

実環境下の材料寿命予測に向けて

—— 成果が期待される室蘭港岸壁での疲労試験 ——

21世紀の科学技術の大きな柱の一つとして、エネルギーや各種資源の確保など、海洋空間の利用があげられており、そのための準備が進められている。現在でも、大陸棚における石油の掘削プラントなど、多くの海洋構造物が稼働している。これらの構造物が使用される実際の環境は、海水による腐食作用や、気象に依存して不規則に変動する波浪による荷重の作用など、複雑で厳しいものである。このような実際の環境下での構造物の破壊事故の発生を未然に防止するためには、設計段階での材料寿命の予測が極めて重要になる。

現在、材料寿命の予測手法に関する実験室的な考え方は、腐食によって材料表面に小孔が生成し、そこから外力によって疲労き裂が進展して破壊に至る一連のプロセスでほぼ説明されている。これを上に述べた海洋環境に代表される実際の環境下に応用し、さらに高度化を進めるためには、実際の環境下での基礎的強度データが必須であるが、現在まで、このようなデータはほとんど得られていない。そのため、これらの構造物については、設計段階での安全率を過大に設定するなど、旧態依然の方策をとらざるを得ないのが現状である。

当研究所では、波浪の不規則変動荷重を受ける海洋環境中での「実環境実荷重疲労試験」を昭和62年2月から開始し、実際の環境下での材料の疲労寿命予測手法を確立するための基礎的研究に取

組んでいる。写真は、このために試作して室蘭港岸壁に設置した実環境実荷重疲労試験装置である。海中に設置した大きな親浮きに多数の試験片を取付け、波浪による不規則な変動荷重が子浮きを介して個々の試験片に作用するようになっている。

この試験から得られる多くの知見は、海洋環境のみでなく、橋や建築物など一般の公共構造物への適用も可能と考えられ、その成果が期待される。

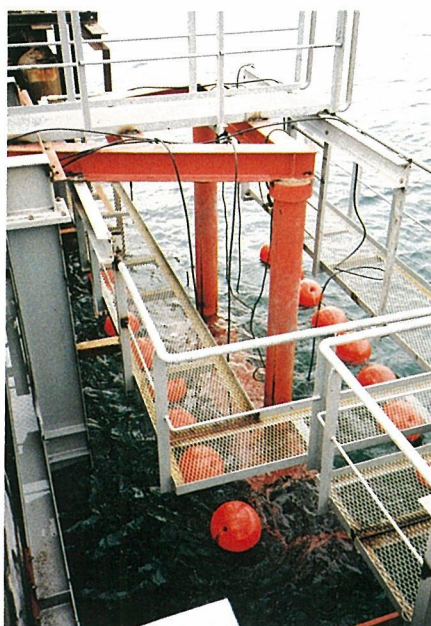


写真 稼働中の実環境実荷重疲労試験装置

水素貯蔵合金をわずか数秒で製造

—— 多孔質金属間化合物の合成に自己燃焼法が威力 ——

自己燃焼法（自己伝播高温合成法，金材技研ニュース，1986年，No.11参照）は，混合した原料粉末の間の化学反応による発熱を利用して，外部から特別高温に加熱することなく，極めて短時間に無機化合物を合成する方法である。当研究所では，この方法で形状記憶合金NiTiや軽量耐熱合金TiAlなどの金属間化合物をはじめ，TiB₂，B₄Cなどのホウ化物や炭化物の合成に成功している。

写真は，今回新たに合成に成功したジルコニウムとニッケルの金属間化合物ZrNiである。ZrNiは，水素化物の生成によって水素を貯蔵する水素貯蔵合金として，水素の吸収・放出の速度が大きく，水素の貯蔵量も多く，活性化すなわち初回の水素化が容易で，不純物ガスによる性能劣化が少ないなどの多くの特長をもった合金である。しかしながら，ほかの水素貯蔵合金も同様であるが，従来の製造法では高周波誘導炉や真空アーク炉などで溶解して鑄造した後，表面積を大きくして水素との反応の速度を増大させるために所定の大きさに破碎しなければならず，工程数が多くて製造に時間を要した。これに対して自己燃焼法では，写真で分るように層状をした多孔質体が得られ，その

形態は合成の際の条件，たとえば雰囲気温度，つぼへの粉末の充填密度，粉末の形状と粒度などにより変えることができる。このことは，水素貯蔵合金として使用するのに適した表面積の大きいZrNiを，原料粉末から直接製造できることを意味しており，製造工程の大幅な短縮が可能である。

図は，Zr粉末とNi粉末の1:1混合物を石英るつぼに充填し，真空中において100°Cに予熱して上部に点火し，燃焼反応を自己伝播させて合成したZrNiの水素圧力-組成等温曲線である。燃焼反応は数秒で完了した。熱処理後のZrNiの水素貯蔵特性は，従来のアーク溶解・鑄造・破碎の工程を経て作ったものと比較して，遜色なかった。

このように，自己燃焼法は外部からの高温加熱の省略によるエネルギー節約のみでなく，粉末を出発原料とするので偏析がなく，反応が極めて短時間で完了するのでるつぼからの汚染の恐れもなく，さらに使用に適した形態のものを直接得ることも可能であるので，より広範囲の分野への応用が期待される。



写真 自己燃焼法で合成した水素貯蔵合金ZrNi（直径17mm，長さ30mm）

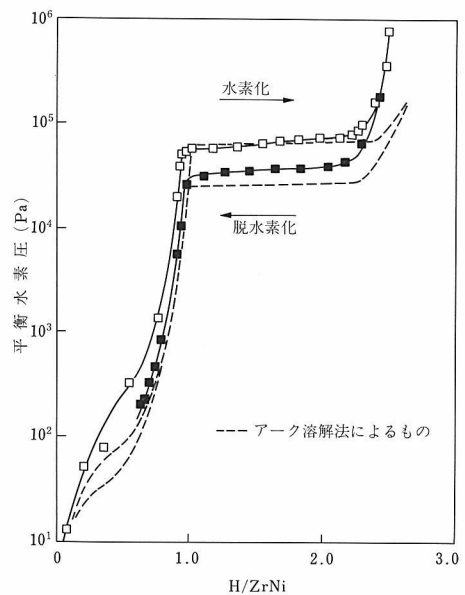


図 自己燃焼法で合成したZrNiの250°Cにおける水素貯蔵特性（900°C，24時間熱処理材）

超塑性加工に適した 高比強度チタン合金

超塑性とは、材料の組織および変形の条件を適切に選定したときに、その長さの数倍も伸びる現象である。この状態で変形させると材料の加工歩留まりを大幅に向上できるので、軽くて強い（比強度が高い）が加工性が悪いTi合金の超塑性特性を改善する研究が進められている。当研究所では、これまでの研究でTi合金が α 相（六方晶）と β 相（体心立方晶）と呼ばれる結晶構造の異なる2種類の相を、850°Cにおいて1:1に近い割合で含むときに、超塑性特性が優れ

ていることを見いだしている。

今回は、さらに α 相を固溶強化する元素と β 相を安定化する元素の種類と量を、合金設計法により最適化させて、超塑性特性と引張特性を著しく改善することに成功した。新しく開発したGT-60合金（Ti-7.2Al-0.5Sn-1.0Zr-1.8V-0.5Mo-0.9Cr-3.2Fe）の850°Cにおける超塑性特性は伸びが550%、最大変形応力が2 kgf/mm²、300°Cにおける引張特性は比強度が31kgf/mm²/g/cm³、伸びが12.7%で、次世代産業基盤技術研究開発制度による研究プロジェクトの開発目標を上回っている。

酸化物超電導体の 新しいテープ化法

当研究所では、イットリウム-バリウム-銅-酸素系高温超電導体YBa₂Cu₃O_{7-x}をテープ化するための、新しい技術を開発した。この方法では、まず炭酸バリウムと酸化イットリウムの混合粉末を溶媒に加えたものを、銅テープに塗布して乾燥する。次にこれを酸化性雰囲気中で約900°Cに加熱すると、YBa₂Cu₃O_{7-x}層が形成される。

この方法は極めて簡便で、長尺化が容易である上に、中心部に未反応の銅層を残すと巻線に

必要な適度な曲げが可能となるので、マグネット用線材の製造法として非常に有望である。現在は超電導開始温度が95 Kであるが、さらに性能を向上するよう製造条件を検討している。

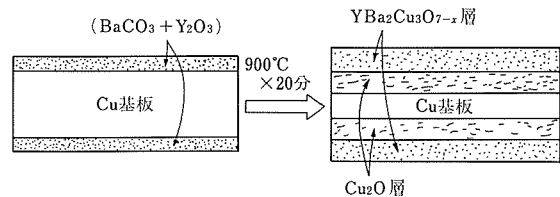


図 酸化物超電導体テープの製造過程

加工困難な材料の加工法を 研究する装置を開発

当研究所では、高真空やアルゴンガスなどの不活性雰囲気中において、加熱・冷却などの熱的条件と、応力・ひずみ状態などの機械的条件を任意に組合わせて、加工条件と材料の力学的特性との相互関係を精密に調べることができる、コンピュータ制御方式の試験装置を開発した。

この装置の主要な試験治具はファインセラミックス製で、高周波加熱・ガス急冷方式により最高1800Kまで加熱できるようになっている。また、最大負荷能力は620kNで、試験速度は毎

秒1 μmから0.2mまで可変である。

将来の耐熱材料として期待されている金属間化合物やセラミックスなどのいわゆる難加工性材料は、熱的および機械的条件を厳密に制御した場合に初めて成形加工が可能であり、さらにこのような加工によって精密に制御されたマイクロ組織が得られるならば、新しい特性をもつ材料を作りだせる可能性が大きい。

したがって、Ti-Al基軽量耐熱金属間化合物の高温加工性や、加工によって組織が制御された材料の室温での力学特性について、この試験装置を使用して研究を進めている。

〔出願公開発明の紹介〕

極低温用非磁性鋼

特開昭61-207553

昭和61年9月13日

本発明は、Fe-(23~30%)Ni-(13~16%)Cr-(1.5~3%)Ti-(1~3%)Moに更に3~15%のMnを加えた常温から20K以下の極低温領域において高い強度を有し、かつ非磁性である極低温用非磁性鋼に関するものである。

本発明によれば、極低温領域と高磁場中でも磁化量が小さいので磁場を擾乱させることなく、また大きな電磁力によって部材に生じる応力も小さくすることができる。従って構造部材として使用する際に、負荷応力を従来の合金に比べ低めに設計することができ、材料の節約、構造部材の軽量化が可能となる。更に非磁性化及び溶接性を良くするために添加する元素は化学的に安定なMnであるので従来の設備をそのまま使用して製造できる等の経済的効果も大きいことから、超電導発電ローター材や核融合炉用超電導磁石等の極低温機器類の支持材料として利用されることが期待される。

素粉末混合法によるチタン合金の製造方法

特開昭和62-4804

昭和62年1月10日

本発明は、構成金属元素粉末を混合、圧粉成型、真空焼結して製造した焼結チタン合金を、更に焼入れし、かつ800°C以上の高温で熱間静水圧プレス(HIP)するチタン合金の製造方法に関するものである。

本発明によれば、焼結チタン合金を焼入れ、かつHIP処理することで、合金中に存在する残留空隙が除去され高密度化することができる。更に粒界には粗い層状の α 相が存在せず、均質かつ微細な $\alpha+\beta$ 二相組織が形成されることから延性、靱性が向上し、疲労強度も大幅に向上させることができる。したがって、比強度が高く、靱性、耐食性、耐熱性等に優れた理想的な材料でありながら、溶解、鍛造、切削性などに問題があったチタン合金を歩留りよく容易に製造でき、航空、宇宙、原子力等の分野で使用される材料として利用されることが期待される。

◆短 信◆

●海外出張

吉原 一紘 構造制御研究部 第1研究室長
ECASIA87(第2回表面・界面分析ヨーロッパ会議)に出席のため10月17日から10月25日まで西ドイツへ出張した。

土佐 正弘 構造制御研究部第1研究室研究員
第10回CVD国際会議に出席のため10月17日から10月25日までアメリカへ出張した。

藤井 忠行 機能材料研究部 主任研究官
耐熱金属単結晶材料に関する講演のため10月18日から10月24日まで韓国へ出張した。

平岡 和雄 溶接研究部 主任研究官
コンピュータ利用による溶接技術および材料選択に関する講義のため10月7日から10月23日まで中国へ出張した。

八木 晃一 クリープ試験部 第2試験室長
VAMASクリープき裂成長に関する会議に出席のため10月11日から10月19日までフランスへ出張した。

白石 春樹 原子炉材料研究部長
第3回核融合炉材料国際会議に出席のため10月2日から10月14日まで西ドイツへ出張した。

阿部富士雄 原子炉材料研究部 主任研究官
第3回核融合炉材料国際会議に出席のため10月2日から10月10日まで西ドイツへ出張した。

中曽根祐司 極低温機器材料研究グループ
主任研究官
ノースウエスタン大学へ長期在外研究員として昭和62年10月1日から昭和63年9月30日までアメリカへ留学する。

通巻 第347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