

NO. 12

金材技研

1982

ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

“おもちゃ”から新しい機能材料へ

——形状記憶合金の応用と問題点——

数ある金属の中には、形を変えても昔の自分の姿を覚えているという変り者がいる。

普通の金属は、ある程度以上変形させると、温めても冷しても、自分で元の形に戻ることはない。ところが、高温である形状にしたものを室温で別な形に変えても、お湯に入れて温めると、瞬時にして元の形に戻ってしまう合金がある。これは高温での母相と室温でのマルテンサイト相との間で、温度変化により可逆的な相変態がおこるためであり、このような合金を形状記憶合金と呼んでいる。

今でこそ形状記憶効果の発生原因や機構についてはほぼ解明され、どの種類の合金が形状記憶効果を示す可能性があるかを予測することもできるようになったが、1951年にチャンとリードがAu-Cd合金で始めてこの効果を発見した当時は、実に奇妙な現象と考えられていた。それ以後、形状記憶合金は続々見つかり、今日までに報告された合金系は、20を越えている。

形状記憶効果が、単に形が元に戻るというだけのものであるなら、研究の対象とはなり得たとしても、応用はオモチャの域を出ることができず、新材料としての用途は開かれなかったであろう。

ところが、形状記憶合金は、マルテンサイトの状態で変形させるのに必要な力にくらべると、形状回復の際に、はるかに大きな力を発生すること

がわかったのである。この事を実際に示すためにリード達は1958年のブラッセル世界博覧会にAu-Cd合金を用いた「繰り返し重量挙げ装置」を出品し、室温で変形させるのに必要な錘よりもはるかに重い錘を、加熱することによって軽々と持ち挙げてみせたのである。

この一見単純な装置も、エネルギーという見地からするならば、熱エネルギーを位置エネルギーに変換するものであり、今日の熱エンジンの原型であるということができる。

形状記憶合金が機能材料としての地位を確固たるものにしたのは、1960年代初めのアメリカにおけるTiNi合金の発見であった。その後、世界各国で形状記憶合金の開発が精力的に続けられているが、形状回復力や疲れ特性など総合特性でTiNi合金をしのぐ合金は、いまだ見いだされていない。

TiNi合金の発見を契機に形状記憶合金の応用研究は急速に進み、今日では応用分野もエネルギー開発から機械部品、人工臓器などの医療関係まで、多岐にわたっている。わが国における応用研究はようやく緒についた段階であるが、信頼性のある材料が安価に供給され、かつ希望する形状の部品を容易に製造できるようになれば、応用分野は大きく広がるであろう。

当研究所では、これらの問題点の解決と新合金の開発を目指して、研究を進めている。

粉末冶金によるTiNi合金作りに挑戦

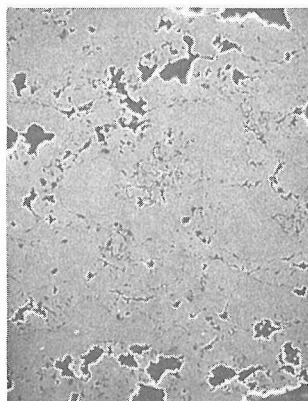
——優れた形状記憶合金を作り易く使い易くするために——

等原子比のTiNi合金は形状記憶合金として優れた性能を有している。しかし、溶解と加工が難かしいため、現在なおその価格は相当に高く、誰でも気軽に入手して、色々な応用を試みることがおいそれとできない状況にある。線や板という単純な形状のものについてすら、このような状況であるから、複雑な形状の部品をTiNi合金で作りたいと思っても、鍛造や切削などの通常の加工法を採用したのでは、大量に作らない限り恐ろしく高価なものにつくことは容易に想像できる。

また、TiNi合金の形状が記憶効果によって回復する温度は、組成によって微妙に変化し、組成が0.1%ずれるとほぼ10℃上下すると考えてよい。したがって、あらかじめ定められた動作温度を持つ合金を正確に溶製することは、相当に困難な仕事であると言うことができよう。

これらの問題点を少しでも解決し、希望する動作温度を持つTiNi合金、特に複雑な形状をした部品を安価に供給する道を開くために、当研究所では粉末冶金によるTiNi合金の製造法の研究を行っている。

原料粉を出発点とするため、チタンとニッケルの相互拡散が関与するこの製造法では、カーケンダル効果による多量のボイドの発生が避けられず、組織的にはTiNi単相とすることは容易であっても、共存するボイドをいかにして消し去るかが問題であった。ところがこのほど、圧粉体を高温高压処理することにより、写真1に示すように、



(a) 処 理 前



(b) 処 理 後

写真1 高温高压処理を施したTiNi圧粉体の2次電子像

ボイドのない(密度が溶解法によるものと同じ)TiNi合金を製造することに成功した。

これと並行して行われている形状記憶合金に関する研究としては、(1)粉末冶金で製造したTiNi合金の性能評価、(2)いかなる製造履歴を有するTiNi合金にも適用し得て、最高の性能を引き出すための普遍的な形状記憶処理方法の確立、(3)プロトモデルの熱エンジンによるTiNi形状記憶合金線の疲労試験、(4)新しい形状記憶合金の探索、がある。

これらの研究成果については、別途詳細に報告することになるが、そのうちの主なものを簡単に紹介すると、まず新形状記憶合金としてTi-Mo-Al系合金のあるものは、室温付近で明瞭な形状記憶効果を示すことを見いだした。詳細については現在測定中であるが、本合金が形状記憶合金として実用性があることが明らかにされれば、溶解、加工には全く問題が無いこと、形状回復温度を広い温度範囲で自由に設定し得ること等、TiNi合金には無い特長を備えた新形状記憶合金として活躍することになろう。写真2は一例としてTi-13Mo-3Al合金の加熱に伴う形状回復の様子を示したものである。

また、将来TiNi合金が各所で製造され、それぞれ製造履歴が異っても、同じように最高の性能を発揮させ得るよう、普遍的な形状記憶処理方法の確立を目指して実験を進めており、明るい見通しを得つつある。

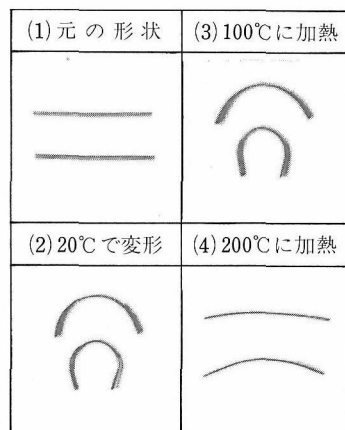


写真2 室温で変形を与えたTi-13Mo-3Al合金の加熱に伴う形状変化

V-Ti-Ta系新合金超電導材料

核融合炉、高エネルギー加速器などへの超電導応用は高磁界化、大型化の要求が強い。このため機械的特性が優れ、高応力下でも特性が劣化しない合金系超電導材料を $\sim 2\text{ K}$ （超流動ヘリウム温度）で使用し、高磁界を発生する方法が注目されている。 4.2 K （通常のヘリウム温度）で使用する合金系超電導材料としてはNb-Ti 基合金が最も優れており、 8 T 以下の磁界発生用に広く用いられている。しかし 2 K 用の超電導材料については、まだ十分な研究がなされていない。

当研究グループではV-Ti-Ta 3元合金の臨界磁界 H_{C2} が極低温で極めて高いことを見いだした。V-60at %Ti-9at %Taの $H_{C2}(2\text{ K})$ は 14.3 T に達し、実用Nb-Ti 2元合金の H_{C2} をしのいでいる。この3元合金は冷間加工性に優れており、また、 $300\sim 500^{\circ}\text{C}$ の熱処理により臨界電流密度を著しく増加させることが可能であり、 2 K で使用する新合金超電導材料として有望である。

（極低温機器材料研究グループ）

Ti基超塑性合金の合金設計に着手

通産省工業技術院の「次世代産業基盤技術開発制度」の一環として、粉末冶金を応用し、超塑性加工によりTi合金部品を歩留りよく製造するための技術開発が昭和56年10月から開始された。軽量で強靱な点を生かして、航空機の機体及びエンジン等へ使用する事を考えており、当研究所では、その中の合金設計を担当している。

粉末冶金を応用すると、Ti合金で従来行なわれている消耗電極式アーク溶解法では大きな問題点であったマクロな成分偏析が起こり

にくいので、合金設計の自由度が大きくなると考えられる。コンピュータを用いた合金設計により、強度が高く、超塑性特性の優れた合金の開発を目指しているが、このためには、Ti合金の多元系状態図、有害相の析出濃度限界、超塑性変形を起こすのに最適な条件等の基礎データを集積する必要がある、現在その研究を開始したところである。

（エネルギー機器材料研究グループ）

高温ガス炉用耐熱合金の粒界性状を制御

原子力製鉄システムに組込まれる中間熱交換器用Ni-Cr-W合金のクリープ特性などの性能は、大型プロジェクト研究の結果、その開発目標に到達する可能性を持つことが示されたが、さらに長時間（5万時間以上）の使用を考える場合、この合金を改良しておく必要がある。この合金の結晶粒界は直線状であったので、粒界を波状にすることによってクリープ破断寿命をさらに改善することが期待できる。そこで熱処理によるこの合金の粒界性状の制御を試み、溶体化温度（ 1300°C ）から 1000°C 近辺までの冷却速度が平均 $600^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 以下の場合、波状粒界が得られることがわかった。波状粒界の生成により、クリープ破断強さの改良が見込まれるが、この合金は炭化物と α -タングステン相を析出することから、熱処理による析出物の制御も重要な課題であり、それをめざした実験も進めている。

（原子炉材料研究部）

新しい複合加工法「キャストバルジング」を開発

金属材料は、使用されている状況によって、表面と内部とで要求される特性が異なっている場合がある。このため、ある材料を異種

の材料で被覆した材料（クラッド材）が用いられることがある。しかし従来は板、棒、管などの一次素材に限られ、複雑な形状をした部品のクラッド化の方法はほとんどない。キャストバルジングは当研究所独自の発案に基づく新しい複合加工法であり、塑性加工と鋳造を組合せて、クラッド部品を製造することを目指している。

この方法は、管あるいは容器状の中空金属体内部に異種の溶融金属を注入し、金型中で加圧成形を行うと同時に凝固一体化させる加工法であり、これにより中空金属体を外皮材に、注入金属を内部材にした複合体が得られる。本法によれば、加工形状の自由度は大きく、内外材の接合および内部組織も良好であり、従来にはない形態の複合体が得られ、新しい応用例が期待できる。（金属加工研究部）

金属電析によりアノード酸化皮膜を硬質化

Alの硬質アノード酸化法は一般に 10°C 以下の低温硫酸溶液中で行われ、得られる皮膜硬度はHv 400程度である。しかし、この方法には大容量の冷却設備を要し、不均一な皮膜が生成し易く、その上皮膜が厚いとき裂を生じるなどの問題がある。硫酸溶液の温度を室温以上に高めればこれらの欠点は改善されるが、皮膜に存在する孔の数が増すため硬度はHv 300が限界である。そこで皮膜を硬質化するため、NiやZnの電析によって皮膜の孔を埋める方法を研究した。孔底に存在する薄い酸化膜の電気抵抗が大きいので、皮膜への電析による充てんは通常困難である。そこで孔底の酸化膜を電気化学的に薄くし、引き続き化学的に溶解除去した後NiやZnを直流で電析することによって、皮膜の孔を均一に充てんし、硬度をHv値にして約100増加することができた。

（腐食防食研究部）

〔1982年金材技研ニュース題目一覧〕

題 目	No.	通巻	題 目	No.	通巻
材料開発部門（Ⅰ）			給水管の“動脈硬化”にメス	7	283
電子顕微鏡像をコンピューターで見る	1	277	給配水管の材料選定・寿命予測に新たな指標	7	283
合金開発に新しい息吹	3	279	機械、構造物の安全性、信頼性向上を目指して	10	286
合金設計による高効率ガスタービン翼材の開発	3	279	特許紹介		
ジョセフソン素子用新材料の基礎研究始まる	6	282	超強力鋼の製造方法	3	279
ジョセフソン素子用新材料の問題点と研究課題	6	282	超電導材料	3	279
“おもちゃ”から新しい機能材料へ（形状記憶合金）	12	288	鉛の電解製錬法	3	279
粉末冶金によるTiNi合金作りに挑戦	12	288	低温靱性の優れたモリブデン材または焼結モリブデン材の製造法	8	284
材料開発部門（Ⅱ）			繊維型複合金属の製造法	8	284
未来を開く超電導化合物材料	4	280	金属の複合加工法	8	284
臨界磁界40テスラの超電導材料の製造法を開発	4	280	高温および等温の高圧雰囲気中の反応速度測定装置	11	287
生産技術開発（Ⅲ）			そ の 他		
百年の成果の集大成から生れる新しい技術（溶接）	5	281	新年のごあいさつ	1	277
実用化近い溶接熱伝導シミュレータ	5	281	1982年外国人来訪者一覧	1	277
ファラデーの電気分解から懸濁電解へ	8	284	出願公開発明の紹介	2	278
懸濁電解とは	8	284	研究成果の学協会発表一覧	4	280
溶接構造物の品質保証	9	285	金材技研滞在記	10	286
欠陥を含む溶接継手はどこまで安全か	9	285	機構改正	5	281
金属中の微量不純物を探る	10	286	受託研究・共同研究の現況	5	281
金属製錬プロセスのエネルギー転換に取組む	11	287	昭和57年度金属材料技術研究所研究発表会	7	283
材料信頼性（Ⅳ）			就任のごあいさつ	9	285
破壊事故の原因を追求する金属材料の法医学	2	278	昭和57年度科学技術振興調整費研究について	11	287
破壊事故解析とクラクトグラフィ	2	278	特許出願速報	11	287
			スポットニュース	11	287
			金材技研ニュース題目一覧	12	288

◆短 信◆

●海外出張

太刀川恭治 極低温機器材料研究グループ総合研究官
高磁界超電導材料に関する研究討論および開発状況の調査のため、昭和57年11月28日から昭和57年12月10日までアメリカ合衆国へ出張した。

関根 久 極低温機器材料研究グループ 強磁界発生用超電導線材に関する研究のため昭和57年11月20日から昭和58年11月19日までアメリカ合衆国へ出張した。

津谷和男 科学研究官 サミットに基づく科学技術作業部会に出席ならびに日仏科学技術協力に関する打合せのため、昭和57年11月27日から昭和57年12月4日まで英国およびフランス国へ出張した。

●人事異動

●昭和57年11月15日付

退 職 内田信之（管理部庶務課長）

●昭和57年11月16日付

採 用 管理部庶務課長 増田 求
（海洋科学技術センター 企画部 総務課長）

通巻 第288号

編集兼発行人 越 川 隆 光
印刷 株式会社 三 興 印 刷

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）