

金材技研

科学技術庁
金属材料技術研究所

1991 No.10

ニュース

材料強度評価システム／耐熱性軽量高強度材料／超電導酸化物の電子状態／結晶性SiC膜／漏洩磁束探傷センサ／研究発表会講演要旨

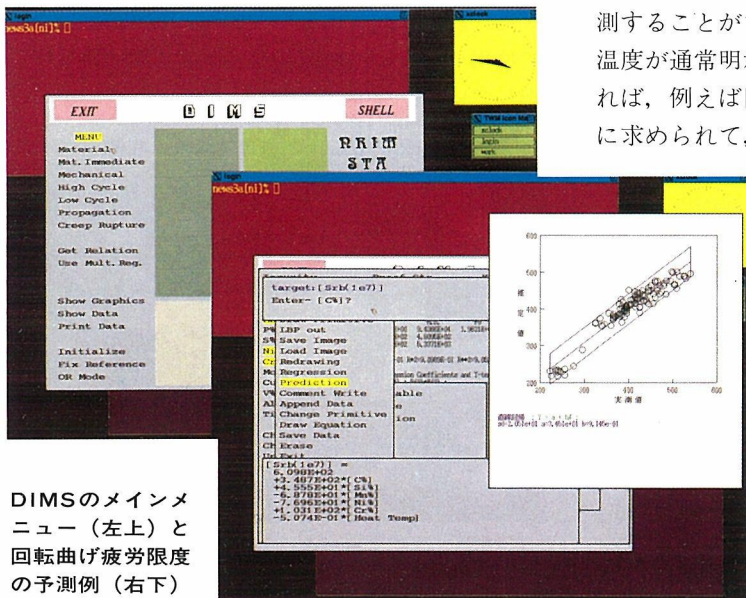
DIMS（材料強度評価システム）を開発

—— 設計・製作技術者にも研究者並の材料知識を ——

当研究所は、現在までに蓄積している材料強度に関する膨大な量のデータと知識を利用して、対話形式の研究支援材料強度評価システムDIMS*を独自に開発した。DIMSの最新バージョンは、写真に示したメインメニューのように、データファイルとして材料データ、機械的性質データ、高サイクル疲労データ、低サイクル疲労データ、疲労き裂伝ばデータ、およびクリーブ破断データを含んでいる。（*Dialogical Integrated system for Materials Strength database）

DIMSは研究者が自分のために使うことを目的としていることから、市販されている通常のデータベースとは異なり、検索能力よりも検索した結果の評価と解析に重点を置いて構築してある。したがって、材料強度関係の最新の知見を基に、最適と思われるデータ解析法で各種の材料特性を定量化した解析評価データファイルが付属している。通常のデータ検索とこのデータファイルとを組み合わせることにより、A4版で700ページにも達するデータと知識とから、必要な特性を簡単に予測することができる。材料には化学組成と熱処理温度が通常明示されているので、これさえ入力すれば、例えば回転曲げ疲労限度の推定値がただちに求められて、画面内に数値で表示される。

現在、このシステムは開発者グループのネットワーク上で利用されている段階であるが、外部機関との共同研究で、DIMSを利用した機械設計システムの開発も進めている。これが完成すれば、設計・製作に携わる技術者が材料に関して研究者並の知識を持つようになる。その結果、構造物の信頼性が格段に向上するので、安全性の確保に大きく貢献することができる。



DIMSのメインメニュー（左上）と回転曲げ疲労限度の予測例（右下）

高温用チタン基複合材料の開発

——耐熱性粒子の分散で高温特性を大幅に改善——

宇宙往還機のような超高速飛翔体の機体やエンジンには、 1000°C までの高温領域において、優れた強度特性を示す耐熱性軽量高強度材料が必要不可欠である。しかしながら、既存の軽量高強度合金、例えばチタン(Ti)合金では、 600°C を超えると急激に軟化するために、このような条件を満足するには至っていない。

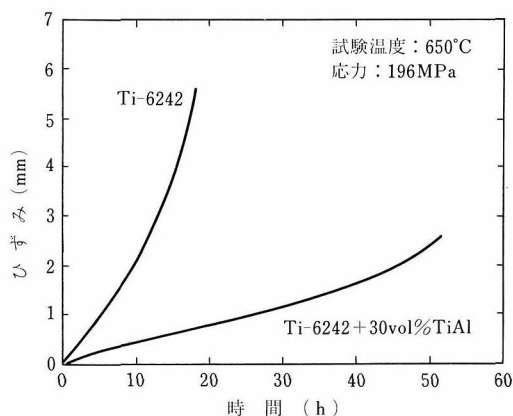
合金の高温強度を改善する方法の一つに、耐熱性の粒子や繊維を強化材として、合金中に分散させる方法がある。しかし、溶融合金中に強化材を加えて凝固させると、破壊の起点になりやすい厚い反応層が基質(マトリックス)と強化材の界面に形成される傾向があり、充分な効果を得るのは難しい。こうしたことから、当研究所ではマトリックスと強化材とを固相で接合する粉末冶金法を利用して、高温特性の優れた粒子強化複合材料を創製する研究を進めている。

一例を紹介すると、高温用チタン合金として広く使用されているTi-6Al-2Sn-4Zr-2Mo合金(Ti-6242)の球形粉末(粒径 $100\sim 230\mu\text{m}$)と、チタン・アルミニウム金属間化合物(TiAl)の球形粉末(平均粒径 $100\mu\text{m}$)とを均一に混合し、熱間静水圧プレス(HIP)により 930°C で約 100MPa の圧力を3時間加えて、粒子強化複合材料を作った。Ti-6242マトリックス中にTiAl強化材を30vol.%含んでいるものの高温引張強さおよびクリープ強さは、Ti-

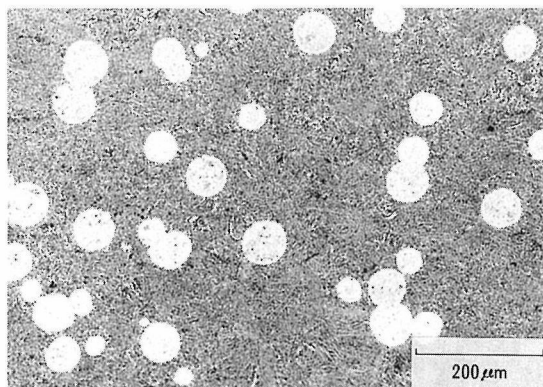
6242単独の場合よりも著しく高い値を示しており、高温強度改善の効果が明瞭に認められた。この複合材料の組織を調べると、マトリックス中に強化材が元の球形を保ったまま分散しており、界面に厚い反応層は生成していなかった。このことも、高温特性の改善に大きく寄与していると考えられる。

これらの球形粉末は、Ti-6242あるいはTiAlの消耗電極を高速回転($20,000\text{rpm}$ 以下)させながら、その下端をヘリウムのアークプラズマで加熱し、生成した融液を遠心力によりヘリウム雰囲気中に飛散させて作ったものである。この回転電極法では、合金は高温の熔融状態から超急冷凝固される。したがって、固溶限を超えた多量の元素や偏析しやすい成分を均質に含んだ合金粉末を作ることでも可能で、通常の溶解法で合金を製造する場合よりも、組成選択の幅が広がる。

超急冷凝固によるこの利点を生かして、従来は考えられていなかった多量の合金元素の添加や微細希土類酸化物の均一分散などにより、マトリックス合金自体の特性を改善する研究も行っている。更に、高温特性の優れているセラミックス粒子を強化材に使用することも検討しており、これらプロセスの組み合わせにより、 $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ の温度域で使用可能な、耐熱性軽量高強度材料の実現を目指している。



TiAlの分散で改善されたTi合金のクリープ特性



Ti合金マトリックス中に球形TiAlが分散している粒子強化複合材料の組織写真

電子状態から高温超電導機構の 解明へ

超電導になる臨界温度 T_c が液体窒素温度の 77 K よりも高いイットリウム系酸化物超電導体としては、 T_c が約 90 K の $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (Y123) と T_c が約 80 K の $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ (Y124) とがあり、両酸化物の構造や物性の類似性・非類似性が、高温超電導機構の解明との関連で注目されている。当研究所でも、両酸化物について、伝導現象の鍵を握っているフェルミ面（伝導にあずかる電子が形作る等エネルギー面）を固体電子論から求めるなどして、電子状態の違いを中心に

理論的な研究を進めている。

両酸化物の類似性としては、結晶内の Cu-O 平面の電子状態やホール係数（電流と磁場とで電圧が発生する程度）にはほとんど違いがないこと、などが明らかになった。一方、非類似性としては、Cu-O 鎖の電子状態、特に酸素の p 状態のエネルギー準位に大きな違いが認められて、Y123 は容易に酸素欠損を生じ Y124 では酸素欠損を生じにくいという実験事実を定性的に説明し得ることや、常伝導状態では Y124 は Y123 よりも物性の異方性が強いと予想されること、などがわかってきた。

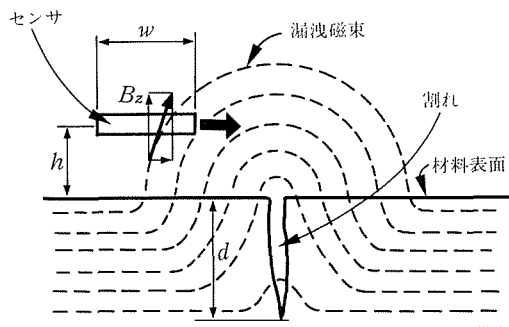
光CVD法で結晶性SiC膜の 合成に成功

結晶性 SiC（炭化ケイ素）膜は 400℃ 以上の高温でも半導体特性が劣化せず、しかも放射線損傷に強いので、原子炉環境で用いる半導体材料として有望である。結晶性 SiC 膜はプラズマ CVD（化学蒸着）法やスパッタ法で作られているが、イオン衝撃や不純物混入による欠陥生成が問題であった。低欠陥膜を得る合成法としては光分解を利用する光 CVD 法が知られているが、低温反応であるために、結晶性 SiC 膜よりも性能が低い非晶質膜しか得られていなかった。

当研究所では、光 CVD 法で結晶性 SiC 膜を合成する研究を進めていたが、金属、セラミックス、有機材料等の基板表面にあらかじめ炭素を単原子層以上の厚さに蒸着しておけば、基板温度が 250℃ 以下の低温でも結晶性 SiC 膜が得られることを見いだした。

例えば基板としてポリエチレン膜上に炭素を 10 nm の厚さに蒸着したものを使用した場合、ジシランとアセチレンの混合ガスを合成原料とし、エキシマレーザによる波長 193 nm の紫外線で光分解を行わせると、結晶粒径が最大 50 nm の β 型 SiC からなる多結晶膜が生成した。

微小欠陥検出用磁気センサの 最適設計



表面に割れを持つ鉄鋼材料を磁化すると、割れから磁束が空气中に漏洩する。ホール素子など磁気を電気に変えるセンサを材料と相対的に移動させ、この漏洩磁束を測定して表面欠陥を検出するのが、漏洩磁束探傷法である。

当研究所は漏洩磁束探傷におけるセンサ寸法 w 、欠陥寸法 d 、測定高さ h などが漏洩磁束の垂直成分 B_z の測定値に及ぼす影響を詳細に調べて、定量的な関係式を導いた。微小欠陥の検出能力を向上するためにはセンサを小さくする必要があるが、この関係式によりセンサの寸法を最適に設計することが可能になった。

創立35周年記念金属材料技術研究所研究発表会の御案内

当金属材料技術研究所では、所員の研究活動をより広く御理解いただき、その成果を御活用願うために、毎年研究発表会を開催しております。当研究所の創立35周年に当たります本年度は、新材料創製の重点研究として取り組んでいる「超電導技術(マルチコアプロジェクト)」、「新合成技術による材料創製」、および「金属間化合物材料の開発」を主題として選び、これら3分野における当研究所の最新の研究成果を、午前と午後に分けて発表いたします。皆様方の御来聴をいただきたく、御案内申し上げます。(聴講自由、御来場の方には概要集を差し上げます)

日時：平成3年11月14日(木) 10:15~17:00

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03-3719-2271

(東急東横線・地下鉄日比谷線 中目黒駅下車徒歩10分、JR山手線恵比寿駅下車徒歩15分)
(東急バス(渋谷⇄大井町④系統)東京共済病院前下車徒歩3分)

※ プ ロ グ ラ ム ※

10:15~10:25 あいさつ

所 長 新 居 和 嘉

＝ 超電導技術(マルチコアプロジェクト) ＝

10:25~12:25 (座長：筑波支所長 岡 田 雅 年)

1. 高温超電導材料の高性能化

第1研究グループ総合研究官 前 田 弘

高温超電導体が発見されて以来5年が経過し、一時の異常な臨界温度競争は一段落した。現在は、高温超電導の発現機構に係わる基礎物性をはじめ、応用と実用化を目指した研究開発が着実に進行している。ここでは、ビスマス系酸化物超電導体を中心に、その材料化・応用化を図っていく上において、特性的にあるいは合成上、どのような特徴や問題があるかを明らかにするとともに、今後の発展性について述べる。

2. 酸化物超電導体の線材化と成膜技術

表面界面制御研究部長 戸 叶 一 正

当研究所は、酸化物超電導体を各種の電力機器やエレクトロニクスに応用するのに必要な、材料学的研究や基盤技術の開発を行っている。既に、ビスマス系酸化物超電導体のドクターブレード法やデ IPPコート法によるテープ化・高電流密度化、積層蒸着法による構造周期の制御などに成功している。ここでは、これらの研究開発の現状を紹介し、更に将来展望についても触れる。

3. 超強磁界マグネットシステムの開発とその応用

第1研究グループ第3サブグループリーダー 井 上 廉

新超電導材料の各種計測・評価、解析などには、従来の磁界レベルを超えた超強磁界が必要である。当研究所では、国際的な共同研究等への活用を目的とし、パルス状の超強磁界を発生する80T級ロングパルスマグネット、大きな空間に定常磁界を発生する20T級大口径超電導マグネット、定常強磁界の40T級ハイブリッドマグネット、および時間的・空間的に磁界が均一な超精密磁界マグネットの開発を進めている。これらのマグネットの開発とその応用について述べる。

12:25~13:30 休 憩

＝ 新 合 成 技 術 に よ る 材 料 創 製 ＝

13:30~15:30 (座長:基礎物性研究部長 吉 川 明 静)

4. 燃焼合成法による化合物材料の製造

第3研究グループ第3サブグループリーダー 海江田 義 也

2種類以上の物質の間の反応熱を利用して化合物を製造するのが、燃焼合成法である。当研究所は、酸化物や金属間化合物を、この方法で合成する技術を開発した。特に、TiNiの燃焼合成では、従来法で作ったものと同等以上の性能を持つ形状記憶材料を、工業的に生産し得ることが実証された。本講演では、研究開発の現状と、燃焼合成法で実際に生産している材料の特性について展望する。

5. 気相-液相-固相反応によるウイスカの作製

機能特性研究部第3研究室長 中 谷 功

物質のサイズを極端に小さくしていくと、日常我々が目にする塊状物質とは著しく異なった性質を示すようになる。当研究所では不純物微粒子を用いたCVD法により、ホウ化チタンの極細単結晶(ウイスカ)を気相-液相-固相反応で成長させるのに成功した。本講演では、ホウ化チタンウイスカの作製法とその結晶学的性質についての研究成果を紹介し、導電材料や複合材料等への応用について展望する。

6. 液滴エピタキシ法による擬ゼロ次元半導体の創製

表面界面制御研究部第3研究室長 小 口 信 行

半導体の微結晶を別の半導体で埋め込んだ構造、これが超単色半導体レーザ等に期待される量子井戸箱と呼ばれる擬ゼロ次元半導体材料である。当研究所では、この新しい人工物質を作製する方法として、微小液滴を利用する結晶成長法-液滴エピタキシ法を開発した。ここでは、この液滴エピタキシ法を紹介するとともに、擬ゼロ次元III-V族化合物半導体材料開発の今後についても展望する。

15:30~15:40 休 憩

＝ 金 属 間 化 合 物 材 料 の 開 発 ＝

15:40~17:00 (座長:反応制御研究部長 古 林 英 一)

7. 軽量耐熱TiAl化合物の組織制御による高性能化

第3研究グループ総合研究官 辻 本 得 蔵

ここ10年ほどの間に、金属化合物TiAlは脆いだけの物質から、塑性加工などによりさまざまな形状を付与できる高性能構造材料へと変身した。TiAlに関する最近の進展の一つは、TiAl-Ti₃Al 2相共存領域の組成依存性を利用した組織制御に基づいている。本講演では、凝固制御・加工熱処理によって得られる常温延性改善や超塑性発現など当研究所で開発した技術を紹介し、将来の発展方向を展望する。

8. 一方向凝固による金属間化合物の室温延性改善

反応制御研究部第3研究室長 平 野 敏 幸

金属間化合物は、構造材料や機能材料に適した多くの優れた特性を持っているが、室温で著しく脆いために、実用化されていないものが多い。当研究所では、フローティングゾーン法を用いた一方向凝固により凝固組織を制御して、Ni₃Al金属間化合物の室温延性を大幅に向上させる方法を見出した。60%以上の室温引張り伸びを実現したこの新しい延性改善法の、特徴と研究の成果を紹介する。

11月の研究発表（国内分）

学・協会名	開催期間	発 表 題 目	発表者（所属）
日本機械学会・材料力学講演会（金沢・金沢大学）	11.1～11.2	1. 高温低サイクル疲労の時間依存強度評価	山口弘二(損傷)ほか
日本分析化学会研究懇談会（栃木県・喜連川町）	11.5～11.6	1. アルカリろ紙法による大気汚染分析とイオンクロマトグラフィー	馬場晴雄(環境)ほか
表面技術協会（つくば・工業技術院筑波研究センター）	11.6～11.8	1. 反応性イオンプレーティング法によって作製したNi-TiC 複合皮膜の組織と特性 2. スパッタリング法によるマイクロアクチュエーター用Ti-Ni形状記憶薄膜の作製 3. ADC12のアノード酸化挙動に及ぼす铸造条件の影響	石田 章(第3)ほか 石田 章(第3)ほか 福田 豊(環境)ほか
日本分析化学会（東京・慶応大学）	11.21～11.23	1. グロー放電質量分析法における水素混合ガスの効果 2. イオン交換分離/ICP 発光分析法による高純度鉄中の不純物の多元素同時定量	斉藤守正(計測)ほか 山田 圭(計測)ほか
低温工学協会（神戸・神戸国際会議場）	11.25～11.27	1. ディップコート法によるBi-2212 シールド容器の作製	北口 仁(第1)ほか
粉体粉末冶金協会（岡山・岡山カルチャーセンター）	11.26～11.28	1. 展開したNi-Al合金の自然発熱特性 2. ディップコート法Bi2212テープ材（I）—熱処理条件と超電導特性 3. ディップコート法Bi2212テープ材（II）—一級コイル磁石の作製	藤井忠行(反応)ほか 北口 仁(第1)ほか 北口 仁(第1)ほか

◆特許速報◆

●出願

発 明 の 名 称	出 願 日	出願番号	発 明 者 名
Ti/Al基金属間化合物の製造方法	3. 6. 20	03-174698	村松祐治
酸化物超電導線材の方法	3. 6. 28	03-184058	田中吉秋, 小森和範, 浅野稔久, 前田 弘, 福富勝夫

◆短 信◆

●外国人研究員の受入れ

氏 名 趙 秀平, 金 春吉, 張 永昌,
李 将禄

所 属 中華人民共和国 ハルビン師範大学
テーマ 金属間化合物熱電材料の開発に関する研究
期 間 平成3年8月9日～平成3年11月8日

●海外出張

氏 名	所 属	期 間	行 先	用 務
升田 博之	環境性能研究部	3.8.10～3.8.18	スイス連邦共和国	国際会議出席
櫻井 健次	計測解析研究部	3.8.11～3.8.17	アメリカ	国際会議出席
松島 志延	第5研究グループ	3.8.18～3.8.27	中 国	第7回アジア太平洋腐食会議出席
松本 武彦	基礎物性研究部	3.8.26～3.9.8	連合王国	国際会議出席
中谷 功	機能特性研究部	3.8.27～3.9.1	アメリカ	第6回スペーススラブJ代表研究者会議

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所
(本 所) 〒153 東京都目黒区中目黒2-3-12
TEL(03)3719-2271, FAX(03)3792-3337
(筑波支所) 〒305 茨城県つくば市千現1-2-1
TEL(0298)51-6311, FAX(0298)51-4556

通巻 第394号 平成3年10月発行
編集兼発行人 真 鍋 烈
印 刷 所 株式会社 三 興 印 刷
東京都新宿区西早稲田2-1-18