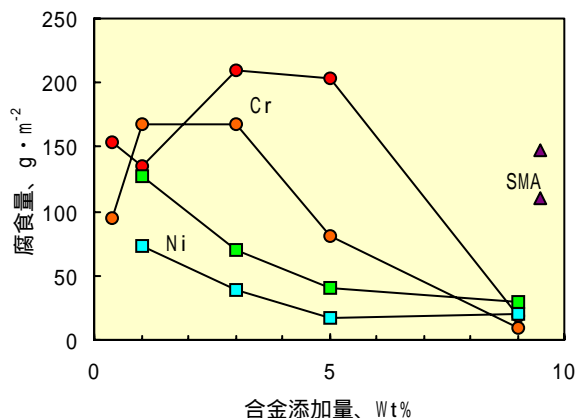


図2 腐食量に及ぼすNiまたはCr添加量の影響を示す。Ni添加鋼は添加量が増加すると腐食量が少なくなる。Crの場合は、1~5%で腐食量が多くなった。(塩水噴霧 0.5h + 乾燥 6h + 湿潤 1h + 水洗 0.5h、0.5% NaCl、2回実施)

3. TOPICS

ナノインデンテーションによる焼戻しマルテンサイト鋼の粒界強化の解析

- 焼戻し過程で変化するホール・ペッチ係数の評価 -



金相グループ 大村 孝仁

ナノインデンテーションによるk値の評価

塑性変形が、ある結晶粒から隣接する結晶粒へ伝播する抵抗は、例えばホール・ペッチ式

$$\sigma = \sigma_0 + kd^{-1/2} \quad (1)$$

(σ : 流動応力, σ_0 : 定数, k : ホールペッチ係数, d : 粒径)のk値に対応する粒界強化として理解される。一般的に、この値はホールペッチプロットの傾きとして評価されるが、その機構についてはいくつかのモデルが提案されているに過ぎず、実験的な検証はほとんど見あたらない。我々は、**ナノインデンテーション法を用いて、一つのサンプルで σ_0 とkを分離して評価することに成功した^{1,2)}**。この手法によって見積られる粒界強化分と組織の関係について、Fe-C焼戻しマルテンサイト鋼を例に紹介する。

焼戻し軟化挙動における粒界強化の変化

図1は、種々の炭素量のマルテンサイト鋼において、ナノインデンテーションによって求められた粒内のマトリクス硬さ H_n と同一サンプルのピッカース硬さ H_v の比 H_n/H_v を焼戻し温度に対してプロットしたものである(測定はすべて室温)。 H_n は σ_0 に対応するので、 H_n/H_v はマトリクス強度がマクロ強度に寄与する比率と理解される。言い換えると、比の値が大きいほど相対的に(1)式の第2項の寄与が小さいことを意味する。図に示すように、すべての炭素量において**673K付近(破線)で H_n/H_v の顕著な上昇が見られる**。これは、前述のように $kd^{-1/2}$ が低下したことを意味するが、粒径 d を調べたところ573Kと723Kでほとんど変化が無かった¹⁾。つまり、k値が低下したと断定できる。

k値の低下は粒界炭化物の消滅が原因

次に、k値が低下する原因について検討してみる。

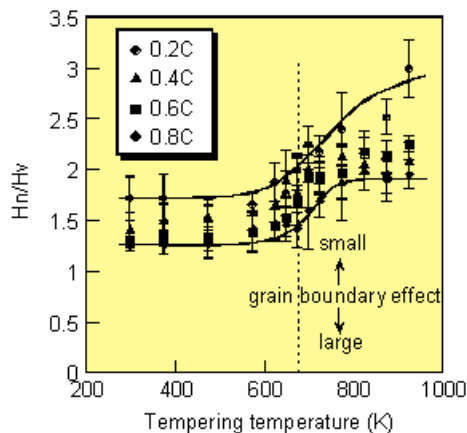


図1 Fe-C合金における H_n/H_v の焼戻し温度依存性。

図2は、573Kと723KにおけるTEM写真である。573Kでは粒界にセメントイドがフィルム状に析出しているに対し、723Kではほとんどのセメントイドが球状化して粒界のフィルム状セメントイドは消滅していた。**フィルム状のセメントイドは、結晶粒間の変形伝播の抵抗に寄与するであろうから、723Kにおいてこれが消滅したことによってkが低下したものと考えられる**。これをpile-upモデルで考察してみる。隣接粒内の転位源に働くせん断応力は次式で表わされる。

$$\tau = \alpha \tau_s (L/r)^{1/2} \quad (2)$$

ここで、 α は定数、 τ_s はすべり面上に働くせん断応力、 L は転位が堆積する距離、 r は堆積転位の先頭(粒界)から隣接粒内の転位源までの距離である。粒界に厚さ t のフィルム状セメントイドが存在する場合、 L と r はセメントイドの厚さ分だけそれぞれ $L-t$ および $r-t$ になるであろう。これらの項の変化は、同じ τ_s の条件下ではいずれも t を低下させることになる。つまり、隣接粒の転位源を活性化するためにはより大きな τ_s が必要となり、見かけ上の粒界の変形伝播に対する抵抗が高くなることに対応する。

References

- 1) T. Ohmura, T. Hara and K. Tsuzaki, J. Mater. Res., **18** (2003) pp. 1465.
- 2) T. Ohmura, T. Hara and K. Tsuzaki, Scripta Mater., **49** (2003) pp. 1157.

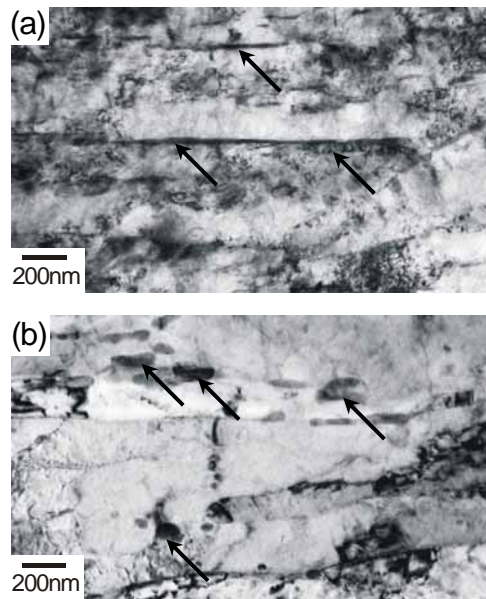


図2 Fe-0.4C合金におけるTEM写真。焼戻し温度はそれぞれ(a) 573K, (b) 723 K。(焼戻し時間: 5400 s)

4. センター便り

第7回高窒素鋼国際会議 (HNS2004) 参加報告

第7回高窒素鋼国際会議 (HNS2004) が、2004年9月19-22日にベルギーのオーステンドで開催されました。オーステンドはブリュッセルから北西に100kmほど離れた北海に面した砂浜のきれいなリゾート地で、会場となったホテルは昔の宮殿を改造したもので大変印象的でした。この国際会議は1988年に第1回が開催されて以来、これまで欧州を中心にインドや日本(京都)でも開催されてきました。今回の参加者は21カ国から約100名で、比較的小じんまりとした会議でしたが、よく企画され、大変充実したものでした。日本からの出席者は、濱野修次(大同特殊鋼)、菊地靖志(大阪大学)、宮野泰征(産総研)、三浦春松、小川英典(産技短大)、高木節雄、土山聡宏(九大)、片田康行(NIMS)の8名でした。

ところで、長年、一連の会議の運営委員の中心メンバーとして活躍してきたMr. G. Stein とProf. Alan Hendry がまだ働き盛りの最中、今年相次いで鬼籍に入りました。関係者の衝撃は大きいもので、本会議の冒頭で、両氏の冥福を祈って、それぞれ友人から弔辞が述べられました。

会議は、以下の7つのセッションに分かれて口頭発表74件、ポスター発表10件の発表が行われました。

- Session 1: Atomic-Scale Phenomena
- Session 2: Thermodynamics, Kinetics and Phase Transformations
- Session 3: Meso-Scale Phenomena and Microstructures
- Session 4: Alloy Development and Processing
- Session 5: Applications and Performance



会場前の浜辺



左より、三浦先生、筆者、Dr. N. Akdut 夫妻、高木先生、Dr. J-H. Schmitt 夫妻

Session 6: Corrosion

Session 7: Welding

この高窒素鋼国際会議は、鋼に対する窒素の有効利用を図ることを目的として、世界各国から著名な研究者を集め、基礎研究から応用研究まで幅広い研究成果の発表の場、質の高い討論の場として高い評価を受けています。今年の会議の特徴としては、これまでN単原子の添加が主流であったが、N+Cという2元素のペア添加で、強度、耐食性、破壊靱性等の最適化を図ろうとする研究が増えてきたこと、N添加のみの時代から加工熱処理等による組織制御の時代に移ってきたこと、第一原理によるN原子の振る舞いに関するシミュレーションが多く発表されたこと、若い女性研究者の進出等であります。

会議以外のソーシャルイベントもしっかり準備されており、プールジェでの舟遊びや周辺地区への歴史探訪の旅など同伴のご婦人方にも好評のようでした。会議が終了した日の午後は砂浜でペタンクトーナメントが行われました。ペタンクは日本ではあまりなじみがありませんが、一言でいえば砂の上で行うカーリングといったところでしょうか。寒風吹きすさぶ砂浜での競技に参加者は少なかったのですが、日本からは一番お元気な高木先生が唯一参加され、初めてのペタンクを満喫しておられました。

次回の高窒素鋼国際会議 (HNS2006) は、2006年9月に中国、四川省九寨溝で開催される予定です。今回の会議には中国から次回の開催に向けた調査団が多数来ていました。

(耐食グループ 片田 康行)

9月、10月の出来事		今後の予定	
H16.9.28-30	(社)日本鉄鋼協会 秋季講演大会・ (社)日本金属学会 秋期講演大会 (秋田大学 手形キャンパス)	H16.11.2-5	PRICM5 (Beijing, China)
H16.10.4-7	ICALEO 2004 (San Francisco, USA)	H16.11.12	第183回西山記念技術講座 (神戸 西山記念会館)
		H16.11.19	NIMSフォーラム (東京ビッグサイト)