

# 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 4 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 4 月号 (通巻第 92 号)

## 目 次

- |                            |                        |   |
|----------------------------|------------------------|---|
| 1. ものづくりリンクと基礎研究           |                        |   |
|                            | 超鉄鋼研究センター センター長 長井 寿   | 1 |
| 2. TOPICS レーザ溶接継手の靱性評価法    |                        |   |
|                            | 溶接グループ 塚本 進            |   |
|                            | 信頼性評価グループ(現上智大学) 萩原 行人 | 2 |
| 3. TOPICS 高強度・耐熱性銅合金       |                        |   |
|                            | 金相グループ 坂井 義和           | 3 |
| 4. センター便り 技術開発チーム紹介 Part.3 |                        |   |
|                            | 技術開発チーム 岩崎 智           | 4 |

## 1. ものづくりリンクと基礎研究

「式年遷宮」という言葉に誘われ伊勢神宮を訪れました。従来技術の伝承、新技術の取り入れを程よく組み合わせていくばかりでなく、新旧原料の中長期的な調達も視野に入れた素晴らしいシステムを先人達は考案されたと実感し、感動した次第です。

今、超鉄鋼サンプルが欲しいという大学の先生方の輪が広がりつつあります。大変有難いことです。その際に小耳にしますが、ここ 20 年ばかり新しい鉄に巡り合えたことがない、規格表にある鉄鋼だけが研究対象材料だと思っていた、と。同じような話が超鉄鋼を試された加工業者の方々からも届いています。設計図をもらい、規格材を購入し、部品に加工して納めるのが商売だと思っていたが、新しい材料で作った部品をお客さんに提示できることが分かった、と。

ここでは「比べる」という研究・作業が展開されます。今までの材料と性質がどう違うのか、加工性がどう違うのか、などの比較の中で、驚きも生まれ、新しい困難も生まれ、そして新しい挑戦が生まれ、新しい人材が生まれてくるようです。先生方や業者の方々の好奇心が膨らんで、いざ本格的な研究や事業に発展させたいとなると、「知的」原料と「素材」原料の供給が量的に拡大し、質的にも転換していくようです。

「素材」原料は自明でしょうが、「知的」原料とはなんのでしょうか？私は系統的基礎データの提示と

超鉄鋼研究センター センター長 長井 寿

解析・分析能力の革新のことだと思います。別の表現では、新しいもしくは拡大した座標軸空間における基礎知見の体系的把握です。この際に既存材料と新材料のデータが共に並んでいる図面は強い発言力を発揮します。強度 2 倍、寿命 2 倍の超鉄鋼は、研究座標軸空間を体積で少なくとも 4 乗倍膨らませるポテンシャルを持っているはずで



「日本のインフラは更新・補修が主体となる」、「人口は 2006 年をピークに減少に転じる」、「中国の鉄鋼生産は 3 億トン時代に」、「GDP が中国に追いつかれ追い越されるのは時間の問題」が実際に現実の時代となりました。素材-部品-組立のものづくりリンクを鍛え、産と学の研究基盤を鍛えなおすのが、このような「内憂外患」の日本が生き延びていくための王道であると痛感しています。国際競争の激しい時代に、一回でも「式年遷宮」を怠れば、技術的な後退を余儀なくされるのは確実です。超鉄鋼研究センターはものづくりリンクにかかわるすべての産側の方々、学の方々と手を携えて、未来に向けた新しい「式年遷宮」システムをいよいよ構築していきたいと熱望しております。

## 2. TOPICS

### レーザー溶接継手の靱性評価法

溶接グループ 塚本 進

信頼性評価グループ(現上智大学) 萩原行人



#### はじめに

厚板の1パス溶接にレーザーを適用するには、継手靱性の簡便な評価法を確立することが必要である。レーザー溶接継手の標準シャルピー衝撃試験(以下STD-Cvと記す)においては、特に、遷移領域より高温側で、硬くて狭い溶接金属から母材側に破断経路がそれやすくなる(図1)。この現象はFPD(Fracture Path Deviation)と呼ばれており、FPDが起こると、見かけ上吸収エネルギーが大きくなり、正確な靱性評価ができなくなる。これを回避するには、図2に示すサイドノッチシャルピー試験(以下SN-Cvと記す)を行うことが有効である。しかし、STD-Cv試験と比べて、破面遷移温度が高温側にシフトし、吸収エネルギーの値が極端に低くなる問題がある。溶接グループでは、衝撃試験片の破面形態を解析することにより、SN-Cv試験結果からSTD-Cvの吸収エネルギーを推定する手法について検討を行っている。これまでに得られた結果について紹介する。

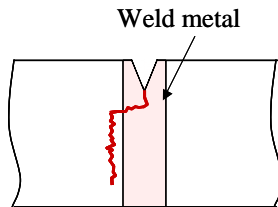


図1 FPD (Fracture Path Deviation)

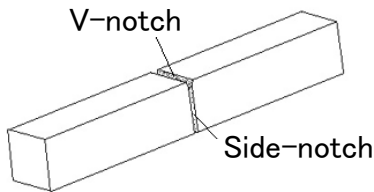


図2 サイドノッチシャルピー試験

#### 破面形態の分類と単位破面形成エネルギー

強度、靱性レベルが異なる5種類の母材及び超微細粒鋼レーザー溶接継手を用いて、STD-Cv試験並びにSN-Cv試験を行い、破面形態の違いを調べた。図3にSTD-Cv試験で見られる典型的な破面を示す。破面は、(1) ノッチ底及び試験片底部で見られるフラットな延性破面(Df)、(2) Dfの底部から発生する脆性破面(B)、(3) 両サイドに形成されるシアリップと呼ばれる延性破面(Ds)の

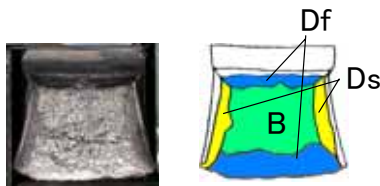


図3 破面の分類

3つに分類できる。ここで、それぞれの破面を形成する単位面積あたりのエネルギー $E_{Df}$ 、 $E_B$ 、 $E_{Ds}$ が存在すると仮定し、得られたすべての試験片の吸収エネルギーから、各材料の $E_{Df}$ 、 $E_B$ 、 $E_{Ds}$ を重回帰分析により求めた。その結果、各材料の単位破面形成エネルギーが、試験法並びに試験温度に依存しないで、決定できることがわかった。また、どの材料においても、各単位破面形成エネルギーの間には、 $E_{Ds} \approx 2.3E_{Df}$ 、 $E_B \approx 0.1E_{Df}$ なる関係が認められた。両試験法で吸収エネルギーの値が異なるのは、各破面の面積率が異なるためである。SN-Cv試験においては、単位破面エネルギーの大きいDs破面が消滅し、エネルギーの小さいB破面が増加することから、吸収エネルギーが小さくなる。

#### 標準シャルピー吸収エネルギーの予測

上記破面解析結果を基に、SN-Cv試験の結果からSTD-Cvの吸収エネルギーを予測する手法について検討した。その結果、SN-Cv試験で求めた破面遷移温度、上部棚エネルギー並びに材料の引張り強度と吸収エネルギーのデータからSTD-Cvの吸収エネルギーを精度良く求めることができた。図4は結果の一例を示しており、赤線で示した予測値が、●で示した実験結果と良く一致していることがわかる。他の材料においても同様な一致が確認され、提案した手法の有効性が示された。今後、強度、靱性の異なる種々の溶接継手に本手法を適用し、継手靱性の評価法を確立する予定である。

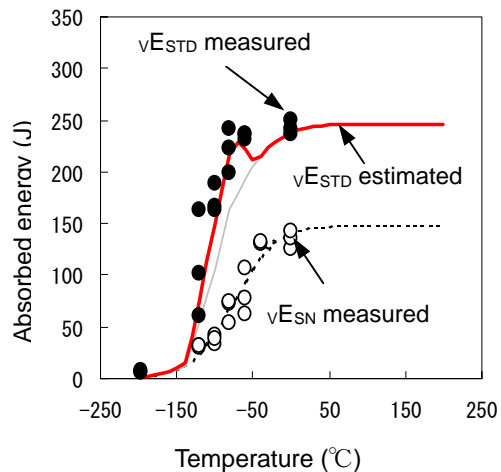


図4 標準シャルピー吸収エネルギーの予測

### 3. TOPICS

## 高強度・耐熱性銅合金

### 1. 背景と目的

銅は高い導電性や熱伝導性を有し、耐食性に富み加工しやすいことから、工業的に広く利用されている。しかし、強度が低い、或いは、耐熱性に劣るなどの欠点がある。強度は第2元素、第3元素を添加して合金化することで向上できるが、その場合導電率が低下する。従って銅マトリックスに含まれる元素を析出させることで導電率の低下を抑える工夫がされたCu-Zr, Cu-Cr-Zr等の析出型銅合金が一般的である。析出型銅合金は室温では優れた高強度、高導電性を持つが、時効温度(400~500℃)以上に加熱されると、著しくその特性が損なわれる。その欠点を解決すべく、第2相としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの高温で安定な酸化物を銅マトリックス中に分散した酸化物分散型銅合金が米国、SCM社で開発された。その銅合金(GlidCop)の製造法は、まずCu-Al合金を溶解し、それをアトマイズ粉末にして、酸化雰囲気中でAlを内部酸化させた後、余分な酸素を還元雰囲気中で除去し、最終的にその粉末を固化成形する工程からなっている。このようにして製造されたCu-1wt%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>合金(GlidCopAL-60)の特性は導電率78%IACSで、耐熱性は従来の析出型銅合金に比較して著しく高いが、強度は600MPa(Hv200)で、Cu-Zr等の析出型銅合金と比較すると若干高い程度である。そこで、銅粉末と微量酸化物粉末のメカニカルミリング+固化成形プロセスを利用してより高強度を有する耐熱性銅合金の開発を試みた。

### 2. メカニカルミリング+固化成形プロセスを利用した高強度耐熱性銅合金

分散する酸化物粒子は高温でも安定で且つメカニカルミリング中に分解しても銅と固溶がないCaOを選んだ。まず市販の電解銅粉1kgに1.0~3.0wt%のCaO粉末(いずれも平均粒径30μm)を混合し、鋼球とともに遊星型ボールミルでメカニカルミリングを50h行った。その後粉末を、シーラ缶に詰め500℃、5h真空中で脱気処理を施した後封缶した。それから、600℃の温度で溝ロールを用いて減面率90%まで加工して固化成形した。粉末をミリング無しで固化成形したものに比べ、メカニカルミリングすることで、酸化物粒子は微細に粉砕され銅粉末中に均一分散され、粉末の硬度は

金相グループ 坂井 義和



著しく高くなる。図1にメカニカルミリング+固化成形プロセスで創製したCu-CaO合金の硬度と導電率の関係を示す。Cu-CaO合金はCu-Zr合金やCu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>合金と同様な強度・導電率バランスを有し、且つ高強度を実現できることが分かる。図2は各温度に1h加熱した後の硬度変化を示す。Cu-CaO合金はCu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>合金と同様な軟化特性を示す。

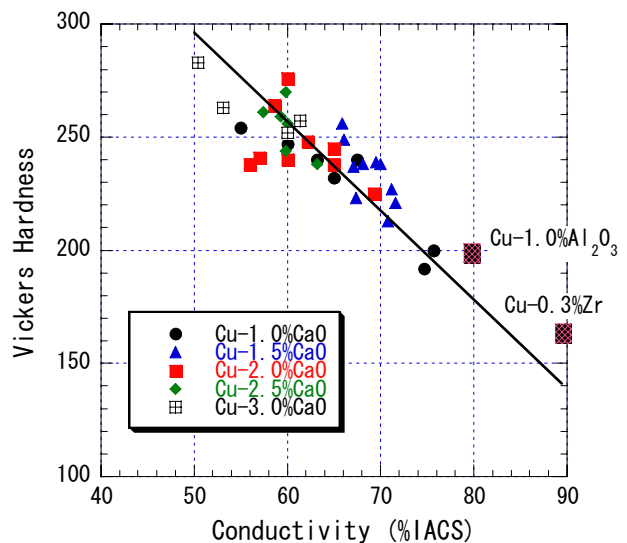


図1. Cu-CaO合金の硬度と導電率の関係

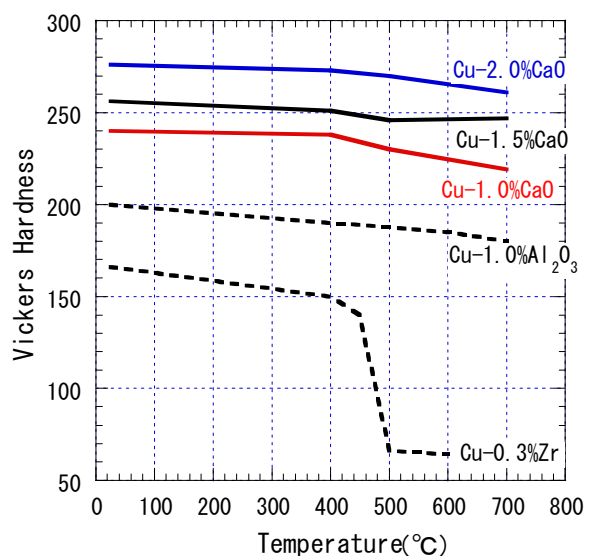


図2. Cu-CaO合金の軟化特性

## 4. センター便り

### 技術開発チーム紹介 Part.3

9月号・12月号と続き、本号で技術開発チーム紹介のまとめとさせていただきます。

前号において、機構外部からの溶解・圧延加工など依頼作業に関しての【知的財産室】との関わり合いを紹介致しましたが、本号では他の部署との関わり合いを簡単に紹介してチーム紹介を終わります。

#### 【広報室】

広報室業務における科学技術週間・一般公開や青少年特別企画さらに中学生ミニ博士など機構行事としての企画に、技術開発チームでは鋳物の溶解鋳造実演や鍛造・圧延加工による金属成形の実演を公開しております。

これら年間行事以外にも、施設公開の一環として当チーム管理設備の見学は、随時受け付けております。お問い合わせは、広報室までお願い致します。

#### 【設計試作グループ】

Part.1の特殊実験装置、Part.2の依頼作業設備、さらには表1.に示す鍋釜的設備・機器などを維持管理するにあたって、技術支援課の機械工作室およびガラス工作室とは、業務遂行上必要不可欠な関係があります。Fig.1に共用設備支援体制の1フローを示します。

機械工作室とは、装置改良・開発に関する試作や試験片加工において協力体制にあります。また、ガラス工作室とも同様な体制を整えております。

#### 【分析ステーション】

分析ステーションなくして、当チームの素材創製、素材加工業務は成り立ちません。

組成制御による素材創製には、化学分析が必要不可欠でありますし、組織制御による素材加工には物理分析を行うことによって、介在物や組織の確認などが必要となります。

#### 【商品化研究チーム】

SRCに属する商品化研究チームとのタイアップによって、SRCのシーズを実用化に結びつける努力をして、SRCの目標である「使われてこそ、材料である。」を実現しています。

その成果をSRC展示コーナーに例示しておりますので、見学にお越しく下さい。

表1. チーム管理一般機器類

共用単純使用設備	チーム員専用機
11kW:大型剪断機	電気アーク溶接機
2.2kW:帯鋸盤	TIG溶接機
5.5kW:高速切断機	ガス溶接機器
1.5kW:直立ボール盤	旋盤
0.4,0.75,1.5kW:各種 グラインダー	フライス盤
2.5ton:フォークリフト	配管ねじ切り盤

(技術開発チーム 岩崎 智)

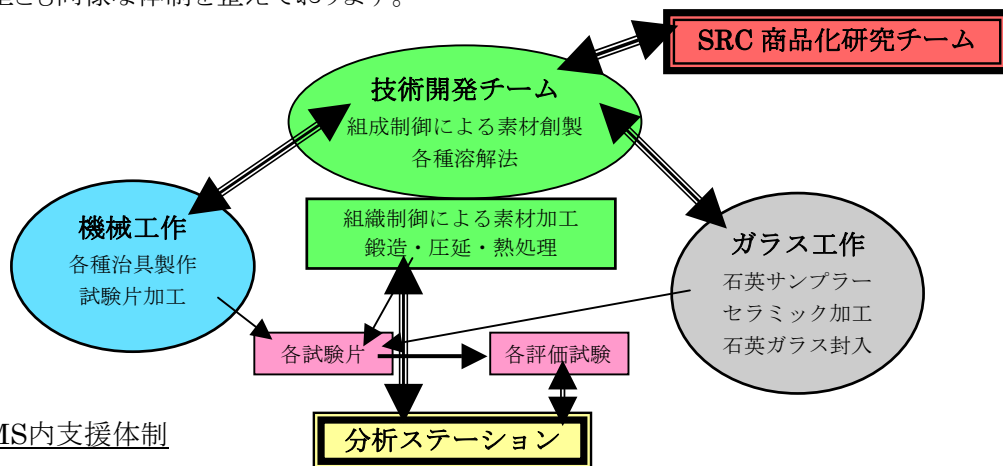


Fig.1 NIMS内支援体制

4月の出来事・行事		今後の予定	
H17.4.6-9	第18回国際鍛造会議(ウェスタン名古屋キャッスル)	H17.5.8-11	ICS 2005 (Charlotte, NC., USA)
H17.4.12-13	Symposium on Ultra Super Critical Steels for Fossil Power Plants 2005 (Beijing, CHINA/ CISRI,NIMS共催)	H17.5.9-13	AISTech 2005 (Charlotte, NC., USA)
		H17.5.16-20	6th Intl.Conf. on Trends in Welding Research (Pine Mountain, USA)