

# 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 2 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 2 月号 (通巻第 90 号)

## 目 次

1. Environmental behavior of steels  
Prof. En-Hou Han, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, China 1
2. TOPICS バイオフィルム内過酸化水素による電位貴化  
耐食グループ 鷲頭 直樹 2
3. TOPICS Microstructural Classification during Large Strain High-Z Deformation  
of a low Carbon Steel  
Metallurgical Processing Group, S.V.S. Narayana Murty and Shiro Torizuka 3
4. センター便り 破壊チーム紹介  
破壊チーム 邱 海 4

### 1. Environmental behavior of steels

Professor En-Hou Han, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, China

I have visited NIMS (originally NRIM) 3 times, and Dr. Yasuyuki Katada of NIMS has cooperated with my group for ten years on various studies from corrosion fatigue to nitrogen bearing steel.

My last visit to NIMS was an invitation from the Steel Research Center to join the Symposium on Recent Trends in Corrosion Research which was organized by Dr. Kotobu Nagai. The scientists from Germany, India, Japan, and China had excellent discussions relating to the recent trends of corrosion research. Everyone believed that a close international cooperation was necessary for the corrosion research, especially for the development of steels in Asia. This symposium was very successful. Its organizer seemed to be a foreseer for the importance of this topic. We are now planning the next symposium which will be held in China.

Dr. Kaneaki Tsuzaki and I organized a corrosion session at the Fifth Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICM 5). Both the Japanese and Chinese reported good progresses on the weathering steels and the effect of hydrogen on high strength steel. In the research on weathering steels, the addition of Cr and/or Ni in the first phase generated successful results in an industrial atmospheric environment. NIMS added Al and/or Si to develop a cost effective weathering steel and obtained good results for the coastal environment. The Chinese added Mn and Cu and also obtained a good anti-corrosion weathering steel in the laboratory against the coastal environment

by the interaction between the two elements, although the elements by themselves have less influence on the corrosion property. Therefore, it is quite possible to obtain the cost effective weathering steels by adjusting their chemical compositions. Hydrogen always plays an important role in the failure of high strength steels and was also discussed in detail. I felt that most of the work that was presented was original, and the discussions were very fruitful. This conference series will promote the international cooperation that is necessary, especially in Asia.



I like the words “double strength and double lifetime” because it will save the natural resources and also increase the reliability for steel structure. High strength is almost useless without enough lifetime. Although many people like the functional materials, steel will always be used extensively, especially in the economically growing countries, due to its mechanical properties, physical properties, and its environmentally friendly feature. The exposure to various environments is required for all materials during practical use. Therefore, more attention should be given to the corrosion of steels in various environments. I believe that the ultra steel community will reach their goals in the near future.

## 2. TOPICS

### バイオフィーム内過酸化水素による電位貴化

- 海水中におけるステンレス鋼の微生物腐食発生機構を解明 -

耐食グループ 鷲頭 直樹



#### 背景と目的

人工海水中やフィルターを通過した海水中では健全性を保つステンレス鋼であっても、自然海水中においては局部腐食を被る場合がある。この差を生み出す原因は環境中に存在する微生物であると考えられている。水中に浮遊していた微生物は材料表面に付着および増殖し、細胞外分泌物とともにバイオフィームを形成する。ステンレス鋼表面上のバイオフィームが成長するに従って鋼の自然電位が貴化することは、過去にこの場(STX-21ニュース第27号)で報告した。自然電位が貴化し、その値が局部腐食臨界電位以上に達すると、局部腐食発生の危険が生ずる。

バイオフィームおよび微生物の働きと電位貴化との因果関係についてはいくつかのモデルが提唱されているが、それらに確証を与えるような実験結果はこれまで得られていなかった。本トピックでは一般的な好気性微生物の多くが細胞外へ放出しているとされる過酸化水素に着目し、これがバイオフィーム内に蓄積することによってカソード反応に寄与すると予測した。

#### 過酸化水素濃度ならびに自然電位の季節変動

実海域に存在する微生物の活動は、水温の低い冬季では低く、水温の高い夏季に高まる。したがって、もし微生物が過酸化水素の濃度および自然電位に影響を与えるとすれば、それらの値も季節によって変動すると考えられる。この予測をもとに、1年間のうちのいくつかの時期において実海

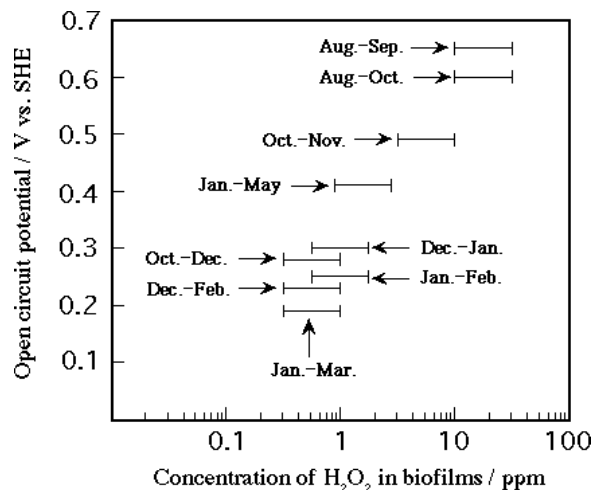


図1 バイオフィーム内過酸化水素濃度と自然電位の季節変動。夏季に過酸化水素濃度および電位ともに高い値を示した。

域に1ヶ月間もしくは2ヶ月間暴露したSUS316L鋼に対して、自然電位ならびに表面バイオフィーム内の過酸化水素濃度を測定した。ただし、腐食の発生をみた試験片は測定対象から除外した。この結果を図1に示す。過酸化水素濃度および自然電位ともに冬季では低く夏季においては高い値となった。これは微生物が代謝した過酸化水素がバイオフィーム内に蓄積され、これが電位の貴化を誘起していることを示唆している。

#### 酵素による過酸化水素の分解

自然電位貴化に過酸化水素が不可欠か否かを検証する目的で、酵素を使用した過酸化水素分解試験を行った。天然バイオフィームに覆われたSUS316L試験片を過酸化水素分解酵素(CatalaseもしくはPeroxidase)を添加した海水に浸漬し、水温を制御した。表1に結果を示したように、23℃では酵素の有無にかかわらずバイオフィーム内の過酸化水素濃度は10～30ppm程度であり、試験片の電位は0.6V vs. SHE以上の高い値を示した。これに対して酵素が活発に作用する33℃では、酵素を加えた場合のみ過酸化水素濃度は0.5ppm未満の低い値となり、同時に電位の値は0.25V vs. SHE以下となった。これは無生物環境における値と同等である。再度水温を23℃に下げると、過酸化水素濃度および電位ともに昇温前の値にまで回復したので、本実験中に微生物ならびにバイオフィームの損傷はなかったと考えられる。

以上より、ステンレス鋼の自然海水中における微生物由来の電位貴化は、過酸化水素を仲介として引き起こされることが判明した。

表1 バイオフィーム内過酸化水素濃度と自然電位に及ぼす酵素と水温の影響。

Temp. (°C)	Enzyme	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] (ppm)	E <sub>sp</sub> (V vs. SHE)
23	-	10 - 30	0.6 - 0.7
	Catalase	10 - 30	0.6 - 0.7
	Peroxidase	10 - 30	0.6 - 0.7
33	-	10 - 30	0.5 - 0.6
	Catalase	< 0.5	0.2 - 0.25
	Peroxidase	< 0.5	0.2 - 0.25
23	-	10 - 30	0.6 - 0.7
	Catalase	10 - 30	0.6 - 0.7
	Peroxidase	10 - 30	0.6 - 0.7

### 3. TOPICS

## Microstructural Classification during Large Strain High-Z Deformation of a low Carbon Steel

Metallurgical Processing Group, S.V.S. Narayana Murty\* and Shiro Torizuka  
 \*(Visiting Scientist from Vikram Sarabhai Space Center Trivandrum, India)



#### Background

Sub-microcrystalline materials with grain sizes of ten to hundreds of nanometers with improved mechanical properties have attracted the attention of researchers. Several techniques such as mechanical milling with rolling, equal channel angular pressing, high pressure torsion, accumulative roll bonding, and multi axial and multi stage deformation through warm caliber rolling were proposed as means of obtaining ultrafine/nanocrystalline grain sizes.

However, if engineering components based on ultrafine/nanostructured microstructures have to be produced, an understanding of the evolution of microstructures with respect to the processing variables like strain, strain rate and temperature is essential. In this context, an attempt has been made to study the combined effect of strain rate and temperature on the critical strain required to form ultrafine grains in a 0.15 Carbon steel.

#### Microstructural Evolution Map

Fig. 1 shows the classification of microstructural manifestations in the Zener-Hollomon parameter-compressive strain field along with the representative boundary maps in each region. This figure includes test data of several specimens deformed at various temperatures and strain rates resulting in a range of Z parameters. It may be noted that the basis for classification of grains is the comparison of the predicted pancake grain thickness with that noticed in the boundary map of the deformed specimens. A careful examination of Fig. 1 indicates that there are three distinct regions based on the microstructural manifestations viz. (I). Purely elongated grains (essentially representing the work hardened microstructure consisting of compressed grains); (II). Elongated grains mixed with newly generated grains and (III). Newly generated grains (by a process of grain subdivision coupled with dynamic recrystallization).

The mechanisms of formation of ultrafine grains are found to be grain subdivision and dynamic recovery in high Z regions and they are grain subdivision and dynamic recrystallization in low Z regions.

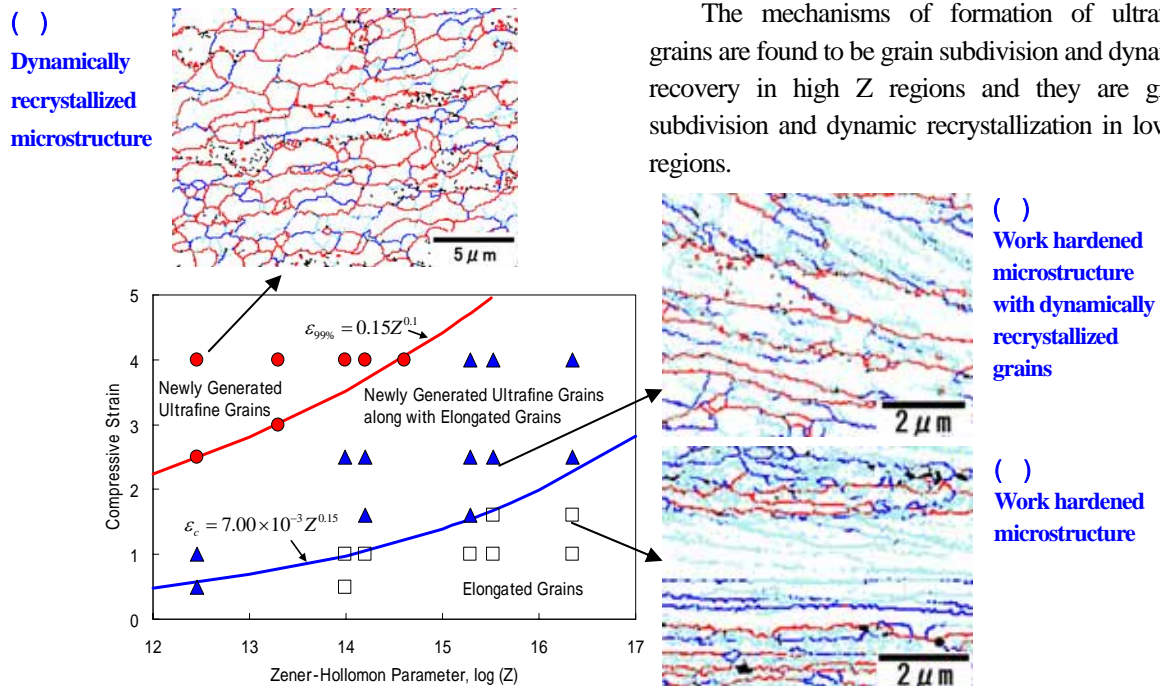


Fig. 1 Classification of microstructural manifestations after large strain, high Z deformation of a 0.15 carbon steel in the Zener-Hollomon parameter  $Z=f(\dot{\epsilon}, T)$  – compressive strain field along with the representative boundary maps in each region.

## 4. センター便り

### 破壊チーム紹介

#### 【設置目的】

超鉄鋼研究センター(以下SRC)では超微細粒(1 $\mu$ m以下)組織を持つ鋼板を開発しました。その鋼板は靱性・強度バランスが良く、土木、建築分野、自動車産業への活用が期待されます。

超鉄鋼を実用化するため、土木研究所、建築研究所との府省連携プロジェクトの発足を目指します。鉄鋼ユーザーである建築、土木、橋梁関係者のニーズを理解し、またSRCから、 $K_{IC}$ 等の破壊力学データや新たなシーズを設計の現場に広めることを目指します。鉄鋼ユーザーとの交流を通じて、超鉄鋼を利用した建設構造物の安全性評価に向けてNIMSの取り組むべき課題を抽出します。その役割を担うため、SRCにおいて平成16年4月1日より破壊チームが立ち上がりました。

#### 【メンバー紹介】

人員構成は9名です(写真参照)。写真右より紹介致しますと、**竹内 俊博**(非常勤職員)、**邱 海**(主任研究員)、**花村 年裕**(主幹研究員)、**趙明純**(特別研究員)、**榎並 啓太郎**(特別研究員)、**黄 蘭**(技術補助員)、**Elena Bulgarevich**(技術補助員)、**西村 俊弥**(主幹研究員)、**寺島 ナホミ**(技術補助員、溶接グループ秘書兼破壊チーム秘書)です。

#### 【研究内容】

超鉄鋼を利用した鉄骨建築物・橋梁の破壊特性、また、近年自動車産業で注目されるハイドロフォーミングにおける塑性加工限界を評価し、安全・信頼性を判定することを目標とします。そのため、チームの研究内容を挙げると、き裂先端開口変位、 $K_{IC}$ の破壊基礎データ、有効結晶粒径とシャルピー遷移温度(DBTT)の関係、HAZ軟化部の破壊特性評価、塑性加工限界の評価などとなっております。

#### 【研究方針】

研究方針として素材の破壊、小型部材の破壊

およびより大型寸法の実模擬構造物の破壊の3段階を進めていきます。この3段階において、まず、標準試験片サイズの素材および溶接部継手の破壊特性を解明します。次に得られた結果を用いて、小型部材、実模擬構造物の破壊評価モデルを確立します。

H16～H17年2年間にわたり、基礎データの系統的取得を実施し、平成17年からは有限要素法を用いた小型部材の評価モデルの構築を実施する予定です。

#### 【実験装置】

当チームが管理している装置およびそれらの特長を以下に示します。

##### <破壊靱性試験装置>

荷重容量200kN、負荷速度範囲0.01～5,000mm/secの油圧式引張試験機を使用しています。低速、高速負荷において、標準試験片の三点曲げ試験、コンパクト引張試験を行って、素材および溶接継手部の静的、動的破壊靱性を評価できます。試験温度は-180～室温の範囲で調節できます。

##### <精密引張試験機>

試験機の荷重容量は50kNで、歪速度および試験温度はそれぞれ $10^{-6}$ ～ $10^0$ sec $^{-1}$ および-196～50の範囲で調節できます。

(破壊チーム 邱 海)



1月の出来事・行事		今後の予定	
H17.1.27	「環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発プロジェクト」第2回シンポジウム(東京電機大学 神田キャンパス)	H17.3.28	世界鉄鋼技術首脳国際シンポジウム(東京 経団連会館)
H17.1.27-28	シンポジウム「鋼材表面特性に及ぼすスケール性状の影響」(大阪大学中之島センター)	H17.3.29-31	(社)日本金属学会春期講演大会 (社)日本鉄鋼協会春季講演大会 (横浜国立大学)
H17.1.31	第4回つくばテクノロジー・ショーケース (つくば国際会議場)	H17.4.6-9	第18回国際鍛造会議 (ウェスティン名古屋キャッスル)
		H17.5.29-6.3	Solid Phase Transformation in Inorganic Materials (PTM '05) (Phenix, Arizona, U.S.A.)