

# 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 12 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 12 月号 (通巻第 100 号)

## 目次

- |  |   |
|--|---|
| 1. 鉄の教育と研究のこれから  |   |
| 早稲田大学理工学部 物質開発工学科 教授 伊藤 公久   | 1 |
| 2. TOPICS Determination of Plastic Working Limit by Circumferentially Notched Tension Test |   |
| Keitaro Enami, TOPY INDUSTRIES, LIMITED and Kotobu Nagai, Metallurgical Processing Group   | 2 |
| 3. TOPICS Improvement of V-notched Toughness of Low Transformation-Temperature Weld Metal  |   |
| Frantisek Gunic, Welding Metallurgy Group  | 3 |
| 4. センター便り 第16回国際腐食会議参加報告   |   |
| 耐食グループ 秋山 英二   | 4 |

### 1. 鉄の教育と研究のこれから

早稲田大学理工学部 物質開発工学科 教授 伊藤 公久

超鉄鋼プロジェクトでは、材料技術の発展を見据えることによって、製鋼プロセスの大幅な改革が可能であることを学びました。鉄鋼技術においてプロセスの変革は最も重要な課題の一つであり、新プロセスの開発が滞ることで、鉄鋼産業が大きなハンディを背負う可能性が生じます。このために学の立場では、鉄鋼に関連する学問自体の総括と創造とが今後必要であると思われます。例えば、化学熱力学や核生成の動力学などは、精錬、凝固、熱処理の各領域において重要な学理ですが、各々の専門分野で独自に発展して来ました。本来、科学としては共通の言葉で語られるべきものであるにもかかわらず、それぞれのプロセスで最適の「方言」で書かれています。これをより科学的に正確な「言語」で統一する必要があります。その一方で、科学を切り離れた「技術」としての鉄鋼研究も意味のある課題でしょう。「鉄冶金学」という良い言葉がありますが、まさに総合学問としての、鉄の学問を確立する時期に来ていると思います。

大学における鉄鋼研究は、様々な意味で困難になってきているのは紛れもない事実です。鉄鋼関連の講義も著しく減少しています。それは、鉄鋼の学問や研究が、*university* には馴染まなくなったためだと考えています。多様化した現代の産業分野と、若者(そしてその保護者)の要請に答えるためには、大学(*university*)における教

育は必然的に *general* なものにならざるを得ないのです。例えば、鉄鋼製錬学の指導原理を与える、化学熱力学や移動現象論といった基礎科目は、演習問題の対象を変えれば、半導体や有機材料、そして生化学にも適用可能です。同様なことが統計力学や量子化学にもいえるでしょう。だからといって、鉄鋼製錬学がいらぬということではありません。このような専門科目は、それを必要とする学生にはきちんと教授されるべきであり、鉄鋼業を支える人材を育成するためにも重要です。しかし、その人数は以前よりもはるかに少なくなっているのも現実です。このため、これからの鉄鋼研究と人材の育成は *institute* が中心になって行くべきだというのが、私の考えです。

鉄鋼研究を通して、統合された新しい「知」の創造を行い、鉄鋼を国家の基盤として存続させていくという二大命題のために、わが国独自の鉄の *institute* を作り上げる必要性を痛切に感じるこの頃ですが、超鉄鋼プロジェクトや超鉄鋼研究センターが拠点のひとつとなって、この夢が実現されることを願っております。



## 2. TOPICS

### Determination of Plastic Working Limit by Circumferentially Notched Tension Test

Keitarou Enami\*, TOPY INDUSTRIES, LIMITED and  
Kotobu Nagai, Metallurgical Processing Group  
\*(Formerly in Metallurgical Processing Group)



#### Introduction

In plastic working such as deep drawing and tube hydroforming, presumably the steel is sometimes deformed up to an equivalent strain of 1.0. However, it is often said that the plastic working limit (PWL) for sheets is related with the elongation at the maximum load ( $\epsilon_u$ ) in the tension load-elongation curve. Because  $\epsilon_u$  is at most 0.3, there is an ambiguity in the determination of PWL with respect to  $\epsilon_u$ . The authors have carried out a circumferentially notched tension (CNT) test to determine the ductile fracture initiation in plates. Thus, CNT test has been carried out to determine the PWL in sheets.

#### Experimental

A hot-rolled JIS-SM490B steel with a 16mm plate thickness and a chemical composition of 0.16C-0.44Si-1.46Mn-0.013P-0.004S (mass%) was used for the study. The circumferentially notched tension test was carried out at room temperature. The crosshead speed of the test machine was 1.0mm/min. The radius of the neck curvature was 15mm, the neck depth was 2mm, and the diameter of the neck section was 6mm. The load and the diameter of the neck section were measured. The round bar tension test with a uniform gage (gage length: 40mm, diameter: 8mm) was carried out at 1.2mm/min. at room temperature for reference. The load and the gage elongation were measured.

#### Results and Discussions

Figure 1 shows the average stress-equivalent strain curves in the notched tension test and the tension test with a uniform gage. The average stress and the equivalent strain were determined in the notched tension test as follows:

$$\sigma_{ave} = \frac{P}{\pi a^2} \quad (1)$$

$$\bar{\epsilon} = 2 \cdot \ln \frac{a_0}{a} \quad (2)$$

where  $\sigma_{ave}$  is the average stress,  $P$  is the load,  $a$  is

the radius of the neck section,  $\bar{\epsilon}$  is the equivalent strain and  $a_0$  is the initial radius of the neck section.

The average stress and the equivalent strain were estimated up to the maximum load in the tension test with a uniform gage, as follows:

$$\sigma_{ave} = \frac{P(l_0 + \Delta l)}{\pi a_0^2 l_0} \quad (3)$$

$$\bar{\epsilon} = \ln \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} \quad (4)$$

where  $l_0$  is the gage length and  $\Delta l$  is the gage elongation. Figure 1 shows that the equivalent strain at the maximum load is constant between the notched tension and the tension with a uniform gage. **The average stress-equivalent strain curve in the tension with a uniform gage is confined up to a strain of 0.17. However, the stress-strain curve in the notched tension can be determined up to a strain of 0.85.** The stress-strain curve in the notched tension terminates at a strain of 0.85 because of ductile fracture. The PWL was determined as the terminating point in the average stress-equivalent strain curve in the notched tension.

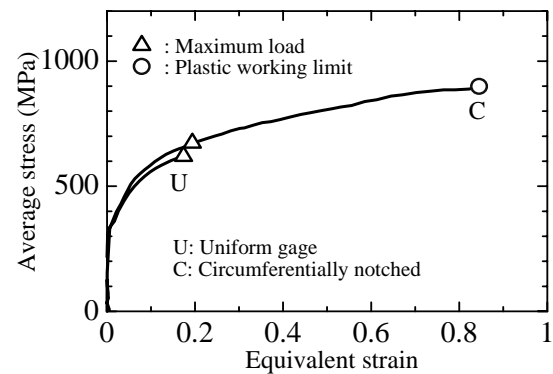


Fig.1 Average stress-equivalent strain curves in the notched tension test and the tension test with a uniform gage



### 3. TOPICS

## Improvement of V-notched Toughness of Low Transformation-Temperature Weld Metal



Frantisek Gunic

Welding Metallurgy Group

### 1. Introduction

The low martensitic transformation-temperature (LTT) weld metal (WM) with  $M_s < 300$  °C has an advantage of the reducing tensile residual stresses in welded joint by the martensitic transformation expansion during cooling. The drawback of LTT weld metal is low toughness of WM in SMAW, GMAW and SAW.

### 2. Factors limiting LTT WM Toughness

Three LTT weld metals (see Table 1) were formed by plasma arc welding. Figure 1 shows the relationship between WM oxygen content and absorbed energy in Charpy impact tests. Here, mixture of argon and oxygen with various ratios was used for shielding in order to obtain different levels of oxygen in WM.

There is evident rise of toughness for all types of LTT WM due to reducing oxygen content of WM.

Additional improvement of toughness can be expected from the presence of retained austenite in martensitic matrix.

Besides, the oxygen content of WM in conventional MIG (95%Ar-5%O<sub>2</sub> shielding gas) or MAG (80%Ar-20%CO<sub>2</sub> shielding gas) welding is about 200ppm or 350ppm, respectively.

The oxygen content of WM, 30ppm can be achieved in 100%Ar shielding MIG welding with NIMS Hybrid LTT welding wire (refer STX News No.93).

### 3. LTT WM Charpy full-curve

Figure 2 shows the relationship between LTT WM Charpy energy and testing temperature. Specimens were made from beads welded by pure Ar shielding plasma arc welding with heat input of 30kJ/cm.

Though the drop of Charpy energy from 100 J below -120°C was measured in WM C with high strength of 1100MPa, the 1000MPa class WM A with retained  $\gamma$  maintain the Charpy energy level of about 100J under -196°C.

It can be expected that LTT weld metals are effective to high strength welded structure under the extreme low temperature service.

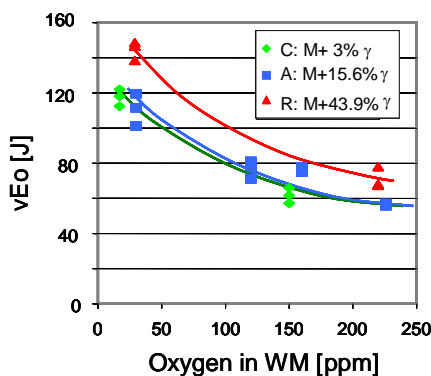


Fig. 1 Relationship between Charpy energy at 0 °C and WM oxygen content. (welding heat input 30 kJ/cm)

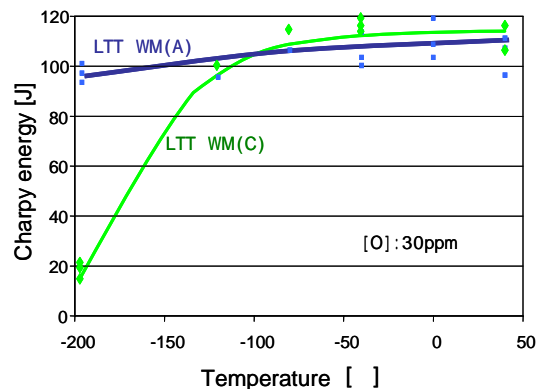


Fig. 2 Charpy energy full curve of LTT WM. (welding heat input 30 kJ/cm)

Table 1. Chemical composition and  $\gamma_{ret.}$  content of LTT WMs C, A and R in wt %.

LTT mark	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	$M_s$ (°C)	Structure
C	0.05	0.3	1.00	0.005	0.002	7.4	7.8	0.15	0.01	~ 260	M+3% $\gamma_{ret.}$
A	0.05	0.3	1.00	0.005	0.002	9.6	11.0	0.15	0.01	~ 110	M +15.6 $\gamma_{ret.}$
R	0.04	0.22	0.63	0.01	0.004	9.5	12.5	0.26		~ 70	M + 43.9% $\gamma_{ret.}$



## 4. センター便り

### 第16回国際腐食会議参加報告

第16回国際腐食会議(16<sup>th</sup> International Corrosion Congress, ICC)が平成17年9月19日から24日にかけて、中国の北京において開催されました。

<http://www.16icc2005.com/EN/Introduction.htm>

本会議は3年毎に開催されており、前回の第15回会議は平成14年にスペインのグラナダで開かれました。今回はアメリカ合衆国のラスベガスとなるのが決定しています。

本会議には、700人超の参加があり、基礎的腐食研究から各種環境、先進材料に至る各種材料の27トピックスに分類された幅広い内容の発表がありました。基調講演ではChunan Cao教授(Zhe Jiang University, China)およびLeygraf教授(Royal Institute of Technology, Sweden)からは大気腐食に関して、Frankel教授(OSU, USA)からは核廃棄物貯蔵のための長期の信頼性予想、Thompson教授(UMIST, UK)教授からは、Al合金の表面処理、そして水流教授(東工大)からは新亜鉛めっき鋼板の腐食抑制に関する発表がありました。

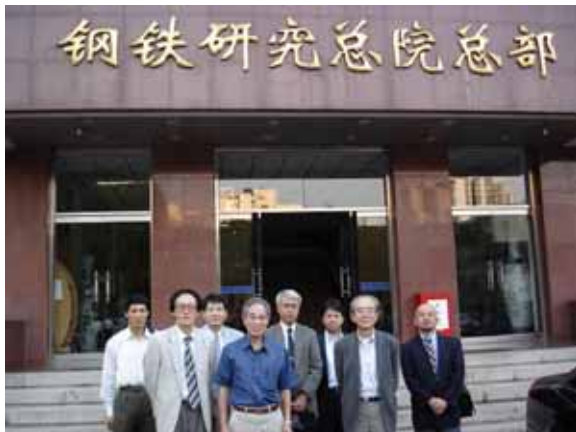
NIMSからこの会議への参加は、(敬称略)篠原、田原、片山、西村、秋山の職員5名の他、耐食グループのポスドク2名(Sundararajan, Ravichandran)の計7名でした。また、2年間のポスドク期間の後、この春北京の鋼鉄研究総院(CISRI)に戻った王毛球さんがNIMSで行った仕事の発表を加えて、NIMS関係では大気腐食、水素脆化、不働態などに関する計8件の発表がありました。また、以前にNIMSの耐食グル

ープで研究を行った董俊華さん(中国科学院金属研究所)、金相グループ李金許さん(北京科技大)の参加もあり、NIMS関係者で総計10人が集うこととなりました。

また、会期中には、CISRIおよび北京科技大の訪問・見学・討論を行い、中国の腐食研究者との交流を深める機会を持つことが出来ました。

昨年上海で開かれた第2回ICASSの前に北京に立ち寄った際には、5番目の環状の高速道路が出来あがりかけているところでした。1年とちょっと経った今回の訪問時には、更に外側を走る6番目の環状高速道路が既に開いており、また、もうすぐ新しい地下鉄も開業するところとのこと。2008年に開催されるオリンピックの影響もあり、目覚しく発展する北京の街の姿を垣間見ることが出来、非常に印象を受けました。インフラストラクチャーや建造物の急激な発展に伴い、環境や都市問題に関する取り組みの重要性が増してくることは間違いありません。構造物やプラントの安全性、信頼性の確保のためには、種々の腐食問題の解決を避けて通ることは出来ません。重工業の増長に伴う大気汚染、酸性雨問題も深刻で、急激に発達する今、腐食研究の重要度はいや増しています。そのような中、今回の会議のように中国国内から多数の参加があり、積極的な取り組みがなされているのを見ると、頑張ってもらいたいと、そして我々も頑張らねばと感じた次第です。

(耐食グループ 秋山英二)



CISRI 前にて



建築中の建物(天安門近く)

11月の出来事・行事		今後の予定	
H17.11.2-4	International Conference on Super-High Strength Steels (ローマ、イタリア)	H17.12.15-16	超鉄鋼プロジェクト成果報告ワークショップ(パリ、フランス)
H17.10.17-19	HSLA Steels'05 & ISUGS 2005 (海南島、中国)	H18.2.7-9	International Conference & Exhibition on Pressure Vessels and Piping (OPE2006)