

## 新しい耐放射線性材料を求めて

—— 原子力用高性能金属間化合物の研究始まる ——

金属間化合物は、高温で高い強度をもった構造材料、あるいは超電導特性、磁気特性、水素吸蔵特性、形状記憶特性などをもった機能材料など、普通の金属・合金では得られない優れた特性をもつ材料として、脚光を浴びている。当研究所でも、すでに三重点分野の一つとして金属間化合物を取上げているが、今後はさらに今まで利用されていなかった特性に着目した研究も必要である。例えば、金属間化合物は二種類以上の原子が規則的に配列した結晶構造であって内部で原子や空孔が拡散しにくく、その結果放射線の照射によって生じる欠陥の移動、スエリング、クリープが抑えられるなど、耐放射線性が優れていると予測されることを利用した研究である。

原子力委員長長期計画専門部会第3分科会報告書では、「原子力に課せられたニーズの多様化・高度化に弾力的に対応するためには、次代の創造的な原子力技術を創出する努力が必要である」と指摘しており、その中で主な研究課題の一つとして、耐放射線性新構造材料の創製を取上げている。

こうした背景のもとに、当研究所では核融合炉のような極限的環境下での使用に耐える優れた性能をもった新材料の探索と創製を目的として、本年度から「原子力用高性能金属間化合物材料の開発に関する研究」を開始した。この研究では、耐熱性、耐酸化性、耐食性が優れていて、しかも耐

放射線性が良いと予測されるシリコン化合物とアルミニウム化合物を取上げ、有害な結晶粒界のない単結晶を作ってそれらの結晶構造と各種特性の相関関係を明らかにして、有用な原子力用新材料の開発を図ることになっている。

そのために、これまで困難とされていたこれら金属間化合物の大型で良質な単結晶を作製する技術を確立し、大型単結晶を用いてそれらの正確な構造解析と状態分析を行うとともに、照射下と非照射下における機械的性質、電磁氣的性質、耐食性、耐酸化性などの諸特性を評価して、系統的に研究を進めている。

写真は、当研究所において帯域溶融法を用いて試作した、モリブデンとシリコンの金属間化合物 ( $\text{MoSi}_2$ ) の大型単結晶の一例である。

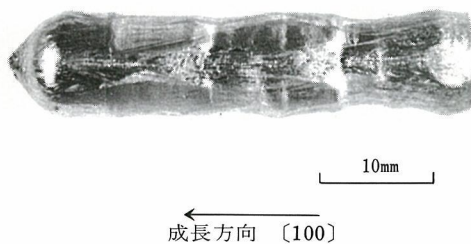


写真 帯域溶融法で作製した  $\text{MoSi}_2$  金属間化合物の単結晶

# 疲れき裂進展のメカニズムを探る

—— 解明のカギはすべりで生じる新しい面の汚れ ——

航空機や船舶は、離着陸の際の気圧の変化あるいは波やうねりの作用など、外部から力を繰返し受けて疲れ破壊することがあり、人命が損なわれて大きな社会問題となることがある。このような破壊をあらかじめ防止し、構造物の信頼性を確保するためには、疲れき裂が繰返し荷重下でどのように進展するかを明らかにすることが重要である。

疲れ破壊した部分には、写真に示したような非常に幅の狭いほぼ平行な縞模様（ストライエーションという）がある。この模様は、図1のようなメカニズムで作られる。荷重を加えるとき裂が開いて、その先端で金属のある原子面がずれる（すべり変形）ため、新しいき裂面が形成される。次に荷重を除くと、それと同一原子面で反対方向にすべってき裂は閉じようとするが、すでに新生面が周りの水分や酸素と反応して汚れてしまっているため、これが抵抗となってき裂はある程度以上にはすべれない。その結果、逆向きにすべれなかった新生面の部分が前方に押出され、き裂が進展する。疲れでは以上のことが繰返されるため、写真に示したような縞模様が現われる。

当研究所では、この過程の中で新生面に注目し、室温大気中はもとより高温大気中、海中などの各種環境下における、金属材料の疲れき裂進展のメカニズムを明らかにする研究を行っている。

図2は上に述べたメカニズムでき裂が進展したときの、下限のき裂進展速度と新生面の酸化層の厚さとの関係を示したもので、材料は発電機軸材のCr-Mo-V鋼とSUS403ステンレス鋼の2種である。試験は、新生面の酸化速度および酸化時間

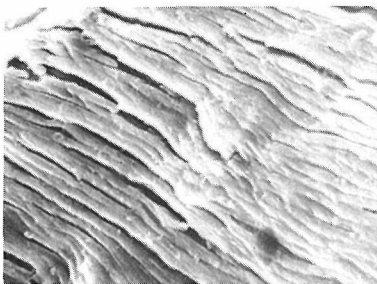


写真 疲れき裂の進展で生じた縞模様

を変えるために、温度と繰返し速度を変えてあるが、材料、温度、繰返し速度によらず極めて良い対応関係が存在しており、新生面の酸化層の成長に疲れき裂の進展が支配されていることがわかる。

この結果を詳細に見ると、室温では両材料の差はほとんどないが、高温では同一温度同一繰返し速度で比較すると、耐酸化性のよいステンレス鋼のほうがCr-Mo-V鋼よりも酸化層の厚さが最大約1桁小さく、したがって疲れき裂の進展もおそい。このように新生面上に生成する酸化層が疲れき裂の進展に非常に大きな影響をもっているため、その厚さや組成をオージェ電子分光などの分析技術を用いて測定解析している。また、新生面が酸化層で覆われる過程は、大気中ではエキソ電子、海水中では腐食電流を測定するという方法で調べており、疲れき裂進展のメカニズムを解明して疲れ破壊が予防できるように、研究を進めている。

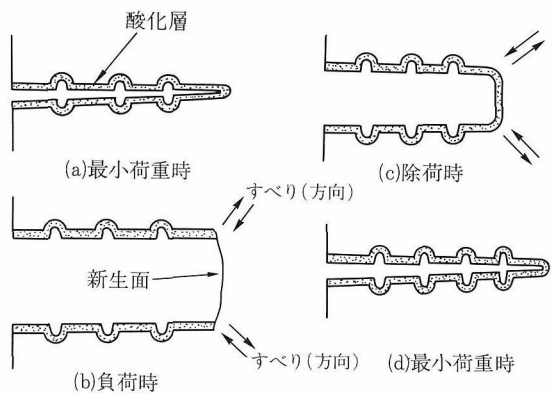


図1 疲れき裂進展のモデル

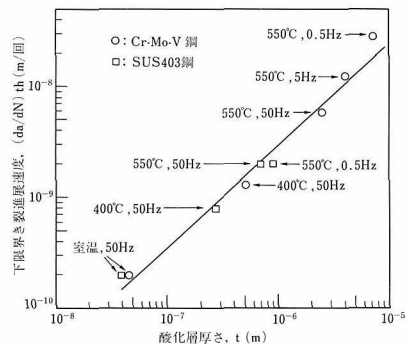


図2 下限き裂進展速度と新生面の酸化層厚さの関係

### 幅広く対応できる材料 放射化計算コードを開発

原子炉の中で中性子にさらされた材料は、放射能をもつようになる。このような誘導放射化は、使用中の原子炉の安全性の上からのみでなく、解体後の廃棄物の処理の上からも極めて重要な問題であって、放射化しにくい材料、あるいは放射化しても短時間で放射能が減衰するような材料を、選択する必要がある。

当研究所では、特定の合金に限定されず、いろいろな材料について、その誘導放射能を推定できる材料開発用の計算方式（誘導放射能シミュレーション計算コード）を、他に先駆けて開発した。軽水炉（熱中性子）から核融合炉（高速中性子）までの、使用する炉の形式から予測される中性子のエネルギー・スペクトルと使用時間、および対象とする材料の組成と密度をコンピュータに打ち込めば、最終的に生成する核種とその量が求められるのみでなく、材料の諸特性に影響を及ぼす材料組成の変化と、水素やヘリウムなどのガス成分の生成量も、同時に求められるのが特徴である。

現在このコードを用いて、核融合炉用の低放射化材料の設計を進めている。

### 三色表示が可能な 有機金属化合物薄膜

ある種の物質は、酸化還元反応の際に色調が変化する現象（エレクトロクロミズム, EC）を示す。この種の物質に適当な方法で電圧を加え、酸化還元の状態を変えると特定の色を呈するので、カラー表示のディスプレイへの応用が可能である。しかしながらいままでのEC材料は、単色しか表示できないものがほとんどであった。

当研究所では、多色表示が可能なEC材料として、レアアースと有機物の化合物を合成して研究を進めてきたが、このたびプラセオジウム(Pr)

とフタロシアニンとの化合物を導電性ガラス基板上に蒸着して、薄膜化することに成功した。このガラス基板を電解質水溶液中に浸し、±1Vの範囲の電圧を加えると、電圧に応じて薄膜が青、緑、赤と変化し、三色表示が可能なEC材料であることが確認された。この化合物は、酸素に対して安定で、水はもちろんほとんどの有機溶媒にも難溶性であるので、大気中および溶液中で容易に取り扱うことができる。

また、この化合物はEC材料としてだけではなく、酸化還元触媒や光電変換素子への応用も考えられ、幅広い用途が期待される。

### 生体用金属材料の研究 に着手

病気や怪我で人体の機能が損なわれた場合、人工の材料を生体内に埋め込んで、機能の回復を図ることが多くなっている。この目的には金属材料が広く利用されており、骨折の内部固定用の接骨板やネジのみでなく、最近では股関節代替材料の人工骨にまで用いられている。

金属材料を含む生体用材料に関しては、1980年以来研究が特に活発化し、生体用材料の開発とその信頼性の向上の研究が、医学と工学との境界領域における相互理解のもとに、内外の研

究者によって進められており、来春には我が国でも国際会議が開かれる運びとなっている。

当研究所では、生体用金属材料に関する問題点および研究開発状況を、ステンレス鋼などの従来からの材料のみでなく、形状記憶合金、セラミックス複合材、高分子複合材についても調査し、併せて損傷機構としての界面腐食、腐食摩耗、および腐食疲労現象に重点をおいて、解析を進めている。これらの結果をふまえて、生体内類似環境における金属材料の力学的、化学的安全性、ならびに材料表面の機能性に着目して、生体用金属基材料の開発を図る計画である。

## 〔出願公開発明の紹介〕

銅基形状記憶合金の製造方法 特開昭61-204356 昭和61年9月10日

本発明は、容器内で銅又は銅合金と亜鉛蒸発材料を加熱し、銅又は銅合金に亜鉛を拡散浸透させることを特徴とする銅基形状記憶合金の製造方法に関するものである。

本発明によれば、加工性の容易な銅、銅基合金をあらかじめ希望する形状に加工した後、形状記憶合金とするため製造が容易で、しかも加熱による形状回復温度を $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以内に制御することも可能でオープン、温室等の換気用ダンパー等の駆動素等に広く使用されることが期待される。

鉄鋼材料と炭化チタンの接合方法 特開昭61-213369 昭和61年9月22日

本発明は、鉄又は鉄基合金からなる鉄鋼材料の表面にイオン注入法によりTiイオンを注入し、鉄鋼表面を非平衡相に調整し、その上に炭化チタンを蒸着させることを特徴とする鉄鋼材料と炭化チタンの接合方法に関するものである。

本発明によれば、従来の接着材を用いる方法と比較し、容易に、しかも密着性に優れた被覆材が得られ、この材料は耐熱性、耐摩耗性、耐食性、耐放射線損傷性を要求される各種機械部品や電子機器部品として使用されることが期待される。

## 〔特許紹介〕

### 金属超微粒子の製造法

発明者 宇田雅広 大野 悟 奥山秀男  
公 告 昭和61年9月3日 昭61-39371  
特 許 昭和62年4月22日 第1374265号

本発明は、アークまたはプラズマジェットにより活性化した水素と熔融金属との反応によって金属超微粒子を製造する方法の改良に関するものである。

従来法はアーク、プラズマジェットのフレームと熔融金属は静止状態にあるため、金属超微粒子

の生成速度を増大させるにはアークまたはプラズマジェットのフレーム数を増加するしかなかった。

本発明では、アークまたはプラズマジェットのフレームを電磁力等により振動・移動させることにより該フレームと熔融金属との接触面積を拡大するようにしたことを特徴としている。

本発明によれば、従来法に比較して約1.5倍以上の金属超微粒子を生成させることができ、金属超微粒子の製造コスト低減に寄与し、その実用化を促進するものと期待される。

## ◆短 信◆

### ●外国人研究員の招へい

所 属 大韓民国 韓国標準研究所  
氏 名 趙 陽九  
テーマ 金属・セラミック多層膜の作製と評価  
期 間 昭和62年7月1日から昭和62年9月8日

から7月16日までイギリスへ出張した。

渡辺 健彦 溶接研究部 主任研究官

国際溶接学会および欧州における溶接研究の現状調査のため、7月2日から7月18日までイギリス、ブルガリアへ出張した。

### ●海外出張

梶原 節夫 機能材料研究部 第1研究室長  
相変態に関する国際会議出席のため、7月5日

松岡 三郎 疲れ試験部 主任研究官

金属の腐食疲労破壊に関する研究のため、7月17日から8月31日までアメリカへ出張した。

通巻 第344号

編集兼発行人 木 村 良  
印 刷 株式会社 三 興 印 刷  
東 京 都 新 宿 区 信 濃 町 1 2  
電 話 東 京 (03) 359-3841 (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