

# NO. 5

# 金材技研 1983

# ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

## 期待される非破壊試験技術の進歩

——材料、構造物の信頼性評価と安全——

私たちの身近にある橋、船、航空機、圧力容器などの機械や構造物は、使用中に決して破壊しないように設計し、材料の選択や施工にも十分な注意が払われていることは言うまでもない。ところが現実には破壊事故が発生し、しかも、それらの事故は多くの場合突然やって来る。

歴史的に有名な事故として、第2次世界大戦中に米国で建造されたリバティー型輸送船の事故がある。同一規格で建造された約1万トンの輸送船4,696隻のうち1,289隻が構造破損事故を起こし、そのうちの233隻は壊滅的破壊であった。中でも約10隻は、静かな海上で突然真二つに割れるという衝撃的な事故であった。

金属材料がこのような破壊をするときには、材料中に破壊の発生点となる欠陥（き裂）が必ず存在している。そのような欠陥の有無は、材料が製造工程あるいは溶接などの組立て工程を経た後で放射線、超音波、電気・磁気的性質などを利用した非破壊試験により材料に損傷を与えることなく調べ、欠陥が発見されると不良品として除去、あるいは補修する。しかし、一般の工業用材料では、これらの検査を通過したものでも長年の使用によって、特に、石油プラントや原子力プラントなどのように高温、高压などの過酷な条件下で使用される場合には、経時的に材質の劣化、割れ、腐食などによる欠陥が生じることもある。

一方、材料中の欠陥を起点とする破壊は、欠陥の寸法が大きく先端が鋭いほど、また、材料の強度が高く部材の寸法が大きいほど発生しやすいことが知られている。材料の破壊に対するこれらの因子の作用と相互関係を明らかにする学問が最近十数年の間に急速に発展し、欠陥を含む材料の強度や余寿命を推定することも可能になって来ている。このため、設備の大型化、材料の高強度化、使用条件の過酷化が進む中で、使用中の設備の安全性と信頼性を評価する技術の一つとして、材料中の欠陥の寸法、形状、位置を非破壊検査により定量的に知ることが極めて重要になっている。

このようなことから、欠陥寸法を高精度で定量的に検出する方法の確立、材質評価に必要な体系的なデータの収集などが強く求められており、これに 대응するために当研究所では関連する多くの分野と連携をはかりつつ、構造材料の欠陥と材質変化の定量的検出、評価方法の研究を進めている。



写真 丈夫な袋も小さな切込みがあると容易に破れる。鉄鋼材料も、小さな欠陥から大きな破壊が発生することがある。

# 表面欠陥寸法の定量的検出

—渦電流法，漏洩磁束法によるアプローチ—

溶接構造物等における割れなどの表面欠陥は、応力集中のため材料の強度に大きな影響を与える。したがって、構造物の安全、信頼性評価においては、欠陥の寸法、特に割れ深さを正確に知ることが重要で、保守検査の非破壊試験では、欠陥寸法の定量的検出が求められている。

表面欠陥の検出には、一般に磁粉探傷試験や液体浸透試験が用いられている。これらの方法では欠陥の存在は敏感に検出できるが、割れの深さを知ることができない。表面欠陥の割れ深さを定量的に検出する方法として、渦電流法、漏洩磁束法（欠陥漏洩磁束測定）、電気抵抗法、超音波法等が挙げられる。

当研究所では、構造用鋼の欠陥の定量的評価をはかるため、内面欠陥に対して超音波による方法（本ニュース57年9月号参照）および外表面欠陥について渦電流、漏洩磁束法により検討を行ない、欠陥の深さ、幅を推定する方法を得ている。

渦電流試験は、低周波を流したコイルを試験体に近接させ、欠陥により渦電流、更にコイルインピーダンスが変化することを利用する。

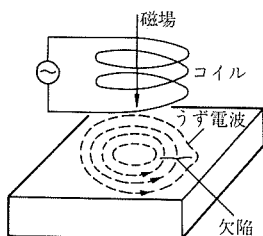


図1 渦電流試験原理

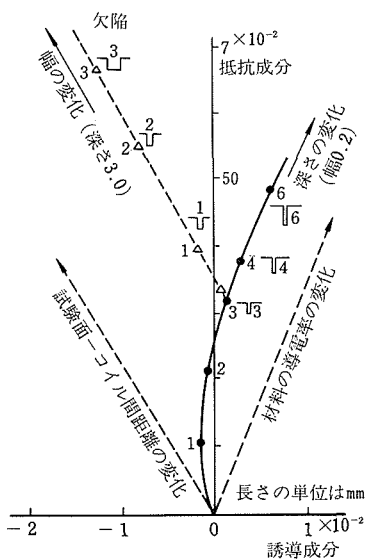


図2 欠陥の深さ、幅とコイルのインピーダンス変化  
(304ステンレス鋼，周波数100kHz)

（図1）。試験によって得られる欠陥の指示は、欠陥寸法、形状材料の導電率、試験面－コイル間距離等の影響を受ける。欠陥寸法の推定には、試験指示を定量的に検出すること、影響諸因子の寄与を対応づけて表現することが必要であるが、一貫した検討はこれまでほとんどなされていなかった。

当研究所で開発した新方法は、従来の電圧信号指示に代り、マイクロプロセサーを利用してコイルインピーダンス変化値を測定する方式を用いる。また、欠陥によるコイルインピーダンス変化を、試験品、コイル等によって決まる基本的コイルインピーダンス変化によって表示し、これを利用して割れの深さ、幅を定量的に求める。

図2は、欠陥によるコイルインピーダンス変化の測定例を示す。割れ深さ、幅が変わったときのコイルインピーダンス変化は、それぞれ材料の導電率、試験面－コイル間距離によるコイルインピーダンス変化とよく対応づけられることがわかった。導電率などによるインピーダンス変化は、試験条件コイルによって定まり、その変化を求めておけばこれを基準として欠陥寸法の推定が可能となる。更に多重の周波数を利用することにより、欠陥寸法の推定精度を向上させることができる。

漏洩磁束法は、図3に示すように、強磁性体を磁化し、欠陥部に生じる漏洩磁束を測定するもので、種々の寸法の欠陥、試験条件について欠陥漏洩磁束の測定を行い、その対応関係を明らかにした。また、欠陥の深さ、幅等を区別して精度よく検出する方式について検討し、複数個の検出素子を組合せる方式が有用であることがわかった。

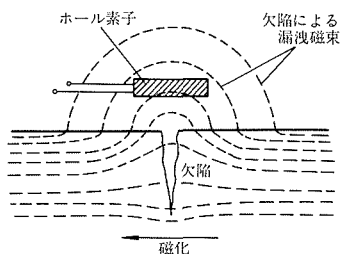


図3 漏洩磁束法

### 第3元素を添加した Nb<sub>3</sub>Sn超電導線材におけるマルテンサイト変態

近年、高磁界発生用超電導線材として実用化されつつあるNb<sub>3</sub>Snに第3元素を添加して超電導特性の向上を試みる研究が関心をもたれるようになった。一方、Nb<sub>3</sub>Snは極低温でマルテンサイト変態をすることが知られており、これが超電導特性と密接に関係していると予想される。当研究所では、Nb<sub>3</sub>Snの特性改善に著しい効果のあるTi、Ta、Hf等の添加がマルテンサイト変態にどのような影響を与えるかを内部摩擦法により調べ、超電導特性との関係を考察した。

Nb<sub>3</sub>Snにおける内部摩擦は変態がおこると急激に増大し、このことから容易に変態温度を知ることができる。無添加のNb<sub>3</sub>Snでは、45K付近で変態が開始するが、第3元素を添加していくとこの温度は低温側に明瞭に移行する。これは第3元素添加によりマルテンサイト変態が抑制されることを示し、このことがNb<sub>3</sub>Snの臨界磁界等の超電導特性の改善に寄与しているものと考えられる。

(極低温機器材料研究グループ)

### 錫-鉛はんだによるろう接可能なアルミニウム基合金を開発

Al及びその合金の溶接あるいはろう接がほかの金属に比べ作業的に煩雑になる理由は、その表面に生成する酸化皮膜が安定であり、除去しにくいからである。しかし、本研究所で開発したAl基合金は市販のはんだ(Sn-Pbはんだ)を用い、通常のはんだ付けの要領で簡単にろう接ができることを特長としている。この合金の主体はAl-Pb系であり、Pbの6重量%以上をAl基地中に微細にしかも均質に分散させた状態にすること、更にCuを6重量%まで含ませ、はんだの

ぬれをよくすると共に基地の強化をはかっている。

ところで、AlとPbは、単に溶かした状態では水と油のように2液相に分離してしまい、それを鋳込んでもAl中に重いPbが沈降して混ざり合わない。当研究所では均質化をはかるため、アーク溶解によって2液相分離域よりも更に高温の均一液相状態にまで加熱した溶湯を、0～5℃に冷した金型に急速に鋳込むことにより、均質な鋳物を得ることができた。本合金は鋳物あるいは展伸材のいずれの状態においてもはんだによるろう接ができる。(機能材料研究部)

### 金属間化合物TiAlの延性を向上

チタン原子とアルミニウム原子が1：1の比で構成される金属間化合物TiAlは軽量(比重3.6)にして高温強度が大きく(800℃における耐力約40kgf/mm<sup>2</sup>)、航空機などのエンジン用材料を開発するための理想的な素材であるといえる。しかしTiAl合金は高温塑性加工が困難であること、靱性が乏しいことから現在まで実用化されていない。

当研究所では展延性に富む金属を媒体としてTiAl粒子を接合することによりTiAl合金の欠点を克服するとともにその長所を生かすことを考え、TiAl相と共存し得る金属元素を探索した。その結果、銀が目的に合った元素であることが判明した。

10重量%程度の銀を含むTiAl合金では、銀固溶体がTiAlの粒界に集まる。これによりTiAl相同志の粒界が消失しTiAl合金の延性は向上する。一方700℃程度までの温度では、銀添加による強度低下はわずかである。(金属物理研究部)

### 連続製鋼プラントの委託開発成功す

当研究所が開発した連続製鋼技術の応用技術として、新技術開発

事業団が三菱重工業㈱に開発を委託した「自動車スクラップを原料とする連続製鋼技術」はこのほど開発研究を終了し、成功認定を受けるに至った。実験プラントは月産10,000トン規模で操業実験を続けていたものであるが、初期の目標である24時間連続操業を実現し、更には48時間連続操業によって操業の安定性、諸原単位の把握を行い、生産機としての実証を行った。

本プロセスは連続法のメリットを生かして生産性向上、省力化、低公害化等の特長を有するほか、電弧炉を用いる従来法と異なり、エネルギーを石炭に転換し電力に頼らない製鋼法という点にも大きな特長を有している。生産コストも大巾な低減が予測されており、今回の成功によって、本技術はスクラップを原料とする製鋼技術の変革に大きなインパクトを与えるものと考えられる。

### 疲れデータシート 資料2 刊行

当研究所では、系統的な試験により実用金属材料の疲れ特性を明らかにし、データシートとして公表しているが、データシートのより効果的な利用を計る目的で金材技研疲れデータシート資料2「溶接構造用高張力鋼溶接継手の疲れ寿命特性」を58年2月25日付で刊行した。

これは既刊のJIS SM50B、JIS SM58Q及びHT80鋼の溶接継手の疲れ寿命特性のデータシートをとりまとめたもので、現時点で妥当と思われる統計処理などを行い、材種、継手形式、溶接法、板厚などの種類別にS-N線を示し、相互の疲れ寿命特性が比較できるようにしている。また、疲れ寿命特性と溶接継手の疲れ強さ低下要因として注目されている余盛止端部の幾何学的形状、工作誤差の一種である角変形などとの関連も提示している。(疲れ試験部)

# 金 材 技 研 の 印 象

北京鋼鉄学院講師 姜 鈞普



私にとって共同研究に参加するために外国に行くのは今回が初めてです。最初の訪問国が友好的な隣国、日本であり、また最初に共同研究を行う研究所が世界的に有名な冶金研究所である金材技研であったのは幸運でした。

2ヶ月以上の間、私は数回の共同実験に参加し、その実験は円滑に遂行されました。一方、私は数回にわたる有意義で実り多い討論にも参加しました。私はこの間、金材技研、特に私が滞在した工業化研究部に深い印象を受けました。

その第一は優秀な実験組織です。各実験について、実験目的、条件、操業手順、メンバーの役割がすべて安全性も含めて実験計画で明確に決定されていました。実験中、メンバー全員は秩序正しく各自の分担を忠実にまた巧みに遂行し、その結果実験計画に従った数多

くの実験データが得られました。私はこのような乾式冶金実験は高い水準にあると信じます。

金材技研で私が深い印象を受けたことの一つは多くの独自の研究成果が上っていることです。連続製鋼および溶銑予備処理プロセス、超電導材料、ロケット用耐熱合金、原子炉用特殊合金……をみると、これらすべての新プロセス、新材料は日本だけでなく全人類の財産だと思います。

私にとっては金材技研の良い職場環境もまた印象的でした。すべての研究者たちは各自の専門分野に精通しているだけでなく、お互いに共同研究をうまく行っています。昼休みには構内で様々なスポーツなどが行われています。研究所全体に活動的な雰囲気が満ち満ちているのが感じとれました。

最後に、私はこの誌面をお借りして、大変御世話になった所長 中川龍一博士、工業化研究部長 吉松史朗博士に感謝したいと思います。両氏は私の仕事の面ばかりでなく、毎日の生活さらに観光についても配慮して下さいました。また私は友好的で心のこもったもてなしを受けた日本の同僚たちの御親切にも深謝します。私は将来にわたって両国の冶金研究者と人民間の友情がより深く深く発展することを心から希望するとともにきっとそうなることを確信しています。

## 〔特許紹介〕

### 電気接点材料

発明者 佐藤充典、土方政行、前田弘  
公 告 昭和56年6月3日 昭56-024023号  
特 許 昭和57年10月15日 第1116431号

この発明は、内部酸化によるAg-酸化物系の電気接点合金に関するものである。現在、Ag-CdO合金が接点材料として広く用いられているが、さらに接点性能を向上させて接点の寸法を小さくする要望と、Cdの人体への影響が問題視されることから、Cdを含まないAg-酸化物系接点の開発が必要とされている。Ag-酸化物系接点には、耐溶着性、耐消耗性、接触抵抗の安定性のほかに耐アーク性が要求され、これらの特性は酸化物の種類とその分散状態に支配される。このような

条件を考慮すると、Zn、Sn、Inなどの酸化物がAg地中に均一に分散すれば、その合金はすぐれた接点性能を示すことが期待される。しかし、これらの元素とAgとを組合わせた合金を内部酸化させた試料は、広い組成範囲にわたってAg地中に酸化物が分散する組織が得られず、針状、層状あるいは粒界に酸化物が析出し、要求される接点性能を発揮し得ない。

本発明では、Ag-Zn、Ag-Zn-Sn、Ag-Zn-Sn-Inの各系に、Te、CuあるいはLiを少量含有させたAg基合金を内部酸化させることによって、合金元素の酸化物をAg地中に均一微細に分散析出させることに成功した。本系合金は、使用目的に応じて最適な組成と内部酸化条件を選ぶことによって優れた接点性能を示し、電磁開閉器、工業用及び家電用開閉器一般への使用が有望である。

### ◆短 信◆

- 人事異動 昭和58年4月1日付  
併任解除 溶接研究部長 中川龍一  
(金属材料技術研究所長)

採 用 溶接研究部長 中村治方

### ●受 賞

(社)日本鉄鋼協会西山記念賞

強力材料研究部 河部義邦は、「超強力鋼の強靱性向上に関する研究」に対し昭和58年4月2日賞を受けた。

(社)日本金属学会功績賞

機能材料研究部 天野宗幸は、「金属中の水素の挙動に関する研究」に対し昭和58年4月2日賞を受けた。

### 研究功績者表彰

金属加工研究部長 小口醇は、「側圧付加押出し加工法に関する研究」に対し昭和58年4月22日科学技術庁長官より表彰を受けた。

### ●海外出張

所長 中川龍一

「第2回日仏科学技術シンポジウム」に出席並びに研究調査及び視察のため、昭和58年4月25日から昭和58年5月1日までフランス国へ出張した。

通巻 第293号

編集兼発行人 越川 隆 光  
印 刷 株式会社 三 興 印 刷  
東京 都 新 宿 区 信 濃 町 12  
電話 東京 (03)359-3811(代表)

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号  
電話 東京 (03) 719-2271 (代表)  
郵便 番 号 1 5 3