

# 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 3 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 3 月号 (通巻第 79 号)

## 目 次

1. 日本の中小製造業の進む道  
大阪精工株式会社 取締役社長 澤田 斉 1
2. TOPICS Improvement of Yield Strength and Work Hardening Ability by  
Nano-scale Copper Sulfides in Steel  
Metallurgical Processing Group, Zhongzhu LIU 2
3. TOPICS 回転磁界を適用した漏洩磁束探傷試験法の定量化  
材料研究所 信頼性評価グループ 植竹 一蔵 3
4. センター便り フロンティアサークル - 任期を終えて - 4

### 1. 日本の中小製造業の進む道

大阪精工株式会社 取締役社長 澤田 斉

まずは当社の紹介をさせていただきます。当社は冷間圧造用鋼線と横打ち多段鍛造機による冷間圧造部品を製造販売している従業員数200人弱の中小企業です。

当社は世界に冠たる日本の製鋼メーカーの線材に加えて精度の高い設備と金型に恵まれて、国際的に見てもトータルコストパフォーマンスに優れた製品を製造できていると自負しております。

本社は大阪府と奈良県の境、生駒山地の大阪側の麓、東大阪市にあります。古くは河内国と呼ばれ、大化の改新で名を馳せた中臣鎌足一族の根拠地であったとのこと。この地は生駒山地に源を発する谷川の水を利用しての水車工業が江戸時代に始まりました。胡粉・葉種粉末等の製造から始めて鋼線や真ちゅう線の線挽きにも拡がり、明治中頃より鉄線の製造が始まったといわれています。その後の経済発展と共に伸線業がこの地の地場産業となり昭和30年代から40年代には大いに栄えました。しかしその後は徐々に勢いが衰え、工場跡にマンションが建つものを見るにつけ寂しい思いが致します。

当社はこれからもこの地で伸線・冷間圧造をコアコンピタンスとして「もの作り」を続けていきたいと思っています。グローバルな競争の下で日本で「もの作り」を続けていくには、国際競争力のある即ち独自性の強い付加価値の高い製品にシフトする必要があります。シーズを生み出しながらニーズを見

つけ、商品開発していくというサイクルを継続しなければなりません。しかし当社だけでそれをやり遂げていくことは至難の技です。自社のコアコンピタンスを生かしての外部とのコラボレーションが必須だと考えます。幸い超鉄鋼研究センター殿の指導を頂き、ユーザーと共に超微細粒鋼の用途開発に歩み出しました。日本の中小企業がただ小さいだけでなく、ハングリー精神を持ちリスクを負って新しいことに果敢にチャレンジする存在であることを示していきたいと思えます。超鉄鋼研究センターの皆様との接触は新しいことに立ち向かうマインドを当社社員が修得する絶好の機会です。真夏の40°を越える工場で一日汗を流しつつ指導頂いた商品化研究チームの皆様が社員に伝播し開発に拍車がかかりつつあります。この火種を核として現場オペレーターを含め全社員が新製品の開発に目を輝かせて取り組む会社になりたいものです。

ユーザーや素材メーカーとの絆を深めてニーズを探り、超鉄鋼の商品化に少しでも貢献できるように走り続けてまいります。今後共御指導・御支援の程宜しくお願い申し上げます。



## 2. TOPICS

### Improvement of Yield Strength and Work Hardening Ability by Nano-scale Copper Sulfides in Steel

Metallurgical Processing Group, Zhongzhu LIU



#### Background of project

With the steel scrap continuously increasing, the contents of impurities in steel, such as Cu and Sn, increase gradually since they are difficult to be removed during steel making process. In addition, the processes for removing sulfur and phosphorous produce a large quantity of slag and expend large amounts of resources and energy. So, inverse utilization of such impurities in steel is of great significance. Direct near net shape casting is an attractive process for the production of sheet metal. Post-treatment like heating and/or rolling is omitted, and the faster solidification rates associated with the direct near shape casting may produce new microstructures. The finer microstructures are generally expected through the faster solidification and cooling rates. This process may have some advantages as one of the future approaches for the efficient utilization of steel scraps because it considers the detrimental effects caused by the impurities in the scraps. In present study, the precipitation behavior of sulfides (manganese sulfide and copper sulfide) in strip casting steel containing 0.11%P-0.01%S-0.07%Cu was investigated. The differences in the mechanical properties between the as-cast and annealed strips were also investigated with an emphasis on the microstructural effects.

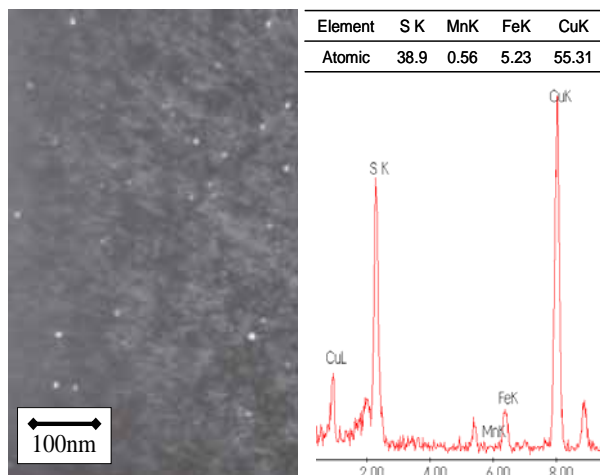


Fig. 1 Nano-scale copper sulfides in present as-cast strips with high impurities.

(a) Dark field, thin foil; (b) EDS, extraction replica.

#### Improvement of yield strength and work hardening ability due to nano-scale copper sulfides

It was found that the strip casting process not only produced fine microstructures but also resulted in nano-scale copper sulfides. A lot of tiny copper sulfides were observed in the as-cast strips with size less than 50 nm (Fig. 1). The nano-scale sulfides are mainly composed of Cu and S with a little Fe. While in the annealed strips the sulfides are of 100-800 nm. The as-cast strip has higher yield and tensile strengths and maintains high work hardening ability at higher stress levels than that of the annealed strip, as shown in Fig. 2, where TS is tensile strength, YS is yield strength and TS-YS represents the work hardening ability. Both the as-cast and annealed strips have a superior balance of strength and work hardening ability compared with the previous reported strips without the impurities. The nano-scale copper sulfide particles in the as-cast strip contributed most to the difference in the yield strength between the as-cast strip and annealed strips. The as-cast strip also could not produce the good work hardening ability without the nano-size particles. Further improvement in strength and work hardening ability could be attained by controlling the particles' size and the volume fraction in the strip.

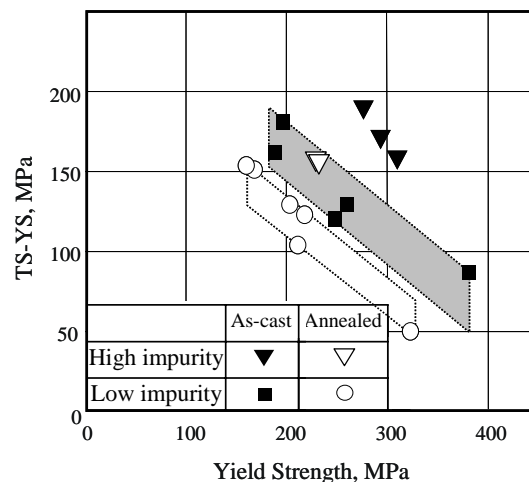


Fig. 2 The yield strength and work hardening ability of present as-cast and annealed strips compared with previous strips with low impurities.

### 3. TOPICS

## 回転磁界を適用した漏洩磁束探傷試験法の定量化

- 回転磁界軌跡の変形による漏洩磁束 -

材料研究所 信頼性評価グループ 植竹 一蔵



#### 背景と目的

回転磁界の適用は、鋼板表面の全方向の割れを見落とし無く検出する上で効果的であることをすでに明らかにしている。このとき発生する回転磁界の軌跡は、全方向の割れに対して同じ大きさの磁界が作用する円形が理想的である。しかしこの軌跡は、直交配置した二つの磁化器間における励磁電流の振幅や位相の設定誤差によって変形する。円形以外の回転磁界軌跡は、回転磁界プローブの走査方向と割れ方向とで作られる走査角度によって漏洩磁束発生に有効に作用する磁界の大きさが異なってくる。この有効な作用磁界の変化は、漏洩磁束に影響し、全方向の割れの深さ評価に影響する。このことから、回転磁界を用いた定量的な漏洩磁束探傷試験法の確立においては、回転磁界軌跡の形状と漏洩磁束との関係について明らかにしておく必要がある。ここでは、励磁電流の位相差により回転磁界軌跡の形状を変化させ、それと漏洩磁束との関係について検討した。

#### 回転磁界軌跡の変形による漏洩磁束

回転磁界は、鋼板上に極間式磁化器を互いに直交配置し、それぞれの励磁電流の位相差を $90^\circ$ とすることで円形の軌跡を発生させることができる。ここでは励磁電流の振幅を等しく一定にし、磁化器間の位相差を変えて回転磁界軌跡の形状を変化させた。各磁化器に供給する電流の振幅が等しい場合、位相差による回転磁界軌跡は $45^\circ$ 方向を軸とし、 $\theta = 0^\circ$ から増加

するに伴って直線状から楕円状となり、 $\theta = 90^\circ$ で円形となる。これらの回転磁界軌跡に対し、溝と走査方向とがなす走査角度 $\theta_s$ を $0^\circ \sim 180^\circ$ まで変化させ、全方向の溝(深さ $d = 1\text{mm}$ )による漏洩磁束 $B$ を測定した。図1には、磁化器とセンサを組込んだ回転磁界プローブによる $B$ の測定状況を示す。図2は回転磁界プローブの走査方向と溝の方向による走査角度 $\theta_s$ 及び回転磁界ベクトル $H_R$ の溝直交軸への投影成分 $H_{Ry}$ との関係を示す。一方向磁化の場合、溝に対して磁化器の磁極を直交させて磁化するとき、漏洩磁束は最大を示す。このことから漏洩磁束は、回転磁界が一回転して軌跡を描く間に、溝直交軸に投影する磁界成分の最大値(有効作用磁界)に比例することを推測した。測定の結果、回転磁界軌跡形状による $B$ の変化は図3のように示された。これは計算結果と同じ傾向を示し、推測の正しいことが証明された。また、図3から位相差 $\theta = 90^\circ$ の場合の $B$ を基準にして、 $\theta$ が変化した場合の $B$ が明らかになり、定量的評価法の確立における $\theta$ の影響が明らかにできた。今後は、励磁電流の振幅変化も含めた回転磁界軌跡の変形と $B$ の関係について検討を進める。

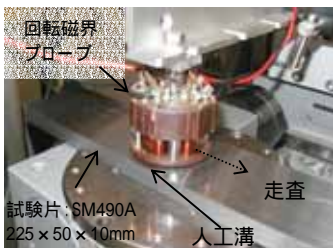


図1 回転磁界プローブによる溝の漏洩磁束の測定

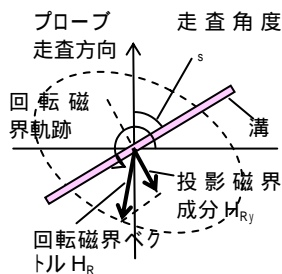


図2 走査角度 $\theta_s$ と回転磁界ベクトルの溝直交軸への投影磁界成分

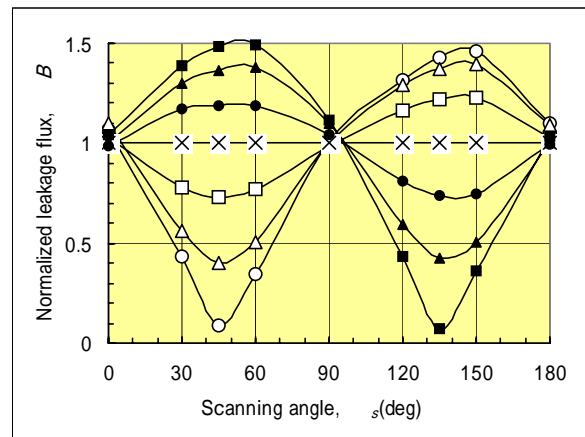


図3 走査角度 $\theta_s$ による漏洩磁束 $B$ 曲線のパラメータは位相差 $\theta$ であり、各記号は、 $\circ$ : $0^\circ$ 、 $\triangle$ : $30^\circ$ 、 $\square$ : $60^\circ$ 、 $\times$ : $90^\circ$ 、 $\diamond$ : $120^\circ$ 、 $\star$ : $150^\circ$ 、 $\square$ : $180^\circ$ である。

## 4. センター便り

### 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 早川 直哉

早いもので、NIMSに赴任した日から3年がたちました。溶接という立場から超鉄鋼プロジェクトに参加いたしましたが、鋼構造物に対する溶接の重要性を再認識させられることが多かったように思います。プロジェクトも中間点を過ぎ、超鉄鋼の姿も次第に具体化するものと思います。皆様方の益々のご活躍を祈念いたします。最後に、これまでお世話になった皆様に深く感謝いたします。

(JFE スチール株式会社 スチール研究所 接合・強度研究部)



任期を終えて

#### 金相グループ 高知 琢哉

私は約2年間、遅れ破壊に強いマルテンサイト鋼の創製に関する研究に携わりました。在任中、多くの方々からご助力いただきましたことに心から感謝申し上げます。

研究対象は古くからある課題ですが、マルテンサイトは複雑な組織であり、また遅れ破壊は時間依存の現象であることから、解決に向け前進するには、より一層の技術向上と労力が必要だと感じました。STXプロジェクトは既に詰めの段階であります。今後モスタート当時の理想を見失わずに充実した成果としてまとめられ、更に未来につなげていけることを期待しております。

(株式会社神戸製鋼所 材料研究所)



四年間ありがとう

#### 冶金グループ 吉田 直嗣

「リサイクル鉄の超鉄鋼化」初年度から参加し、テーマ構築、実験装置の案画、基礎研究のすべてに関わり、プロセス屋の一端を示すことができました。凝固と材料組織を結びつける研究は難しく、ようやく一歩を踏み出したに過ぎません。NIMSには、この奥の深い研究の今後の展開を期待いたします。自称スパイラル研究員は7回目の異動により会社に戻ります。この4年間、多様な専門知識や考え方に触れ、多くの方々にお世話になりました。皆様に深く感謝いたします。

(住友金属工業株式会社 総合技術研究所)



任期を終えて

#### 冶金グループ 島倉 俊輔

材料のユーザー会社からプロジェクトに参加して、鉄鋼材料を根本から造り、評価するまでの一連の研究に携わらせて頂きました。おかげで企業での研究時と比べて発想や視野を一段と広げることができました。NIMS在籍時の多岐にわたる御指導・御鞭撻と幅広い交流は、私にとって貴重な経験の日々でした。御世話になりました皆様に深く感謝致します。今後は建設機械メーカーという材料ユーザーの立場から、油圧ショベルへの搭載にも耐える構造物としての超鉄鋼材料が、一日も早く開発される事を期待しています。3年間ありがとうございました。

(日立建機株式会社 技術開発センタ)



| 1月、2月の出来事 |                                | 今後の予定        |                                      |
|-----------|--------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| H16.1.30  | 第53回白石記念講座<br>(東京 工学院大学 新宿校舎)  | H16.3.11     | 日中自動車材料ワークショップ (NIMS)                |
| H16.2.6   | 第54回白石記念講座<br>(神戸 西山記念会館 大ホール) | H16.3.17     | MPA-NIMS Workshop (NIMS)             |
|           |                                | H16.3.31-4.1 | 鉄鋼協会・金属学会春期講演大会<br>(東京工業大学 大岡山キャンパス) |