

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 17 年 5 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

’05 年 5 月号 (通巻第 93 号)

目 次

1. 組織観察の面白さと大切さ
京都大学大学院工学研究科 教授 牧 正志 1
2. TOPICS CO₂を削減する高効率火力発電用耐熱鋼
耐熱グループ 仙波潤之 2
3. TOPICS 純アルゴンガス中でのMIG溶接安定化の試み
溶接グループ 中村照美 3
4. センター便り 第9回超鉄鋼ワークショップ開催案内
ワークショップ実行委員会 4

1. 組織観察の面白さと大切さ

京都大学大学院工学研究科 教授 牧 正志

私の研究室では、鉄鋼材料の相変態や再結晶による組織制御を中心テーマにしており、組織観察が重要な研究手段です。大学卒業後40年間をほとんど組織観察に費やしてきたものとして、最近感じていることを述べます。

熱処理に伴う組織変化・組織形成の研究では、組織写真そのものが実験データです。ところが組織写真にはどれひとつ同じものはありません。このことは、よりマイクロになるほど、つまり光学顕微鏡より電子顕微鏡の方が顕著になります。多くの写真の中から、全体の傾向を示していると思われる1枚を最終的に採用するわけですから、それを選び抜くためには注意深い観察と正確な判断が必要です。ここに、組織観察の難しさがあります。近年、組織観察のための手法や解析機器は著しく進歩し、得られる情報は飛躍的に増えてきました。しかし、如何に観察機器が高度化し便利になっても、最後は研究者の組織を読みとる能力にかかっています。この能力を養うには、ひたすら組織を見続け、組織になれる以外に方法はありません。

通常は、組織観察は得られた結果の説明のために行われます。しかし、研究における組織観察の面白さ大切さは、単に説明のためではなく、問題解決のヒントや全く予期せぬ新しい現象を見出すきっかけが得られるところにあります。例えば、新しい合金と熱処理の開発を試みたとしましよう。

様々な工夫をしながら何度も熱処理を繰り返して、その都度組織観察を行って、自分なりの答えを出さねばなりません。そのために、あらゆる知識を総動員し、時には計算をして考えます。しかし、大抵の場合、問題を解くヒントは既に撮っている組織写真の中に隠されています。それを我々が読みとれるかどうかにかかっているのです。そのためには、多くの写真をとり、組織の隅々まで何度もなめるように眺めることが大切です。そして、何故このような組織になったのか、を金属の気持ちになって金属と会話をしながら考え続けるのです。そうすると、「何故この組織に気が付かないのか、ここに解決のヒントがあるだろう、熱処理をもう一工夫すれば望んでいる組織になれるのにー」、という金属の叫び声が聞こえてくるはずですよ。



この様に金属との会話を通じて現象を明らかにしていくところに、組織観察の面白さと大切さがあると思っています。近年、組織観察がやや軽視されている感がありますが、材料を扱う研究者は情報の宝庫である組織観察をおろそかにせず、組織を読みとる能力を付けて欲しいと思います。

2. TOPICS

CO₂を削減する高効率火力発電用耐熱鋼

— 9Cr 鋼の材料基盤と新たなメタラジー —

耐熱グループ 仙波 潤之



はじめに

CO₂削減に有望な高効率火力発電用の 650°C 級フェライト系耐熱鋼の研究開発は、現在、日本とヨーロッパでしのぎを削っている。NIMSでは、クリープ強度(目標値:650°C-10 万時間のクリープ破断強度 100MPa)だけでなく、耐酸化性、溶接継手強度などに関して新たな材料設計指針を提示するとともに、実用化に不可欠な材料大型化の研究を民間企業と共同で進めてきた。その結果、650°C級 9Cr鋼開発の糸口や方法論を明確にするるとともに、フロントランナーとしての役割を着実に果たしてきた。以下では、クリープ強度向上に関して、これまでの成果と今後の展望を述べる。

長時間クリープ強度向上の材料設計指針

焼戻マルテンサイト組織の 9-12Cr鋼では、粒界近傍など部分的にでも弱い組織が形成されると局所的にクリープ変形が促進され早期に破断することを明らかにし、粒界近傍の強化組織を長時間まで維持できる材料設計指針をいくつか明確にした。その一つがボロン添加で、図1に示すように、650°Cで9Cr鋼のクリープ破断強度はボロンを添加しないと長時間経過後急激に劣化するが、ボロン濃度が高くなるにつれ長時間での強度劣化が軽減され、130ppm程度のボロン添加で長時間まで安全に使用できる材料の指針が得られた。その原因として、ボロン添加によって粒界近傍の M₂₃C₆炭化物の凝集粗大化が長時間まで抑制さ

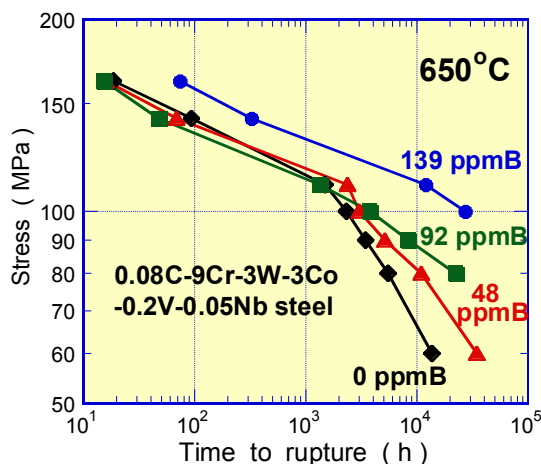


図1 ボロン添加による9Cr鋼の長時間クリープ破断強度向上(650°C)

れることを確認している。

ナノサイズ MX 窒化物のみで粒界近傍組織の安定化を狙った9Cr鋼もボロン鋼と同様に有望である。しかし、ボロンはボイラ系大径厚肉鋼管にとって深刻な溶接継手のクリープ強度劣化も抑制するので、高温溶接構造物の特性向上に対する切り札と言える。なお、従来から耐熱鋼のボロン上限は 50ppm と言われてきたが、本研究で 100ppm 以上のボロンを活用できたのは、窒素 100ppm 以下として粗大な BN の生成を抑えたことによる。

ボロンとナノサイズ MX 窒化物強化の加算効果

BNが生成しない低窒素濃度条件では、ボロン強化と窒素添加によるMX窒化物析出強化の加算効果が見られるが、BNが生成するほどの過剰の窒素を添加すると逆に強度が低下することを見出した(図2)。ボロン 140ppmで窒素濃度 79ppmまではMX窒化物強化によりクリープ破断強度が顕著に増大するが、窒素を 650ppmも添加するとBNが多数生成し強度は逆に低下する。79ppm窒素添加の場合、650°C, 10 万時間クリープ破断強度が目標値の 100MPaに達する期待がもたれる。

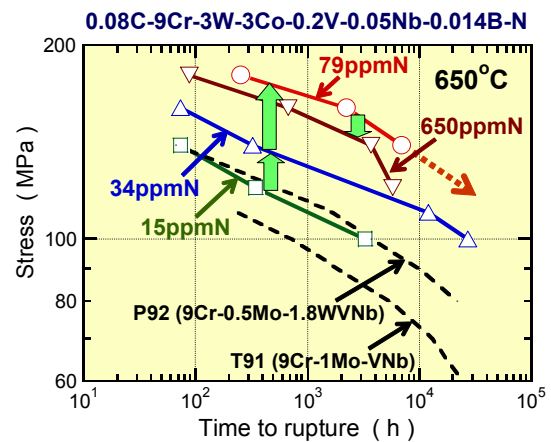


図2 140ppm ボロン添加 9Cr 鋼のクリープ破断強度に及ぼす窒素添加の効果

今後の展望

材料設計の妥当性を検証するための長時間クリープ試験は今後も継続すべきで、その結果に注目が集まっている。また、ボロン効果のメカニズム解明をよりミクロ・ナノレベルから進めるべきで、新たなメタラジー創成に向けて挑戦していきたい。

3. TOPICS

純アルゴンガス中での MIG 溶接安定化の試み

— TIG 溶接の高品質継手が高能率 MIG 溶接で可能に —

溶接グループ 中村 照美



はじめに

ステンレス鋼や低温用鋼では溶接部での割れや靱性の低下を防ぐため、純Ar中でのTIG溶接が使われている。溶接施工能率を確保する観点からは、純Ar中での消耗電極式溶接(MIG溶接)の適用が期待されているが、実現していない。

純Ar中のMIG溶接では、溶接が不安定となり実用的には2~5%程度の活性ガスが混合されて使用されているのが現状で、高靱性や耐溶接割れに問題を残している。

純Ar中でのMIG溶接の不安定原因として、陰極点挙動に注目されてきた。純Ar中でのアーク現象を高速ビデオカメラで観察した結果を図1に示す。ワイヤの先端には長く伸びた溶融金属液柱が観察され、これが不規則に回転している。アークも不安定に回転しており、電流や電圧も不安定となる。この結果、図2に示すように蛇行した溶接ビードが生じ、かつ溶込み形状は左右対象とはならず、不安定なアーク溶接結果となる。

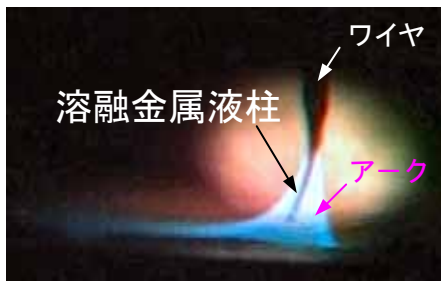
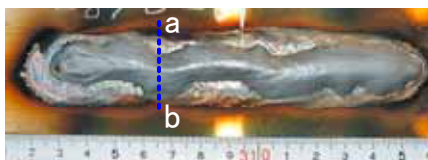


図1 純Ar中でのMIGアークと溶融金属液柱



(A) ビード外観



(B) ビード断面(断面 a-b)

図2 純Ar中のMIG溶接で生じる不安定溶接ビード(通常ワイヤ使用)

我々は純Ar中のこのようなMIG溶接不安定は溶融金属液柱の不安定挙動に起因していると判断した。

溶融金属液柱安定化のためのコンセプト

溶融金属液柱を安定にするためには、(i)溶融金属の液柱部分が不規則に動かないようにする、(ii)液柱部分の長さを抑える、ことが有効である。

ここでは(i)の例を紹介する。液柱の中軸部分に溶融に未だ至らない「芯」を作れば、いわゆる「腰のある」液柱となり前述のような液柱の不規則なふらつき挙動を抑えることができる。このコンセプトを実現するため、通常の同一組成のワイヤとは異なり、ワイヤ径方向に沿って組成が変化する分布を持つワイヤを開発した。このワイヤ構造コンセプトは、開発中のGMA溶接プロセスシミュレータによるワイヤ溶融挙動解析から発案された。

純Arガス中で安定溶接を可能とするワイヤ例

ワイヤの中心部を溶融しにくくするために、ワイヤの中心部を鋼(融点:1500度)、外側をインコネル(融点:1400度)となるように径方向の組成成分を変えた1.2mm径のワイヤ(同軸ワイヤと称す)を試作した。純Ar中で溶接を行った結果、溶融金属液柱は不規則に移動することはなく安定化した。安定化により図3に示すようにビード蛇行を防ぐことができる。この時の溶込みは左右対称の溶込み形状となり、溶融金属柱の安定化に対し、本ワイヤが有効であることがわかる。

従来、TIG溶接で高品質継手を得ていたが、本ワイヤを用いればMIG溶接で置換できる目処が立った。



(A) ビード外観



(B) ビード断面

図3 同軸ワイヤを使用した純Ar中でのMIG溶接ビード

4. センター便り

第9回超鉄鋼ワークショップ開催案内

"Ultra-Steel: Achievements, Linkage and Bridging" 「超鉄鋼材料：できたもの、わかったこと、そしてこれから」

私たちは、超鉄鋼ワークショップを、「学術討論」、「ユーザー・メーカー交流」、「国際交流」の鉄鋼材料技術に関する3つの場として機能させるために工夫と努力をまいりました。基調講演（英語）では、中国、韓国、欧米の鉄鋼研究の動向について主要プロジェクトを中心に紹介してきました。研究要素討論会は英語セッションで、海外の研究者とともに鉄鋼研究の重要テーマをとりあげ討論しています。技術討論会（日本語セッション）は、我が国唯一ともいえるユーザーとメーカー研究者の交流の場として定着しております。これに加えて、ポスターセッション（2時間：英語）では毎回70件を超える発表があり、前回からは2分間の口頭発表もあって、鉄鋼に関する最先端研究を俯瞰討論できる場として好評をいただいております。

平成17年度は、物質・材料研究機構(NIMS)が進めております超鉄鋼研究プロジェクト第2期の終了年にあたります。本ワークショップでは、NIMSにおける鉄鋼研究で創出されてきた技術シーズの本質を再度見つめなおし製造技術と新構造体への展開を議論するとともに、「これから」を皆様とともに考えたいと思います。若手・中堅・シニア、学と産、ユーザーとメーカーを問わず幅広く多くの研究者技術者の方々にご参加いただきたいと思います。

開催日：平成17年7月20日（水）、21日（木）
場所：つくば国際会議場
（つくば市竹園2-20-3/Tel:029-861-0001）
主催：独立行政法人 物質・材料研究機構
超鉄鋼研究センター
参加費：3,000円

ホームページより参加登録して頂けます。
<http://www.nims.go.jp/USWS/registration/japanese.html>

1. 相変態 Phase Transformation
2. 溶接 Welding
3. 表面改質 Surface Modification
4. 力学特性と破壊 Mechanical Properties and Fracture
5. 超微細粒鋼 Ultrafine Grained Steel
6. 高強度鋼 High Strength Steel
7. 耐食鋼 Corrosion Resistant Steel
8. 耐熱鋼 Heat Resistant Steel
9. 技術移転 Technology Transfer
10. その他 Others

第9回超鉄鋼ワークショップ事務局
〒305-0047 つくば市千現1-2-1
E-mail: usws@nims.go.jp
Fax:029-859-2101
HP: <http://www.nims.go.jp/USWS/>

(ワークショップ実行委員会)

フロンティアサークル — 任期を終えて

任期を終えて

耐熱グループ 春山 博司

超鉄鋼プロジェクトでは、STX 派遣研究員として3年間、耐熱鋼の水蒸気酸化に関する研究をさせて頂きました。機構内及び企業からの優れた研究者の方々のご助言を頂きつつ、NIMSでの研究に従事できたことは、非常に貴重な経験となりました。プロジェクト第2期も仕上げの段階ですが、今後もこれまでと同様に素晴らしい成果をあげられ、プロジェクトが成功裏に終了することを祈念致します。

最後に、お世話になりました皆様に深く感謝申し上げます。
(株式会社日立製作所 日立研究所 材料研究所 エネルギー材料研究部)



5月の出来事・行事		今後の予定	
H17.5.8-11	ICS 2005 (Charlotte, NC., USA)	H17.6.24	第184回西山記念技術講座 (東京工業大学)
H17.5.9-13	AISTech 2005 (Charlotte, NC., USA)	H17.7.8	第185回西山記念技術講座 (神戸西山記念会館)
H17.5.16-20	6th Intl.Conf. on Trends in Welding Research (Pine Mountain, USA)	H17.7.20-21	第9回超鉄鋼ワークショップ (つくば国際会議場)