

# 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 7 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 7 月号 (通巻第 83 号)

## 目次

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1. Old Material Rediscovered              |   |   |
|   | Prof. Hu-Chul Lee, Seoul National University, Korea | 1 |
| 2. TOPICS ストリップキャスト薄鋼板の集合組織と加工性評価         |   |   |
|   | 冶金グループ 徐 平光   | 2 |
| 3. TOPICS 改良型HVOF溶射装置を用いたサーメット皮膜の作製       |   |   |
|   | 材料研究所 溶射工学グループ 石川 泰成、川喜多 仁、黒田 聖治                    | 3 |
| 4. センター便り フロンティアサークル - 任期を終えて -、人物紹介 (新人) |   | 4 |

### 1. Old Material Rediscovered

Professor Hu-Chul Lee, Seoul National University, Korea

“We believe there is nothing significant left to do in steel research” This was the answer that a former steel researcher I met in the U.S.A. gave as the reason why his company had completely closed down its steel research lab. He himself showed serious doubts about doctorate research works on steel being conducted in universities. It was already 17 years ago and he himself had switched his area of research to magnetic materials. This seemed to be the prevailing point of view for quite some time, but this all changed following the launch of the ultra-steel project in Japan in 1997 and other subsequent major steel programs such as the “Hypers-21 project” in Korea and the “New Generation Steel Project” in China. In pursuing its extreme goals with conventional steel grades using conventional processing facilities, these steel projects revived the interest in steel research and we, steel researchers, started to realize that we do not know enough about steel metallurgy yet. International conferences on steel, which had previously almost come to a halt, have now started to flourish again. The international conference on structural steels (ICASS) is a representative example. The 1st ICASS was organized by NIMS, Japan, in 2002 and the 2nd one (ICASS 2004) by China in April of this year. More than 200 papers were presented at this conference, including 35 from Japan, 16 from Korea and a total of 12 from various European and Asian countries other than China. At this conference, many successful developments, including new grades of weathering and corrosion resistant steels, high strength delayed fracture resistant

alloys and heat resistant steels, were presented. In the sessions involving ultra fine grained steel, many successful applications of grain refining technology to hot rolled products, wires, bar products and screws were reported.



In spite of all these success stories, however, research designed to obtain a fundamental understanding of this new generation of steels is not progressing as well as it might. For example, it has already been known for several years that the heavy deformation of super cooled austenite can result in very fine, 1-2  $\mu\text{m}$  sized, ferrite grains, however the physical metallurgy of this grain refinement has not yet been satisfactorily explained. Even the terminologies used in ICASS 2004 to describe this phenomenon differ from one researcher to another. Chinese scholars called it DIFT (deformation induced ferrite transformation), whereas the Korean group called it SIDT (strain induced dynamic transformation). Japanese scholars do not seem to want to differentiate it from the ordinary austenite to ferrite transformation. These differences probably stem from the different points of view which are held on the physical nature of the ferrite transformation during the heavy deformation of super cooled austenite.

To obtain a clear understanding of the nature of this  
(continue to page 4)

## 2. TOPICS

### ストリップキャスト薄鋼板の集合組織と加工性評価

冶金グループ 徐 平光



#### 目的

ストリップキャストの凝固速度は、通常連続鋳造の1000倍程度大きく、それが組織や材質にも大きな影響を及ぼすと考えられる。しかし、その急凝固組織自体の特性についての系統的な研究は少ない。そこで、本研究ではストリップキャスト低炭素鋼の急凝固材(C材とする)と高温焼鈍材の従来組織材について、強度、延性、加工性を評価・比較した。加工性の一般的評価指標である、引張試験での板幅方向と厚さ方向の塑性変形率(すなわちr値)と板材の引張方向によるr値の偏差(塑性異方性、すなわち  $\Delta r$  値)を求めた。

#### 試験材と材質評価方法

双ドラム式ストリップキャスターを用いて創製した厚さ3mm、幅600mmの0.05C-0.29Mn-0.12Si(wt.%)低炭素鋼薄板(図1に示す)をC材とした。高温焼鈍材としては、C材を1473 K、3hの均質化焼鈍(H材とする)したもの、また、C材に75%冷間圧延を施してから、873K、5h及び973 K、0.5hの再結晶焼鈍を施したもの(それぞれR1材、R2材とする)も準備した。

鋳造方向を基準に、長さ方向がそれぞれ0°、45°と90°の引張試験を行い、平均r値を $r_m = (r_0 + 2r_{45} + r_{90}) / 4$ 、 $\Delta r$ 値を $\Delta r = (r_0 - 2r_{45} + r_{90}) / 2$ によ

て決定した。高r値は良好な加工性を意味し、低r値は良好な塑性等方性を意味する。

また、X線回折による集合組織の測定や走査電子顕微鏡方位イメージング法による結晶粒径の解析も行った。

#### 急凝固材の組織と力学材質

C材の引張強度は360MPa、全伸びは32%である。H材の強度は約40MPaほど低い。これは急凝固組織がより微細化されているためと考えられる。R材はC材と同程度の強度を示すが、より大きい全伸びを持つ。図2はそれぞれの試験材の平均r値と  $\Delta r$  値を示す。このように、C材は高r値と低  $\Delta r$  値を併せ持ち、強度も考慮すると、高温焼鈍材に比して、優れた強度-加工性バランスを持つと判断される。

r値を決定する因子は、化学組成以外に、板面に平行な{111}結晶方位の強さとその方位の結晶の粒径とされている。C材は板面に平行な{111}と{114}方位の集合組織を示すが、詳細な解析の結果、C材の高r値は、強い{111}集合組織によるものではなく、むしろその方位の結晶の大きな粒径によることが分かった。また、R材では{001}集合組織が特徴だが、それに対してC材とH材では{114}集合組織の発達が低  $\Delta r$  値に寄与している。



図1 ストリップキャスターによる鋳造薄板

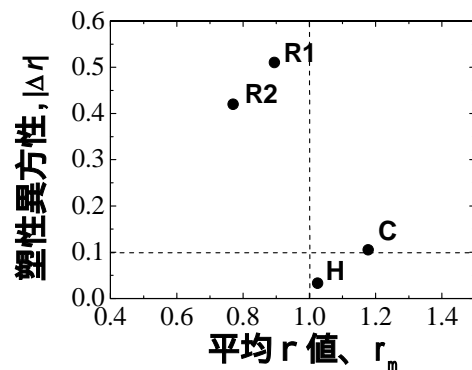


図2 各試験材のr値と  $\Delta r$  値の関係

### 3. TOPICS

#### 改良型HVOF溶射装置を用いたサーメット皮膜の作製

- 耐食性・耐摩耗性を有する皮膜を目指して -

溶射工学グループ 石川 泰成、川喜多 仁、黒田 聖治



#### 背景と目的

硬質クロムめっきは耐摩耗性皮膜として幅広く使用されている。しかしクロムめっきの被覆工程は環境や人体への影響が大きく、代替技術の研究が盛んに行われている。高速フレイム(HVOF)溶射サーメット皮膜は代替候補の一つであり、製鋼プロセスのロールや建設・輸送機器の摺動部への適用が進められている。我々も緻密で耐食性と耐摩耗性に優れた皮膜の開発を目標としている。しかし市販のHVOF溶射装置により皮膜の貫通気孔率を減少しようとすると、皮膜の酸化度やサーメット中の炭化物の分解が増加する傾向がある。こうした組成変化は摩耗・腐食特性を劣化させる原因となる。我々が開発したガスシュラウド(GS)付HVOF溶射法<sup>1)</sup>は溶射時に窒素を導入することで、燃焼炎中の酸素分圧を下げ飛行粒子の温度を下げる効果がある。このために溶射粒子の酸化度を抑え、さらに飛行速度の増加が期待される。

本研究では耐食性と耐摩耗性のあるWC系粉末を用い、上記方法により高緻密性硬質サーメット皮膜を作製し、耐食性・耐摩耗性の評価を行った。

#### 実験方法

基材にはブラスト処理後脱脂したSS400鋼(5t × 50 × 100mm)を用い、粉末には粒径15-50 $\mu$ mのWC/20%Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>/7%Niを用いた。通常のHVOF溶射法とGS-HVOF溶射法を用い、燃料と酸素の混合比率を変え、酸化炎、還元炎、還元炎+GSの燃焼炎により約200 $\mu$ mの厚さでコーティングした。耐食性試験として人工海水中における分極抵抗と腐食電位を3日

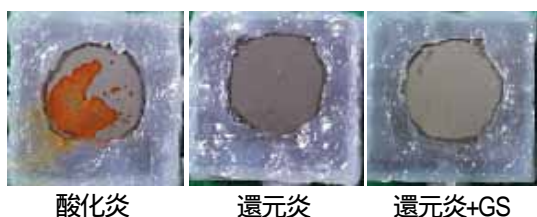


図1 腐食モニタリング試験後の試料表面

間30分ごとに測定し、試験後の皮膜表面の発錆状況を観察した。また、耐摩耗性試験としてアブレシブ摩耗試験の一つであるスガ摩耗試験機を使用し、研磨紙CP240を用い、荷重30N下で皮膜の耐摩耗性を評価した。

#### 結果

図1に人工海水を用いた腐食試験後の皮膜の発錆状況を示す。目視観察では酸化炎で作製した皮膜では錆が確認されたが、還元炎及びGSで作製した皮膜は錆が確認されなかった。また還元炎とGS-HVOFで作製した皮膜の電気化学的な分極抵抗や腐食電位は耐食性の向上を示した。酸化炎で作製した皮膜は腐食電位が基材である鉄の腐食電位と同等であり、貫通気孔の存在を示唆した。

図2に皮膜のマイクロビッカース硬さと定常状態における摩耗輪1回転毎の摩耗量の関係を示す。皮膜の硬さはガスシュラウドによって向上し、それに伴い皮膜の耐摩耗性が向上した。

GS-HVOF溶射法による皮膜は、緻密性の向上により耐食性が向上し、皮膜硬さの向上によって切削摩耗に対する耐摩耗性が向上した。今後、皮膜の密着性や耐衝撃性等について研究する予定である。

1) 福島猛、黒田聖治、川喜多仁:画期的な耐食コーティング技術の開発、STX-21 ニュース 02年2月号 54

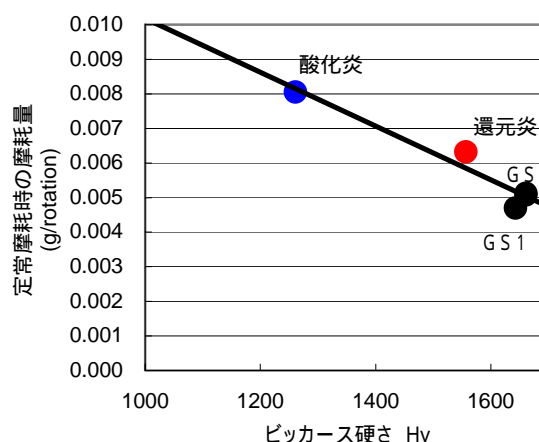


図2 定常摩耗状態における皮膜の摩耗率と皮膜硬さの関係

(continued from page 1) transformation, a lot more theoretical research is needed. Whilst it is probably true that, to obtain continuous support for such projects from the government or industry, eye opening cases of resultant applications are required, for continuous progress to be made in the development of this technology, basic research is also essential. More feasible ways of bringing about such grain refinement need to be found and the mechanical properties of these ultra fine grained materials need to be improved, in order for the full potential of fine grained steel technology to be

realized. In this sense, I would like to see greater participation by universities in these newly developing steel projects. In the next ICASS, to be held in 2006 in Geongju, Korea, which is the ancient capital city of the Shilla dynasty, the emphasis will be placed on the fundamental aspects of steel metallurgy. Separate sessions will be organized to discuss the theory of ferrite grain refinement and the mechanical properties of fine grained alloys. It will be up to us, steel researchers, who rediscovered the potential of our old material, to develop it to its full potential.

## 4. センター便り

### フロンティアサークル 任期を終えて

帰社にあたり

#### 溶接グループ 近藤 雅之

当初の予定より9ヶ月ほど早く、2年弱の任期を終え、帰社することになりました。この間、超鉄鋼プロジェクトで開発された素晴らしい耐熱鋼の溶接継手に関わることができました。開発された耐熱鋼は従来の常識を超えたものでもありましたが、その溶接継手は更に予想もしていない挙動を示し、大いに悩まされました。今後、任期中に究明できなかった様々な謎が解明されることを期待しております。

任期中は公私にわたりお世話いただきまして、誠にありがとうございました。  
(三菱重工業株式会社 長崎研究所 材料・溶接研究室)



### 人物紹介 (新人)

#### 杉野 友洋

5月より溶接グループに赴任いたしました。現在、レーザ溶接とアーク溶接を組み合わせたハイブリッド溶接法の研究を進めております。ハイブリッド溶接法は、これまでの溶接法にない多くの特徴をもつ反面、現象が複雑でかつ影響するパラメータが多岐にわたることから、総合的な検討が必要となっています。これまでに得てきた経験と知識を活かしていくとともに、研究所内外の多くの方々から助言をいただき、研究の視野を広げ、先進的な溶接法の開発に取り組んでいきたいと思っております。

(溶接グループ STX派遣研究員 石川島播磨重工業株式会社から)



#### 清水 正嗣

5月1日付けで超鉄鋼研究センターに赴任し、フェライト系耐熱鋼の溶接継手についてその特性を研究しています。会社では各種製品の非破壊検査、特に火力発電用ボイラの配管溶接部に対する超音波探傷検査を担当しており、同じ溶接部が調査対象ではありますが、今までとは異なった見方で溶接部と付き合っていくことになりました。今までの業務内容を生かしているいろいろな方向からものを見ていきたいと思っておりますので、どうぞよろしく申し上げます。

(溶接グループ STX派遣研究員 三菱重工業株式会社から)



### 受賞報告

井上 忠信(冶金グループ)は、「加工ひずみ制御による高効率な結晶粒微細化技術の探索」に対して平成16年5月22日、社団法人日本塑性加工学会より新進賞を戴きました。

5月、6月の出来事		今後の予定	
H16.5.21-23	第35回塑性加工春季講演会 (玉川大学)	H16.7.2	第181回西山記念技術講座 (西山記念会館)
H16.6.11	第180回西山記念技術講座 (東京工業大学)	H16.7.21,22	第8回超鉄鋼ワークショップ (つくば国際会議場)