

# STX-21 ニュース



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 15 年 4 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

'03 年 4 月号 (通巻第 68 号)

## 目次

1. 共同目標達成研究へ  
超鉄鋼研究センター センター長 長井 寿 1
2. TOPICS 析出強化型 15Cr フェライト耐熱鋼の高強度化・強靱化を実現  
耐熱グループ 戸田 佳明  
材料基盤情報ステーション クリープ研究グループ 木村 一弘 2
3. TOPICS Warren-Averbach X 線回折法による微細粒鋼の転位構造の解析  
冶金グループ 殷 福星 3
4. 高強度耐食鋼超鉄鋼フォーラム報告  
溶接グループ 平岡 和雄 4

### 1. 共同目標達成研究へ

#### 超鉄鋼研究センター センター長 長井 寿

「基礎、商品化、ナンバー1」をスローガンに超鉄鋼研究センターを発足させてあっという間に一年が過ぎました。大きな特徴は、国際交流の活発化、共同研究案件の検討進捗、そして「商品化研究室」の活躍ぶりだったと思います。

私の任期中の課題として、1) 基礎をより発展させるシーズ応用の実践、2) 驚異的な装置ポテンシャルの最大限活用、3) 次代を担う人材の育成、4) ナンバー1 戦略の肉付けを挙げ、センター将来像として、「国際的な協調と競争をリードし、シーズとニーズをマッチングさせる中核」、「ナンバー1 となり、さらに 20 年後もトップたる」ことを念頭に置きました。

この1年間の経験を通じて、「ものづくりリンク」、すなわち、素材、加工、組立などの産業連携がシーズ応用のキーであることを今更ながら痛感しました。この点で商品化研究室は、その成果を論じる以上に、豊かな経験を積んだことに意義があります。自分自身、「共同研究」について「A と B とが仲良く補い合って行く。やること自体に意義がある」という牧歌的な理解を残していたと反省します。独り言ですが、目的、目標、期限、分担を明確にして、共同で目標達成するという意味では、「共同目標達成研究」と言い換えた方が適切だと思います。

ただ、私どもは「特許を実施する機関」ではなく、あくまでも公的な研究機関です。意味ある共同開発をコーディネートし、シーズ応用と同時に新しい研究シーズを

発掘していく視座が大事です。

わが国の国際競争力を高め、維持する戦略的な事業とはなにかを常に分析する大事さを噛みしめています。

さて、「鉄研究に新しさはありえない」という専門家の世評が一般には主流です。新しさが研究意義を説明する唯一の基準だとしたら、研究の存在意義自体が先細りだと思いますが、新しさが耳目を引きつけるのも事実です。ですが、パフォーマンスとして新しさをアピールするのではなく、むしろ新しい概念の実現に愚直に注力すべきです。例えば、「超微細粒」は「超微細複相組織」コンセプトを実現するためのステップに過ぎません。「超微細粒」の可能性を汲み尽くす研究の先には、「超微細複相組織」実現の高いハードルが必ずあるはずで

2 年目は、「共同目標達成研究」の推進力となるポテンシャルをきちんと高めます。そのために、超鉄鋼利用企画を推進する「プロトタイプ化推進室」と、装置の最大限活用を念頭に置いた「技術開発室」を立ち上げる計画です。5 基礎研究グループと 3 室体制で盤石の構えにしたいと思います。



## 2. TOPICS

### 析出強化型 15Cr フェライト耐熱鋼の高強度化・強靱化を実現

- フェライト母相を用いた新しい高強度耐熱鋼の開発 -

耐熱グループ 戸田 佳明

材料基盤情報ステーション クリープ研究グループ 木村 一弘



#### 背景と目的

既存のフェライト耐熱鋼に代わる新しい高強度耐熱鋼として、既存鋼よりも Cr を多量に添加し、高温で保持後、炉冷の焼なましによりフェライト母相にした 15Cr-1Mo-3W-V-Nb 鋼のクリープ強度を調べた結果、W の増量と Co の添加により、焼戻しマルテンサイト組織を用いた既存のフェライト耐熱鋼と同程度までクリープ強度は向上し、それが炭化物や金属間化合物の微細分散析出によることを以前に報告した (STX-21 ニュース '01 年 2 月号)。しかし、次世代高効率火力発電プラントの高温構造部材等に実用化するためには、さらなるクリープ強度の向上と靱性の確保が必要である。ここでは、本開発鋼の C および N 添加量の最適化と Ni 添加、熱処理条件の工夫により、クリープ強度と靱性の両方が著しく向上したことを報告する。

#### 析出物制御により高強度化

図 1 は C と N 添加量を変化させた 15Cr-1Mo-6W-3Co-V-Nb 鋼を焼なまし熱処理によりフェライト母相にして、クリープ強度を調べた結果である。火力発電プラントの使用条件に近い低応力域では、0.07mass%N 添加 (0C-7N) 鋼、または 0.05mass%C-0.03mass%N 添加 (5C-3N) 鋼の破断時間が最も長くなり、既存鋼で最も高いクリープ強度を有する ASME T92 鋼の約 10 倍に増大した。また、これらの 2 鋼種では、炉冷中に形成された粗大な塊状析出物や粒界周辺に存在する無析出帯が少ないこと、クリープ試験中に形成される第二相

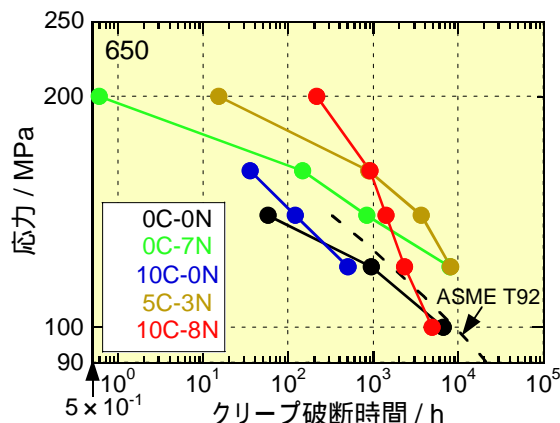


図 1 650 における各鋼種の応力 - 破断時間曲線を示す。火力発電プラントの使用条件に近い低応力域では、(0C-7N) 鋼と (5C-3N) 鋼の破断時間が最も長く、既存の ASME T92 鋼の約 10 倍である。

の成長速度が遅いことを明らかにした。

#### 溶体化熱処理と Ni 添加により強靱化

上記開発鋼のシャルピー衝撃値は 15J/cm<sup>2</sup> 以下と非常に小さい。そこで、靱性を向上させる方策を検討した結果、C および N 添加量を最適化して Ni を適量添加するとともに、焼なましではなく、高温で保持後、水冷の溶体化熱処理をすることにより、衝撃特性を飛躍的に改善することに成功した。特に 5C-3N 鋼に 2mass%Ni を添加した材料は、図 2 に示すように室温で 100J/cm<sup>2</sup> 以上の優れた衝撃値を示し、延性脆性遷移温度は約 50 に低下した。この材料の衝撃特性の向上は、結晶粒径や第二相の析出形態、一部の鋼種で観察されたマルテンサイト相の生成等の個々の組織因子だけでは説明できず、フェライト母相そのものの靱性が向上したためと推察しているが、その詳細は現在検討中である。

#### 高効率火力発電プラントへの応用をめざして

これより、化学組成と熱処理法を工夫することにより、フェライト母相を有する材料のクリープ強度と靱性の両方を向上させることに成功した。現在、以上の結果から選り出した 0.05C-15Cr-1Mo-6W-3Co-2Ni-V-Nb-0.03N 鋼の溶体化熱処理材の 650 度クリープ試験を行っており、高温強度-靱性バランスの最適化を図っている。また今後は、火力発電プラント等の大型高温構造部材への応用をめざして、加工性や溶接性等の検討を行いたい。

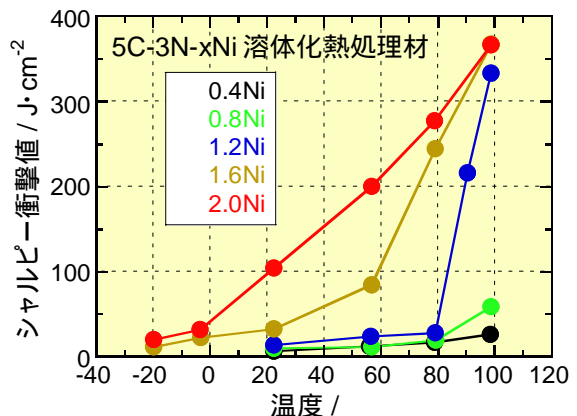


図 2 (5C-3N) 鋼に Ni を添加し溶体化熱処理をした材料の試験温度に伴うシャルピー衝撃値の変化を示す。Ni 添加量が増加するに伴いシャルピー衝撃値は向上し、かつ延性脆性遷移温度は低下している。

### 3. TOPICS

## Warren-Averbach X線回折法による微細粒鋼の転位構造の解析

### - 温間圧延した低炭素鋼の転位構造に及ぼすリン添加の影響 -

冶金グループ 殷 福星



結晶粒超微細化技術をリン含有鋼に適用すると、リン含有鋼の脆さが抑制される。これは微細粒化による単位体積あたりの粒界面積増加が貢献していると考えられている。リンは粒界偏析するばかりか、同時にフェライト相にも固溶し、鋼を強化している。

通常の焼鈍材の場合、細粒化に伴いリン添加量当たりの強化効果は小さくなるが、温間加工ままの微細粒では、リンによる強化効果は維持されている。また、温間加工微細粒鋼では、723Kの焼鈍処理による降伏強さ低下は、リン添加材(0.1mass%)の方が、普通材(0.01mass%以下)よりはるかに小さい。これらの現象は、温間強加工によって微細粒鋼に形成された転位構造がリン添加によって変化したことを示唆している。

転位構造は透過電子顕微鏡(TEM)の直接イメージング法で通常、解析されている。しかし、TEM法ではプローブできる試料体積が $0.1\text{-}10\mu\text{m}^3$ と極めて微小であるため、統計精度の良い測定結果は得にくい。一方、結晶ひずみ解析に使われるX線回折プロフィール法ではプローブできる試料体積は $10^6\text{-}10^9\mu\text{m}^3$ に及び、より統計精度の良い結果が得られる。さらに最近(1999年)、ハンガリーの研究グループが転位ひずみの異方性を考慮し、転位密度だけではなく、統計的な転位性格と平均転位ひずみ場の大きさも定量的に得ることができる。修正Warren-Averbach X線回折転位構造解析法を提案している。そこで、その手法をリン含有温間加工微細粒鋼に適用した。

リンを0.01%(0P)と0.102%(0.1P)含む二種類の0.15%C-0.3Si-1.4Mn(wt.%)鋼の熱間圧延材を原材料とした。30×30×100mm<sup>3</sup>のブロック材を1173K加熱後水焼入れし、923Kに保持しながら断面が12×12mm<sup>2</sup>になるまで溝ロール圧延した(累積減面率:85%)。圧延方向に沿って1t×12w×15l(mm)の試験片を切り出した。電解研磨によって表面の研磨ひずみ層を除去し、RINT 2500X線回折装置を用いて、110、200、211、220の回折プロフィールを測定した。バックグラウンド除去、LPA校正処理した後、図1に示したように回折プロフィールを規格化した。

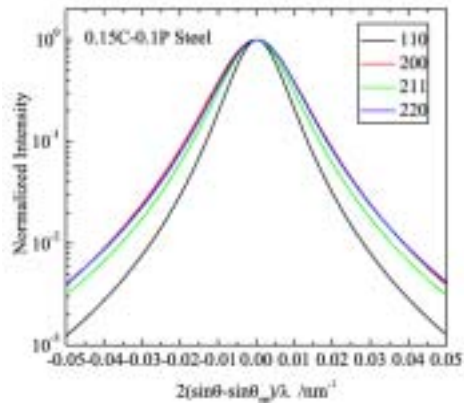


図1 規格化した0.1P鋼のX線回折プロフィール

表1 Warren-Averbach法による転位構造解析結果

	$q$	$\rho (10^{14}\text{m}^{-2})$	$R_e (\text{nm})$
0P Steel	2.03	1.06	504
0.1P Steel	2.52	1.98	243

表1は修正Warren-Averbach X線回折解析法による転位構造の解析結果を示す。 $q$ 値は統計的な転位性格を示すパラメータである。0Pと0.1Pの微細粒鋼において $q$ 値はそれぞれ2.03と2.52である。鉄結晶の理論計算値として、純刃状と純らせん転位の $q$ 値はそれぞれ1.2と2.8である。すなわち、0.1P微細粒鋼ではらせん成分が多い転位構造が形成されていることを示す。また、0.1P鋼の転位密度が0P鋼の約2倍であることが分かった。これらの結果はTEM直接観察でほぼ確認されている。

また、 $R_e$ は転位の応力場の平均大きさを示すパラメータである。その大きさの対数値と転位密度の積が転位のひずみエネルギーに比例しているので、0.1P微細粒鋼がより高いひずみエネルギーを持つことを示す結果になっている。これは、リン添加鋼では高い加工硬化率が得られるという事実を説明できるひとつの結果を与えている。

このように修正Warren-Averbach X線回折転位構造解析法は極めて有効な解析手段となりえる可能性を持っている。

## 4. センター便り

### 高強度耐食鋼超鉄鋼フォーラム報告

平成 15 年 1 月 29 日、第 1 回高強度耐食鋼超鉄鋼フォーラムを物質・材料研究機構 目黒材料試験事務所にて開催いたしました。

超鉄鋼フォーラムは、超鉄鋼二期プロジェクト(再生プロジェクト)の目標達成のため、研究成果を共有し、さらに発展させるためのオープンな情報交換の場と考えております。また同時に、再生プロジェクトの研究計画のブラッシュアップ、研究進捗と研究の進め方に対するピアチェックを行うことを目的に、非公開の産学官の有識者による会議を行います。

第 1 回は、ピアチェックに特化して非公開で高強度耐食鋼超鉄鋼フォーラムを開催いたしました。

大阪大学南二三吉教授に主査をお願いし、その司会の下、(1)超鉄鋼プロジェクト推進体制、(2)再生プロジェクトの全体概要(1 期から 2 期への展開)、(3)高強度耐食鋼TFの全体構想と体制について NIMS 担当 3 名から報告し、他学協会とも強くリンクしながら橋梁や建築等の社会インフラを対象に超鉄鋼を活かす新構造物を提案するための基礎研究を進めていくことを紹介しました。

その後、新構造ニーズに応える材料づくり、工場内での高精度溶接技術、現場でのボルト接合また損傷・破壊などの安全性評価技術など各要素研究(サブテーマ)における方針とトピックスについて、NIMS のサブテーマ担当者 5 名から報告し、9 名の委員各位から多くのコメントを頂きました。その一部を以下に示します。

- ・ 超鉄鋼プロジェクトは先端研究であってほしい(エクセレンスを求める)。実用化を目指す第 2 期であっても先端技術としてのプレイクスルーが不可欠。
- ・ 実用化になると一気に色々な課題が出てくる。外部からの意見を反映させる体制づくりが重要。
- ・ 材料・技術の価値観などについて、この場を利用して議論できればよい。意見交換の場をもっと設けたほうが良い。
- ・ 実用化に向けての非破壊評価技術の開発も重要。課題内容については、50 年使用を見込むときの耐食評価法が重要。

以上のように各委員からは、厳しくも有意義なコメントを多く頂きました。今後は技術的な議論などを含めた意見交換の場を拡げるとともに第 2 回以降の公開での超鉄鋼フォーラムを運用していきたいと思っております。

実用化を念頭においた研究では、産学官の連携は不可欠であり、今回重要なご指摘を頂いたことに御礼申し上げます。

(溶接グループ 平岡 和雄)

### フロンティアサークル 任期を終えて

STX 派遣研究員としての任期を終えて

#### 溶接グループ 金子 直幸

超鉄鋼プロジェクト第一期 2 年間、第二期 1 年間の 3 年間お世話になりました。溶接グループの研究支援と言うことで、研究の遂行に(どの程度貢献できたかは分かりませんが)助力してきました。物・材機構での経験を生かして帰社後も頑張っていきたいと思っております。第二期に入り、ますます大変だと思われそうですが、よりよい研究成果を目指してください。(日本鋼管株式会社 総合材料技術研究所 鋼材研究部)



STX 派遣研究員としての任期を終えて

#### 溶接グループ 銭谷 哲

高張力鋼を対象とした高強度溶接金属の開発・評価ということで、約 2 年間にわたって超鉄鋼プロジェクトに参加させていただきました。在任中は多くの方々に御指導・御協力をいただき深く感謝しております。

超鉄鋼プロジェクトも第 2 期の 2 年目に突入しました。残り 4 年間、将来的な展開をよく議論しながら研究を進めることが非常に重要だと思います。このプロジェクトの成功が鉄鋼関連分野全体の活性化につながることを心から期待しています。

(三菱重工業株式会社 技術本部 広島研究所 物質工学研究室)



2 月、3 月の出来事		今後の予定	
H15.2.28	研究推進委員会(蔵前工業会館)	H15.4.17	科学技術週間一般公開
H15.3.27-29	日本鉄鋼協会・日本金属学会春期講演大会(千葉大学西千葉キャンパス)	H15.4.23-25	溶接学会春季全国大会
		H15.6.24-25	第 7 回超鉄鋼ワークショップ センターHP で案内中です。