

原子力基盤研究の促進

— 新原子力開発利用長期計画に対応して —

最近、原子力委員会では核融合炉、高速増殖炉、高温ガス炉などの新型原子炉を含めて我が国の原子力長期開発路線の見直しが行われた。

核融合炉では、日本原子力研究所の臨界プラズマ試験装置JT-60の臨界条件の達成を目前にひかえて次段階における研究開発の中心である次期大型装置について基本的検討が行われた。高速増殖原型炉“もんじゅ”も昭和67年の臨界を目指して建設が進められているが、よりいっそうの安全性、経済性の向上が必要とされている。高温ガス炉も昭和64年より高温工学試験研究炉の建設が開始されようとしている。

これらの新型原子炉開発には、高度の技術的なブレークスルーが重要であると強く認識されており、その基盤である革新的な新材料、新技術の開発が必須とされている。本年6月に原子力委員会で策定された、原子力開発利用長期計画ではこれを受けて、特に原子力材料分野では耐放射線性新構造材料の開発、放射線を低減するための材料の開発、材料の解析・分析技術の高度化、材料の信頼性・安全性評価技術の高度化などを主要基盤技術として設定し、その効率的推進を図るとしている。

当研究所においても、これに対応して従来蓄積されたポテンシャルを十分に生かし、国立研究所として積極的に役割を分担する計画である。

その研究の幾つかを紹介すると、照射下の材料挙動の研究に関しては、我が国で唯一の材料研究専用小型サイクロトロンに付属した軽イオン照射下クリープ試験装置を用いた照射研究を既に開始しているが、今後さらに照射損傷過程を原子的レベルで、その場で動的に連続解析・分析するための高度な新技術開発を進める。また新材料開発に関しては、鉄-ニッケル-クロム系 γ 金属間析強化型単結晶合金のボイド形成の研究、遷移金属ダイシリサイド(MSi₂)の単結晶作成と結晶構造解析の研究、またMo、Wなどの高融点金属の単結晶生成機構の解明と大型化、放射光等による内部欠陥同定などの研究に着手しており、従来にない革新的な耐照射性材料を目指した研究を進める。

低放射化材料についてはフェライト系材料の研究に加えて、今後はSiC-C系の複合材料研究を進展させる計画である。また、核融合炉炉心プラズマから受ける高熱流束に耐え得る新材料の研究も多様な材料技術を駆使して取り組む計画である。

以上のような原子力材料の基盤の研究は、本年策定した当研究所の第3次長期計画の主旨である先導的基礎的研究とその総合的研究の推進の方針に沿うものであり、当研究所の広くかつ専門的な材料基盤研究の上になって期待される成果を上げるべく鋭意努めたい。

形状記憶合金の疲労特性

—— 使い方で変わる記憶特性の劣化 ——

形状記憶合金は、高温で与えた形を記憶していて、これを低温で変形させても高温に加熱すると、再び元の形に戻るといった変わった特性をもち、すでにいくつかの用途に実用されている。これらの用途の中には、人工衛星のアンテナのように、打上げの際は小さく折りたたんでおき、軌道に乗ってから使用状態に広げるために1回だけ形状記憶効果を利用するものと、温室の窓の開閉器のように、周囲の温度の変化に応じて断えず開閉させるために形状記憶効果を繰り返し利用するものがある。後者の場合には、温度、荷重、ひずみの変動を繰り返し受けて材料が疲労し、完全には元の形に戻らなくなる形状記憶特性の劣化が起こる。

したがって、当研究所では新しい形状記憶合金の開発と併行して、代表的な形状記憶合金であるチタン-ニッケル (TiNi) 合金を用いて疲労に伴う記憶特性の劣化の研究を行うとともに、形状記憶合金に特有な疲労試験法の検討も行っている。

形状記憶効果は、合金のマルテンサイト変態と呼ばれる結晶構造の変化と密接な関係がある。形状記憶合金に形状回復温度以下の温度 T_1 で荷重を加えると、次第に変形しながら合金の組織は母相(最初の結晶構造)からマルテンサイトに変化し、荷重を除くと組織はそのままで変形が残る。この過程は、荷重とひずみ(マルテンサイトの量と考えてもよい)の関係を示した図の、Aで表されるモードの $o \rightarrow a$ と $a \rightarrow b$ に相当する。ここで荷重を加えないで形状回復温度以上の温度 T_2 に加熱すると、 $b \rightarrow o$ のように元の形に戻るとともに組織も母相に戻る。一方、 T_2 で荷重を加えるとFで表されるモードの $o \rightarrow c$ に沿って変形してマルテンサイトを生成し、この温度のままで荷重を除くと $c \rightarrow o$ のように元の形に戻るとともに、組織も母相に戻る超弾性という現象を示す。このように、形状記憶合金製の部品にかかる荷重-ひずみ-温度サイクルを予測すると、図に示したAからFまでの6種類の疲労サイクルが考えられる。

最近のヒット商品の一つに形状記憶合金の針金を使ったブラジャーがあるが、これを水 (T_1) で

洗った場合はAのモードに相当し、変形しても体温 (T_2) で元の形に戻る。一方、お湯 (T_2) で洗った場合はFのモードに相当し、変形してもすぐに元の形に戻る。このように、ブラジャー一つをとってもその疲労モードは決して単純なものではない。いろいろなモードの疲労サイクルを TiNi 合金に繰返し与え、形状記憶特性の変化を調べた結果によれば、Fのモードの場合が最も形状記憶特性の劣化が著しかったが、寸法変化を抑えて温度サイクルに対応する荷重サイクルを加えるBのモードの場合には、ほとんど性能の劣化は起こらなかった。このことは、異種合金の比較や熱処理法の比較など、疲労特性の迅速な比較のためには、Fのモードのループ部分で疲労サイクルを繰返す試験法がよいことを意味している。

以上のような各種のモードでの疲労に伴う特性変化を調べて、形状記憶合金を用いる機械部品の設計のためのデータを提供するとともに、機能性新素材である形状記憶合金に適した試験・評価法を確立するべく、研究を進めている。

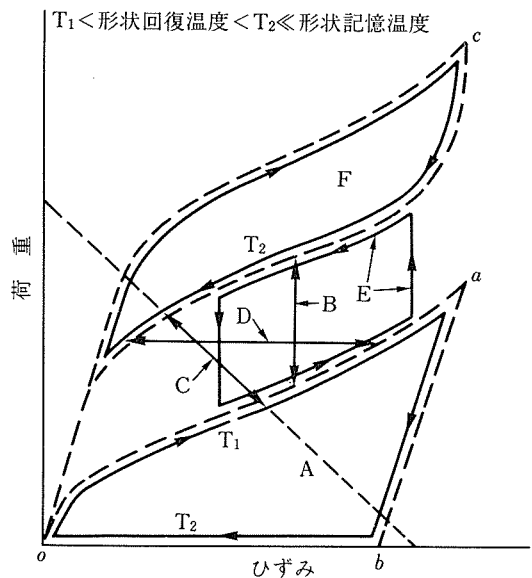


図 形状記憶合金の荷重-ひずみ曲線図

鉄とアルミナの接合法を開発

近年、自動車産業などの分野で耐熱性・耐摩耗性の向上のため、金属とセラミックスを接合した材料が要望されている。当研究所では、直接には接合が困難な鉄とアルミナを、それら双方に接合性が高い、鉄と少量のイットリアからなる複合中間層を間に挟んでホットプレスすることにより、強く接合できることを見いだした。

図は、複合中間層内の鉄とイットリアの界面の極く近傍を、分析電子顕微鏡で調べた結果である。界面の鉄側は組成の変化がないが、イットリア側には鉄が約20%溶込んでいる。この界

面生成物が、複合中間層内の鉄とイットリアの接合強度、すなわち複合中間層の強度に大いに影響していると考えられる。したがって、複合中間層の強度を改善して全体的な接合強度をさらに向上させるよう、引続き研究を進めている。

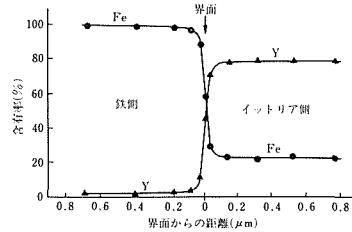


図 鉄-イットリア界面近傍の元素分析

電子ビーム照射で強力鋼の耐食性を改善

強力鋼は、比較的穏やかな環境下では強度と靱性を兼ね備えた、優れた機械的性質を持っている。しかしながら、この材料は腐食性環境では脆くなりやすいので、安全に使用するためには表面の改質などで耐食性を向上させ、靱性の低下を防ぐ必要がある。

当研究所では、金属材料に電子ビームやレーザービームなどの高エネルギー密度のビームを照射して、材料の表面を改質する研究を進めている。これらのビーム照射を利用すれば、急速加

熱による局所的な表面溶融が可能であるので、材料内部の本来の特性を変えずに、表面を急冷凝固層や合金層で覆って改質することができる。

このような方法を用いて、強力鋼（HT-50およびSNCM439）の表面を厚さ約100ミクロンの急冷凝固層で覆い、pH約1の硫酸溶液中で腐食挙動を調べると、腐食速度が未処理材料に比べて半減しており、安定な不働態皮膜の生成も認められた。このような表面改質は、強力鋼の耐食性を改善して従来よりも厳しい腐食性環境での使用に耐えるようにするので、強力鋼の使用範囲を広げる有効な手段として期待される。

4タイプあるクリープ変形挙動

金属材料に高温で一定の力を加えておくと、時間の経過とともに次第に変形し、ついには破壊してしまう。この現象をクリープといい、時間の経過と変形量の関係を示した線図を、クリープ曲線と呼んでいる。

当研究所では、代表的な高温機器材料であるSUS304および316鋼について蓄積してきた、系統的な長時間クリープ試験のデータを詳細に検討した。その結果、通常のクリープ線図では区別が困難であるが、クリープ曲線の勾配すな

わちクリープ変形速度を比較して、これらの材料のクリープ変形挙動は1種類ではなく、4つのタイプに分類できることを見いだして、どのような温度と応力の条件のときに、どのタイプのクリープ変形挙動となるかを示すマップ（クリープ変形挙動分類領域図）を作成した。

材料のクリープ変形挙動を知ることは、構造物の寿命・予寿命を求めるために極めて重要なことであるが、このマップの利用によりクリープ変形挙動をより正確に予測することができるので、高温機器の安全性・信頼性の向上に大いに寄与することができる。

昭和62年度金属材料技術研究所研究発表会

金属材料技術研究所では、研究活動をより広く理解していただくために、毎年研究発表会を開催しております。本年度は「表面・界面制御による材料開発」を主題として、人工的に合成・修飾された表面や界面をもつ材料の諸性質についての研究成果を中心に下記の題目について発表いたします。皆様方の御来聴を頂きたく、御案内申し上げます。(聴講自由)

日 時：昭和62年11月4日(水) 13:30～16:40

会 場：金属材料技術研究所 大会議室 東京都目黒区中目黒2-3-12 電話 03-719-2271(代)
(東横線・地下鉄日比谷線 中目黒駅下車徒歩10分)

❖ プ ロ グ ラ ム ❖

13:30～13:40 あいさつ

所 長 中 川 龍 一

13:40～15:00

(座長 材料強さ研究部長 武内朋之)

1. イオン注入法による金属表面・薄膜の構造制御と特性改質

構造制御研究部第3研究室長 斎藤一男

イオン注入法は、熱拡散なしに元素を表面から打ち込む非平衡プロセスであり、最近、金属、セラミックス、高分子材料まで種々の材料の表面改質への応用が期待されている。

本報告では、イオン注入法により材料表面、薄膜に①変調構造、②非晶質層、③セラミックス層、④非平衡化合物等の特殊構造を合成し、その微視的構造変化と表面硬さ、耐食性、耐応力腐食割れ性、超電導性等の材料特性の改善効果について述べる。

2. 金属基複合材料の界面

エネルギー機器材料研究グループ第6研究グループリーダー

塩田一路

F R M(繊維強化型金属基複合材料)の諸特性は、強化繊維と母材金属の界面状態に強く依存する。本報告では、アルミニウム系、チタン系を中心としたF R Mの製造時とその高温使用時の界面における問題点と、それらの解決の方法としての母材の合金化、中間層の形成などの効果、および界面状態の制御によって得られる2、3の機能特性について述べる。

15:00～15:20 休 憩

15:20～16:40

(座長 材料物性研究部長 吉川明静)

3. 積層膜と新材料

構造制御研究部長 小川恵一

可能な限り人工的に制御した条件下で、目的の機能をそなえた新材料を作製することは材料技術者の長年の夢である。積層膜は一次元方向に関して、原子スケールで制御された新素材といえる。たとえばMoとSbとを交互に積層させることにより、MoあるいはSb単体からは予想もされない高い超電導転移温度を引き出すことができる。また、PbS層を閉込め層PbCdSSeではさんだ量子井戸型レーザー素子は高温で中赤外の波長のレーザを発振する。現在どのマイクロレベルまで構造制御が可能であり、どの程度まで目的の機能が引出せるかについて当研究所の成果を中心に述べる。

4. 金属磁性流体の合成とその磁気特性

機能材料研究部第2研究室長 中谷功

磁性流体は磁界により強く分極する液体状の磁性体である。磁界をかけたときのその振るまいは大変ユニークであり、その特異な性質を利用した色々な応用が考えられている。今までの磁性流体は酸化鉄微粒子を用いたものであったが、その性能が限界に達したため、当研究所では、性能向上を図るため、コバルトや鉄微粒子を用いた金属磁性流体の開発を行っている。本報告ではこれらの金属磁性流体の合成とその磁気特性についての研究成果を紹介する。

◆短 信◆

●海外出張

所 属 大韓民国 漢陽大学校工科大学

氏 名 宋 振泰

テーマ 超電導材料に関する研究

期 間 昭和62年7月13日から昭和62年8月12日

●海外出張

永田徳雄 腐食防食研究部 第2研究室長

第9回原子炉工学構造力学に関する国際会議および疲労き裂成長速度に関する国際会議出席のため昭和62年8月9日から8月23日まで西ドイツ、スイスへ出張した。

田頭 扶 金属加工研究部 塑性加工第2研究室長

第2回塑性加工国際会議出席のため昭和62年8月22日から8月30日まで西ドイツへ出張した。

通巻 第345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14

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)