

日米核融合高熱流束材料ワークショップ

—— 原子力分野での国際交流ますます緊密 ——

本年3月3日(月)～5日(水)の期間、筑波研究学園都市内の研究交流センターで、当研究所がホスト役となり、融合炉内壁、リミター、ダイバーターなど高い熱流束を受ける材料に関するワークショップが開催された。現在核融合装置の先端を行くトカマク型装置は、大型化とともに高熱流による容器内壁面の破損、溶融、蒸発といった損傷を受け易くなる。これらは2億度のプラズマの連続的燃焼を目指した次期大型装置以降の設計に当って、材料に関する大きな研究課題となっている。そのため日、米、EC各国で新材料の開発や、脈動的に高熱流にさらされる時の材料の挙動と評価などに関する研究が鋭意進められている。

このワークショップでは、米国側8名、日本側は本研を含めて70名が参加し活発な討論が行われた。この種のワークショップは、過去に数回行われているが今回の特色は大型トカマク実機における問題、コーティング、プラズマ・材料相互作用、新材料研究、高熱流束試験装置と試験評価、および大型装置における第一壁設計など材料に関する広範囲のテーマを採り上げ、現状分析と将来の動向予測を行ったことである。米国からはTFTRのデータ、日本側からはJT-60の壁材の熱試験データなど実機データが紹介された。サンディア研究所を中心とする熱特性試験や、これからの材料として有望とされる黒鉛、黒鉛+SiC繊維ある

いはAl+SiC繊維などの複合材料の研究等発表があり注目されるものが多かった。

最終日に各専門グループに分れて、問題点の整理と日米研究協力課題の提案に関する作業を行った。これらの総括は、会議の内容と共に近くワークショップ・レポートとして出版する予定である。

将来の協力課題の中には、プラズマ異常時のデータ、材料データベース、JT-60とTFTRの壁挙動データ等の交換、黒鉛等の両国間の試料交換、高熱流束試験装置の相互利用等があげられている。研究者の交流も含み、今後の協力を約し成功裡に会議を終えることができた。

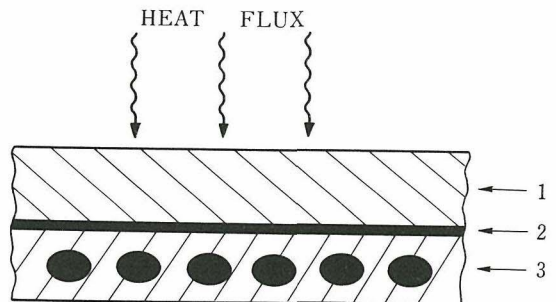


図 高熱流束コンポーネントの一般的な構造
 1. 厚くて耐熱衝撃性のある低原子番号材料
 2. 熱に対して機械的強度の強い接着材料
 3. 冷却用パイプをもった熱伝導性の良い金属基材
 (サンディア研究所 Dr. Gausterのスケッチ)

鋼における形状記憶効果

——安くて強い形状記憶合金の開発をめざす——

変形前の形状を記憶していて、温度変化をあたえるだけで元の形状を回復するという形状記憶効果は、新しい機能材料として近年脚光をあげてきた。しかし、過去20年間にわたる世界各国の活発な研究にもかかわらず、本格的に実用化されている合金は、1963年に発見され、最初に「形状記憶合金」という名をつけられたTiNi合金(ニチノール)のみである。

当研究所では、従来この分野で全くかえりみられなかった鋼における形状記憶効果の研究を進めている。そのねらいは、廉価でしかも強度の高い形状記憶合金を開発することである。

合金が形状を記憶するためには、永久変形である塑性変形なしに試料の形状を変形させなければならない。そのための第1条件は、合金がマルテンサイト変態することである。炭素鋼は最も古くからこの種の変態が生じることが知られており、各種の合金鋼の場合も同様に変態することが多い。しかし、それだけでは十分でなく、生じたマルテンサイトが昇温によって母相へもどる(これを逆変態とよぶ)さいに、母相との相境界が後退することが必要である。そのためにはマルテンサイトが板状でなくてはならず、さらに板状マルテンサイトを形成するためにはマルテンサイト相の軸比 c/a (c および a は体心正方格子の格子定数)が大きくなってはならない。このことは当研究所での最近の基礎研究で明らかにされた。

図に鋼の場合の形状記憶効果発現の原理を示す。変態温度(M_s)直上で、図に示すように外部応力をかけるとマルテンサイト(斜線の部分)が誘起さ

れ、これが成長することによって試料の変形が進行する。そして、温度を上げると逆変態が起り、相境界が後退し元の形状を回復する。写真1は、Fe-30Ni-0.4C合金について、実際に相境界が半ばまで後退した例を示す。中央の黒いバンドが残留マルテンサイトでその両側のバンドが逆変態によって生じたオーステナイトであり、両相の境界が途中まで後退していることがわかる。良好な形状記憶効果を得るためには、1)相境界が動きやすいこと、2)母相に塑性変形が起らないことである。条件1)は前述の軸比 c/a を大きくすることによって達成される。写真2に、オーステナイト状態で加工したFe-31Ni-0.4C合金の形状記憶効果を示す。低温で曲げ変形(歪量は2%)したものが、昇温によってほぼ完全に形状回復している。これは、オーステナイトの加工によって母相を強化し、形状変形時に上記条件2)も満たされるようにしたためである。このように鋼の場合でも条件さえ整えば、良好な形状記憶効果を示すのである。

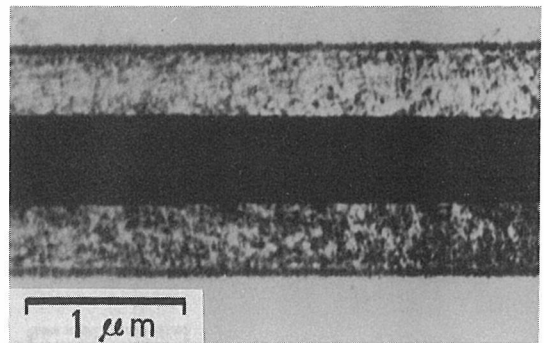


写真1 Fe-30Ni-0.4C合金における相境界の移動

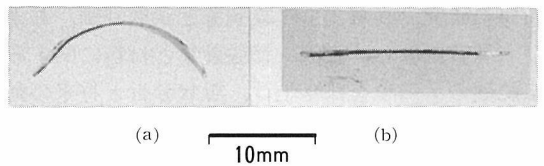


写真2 Fe-31Ni-0.4C合金の形状記憶効果

- a) 77 Kで曲げたもの
- b) 800Kに急熱したもの

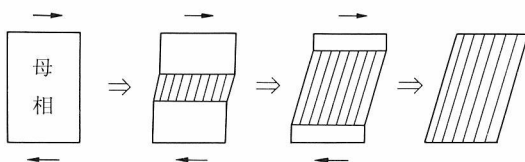


図 応力誘起変態による変形

プラズマ電子ビーム溶解法による MoおよびMo-B合金の作製

MoやMo合金は超高温材料、半導体材料やレーザミラーなど、その用途を広げている。そのため、それらの材料特性を把握することは、信頼性を高めるうえで重要な課題となっている。

当研究所では、プラズマ電子ビーム溶解法(PEB)を用いて、MoおよびMo-B合金鑄塊を作製し、それらの組織や機械的性質を調べている。PEBは従来の焼結法に比べて素材の高純度化をはかることができ、しかも同程度のエネルギー密度をもつ電子ビーム溶解法(EB)よりも、低真空度

で使用でき、操作性も良く、合金作製が容易であるという特長を有している。

PEBによれば、約1kg程度の鑄塊も容易に得られ、しかも、C、N、Oなどの含有量も、EBによるものと同程度の低濃度であった。曲げ試験による延性脆性遷移温度(DBTT)は、EBによるMoでは217°Cであるのに対し、PEB法を用いたものは細粒化のために、47°Cとなり、靱性の向上が認められた。また、Bを50ppm以下含んだMo合金のDBTTは7°Cと一層靱性が改善され、B化合物の微細析出が強靱化の主因であることが組織観察から明らかにされた。

使用済み核燃料輸送容器の破壊 抵抗についての安全研究を開始

核燃料輸送容器(キャスク)は、どんな条件の下でも安全にその内容物を保持し、いかなる場合にも容器の破損により内容物が流出するようなことがあってはならない。輸送中の衝突などにより、容器が衝撃的な力を受けた場合、そのキャスクが破壊するかどうかを判定するには、材料に固有な破壊抵抗(動的破壊靱性)を知る必要がある。このため写真のような重錘の落下を利用して衝撃引張りを行う、特殊な装置を試作した。この装置を用いてキャスク用炭素鋼や

球状黒鉛鑄鉄の低温での動的破壊靱性を検討することにより、破壊力学に基づいた、より合理的な強度評価法の確立を目指している。

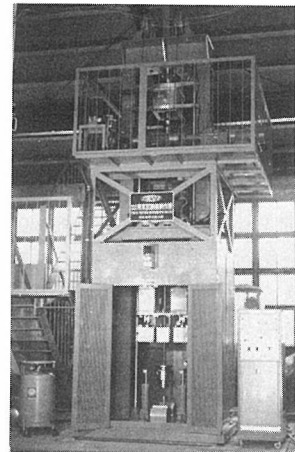


写真 衝撃引張り試験装置

バーナーリグ法によるニッケル基 耐熱合金の耐食性

当研究所では、次世代産業技術基盤プロジェクトの一環としてガスタービン動翼に使用する耐熱合金の研究を行い、世界最強のNi基耐熱合金を開発するなどの成果をあげた。

開発合金の耐食性を把握し実用化をはかるためには、実際に使用する燃料から生ずる燃焼ガス中での試験が必要となる。そこで実機と同様な小型燃焼器を備えたバーナーリグ試験装置(金材技研ニュース, 1982, No.6参照)を用いて、高温高速燃焼ガス雰囲気中における高温腐食試

験を行っている。

ガスタービンのような熱機関に使用するNi基耐熱合金は、石油系燃料中の硫黄と大気中に微量含まれている塩分が反応して生じる Na_2SO_4 によって著しい高温腐食を受けることが知られている。

バーナーリグ試験の結果から、Ni基耐熱合金の耐食性の改良には、20at%以上のCr添加が有効で、高い高温強度を維持したままで、なるべく高温腐食が少ない材料を開発する指針を得ることができた。

科学技術庁長官当所を視察

河野科学技術庁長官は昭和61年5月23日、当研究所を視察された。



非破壊試験法の説明を受ける河野科学技術庁長官(中央)

〔出願公開発明の紹介〕

**熱間等方圧プレスによる
拡散接合法** 特開昭61-30292
昭和61年2月12日

本発明は、被溶接物同志を接触させ真空中で溶融しない程度に加熱し、かつ機械的方法で大きな塑性変形が生じない程度に加圧して拡散接合を行い、予備的に接合した後、熱間等方圧プレス装置（以下HIPという）内で一定時間高温高圧を加えて拡散接合を行う方法に関するものである。

従来のHIPによる拡散接合法では、ガスが接合面に侵入するのを防ぐために、接合物の外周を真空中で電子ビーム溶接したり、被溶接物を真空中に排気した密封容器に封じ込める方法がとられてきた。しかしこれらの方法では割れが生じやすく、また、複雑な形状部品の接合が困難であるなどの問題があった。

本発明によれば、被接合部の外周溶接をすることなく、接合工程を簡略化することが可能で実用上優れた効果が期待できる。

**金属とセラミックスの接合
方法及びその接合体** 特開昭60-195065
昭和60年10月3日

本発明は金属とセラミックスを接合する場合にその中間層として金属の酸化物と金属の混合粉末を用いることを特徴とする方法及びこの方法で作成した接合体に関するものである。

従来、用いられている金属とセラミックスの接合方法は、溶着するかあるいは接着剤で接合するものであったため、密着性が悪く、その接合の耐久性に劣り、剥離し易いという欠点があった。

本発明によれば、中間層が金属とセラミックス両者の性質を有しているため、それぞれに対する密着性が良くさらに中間層内の結合強度も高いため従来に比べ格段の強度向上が図られ、金属-セラミックス複合材料の用途拡大に大いに寄与するものと期待される。

**超塑性加工用高強度チタン
合金** 特開昭60-251240
昭和60年12月11日

本発明は、Al 5.2~6.0%、V 0.4~1.0%、Sn 1.2~2.8%、Zr 3.2~5.6%、Mo 0.5~1.2%、Cr 0.5~1.4%、Fe 0.8~1.5%、O₂ 0.10~0.15%残部Tiよりなる合金に関するものである。

従来、チタン合金は鍛造または切削加工により製造されてきたが、コンプレッサーロータの製造の場合には、切削くずが約90%程度にもなり、極めて歩留りが悪いばかりでなく、作業性も極めて悪く、これを改善するためにこれまでに様々な超塑性加工用の合金が開発されてきたがいずれも強度の点で問題があった。

本発明によれば、超塑性特性に優れかつ高温強度の優れた合金が提供されることとなり、切削加工なしにコンプレッサーロータ等の部品を安価に製造することができる。またこれを使用することによりジェットエンジンや発電設備などの各種ガスタービンの軽量化、高効率化を図ることができるとの効果が期待される。

◆短 信◆

●海外出張

田中 千秋 クリープ試験部長
第12回ISO/TC164/SC1（金属の単軸試験）および第11回ISO/TC164/SC3（金属の硬さ試験）

国際会議出席のため6月1日から6月14日までイギリスへ出張した。

西島 敏 疲れ試験部長

「経年損傷評価と寿命予測技術訪米調査団」の団長として6月1日から6月14日までアメリカへ出張した。

通巻 第331号

編集兼発行人 加藤 公輝
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