

NO. 3

金材技研

1988

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

Nb₃Al極細多芯線の製造に成功—— 実用超電導材はNb₃Sn, V₃GaからNb₃Alの時代へ ——

昨年来、当研究所において相次いで新高温酸化物超電導物質を発見し、高温超電導体に関する研究はますます活発化しているが、その実用化にはまだ長期間の開発努力が必要である。したがって高磁界でも臨界電流密度が高い金属間化合物超電導材料の開発の重要性が再認識されてきた。

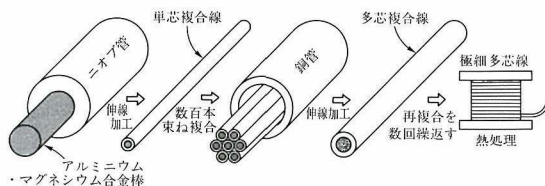
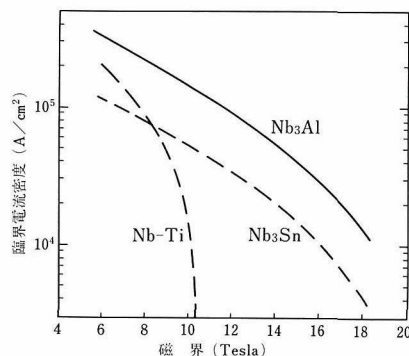
金属間化合物超電導材料の中では、Nb₃Sn（ニオブ3スズ）とV₃Ga（バナジウム3ガリウム）が10～18テスラの強磁界用線材に実用されているが、応用面からはさらに性能の優れたNb₃Al（ニオブ3アルミニウム）などの実用化が強く望まれてきた。しかし、Nb₃Alはニオブとアルミニウムの拡散反応が遅く、線材化が困難であった。当研究所では、ニオブと似た加工硬化率を示すAl-Mg（アルミニウム・マグネシウム）合金を使った新複合加工法を開発し、Nb₃Al極細多芯線の製造に成功した。

この製法は、Al-Mg合金棒をニオブ管に挿入し

た単芯複合棒を伸線加工し、これを数百本束ねて銅管中に複合するという工程を繰返し、最終的に芯径が1μm以下で芯数が数百万本の極細多芯（Al-Mg/Nb/Cu）複合線を作製する。この線材を800～950℃で熱処理するとNb₃Al極細多芯線となる。

この製法の特長は、中間焼なましを全く必要とせずに伸線加工ができることと、Al-Mg合金芯の最終直径が非常に細くて低温短時間の熱処理によりNb₃Al化合物が生成することで、線材製造コストが大幅に安くなる。こうして得られた超電導線材は、実用Nb₃Sn極細多芯線材より優れた臨界電流密度を示す。さらに、交流損失が小さいので、交流のかかる応用（変圧器、発電機等）に使用した場合有利である。

当研究所でNb₃Sn, V₃Gaの開発に成功して以来17年ぶりに、このNb₃Al極細多芯線が新実用超電導材として登場する可能性は極めて高い。

図1 Nb₃Al極細多芯線の製造法図2 Nb-Ti, Nb₃SnおよびNb₃Al極細多芯線の臨界電流密度—磁界特性

セラミックスで繰返し疲労特性に差異

—— 金属疲労との共通点・相違点の解明へ ——

セラミックスは脆い、欠陥密度が高くて信頼性に乏しいといったマイナスのイメージが強いが、高温の強度が高く、耐摩耗性や耐食性に優れているなどのプラスの性質もあわせもっている。このため、金属系耐熱材料では不十分な場合を補う高温構造材料として有望視されており、その実用化の研究が各方面で活発に行われている。

セラミックスを実際の機械構造物として使用する場合に重要となるのが、疲労特性である。航空機事故などで金属材料については「疲労」という言葉が一般にも知られるようになってきたが、これは荷重によってまず材料に塑性変形が起こり、荷重の方向が逆転した場合にその塑性変形が完全には可逆的とはならず、この繰返しで材料に損傷が蓄積されていく現象を指している。セラミックスのように極めて脆く、塑性変形しにくい材料にもこのような繰返し疲労が存在するののかどうかに関しては、実験の困難さも加わって研究は少なく、現在はまだその緒についたばかりの段階である。

当研究所では、各種のセラミックスについて、広い温度範囲における繰返し疲労特性の研究を行っている。図は、共有結合性の強い非酸化物系セラミックスであるSiC（炭化ケイ素）とSi₃N₄（窒化ケイ素）の焼結体にビッカース圧子であらかじめき裂を入れた後、4点曲げ荷重を静的にもしくは繰返し作用させた場合の、き裂の進展特性を示したものである。SiCの粉末と焼結助剤の混合物

を加圧成形して常圧で焼き固めたSiC常圧焼結体では、静的荷重によりき裂は進展する（静的疲労）が、そのき裂の進展が停止した後に繰返し荷重をいくら加えてもき裂はそれ以上進展しない（a図）。この材料では、室温から1500℃まで温度条件を変化させても、繰返し疲労は認められなかった。一方、Si₃N₄粉末と焼結助剤とから同じようにして作ったSi₃N₄常圧焼結体では、荷重の繰返しに伴って明瞭なき裂の進展が認められた（b図）。

両試料では、使用した焼結助剤の成分や粒界第2相の存在の有無などの差異があるので、単純に比較して論議はできないが、焼結助剤を使用せずにSi粉末を窒素雰囲気中で加熱・反応させて作ったSi₃N₄反応焼結体においても、繰返し疲労の存在が確認されている。このように、同じ共有結合性の強い非酸化物系セラミックスでも、繰返し疲労損傷がSi₃N₄には存在するがSiCには存在しないことは、注目すべき事実である。

これらの研究成果は、繰返し荷重下の損傷は、Si₃N₄では金属の疲労に類似しているが、SiCでは全く異なっていて、両者の塑性変形挙動そのものに本質的な相違が存在している可能性を示唆している。この事実は、セラミックス材料の用途開発という実用上の工学的観点からのみでなく、物質の変形・破壊の本質を探る上からも極めて重要であるので、イオン結合性の強いセラミックスも含めて、その解明のための研究を進めている。

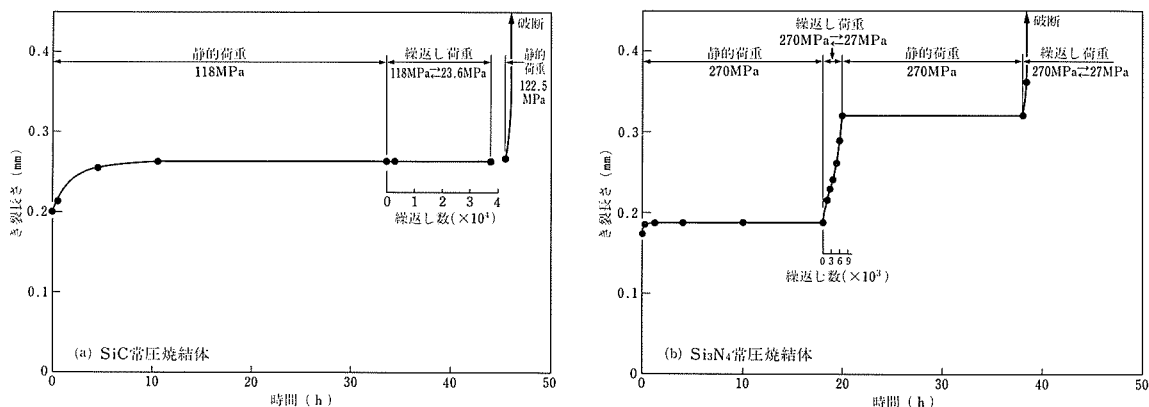


図 非酸化物系セラミックスにおける静的および繰返し荷重に伴うき裂の進展挙動（室温，大気中）

ガーネットに極低温熱スイッチ作用を発見

当研究所では、磁性体の発熱・吸熱を利用する磁気冷凍用材料として、希土類ガーネットの高品位単結晶を育成している。このたびディスプロシウム・ガリウム・ガーネット $\text{Dy}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (略称DGG) 単結晶の熱伝導率が、磁界により大幅に変化する事実を見いだした。図に示すように、温度 5 K では約 2 テスラで熱伝導率はゼロ磁界の場合の100分の1にも減少する。

このような現象は鉛やベリリウムなどでも知られているが、磁界によって熱の輸送を精密に

制御する目的には、使用できる温度範囲が極めて限定される

ので、広く利用されるには至っていない。これに対して、DGG は数十 K の広い温度範囲で使用できるので、極低温用の熱スイッチとしての利用も期待される。

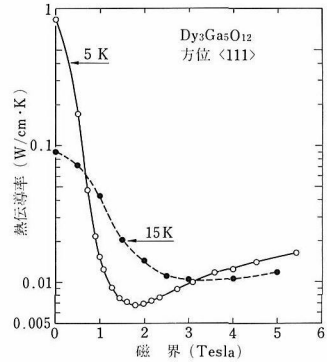


図 DGG 単結晶の熱伝導率の磁界依存性

迅速で精度のよい チタン合金分析法を開発

当研究所では、航空機や海洋開発用の材料として有望なチタン (Ti) 合金の分析法を研究しているが、パーセント・オーダーの合金元素 (Al, V, Cr, Fe, Zr, Mo, Sn 等) を、湿式分析と同程度の精度で、しかもはるかに迅速に分析できる方法を開発した。

この方法の特徴は、EPMAによる微小域組成の分析などに使用されているファンダメンタル・パラメータ法 (基本的な物理定数等から補正值を理論的に計算する方法) を、蛍光X線による

全体的合金組成の分析に適用したことである。この方法では、装置校正用の標準試料が1個だけあればよいので、多数の標準試料が準備されていない Ti 合金などの分析に好都合である。

しかしながら、この標準試料は全体が均一な組成でなければならないので、その作製法を検討した。その結果、プラズマ電子ビーム溶解法により均質な Ti 合金標準試料を作製することに成功した。さらに、V と Cr のスペクトル線が重なる問題は、新しく独自の補正式を考案して解決した。分析能率の向上により、Ti 合金の開発を強力にバックアップできるようになった。

クリープ損傷修復の 可能性を探る

高温において材料に引張応力を長時間加えると、クリープ変形の進行とともに結晶粒界に空洞ができて、やがて破断する。このようなクリープ損傷を修復できれば材料は若返り、寿命の延長が可能となる。

当研究所では、ステンレス鋼のクリープで生じた $1\mu\text{m}$ 以下の空洞は加熱処理のみで、また $10\mu\text{m}$ 以上の空洞はクリープとは逆向きの圧縮応力を加えながら加熱することで、空洞は収縮・消滅し、材料の寿命を延長できることを見いだし

た。現時点ではまだ実用的な方法ではないが、クリープ損傷の有効な修復法を開発するために、このような基礎的研究を積み重ねている。

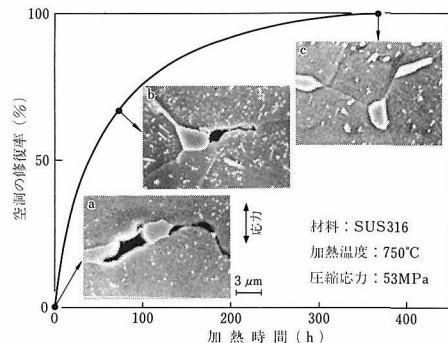


図 粒界に生じたクリープ空洞の修復過程

金属材料技術研究所 科学技術週間行事のお知らせ

(1) 研究所一般公開（本所・筑波支所）

当研究所の先端的研究活動・成果を、主な研究施設設備の公開及びパネル・実物展示により紹介します。

なお、当日本所においては技術相談コーナーを設け、来訪者からの技術相談に応じます。

本所（中目黒） 4月22日（金） 13時～17時

筑波支所 4月22日（金） 10時～16時

(2) 「第5回科学技術いろいろ展」への出展

当研究所が力を入れて研究を行っている、超電導を中心に出展を行います。

特に、世界でもトップクラスの線材化技術を用いて開発した、超強力超電導マグネット（カットモデル）を展示し、新超電導物質の開発・実用化技術を分かりやすく紹介します。

場所：東京国際見本市会場（晴海）

期間：4月18日（月）～21日（木） 10時～16時30分

〔特許紹介〕

超塑性鍛造用Ni基合金及びその製造法

発明者 富塚 功 原田広史 小泉 裕
石田 章 山崎道夫

公 告 昭和62年5月14日 昭62-21856

特 許 昭和62年11月27日 第1411402号

本発明は、重量％で、C0.02～0.12、Co5～12、Cr7～9、W10～14、Al4.5～5.5、Ti0.1～1.5、Ta3～5、Hf0.3～1.3、B0.005～0.018、Zr0.01～0.15を含み、残部はNiよりなる合金に関するものである。

ガスタービンディスクなどの大型で複雑な製品を成形する方法として超塑性鍛造法が知られている。これは金属材料があたかも粘土のように小さ

い力で数百％以上も塑性変型する現象、すなわち超塑性現象を利用するものである。

従来の超塑性鍛造用Ni基合金としてはRene95やMerl 76などのNi基合金が知られているが変型抵抗が充分小さくなく、大型製品や複雑形状への成形が困難であり、このため大型のプレスが必要となり、生産性に劣る。

本発明によれば、押出し加工によって結晶粒を充分微細化することが可能で、超塑性変形抵抗を著しく低減することができる。したがって前述したガスタービンディスクなどの大型で複雑な製品を、生産性良く成形することを可能とする技術として広く普及することが期待される。

◆短 信◆

●外国人研究員の招へい

所 属 中華人民共和国 北京鋼鉄学院

氏 名 呉 平 男

テーマ ガリウム新抽出技術に関する研究

期 間 昭和63年2月10日から昭和63年3月4日

●海外出張

白石春樹 原子炉材料研究部長

「高熱流束材料とその水素リサイクリング特性に関する研究」のため、1月17日から2月6日までアメリカ合衆国へ出張

新居和嘉 科学研究室

ベルサイユ・サミットに基づく科学技術協力「新材料と標準」(VAMAS)第8回運営委員会出席のため2月15日から2月27日までベルギー王国へ出張

通巻 第351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 (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 (03)719-2271 (代表)
郵 便 番 号 1 5 3