

# 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 10 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 10 月号 (通巻第 86 号)

## 目次

- |                                                                |   |
|----------------------------------------------------------------|---|
| 1. From Dream to Reality                                       |   |
| Prof. B. de MEESTER, Université catholique de Louvain, Belgium | 1 |
| 2. TOPICS 超微細粒鋼溶接部のフェライト粒径と硬さの関係                               |   |
| 溶接グループ 平岡 和雄                                                   | 2 |
| 3. TOPICS 破壊のメカニズム                                             |   |
| 冶金グループ 花村 年裕                                                   | 3 |
| 4. センター便り 第8回超鉄鋼ワークショップ開催報告                                    |   |
| 超鉄鋼ワークショップ実行委員会 塚本 進                                           | 4 |

## 1. From Dream to Reality

Professor B. de MEESTER, Université catholique de Louvain, Belgium

To summarize things very briefly, the initial objective of the Ultra-Steel Project was to create steels with “double strength or double lifetime”. Moreover, this target was not limited to a particular type of steel but extended to a great variety of steel grades: structural steels with strength over 800 MPa, ultra-high strength steels with strength over 1500 MPa, corrosion resistant steels and heat resistant steels. At the outset of the Project in 1997, this was considered as very ambitious, if not unrealistic, and many people doubted that it could be achieved before a long time. Nevertheless, five or six years later, ultra-steels with “double strength or double lifetime” were successfully created in NIMS laboratories. New targets for materials development, even more ambitious, could be fixed.

But materials development cannot be limited to creating new materials in laboratories. For the dream to become a reality, those newly developed materials must be used in real life, either as new products, or integrated into other advanced constructions. The time has thus come to pass to larger scale investigations closer to applications. To succeed in this technological transfer, it is necessary to create new links between all the contributing actors.

This requires a close cooperation between the research centres and universities on the one hand, which may help in understanding the underlying phenomena and in solving problems and on the other hand the industrial companies which have the equipments and tools to manufacture test pieces and samples in sizes comparable to those that will be used in real applications. Another very close cooperation between the materials producers and the designers as well as the manufacturers, is also needed. Indeed, new materials permit to create new products and their optimal use may require new design criteria.

Similarly, new materials imply new possibilities and/or constraints during manufacturing or even require new manufacturing processes, e. g. welding. This need for a multi-disciplinary approach involving materials scientists, designers and manufacturers as well as for a close cooperation between researchers and field engineers has apparently been very well understood in Japan.



What I saw at the last Ultra-Steel Workshop, confirmed me in that impression. There were a great number of participants (267) coming from 12 countries. This conference is thus able to attract a large number of attendees. But, more than the numbers of attendees, the fact that they belonged to many different engineering disciplines and came from both research centres or universities and the industry that impressed me. I have therefore little doubt that those materials will soon pass from the stage of dreams of engineers and scientists to that of objects and structures of the real life.

I was also impressed by the number of contributions (104) including a plenary session, 3 scientific sessions, 3 technical sessions and a poster session. This last session presented an unusually high number of posters (71) of great quality giving an exceptional opportunity to get an idea of the current research at NIMS and in Japan. Altogether, this stay in Tsukuba was a very interesting and fruitful experience.

Congratulations and thanks again to the organizers of the conference who invited me.

## 2. TOPICS

### 超微細粒鋼溶接部のフェライト粒径と硬さの関係

溶接グループ 平岡 和雄



強加工によって作製される超微細粒鋼(1 $\mu\text{m}$ 以下のフェライトを主とし、0.1 $\mu\text{m}$ 以下の微細に分散したセメント粒子を第2層とする組織を持つ)の溶接熱影響部においては、微細粒フェライトが粗粒化してHAZ軟化が生じる。しかし、セメント粒子はオーステナイト化が始まるAc<sub>1</sub>(700 )以上に加熱されると島状マルテンサイト(M-A constituents)化し、その組織割合の増加により軟化抑制効果を示す。

溶接部では非定常な熱挙動を示すことから、軟化挙動の定量的議論は、このように簡単ではない。

SM490と同等の成分を持ち、最終パス温度500の超微細粒鋼の溶接部を対象として軟化域の基本特性を検討した。

#### 溶接部のフェライト粒径の変化

図1はアーク溶接部(単位溶接長当たりの入熱15kJ/cm)でのフェライト粒径の変化を計測した結果である。横軸は溶接によって加熱されたときに到達する最高温度(最高加熱温度)である。最高加熱温度が高くなるほど(溶接部に近づくほど)フェライト粒は粗粒化するが、Ac<sub>1</sub>以下ですでに粗粒化しはじめる。このとき、やや粗粒なフェライトと微細なフェライトの混粒状態となり、粒径計測結果には720~820 で粒径のバラツキが大きく現れる<sup>1)</sup>。

#### フェライト粒径と硬さの関係

図2は、溶接部のAc<sub>1</sub>前後に加熱された領域でのフェライト粒径と硬さの関係を示した(実線)。破線は、超微細粒鋼素材におけるフェライト粒径と硬さの関係を示す<sup>2)</sup>。Ac<sub>1</sub>以下で、破線と比較すると、硬さが同じでも溶接部のフェライト粒径は小さく計測される。逆に言えば、フェライト粒径が同じ場合、溶接部の硬さは低くなる。この硬さの差異の原因を、強加工により創製された素材に残留する高転位密度が低減したためと推測される<sup>1)</sup>。

図2の赤実線は、母材を最高加熱温度680、630、550 で、それぞれ10~3600秒保持(アニール処理)したときのフェライト粒径と硬さの関係である。母材フェライトより僅かに粗粒化する領域では溶接部の関係に、さらに粗粒化する領域では素材の関係に対応する結果となり、単純にはホールペッチ則に

従わないことがわかる。フェライト粒が僅かに粗粒化しはじめる条件域ではフェライト粒径だけでなく転位密度の低減も重要な軟化因子であると考察される。

赤実線の結果は、いずれの組織も混粒状態のフェライトと母材組織と同じ微細分散するセメント粒子であり、溶接部で現れるセメント粒子のM-A化による軟化抑制のための第2相効果を評価する基本データとなる。今後これらの結果をもとに、種々の溶接条件下での軟化幅や最軟化レベル予測法の検討を進めていく。

- 1) 伊藤ら:溶接学会論文集, Vol.22(2004), No.3
- 2) 鳥塚ら:CAMP-ISIJ, Vol. 12 (1999), P365-368.

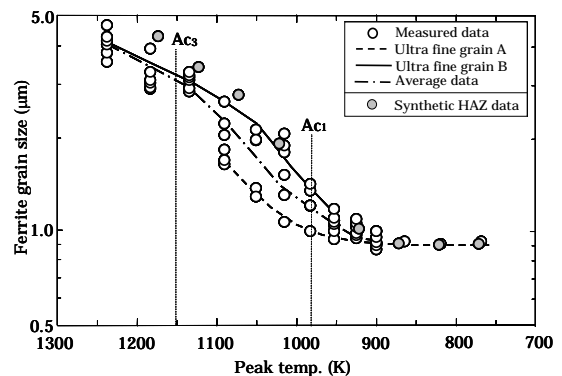


図1 最高到達温度とフェライト粒径

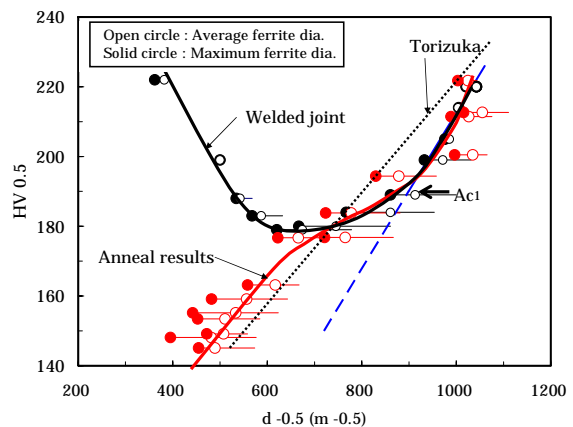


図2 フェライト粒径と硬さの関係

### 3. TOPICS

#### 破壊のメカニズム

- 低炭素鋼の異なる組織における有効結晶粒径とDBTTの関係 -

冶金グループ 花村 年裕



#### 背景

超微細粒鋼の優れた靱性のメカニズムを解析するため、同一組成の低炭素鋼からなる4種の組織、超微細フェライト/セメントイト(Uf-F/C)、フェライト/パーライト(F/P)、焼入れ(Q)、焼入れ焼戻し(QT)を用い、有効結晶粒径( $d_{EFF}$ )と延性 - 脆性遷移温度(DBTT)との関係を調べた。有効結晶粒径とは材料がへき界破壊等の脆性破壊をするときの破面の単位である。 $d_{EFF}$ とDBTTの関係から破壊応力( $\sigma_F$ )を求めることにより、破壊応力を決定する表面エネルギー( $\gamma$ )値が、組織により大きく異なることが認められた。

Eをヤング率、A、Bを定数とするとPickeringおよびGriffithの式から、次の関係式が成立する。

$$DBTT = A + B \cdot \ln(d_{EFF}^{-1/2})$$

$$\sigma_F = (4 E \gamma)^{1/2} d_{EFF}^{-1/2}$$

これから、**破面単位である有効結晶粒径( $d_{EFF}$ )と破壊応力( $\sigma_F$ )が決定できれば表面エネルギーが決定できることになる。**

#### 有効結晶粒径と破壊応力

有効結晶粒径はUf-F/C、F/P、Q、QTの種々の組織で8、20、100、25  $\mu\text{m}$ であった。これは有効結晶粒径がF/Pではフェライト粒径、Qでは旧オーステナイト粒径に相当するのに対し、QTではパケットサイズ、Uf-F/Cではバイモーダルな粒径分布中の大きいサイズに相当することによると考えられる。各組織における破壊応力は、各々のDBTTの温度における降伏応力をその組織の破壊応力であると仮定して、実験的に求めた。図1に各組織の77Kにおける破断面の側面図を、図2にDBTTと有効結晶粒径の関係を、図3に有効結晶粒径と破壊応力の関係を示す。これにより、**破壊応力ではUf-F/Cが最も高い値を示すことが分かった。**これは、同一組成の4種の異なる組織において、これから求めた表面エネルギーに違いが見られることによると考えられる。すなわち、F/P組織で、7.7J/m<sup>2</sup>、QTおよびUf-F/C組織で、34.6J/m<sup>2</sup>である。

#### 参考文献

T.Hanamura, F.Yin and K.Nagai, ISIJ International, Vol.44 (2004) No.3, 610-617.

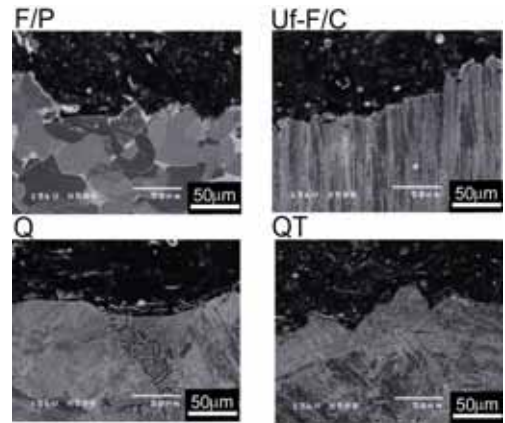


図1 各種組織における破断面の側面写真。シャルピー衝撃試験片のノッチは向かって右側にあり、クラックは右から左へ伝播。

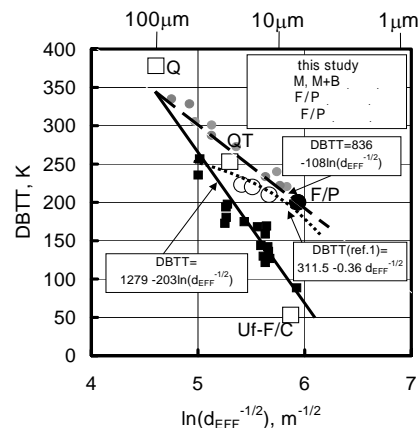


図2 各種組織における延性-脆性遷移温度(DBTT)と有効結晶粒径( $d_{EFF}$ )の関係。参照データ(M: マルテンサイト、B: ベイナイト)。

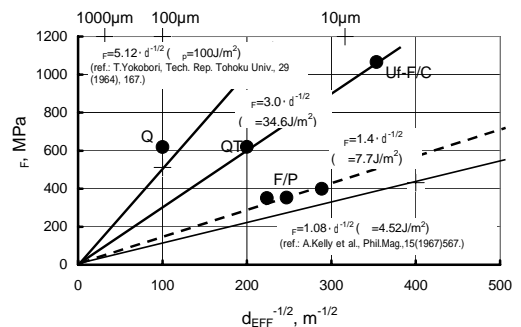


図3 各種組織における破壊応力( $\sigma_F$ )と有効結晶粒径( $d_{EFF}$ )の関係。

## 4. センター便り

### 第8回超鉄鋼ワークショップ開催報告

第8回超鉄鋼ワークショップが、平成16年7月21、22日につくば国際会議場で開催されました。関東地方で軒並みに史上最高を記録する猛烈な暑さの中、朝早くから12カ国267名の皆さんにご参加頂きました。今年はパラレルセッションを二つに絞り、できるだけ望みのセッションに参加頂けるようにしました。また、資料代として3000円の参加費をご負担頂きました。

「鉄鋼技術研究の世界動向」をテーマとした**基調講演**では、韓国及び日本から両国で行われている鉄鋼プロジェクトの成果、使われる材料を目指した研究ネットワークの取り組みについて報告がありました。また、新たな試みとして、材料の周辺技術分野からお話を頂きました。今回は、本号巻頭言を書いて頂きましたde Meester先生から溶接性と材料開発の密接な連携の重要性について話して頂きました。

今年のワークショップの主題は「新構造の提案と求められる材料技術」です。**技術討論会**では、超鉄鋼を活かす新しい構造設計と、材料に求められる特性について、土木・建築分野の皆様と専門領域を超えた議論を行いました。超鉄鋼を活かす新しい構造の提案があり、具体的な設計の試算結果が示されるなど、材料にとって必要な特性がより具体的となり、非常に有意義な討論会となりました。共催を頂いた日本鋼構造協会の皆様に深く感謝致します。その他技術討論会では、超微細粒鋼、高強度鋼の溶接についても、熱心な議論を頂きました。

**ポスターセッション**では、約70件の最新情報が発表されました。今年からショート・トークプレゼンテー

ションのコーナーを設け、各発表者から2分間ずつ講演の概要を話して頂きました。短時間で多くの発表の内容が分かる評判が良く、来年も是非続けていきたいと考えております。

**研究要素討論会**では、最新ナノインデンテーション技術とその応用、リサイクル材の新凝固プロセス、650 超級USCプラント用先進耐熱材料について、国際的に著名な研究者の皆様から興味ある講演をして頂きました。非常に専門性の高い議論から、国際的な技術動向まで幅広い議論が行われました。

初日の夜行われた**懇親会**では、楽しいアトラクションがありました。ホルンの演奏です。右の写真で、マウスピースが輝いているのがおわかりでしょうか。これは、当センターで開発したニッケルフリー高窒素ステンレス鋼を用いた体に優しいマウスピースの試作品第一号です。演奏者の濱一さんのお話によると、「私のプラスのマウスピースよりクリアーな音が出、私は好きです」とのことでした。今後こんな楽しいアトラクションがどんどん出てくることを願っております。

超鉄鋼ワークショップは、専門領域を超えた人達と学際的な議論ができる場を提供します。来年は7月22、23日に開催を予定していますので、ぜひお越しになって、議論に加わって下さい。今年の発表に興味がおありの皆様には、概要集を販売しております。下記ホームページからお申し込みください。

<http://www.nims.go.jp/stx-21/jp/index-j.html>

(超鉄鋼ワークショップ実行委員会 塚本 進)



基調講演における討論風景



高窒素ステンレス鋼マウスを用いたホルン演奏

8月、9月の出来事		今後の予定	
H16.9.19-22	HNS2004 (Ostend, Belgium)	H16.10.4-7	ICALEO 2004 (San Francisco, USA)
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)	H16.10.22	第182回西山記念技術講座 (東京 東京電機大学)