

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 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

04 年 5 月号 (通巻第 81 号)

目次

1. 自動車車体からの超鉄鋼への期待
日産自動車株式会社 車体開発部 主管 道浦 吉晴 1
2. TOPICS EAC of LWR Structural Materials in High Temperature Water
Corrosion Resistant Design Group, Xinqiang Wu and Yasuyuki Katada 2
3. TOPICS 耐熱鋼の組織制御に強磁場を応用
耐熱グループ 大久保 弘、宗木 政一 3
4. センター便り 超鉄鋼研究センター: マックスプランク鉄鋼研究所とMOUを調印
超鉄鋼研究センター センター長 長井 寿
フロンティアサークル - 任期を終えて -、受賞報告 4

1. 自動車車体からの超鉄鋼への期待

日産自動車株式会社 車体開発部 主管 道浦 吉晴

自動車の車体は、一部の車と部品を除き、殆どが薄鋼板(自動車用鋼板)で出来ています。その質量は大まかに言って、中型セダンで約400kg、車両質量の30%前後です。

環境問題への対応として燃料消費低減のために軽量化のニーズが大きいのですが、昨今の衝突安全性能の向上のために車体質量は増加傾向にあります。衝突安全性に大きく寄与する車体の骨格部品を中心に高強度化が進み、現在の強度部材の多くは引張強度が590MPa級の鋼板を使っています。これらから日本車の車体の高張力鋼板(340MPa級以上)の使用比率は、概ね50%が平均的ですが、一部の欧州車では70%強と称する車もあります。一部の蓋物部品から始まったアルミニウムの適用も、性能上のニーズから一部の車でオールアルミの車体、車体前部のみをアルミ化したハイブリッド車体も現れてきていますが、コスト及び生産設備上、車体材料は今後共、鋼板が主流であると考えています。

車体用鋼板の高強度化は、この10年間で590MPa級の開発から980MPa級の実用化へと急ピッチで進んできました。この間、プレス成形性や部品の精度確保面での課題に加え、溶接性の確保、遅れ破壊の問題の解決等が大きな課題であり、伸びの少ない材料は衝突時に大変形をさせてエネル

ギーを吸収する部品に使用しにくいなど適用部品への制約もあります。今後の高張力化に向けてハードルは更に高くなると考えています。

超鉄鋼の研究プロジェクトは、張力が二倍、伸びは従来の鋼板並、優れたリサイクル性を実現するために少ない合金化元素の添加等を目指して開発が進められており、溶接性等を始めとする上述の課題も少ないのではないかと期待しております。早期の材料開発へとブレークスルーし、これに続く鉄鋼メーカーと我々ユーザとの効率的な共同研究により、一早く実用化され、環境問題への対応とより高い安全性を両立させる車の実現の大きな方策となることを願っております。

NIMS方針であります「使われてこそ材料」の精神が今以上に発揮され、材料がリーダとなって関連する要素技術革新の牽引役となり、ひいては日本の優れた鉄鋼技術が高度成長期以降の日本の自動車産業の急成長を支えたように、21世紀の日本の鉄鋼競争力のみならず自動車産業の競争力の向上に大きく貢献してもらえることを強く望んでおります。



2. TOPICS

EAC of LWR Structural Materials in High Temperature Water

– Corrosion Fatigue of Low-Alloy RPV Steels –

Corrosion Resistant Design Group, Xinqiang Wu and Yasuyuki Katada



Background

In connection with the light water reactor (LWR) environments various environmentally assisted cracking (EAC) issues should be cautiously considered for the reactor pressure vessel (RPV) and piping system for the purposes of safety managements of nuclear power plants, among which corrosion fatigue is of great significance. The higher safety requirements force the development of qualified materials and new strict design criteria to ensure the structural integrity in nuclear power plants throughout their design lives. To meet these requirements, testing of LWR materials under service loading and environmental conditions, data generation, and indication of related EAC mechanisms are a long-term and continuous work. The present attention was mainly paid to the influence of strain rate, thermal aging treatment and sulfur (S) content in steels on fatigue resistance and EAC behavior of low alloy RPV steels in high temperature water.

Corrosion Fatigue Resistance

Figure 1 shows the effects of strain rate and thermal aging time on fatigue life of the RPV steels. With a decrease in strain rate, the experimental data band moved left gradually from *black symbol region* to *pink symbol region*, and then to *blue symbol*

region. This suggested the fatigue resistance of low-alloy RPV steels degrade with a decrease in strain rate in high temperature water. Moreover, the most significant degradation in fatigue resistance was observed for the long-term thermally aged steel or the high S steel in high temperature and high dissolved oxygen (DO) water (asterisks in blue symbol region).

EAC Behavior

Figure 2 is the typical fatigue cracking and fractographic morphologies of the RPV steels in high temperature water. With a decrease in strain rate, the cracking morphology tended to change from a tortuous manner to an entirely straight manner. Correspondingly the fatigue fracture changed from a quite rough mode to a relatively flat mode. This suggested a strain-rate dependent EAC mechanism dominate the corrosion fatigue process of low-alloy RPV steels in high temperature water.

Further work in corrosion resistant design group in NIMS will be focused on the fatigue safety research of nuclear structural materials (such as pressure vessel and piping steels) in simulated LWR environments as well as the interactive EAC mechanisms among loading conditions, environmental factors and material situations.

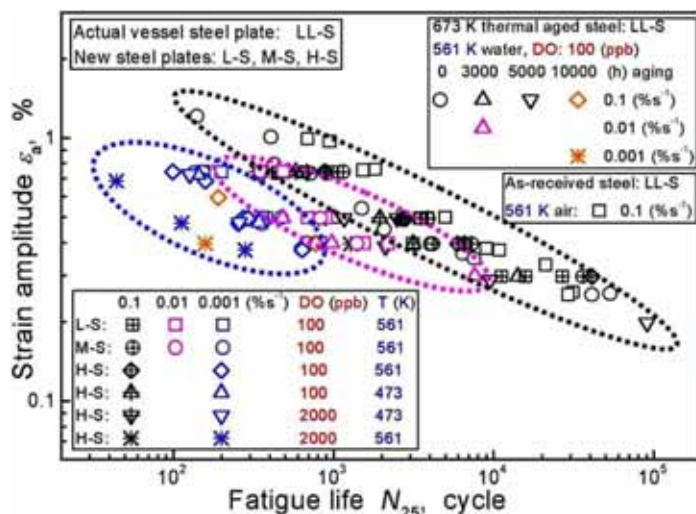


Fig. 1 Low cycle fatigue behavior of RPV steels in high temperature water. LL-S: 0.007wt.%S; L-S: 0.013wt.%S; M-S: 0.025wt.%S; H-S: 0.038wt.%S; Steel: ASTM A533B.

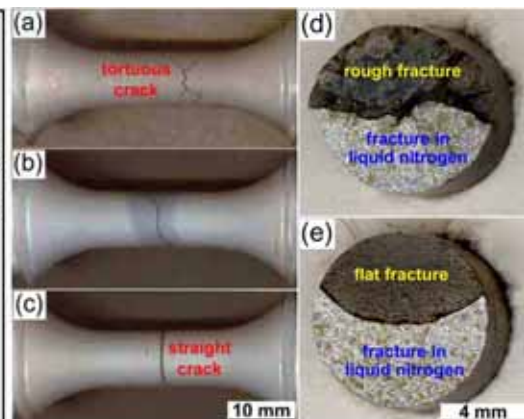


Fig. 2 Typical fatigue cracking and fractographic morphologies in 561 K water at different strain rates, DO: 100 ppb. (a)(d): 0.1%⁻¹; (b): 0.01%⁻¹; (c)(e): 0.001%⁻¹.

3. TOPICS

耐熱鋼の組織制御に強磁場を応用

- 高Crフェライト系耐熱鋼の理想的な組織作りを目指して -
耐熱グループ 大久保 弘、宗木 政一



背景と目的

蒸気温度の高温化によって発電効率を高め、二酸化炭素の排出を抑制する超々臨界圧火力発電プラント(USC)を実現するには、650 °Cでのクリープ強度の高い耐熱鋼の開発が必要になっている。従来のフェライト系耐熱鋼は、マルテンサイトの微細な組織と炭窒化物の析出強化を巧みに組み合わせているが、マイクロ組織が不均一で、これがクリープ強度劣化要因の一つになっている。

本研究は、合金元素添加を中心とした従来の材料設計の考え方と異なり、プロセス制御により微細均一なマルテンサイト組織創製を目指すとともに、クリープ強度にとって理想的な組織像を探求することを目的としている。このため、磁場と加工熱処理を組み合わせることが可能な「磁場中加工熱処理装置(TM MT)」を試作した。

装置の整備と改良

本装置は世界的に見てもユニークな試作品である。それ故当初はスムーズな運転が困難であったが、熱電対溶着方法、組織制御プログラム、液体ヘリウム充填方法など、改良と工夫を重ねて、現在では常時運転を可能にしている。

磁場中熱処理によるクリープ長寿命化

Fe-0.08C-9Cr-3.3W-3.0Co系鋼を供試材とした。1100°C x 10min焼きならし 770°C x 4h焼戻の通常熱処理材をBase材とし、焼きならし後の冷却中にマルテンサイト変態開始温度(M_s 点)直上から3Teslaの磁場を印加してマルテンサイト変態させた後、非磁場中で770°C x 4hの焼戻を施した磁場中熱処理材(3Tesla材)を作成し、磁場処理効果を検討した。図1はBase材と3Tesla材の650 °C、120MPaでのクリープ特性を比較している。図1(a)から3Tesla材の破断寿命がBase材に比べ約3倍に向上していることがわかる。その原因は、図1(b)のクリープ速度 - 時間曲線からわかるように、3Tesla材の最小クリープ速度(クリープ速度の最小値)がBase材に比べ約1/5にまで低下したため、磁場中熱処理によってクリープ変形抵抗が増大することが明らかとなった。

磁場中熱処理による組織変化

図2は、Base材(a)(c)と3Tesla材(b)(d)のクリープ試験前の熱処理組織の走査電顕像である。白く光った部

分(粒子)が析出物である。実際には $M_{23}C_6$ 炭化物とMX炭窒化物の2種類が析出しているが、ここで観察できるのは主として約100nm以上の $M_{23}C_6$ 炭化物である。磁場中熱処理すると、粒界のみならず粒内の $M_{23}C_6$ 炭化物が微細均一分散化すること、特に、粒内炭化物の微細分散化が顕著であることがわかる。更に、透過電顕の高倍率観察によって、数十nmのMX炭窒化物も磁場中熱処理すると微細化することも確認された。これらが、クリープ変形抵抗増大の主因と考えている。

今後の検討課題

$M_{23}C_6$ 炭化物やMX炭窒化物が微細分散化するメカニズムを検討するとともに、磁場 - 熱処理の組み合わせだけでなく、磁場 - 熱処理 - 加工の組み合わせも用いて理想的な組織像を探求していく計画である。

本研究の成果は2003年第8回SAMPE先端材料技術国際会議において発表しPoster Awardを受賞した。

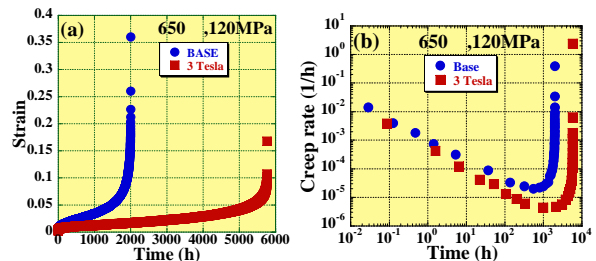


図1 磁場中熱処理によるクリープ特性の向上

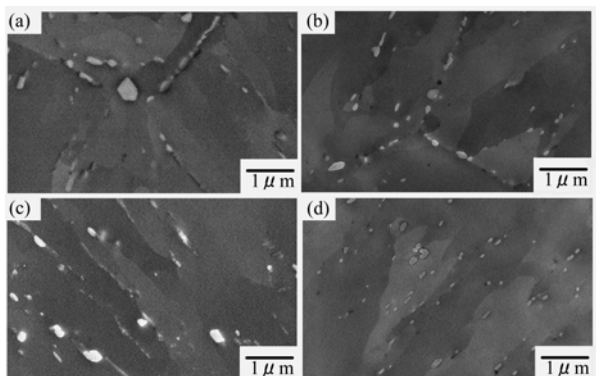
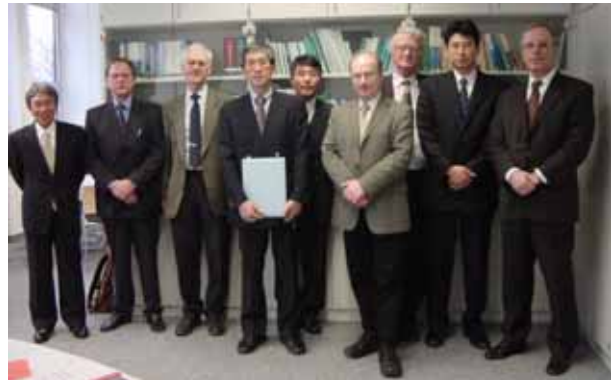


図2 Base材(a)(c)と3Tesla材(b)(d)の焼き戻し処理(770 °C x 4h)後の初期組織

4. センター便り

超鉄鋼研究センター：マックスプランク鉄鋼研究所とMOUを調印

2004年2月26日、超鉄鋼研究センターはマックスプランク鉄鋼研究所(MPIE:ドイツ・デュッセルドルフ市)とMOU(覚書)を調印しました。NIMSからは永年同研究所と親交の深い齋藤鐵哉監事(左1)、長井寿センター長(左4)、井上忠信主任研究員(右2)が、MPIEからは、前所長のPeter Neumann教授(右1)、Martin Stratmann所長(右4)、Herbert Wilk事務局長(左2)などの方々が調印式に臨みました。覚書内容は、永年の交流をベースとして、両者の相互訪問・人材交流、さらに両者が協力して国際的な鉄鋼に関する研究成果交流を促進することなどを合意しています。当日は記念シンポジウムも催し、相互の研究紹介を行い相互理解を深めました。



今回は他にドイツ鉄鋼協会および同付属研究所BPI、アーヘン工科大学等も訪問し、主に塑性加工分野の研究状況の調査で出張した際に、調印したものです。両国に留まらず、鉄鋼材料基礎研究の今後の国際交流促進に大いに寄与するものと期待されます。

(超鉄鋼研究センター センター長 長井 寿)

フロンティアサークル 任期を終えて

任期を終えて

溶接グループ 川口 勲

NIMSに赴任して、5年間、大出力レーザ溶接の欠陥抑制に関する研究に携わってまいりました。大出力レーザを用いた深溶込み溶接の欠陥抑制に対し、大変多くの方の、多大な助力、ご支援を頂いたことに心から感謝申し上げます。また、在任当初、大出力レーザ溶接機の立上げから、X線透過観察装置など設備面の導入に参加させて頂いたことも、非常に価値ある経験となりました。NIMSで培った経験をもとに、より一層、生産技術の研究開発にいそしんでいく所存です。今後、STXプロジェクトが充実した成果をまとめられ、また、大出力レーザ溶接の実用化に向けた研究成果が上がることを期待しております。

(石川島播磨重工業株式会社 生産技術開発センター)



受賞報告

吉田 直嗣(冶金グループ)、梅澤 修(横浜国立大学)、長井 寿(超鉄鋼研究センター長)は、「Influence of phosphorus on solidification structure in continuously cast 0.1 mass% carbon steel」に対して平成16年3月30日、社団法人日本鉄鋼協会より澤村論文賞を戴きました。

鳥塚 史郎(冶金グループ)は、平成16年3月30日、社団法人日本金属学会より功績賞(工業材料部門)を戴きました。

3月、4月の出来事		今後の予定	
H16.3.31-4.1	鉄鋼協会・金属学会春期講演大会 (東京工業大学 大岡山キャンパス)	H16.4.21-23	溶接学会春季全国大会 (日本教育会館)
H16.4.14-16	2nd International Conference on Advanced Structural Steels (ICASS 2004) (中国 上海市)	H16.4.26-28	材料と環境2004および創立30周年 記念事業 (東京 一橋記念講堂)