

金材技研

1985

科学技術庁

NO. 6

ニュース

金属材料技術研究所

チタン特集 その2

チタン系形状記憶合金

—— 丈夫で力もち、しかも作動温度を正確に ——

材料の中には、構造材料などとしてのこれまでの働きのほかに、明確で特殊な機能を演じるものがある。これらは機能材料と呼ばれており、チタン (Ti) はこの分野でも活躍している。機能材料の代表的なものの一つとして、形状記憶合金があげられる。この合金は、高温で与えられた形を記憶し、これを低温で変形させても、高温に加熱すると瞬時に元の形に回復するという不思議な働きを有するものである。そして、その回復のさいに発生する力を用いて、宇宙船のアンテナ、パイプのジョイント、温室の窓の開閉から温度センサーまで種々の方面に利用されている。

実用化されている形状記憶合金として最も代表的なものは、Tiとニッケル (Ni) をほぼ同量含むTiNi合金である。この合金は、回復できる変形量および回復するときの力が大きく優れたものであるが、極めて僅かなNi量の差により、回復温度が著しく変化するので、溶解法で製造した場合、正確に形状回復温度を調節することが難しい。また、加工も難しいため製品化するまでに多くのプロセスを必要とする。

これらの問題点を解決するために当研究所では、TiとNiの粉末を正確な割合で混合したものを成型し、これを高温に加熱し、焼結しながら合金化して、直接、最終形状のTiNi合金を造る粉末冶金法について検討した。この方法を用いた場合、合金

の組成を厳密に調整することが容易で、形状回復温度を正確に調節することができるが、材料内部に空隙が残るため強度が低下する。そこで焼結して合金化したものを高温で2000気圧以上の静水圧を加えること (HIP法) を試み、空隙の全くないものを得ることができた。

ところで形状記憶合金は、何回も繰返して形状回復させると次第に性能が低下する。この性能の低下は、材料の熱処理、変形量、変形温度および形状を回復させる温度によって影響を受けるので、TiNi合金について、これらの条件を変えて試験を行い、使用目的に最も適した熱処理条件を決めるための研究を行っている。

TiNi合金をはじめとするほとんどの形状記憶合金の形状回復温度は100℃以下であるが、火災報知器などに応用する場合は、もっと高温であることが望ましい。当研究所では、モリブデン (Mo) 10～15%、アルミニウム (Al) 0～5%を含むTi合金は形状記憶現象を示し、Mo約12%の場合合金の形状回復温度は約200℃であることを見いだした。この系の合金では形状回復温度は高いが、形状回復のさいに発生する力がTiNi合金に比べ低いので、用途が限られる。そこで、形状回復温度が高く、しかも大きい力を発生できる合金の開発を進めている。

チタンを含む超電導合金

—— 加工性と超電導特性に優れたNbTi系合金を開発 ——

Tiは、構造材料および機能材料として貴重な存在であることをこれまでに述べたが、超電導材料の分野でも大いに威力を発揮する。

超電導とは、 -250°C 以下の極低温である種の金属の電気抵抗がゼロになる状態をいい、その状態の線材を用いれば電力のロスなく大電流を流すことができる。超電導状態は臨界温度(T_c)、臨界磁界(H_c)および臨界電流密度(J_c)の3つの臨界値によって限定され、これらの値を越えない状態でのみ成立する。したがって、これらの値の高いものほど超電導特性が優れていると言える(金材技研ニュース1982, No. 4 参照)。

40~70%のTiを含むNb(ニオブ)Ti合金は、現在、最も実用化が進んだ超電導材料で、磁気浮上列車、粒子加速器、トカマク型核融合炉、NMR-CT(医療用断層診断装置)などに広く応用されている。

Tiはそれ自体、合金の H_c および J_c を高める効果があるが、熱処理により析出するTiにとむ第2相が、これらの値をさらに高める。また、この合金の大きな特長として冷間加工性が良く、容易に線材や超電導マグネットが作製できることがあげられる。線材は、マトリックスとしての銅(Cu)の中にNbTi合金の芯が多数埋めこまれた極細多芯型に加工される。この型の線材は、もし一部で超電導状態が破れ電気抵抗が発生しても、マトリックスのCuが安定化材として働き、超電導状態が直ちに回復する特長がある。また、 J_c の値は加工量が増し、合金中に格子欠陥が多くなると高くなるが、Cuを被覆した極細多芯型の場合、裸のままのNbTi合金よりはるかに強加工を施すことができ、直径 $10\mu\text{m}$ 以下のフィラメントを1万本も含む極細多芯線を、冷間加工で作製することが可能である。

NbTi合金の特長は、加工性が良いことのほか、線材に応力や歪が加わったり、中性子照射を受けた場合にも超電導特性が安定していること、絶縁法が簡単であることなどもあげられる。しかしながら、これまでの合金では、 Nb_3Sn および V_3Ga などの金属間化合物に比べて超電導特性が劣るため、

高磁界で流し得る超電導電流値が低いという弱点をもっている。

そこで当研究所では、この使い易いNbTi合金の特性を改善して、化合物材料との性能のギャップを埋めるための研究を行っている。この合金の性能を高める方法として次の3通りが考えられる。その1は、冷間加工量を増すことであり、その2は、質量の大きい元素を添加することである。また、その3は、使用温度を、通常の液体ヘリウム温度(4.2K)から超流動ヘリウム温度域(2K)まで下げることである。当研究所では、従来は冷間加工後の熱処理で終っていた線材の製造方法に改善を加え、熱処理を施した後、さらに強加工を施す方法をとった。また、加工性を損わない範囲で重いタンタル(Ta)やハフニウム(Hf)を添加し、 H_c を高めることも試みた。このようにして開発したNbTi系合金線は図に示したように、 $1.8\text{K}(-271.2^{\circ}\text{C})$ において Nb_3Sn に匹敵する高磁界特性を発揮した。これらの線材のうちNb-Ti-Hf合金線は実用化され、わが国の大学の研究施設における超電導マグネットに使用されている。

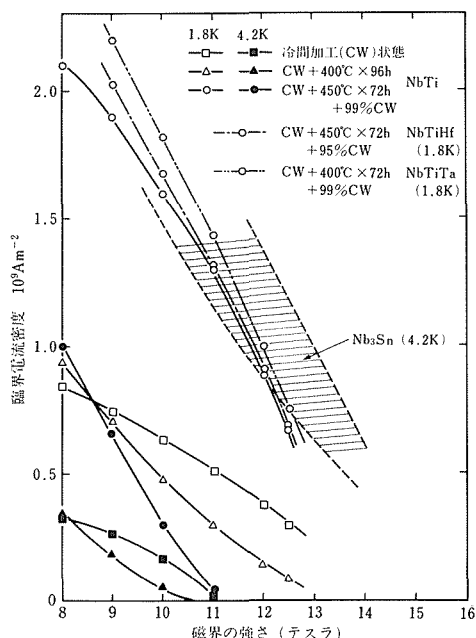


図 改良されたNbTi系の合金線材の高磁界性能

コバルト—ニッケル系金属 薄膜磁気ディスクの製造技 術——委託開発課題に選定 される

当研究所で開発した上記技術が
新技術開発事業団の委託研究課題
に選定された。

本製造法は、まずアルゴンと
窒素(N)の混合ガス中で、スパ
ッタ法により13~16at%のNを含
むアモルファス(非晶質)状のコ
バルト—ニッケル系金属薄膜を、
基板上に形成させる。その後、真
空中 300°C 付近で熱処理を行うこ
とにより、結晶の向きが磁気記録
媒体として最適な方向になるよう
に結晶化させるものである。

本金属薄膜は、アルミニウム基
板を用いた 5 インチ程度のハード
磁気ディスクに構成される。この
ディスクは従来の鉄酸化物を塗布
したもの 비해、保磁力、磁束密
度ともに高く、5 倍も多い情報が
記録できる。そのため、ミニコン、
ワープロなどの補助記憶装置とし
て広く普及するものと期待される。

(極低温材料研究グループ)

耐熱合金の一方再結晶装置 を試作

セラミック微粒子の分散と、一
方向に長く伸びた結晶組織を併用
した耐熱合金は、高温の機械的性質
が著しく向上する。しかし通常の
一方再結晶法を用いた場合、セラ
ミック粒子が偏在してしまうため
良い合金は得られない。

そこで微粒子を均一に分散させ
た合金を、再結晶により一方に
結晶粒成長させる方法がとられる。

当研究所では、このための一方
再結晶装置を試作した。本装置
にはリング状の、高周波による加
熱帯と銅ジャケットによる冷却帯
が重なって存在し、その中を丸棒
試験片を回転させながら通すこ
とにより、最大400°C/cmの温度勾
配を与え、一方再結晶組織にす

るものである。

本装置を用いて、酸化イットリ
ウム微粒子を含み、一方再結晶組
織をもつニッケル基耐熱合金の研究
を行っている。

(粒体技術研究部)

任意形状をもつタングステン 巨大単結晶の製造法を開発

タングステン(W)は高温材料
として優れた性質をもち、核融合
炉、高出力レーザーの反射板など
の材料として有望視されている。
しかし常温で脆いために実用化を
はばまれており、その主な原因は
結晶粒界が脆いことである。粒界
のない単結晶にすれば、この欠点
は大幅に低減することができる。

当研究所では、脆くない巨大な
W単結晶を安価に製造できる方法
を開発した。この方法によれば、
板材、棒材、パイプ材のみならず、
穴あけ、曲げなどの加工を施した
任意の形の加工材も容易に単結晶
化することができる。

W粉末に微量のカルシウムおよ
びマグネシウムの酸化物を加え、
成形したのち、2300°C以上の高温
に加熱すると、酸化物分散相の働
きによって結晶粒の異常成長が生
じ単結晶化する。安価な直接通電
加熱も適用できる。

(機能材料研究部)

地熱水からリチウムの 抽出に成功

天然リチウム(Li)中に約7.4
%含まれる質量数6のリチウム
(⁶Li)は、核融合炉の燃料となる
トリチウムをつくるのに不可欠な
物質であり、将来のエネルギー政
策にとって⁶Liの確保が重要な課
題になっている。

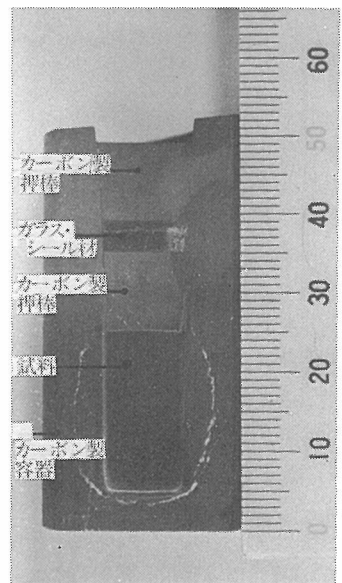
当研究所では、Liを国内で得る
ための研究を進めており、このた
び北海道で地熱発電に使用された
熱水から、Liを抽出することに成
功した。すなわち、熱水中のシリ
カを除去し、液のpHと温度を調節

した後、金属アルミニウムを接触
させると、その表面の腐食生成物
に比較的短時間でLiが吸着される。
これから簡単な操作で純度約80%
の粗塩化リチウムが得られたので
通常の生産工程の精製操作で純度
90%以上とするのは容易と思われ
る。なお、得られたLi中の⁶Li含有
量は7.45%であった。試算によれ
ばこの地熱水から年間約200tの天
然Liを抽出することが可能である。
(腐食防食研究部)

宇宙での合金製造にニュー ・アイデア

融けた金属は凝固するさい、収
縮するが、無重力下の宇宙では、
そこに熔融金属が補充されないた
め、空洞が発生する。これを抑制
するためには、凝固時に圧力をか
ける必要がある。しかし溶湯を入
れた容器とシリングとの摩擦、お
よび両者の間からの溶湯の洩れの
問題があった。当研究所では、写
真に示す装置により、溶湯より粘
性の高いガラスをシール材として
用いれば、これらの問題は解決さ
れ、空洞のない材料の得られるこ
とを明らかにした。

(科学技術振興調整費研究)



〔特許出願速報〕

出願日	出願番号	発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 の 名 称
59. 9. 13	59-190523	高温比強度の高い超塑性加工用チタン合金	59.12.11	59-260031	黒鉛粒子分散耐摩耗性铸铁及びその製造法
59. 9. 13	59-190524	高温比強度の高い超塑性加工用チタン合金	59.12.11	59-260032	A-15型超電導化合物の製造法
59. 9. 17	59-192591	超塑性鍛造用Ni基合金及びその製造方法	60. 1. 30	60-14406	固溶半導体レーザ用材料
59. 9. 17	59-192592	極低温における動的材料試験装置	60. 1. 30	60-14407	固溶半導体レーザ用材料
59. 9. 18	59-193978	超塑性鍛造用Ni基合金及びその製造法	60. 2. 25	60-34571	炭素鋼とアルミナとの固相接合法
59. 9. 18	59-193979	繊維分散型Al基超電導線材及びその製造法	60. 2. 25	60-34572	MoBN膜の表面に窒化ボロンを析出させた 金属・セラミック積層材料の製造方法
59.10.16	59-215236	磁気冷凍作業物質	60. 2. 28	60-37474	Nb ₃ Sn拡散線材の製造法
59.10.16	59-215237	混合超微粉の製造法	60. 3. 7	60-43673	銅基形状記憶合金の製造方法
59.11. 7	59-233345	希土類ガーネット単結晶体及びその製造方法	60. 3. 12	60-47468	極低温用非磁性鋼
59.11. 7	59-233346	グラファイトと高融点金属との接合材料の 製造方法	60. 3. 19	60-53437	鉄鋼材料と炭化チタンの接合方法
59.11. 7	59-233347	磁性流体の新磁性流体への転換改善方法	60. 3. 19	60-53438	耐応力腐食割れ性を改良した複合オーステ ナイトステンレス鋼
59.11.13	59-238742	磁性記録媒体膜の製造方法 (日立金属㈱との共同出願)	60. 3. 19	60-53439	金属間化合物TiAl基合金の成型法
59.11.21	59-244599	Nb ₃ Sn繊維分散型化合物超電導線材の製造法	60. 3. 29	60-63342	金属間化合物TiAl基合金の製造法

◆ 短 信 ◆

● 受 賞

紫綬褒章

所長 中川龍一は「連続製鋼技術の開発」により昭和60年4月29日、章を受けた。

科学技術庁長官表彰(業績表彰)

下記の者は以下の業績に対し、昭和60年5月19日(科学技術庁創立記念日)に表彰を受けた。

科学研究官 金尾正雄は、強力鋼の強度、靱性及び環境強度に関する研究に従事し、破壊機構等の解明と、評価技術の開発を行い、材料の信頼性向上に関する学術、技術の発展に貢献した。

クリープ試験部 田中千秋は、高温用鋼の応力リラクセーション挙動に関する研究に従事し、長時間再負荷挙動などを初めて解明して高温構造物の安全性信頼性の向上確立に貢献した。

極低温機器材料研究グループ 和田 仁は、超電導の研究開発に従事し、高性能の合金及び化合物線材を開発することにより、核融合炉をはじめとする超電導応用技術の発展に貢献した。

管理部技術課 山内 功は、金属材料の試験・研究に必要な電気機器の製作に従事し、携帯式交流磁界測定器を考案して、小型軽量化と微小領域の磁界測定法の改善に貢献した。

●海外出張

清水義彦 腐食防食研究部第2研究室長

「サリ一蒸気発生器研究に関する技術顧問会議」へ出席のため昭和60年5月5日から昭和60年5月11日までアメリカ合衆国へ出張した。

●“好評だった「中学生のための金属教室」”

科学技術週間行事の一環として、地域の中学生など約110名の参加を得て、「中学生のための金属教室」が本所(目黒)で4月20日(土)盛況のうちに行われた。



通巻 第318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)359-3841(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 153