

金属と有機物のハイブリッド“磁性流体” —— 超微細粒金属磁性流体を開発 ——

磁性流体は液体であるにもかかわらず、磁界をかけると通常の鉄の塊のように強く磁化する物質である。この一見変わった物質は、直径約 100Å (10^{-5}mm) の強磁性微粒子を、炭化水素油などの液体中に高濃度で分散させたハイブリッドで、粒子は界面活性剤で被覆されているため凝集することなく、均一に分散している。

磁性流体は、流体としての性質と磁性との相互作用で、特殊な性質を示し、現在、主として回転軸真空シールに利用されている。この場合、油状で軸と軸受けのすき間を充たしている磁性流体が、そのすき間に磁界をかけることにより、弾性のあるゴムのような状態となり、高い圧力差の下でもシーリング効果を発揮する。さらに磁性流体エンジン、ディスプレイ、光・電波・音波などの制御素子への応用が提案されているが、これを実現するためには磁化の大きい高性能磁性流体の開発が前提である。

現在用いられている酸化鉄微粒子による磁性流体の磁化の大きさは、 $200\sim 400$ ガウスが限界であるが、鉄(Fe)、コバルト(Co)などの強磁性金属微粒子を用いた場合 1500 ガウス程度が期待できる。しかし、磁性の大きい微粒子は凝集しやすく、それを防ぐためには粒子をさらに微細にすることが必要である。

当研究所では、界面活性剤で覆われた炭化水素

油面に金属を直接真空蒸着し、蒸着の初期に、粒度の揃った微粒子が個々に孤立して液面に形成された状態(島状構造)を利用した金属粉磁性流体を製造する方法を開発した。この方法により現在得られているCo磁性流体は、 $50\sim 80\text{Å}$ の粒径をもつCo粒子が、アミノ基を極性基とする鎖状有機分子に包まれ、トルエン中に分散した構造をもち、磁性の強さは約 300 ガウスである。

この方法は、CoのほかFe、Fe-Co合金にも適用することができるほか、これら金属の粒子径を制御すること、いったん製造した磁性流体を使用目的に応じて種々の溶媒に置換することも可能である。

現在、磁化の値をさらに大きくすることおよび金属磁性流体の示す物性について研究を進めている。

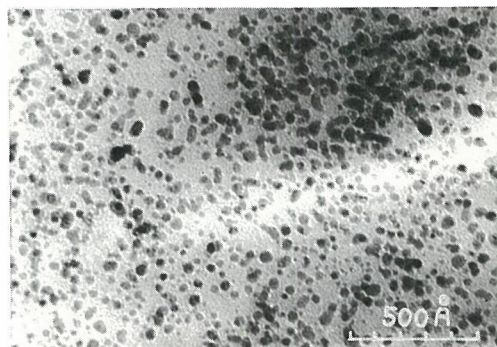


写真 当研究所で製造したコバルト磁性流体の電子顕微鏡写真。

自己修復性皮膜を利用した固相接合

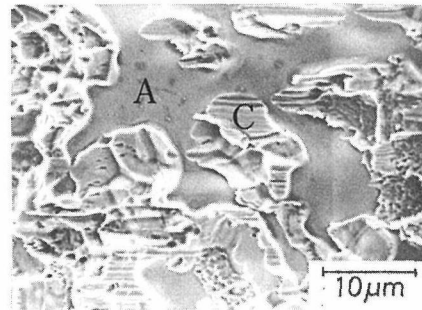
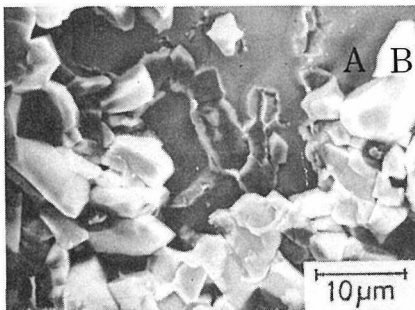
—— 界面の構造制御により接合力強化 ——

極めて厳しい条件下で作動する核融合炉やガスタービン用材料は、強靱で、優れた耐熱、耐食、耐摩耗性を有することが要求される。このためには靱性、加工性に優れた金属の表面に、耐熱、耐食および耐摩耗性に優れたセラミックスを接合した表面複合化材料が最も有望とされている。しかしながら従来の表面複合化材料は、金属とセラミックスの密着が悪く、セラミックス層が割れたり剥離したりするという大きな欠点をもっている。

当研究所では、これまで金属材料の表面について活発な研究を行ってきたが、SUS321 ステンレス鋼のようにチタン(Ti)を含む合金を真空中で加熱すると、表面に炭化チタン(TiC)皮膜が析出するという現象を見いだした。この皮膜は剥離しても加熱すると再び合金内部から再生し、自己修復性を示した。このように合金内部から析出した皮膜は、その構成元素が合金の表面から内部へと濃度勾配をもっているため、合金表面とのなじみは当然良いものと考えられる。そこで、この皮膜を金属とセラミックスの接合に利用することを考えた。あらかじめTiCを表面析出させたSUS321ステンレス鋼に、活性化反応蒸着法(イオン化した元素を蒸着する方法)によるTiCのコーティングを試みた。この試料に真空中で熱サイクルを与えたが、コーティング皮膜の亀裂の伝ばは少なかった。このように界面の構造を接合に都合の良いように制御することによって、優れたセラミックコーティング皮膜が得られることを確認した。

金属にセラミックスの板を接合した材料は、スペースシャトルなどに使用され、剥離の問題で注目をあびたが、バインダーを使用せず、固体同士が接合する固相接合を用いれば、さらに高温で安定なものを作ることができる。そこでさらに自己修復皮膜を固相接合に利用することを試みた。

Tiを含むSUS321 ステンレス鋼とTiを含まない304ステンレス鋼を超高真空、水素およびアルゴンガス雰囲気中で、アルミナ・ブロックに0.8kgf/mm²の圧力で押し付け1200°C、10分間加熱した。予想したとおり321 ステンレス鋼の場合はいずれの雰囲気の場合もよく接合し、その強度は約2.6kgf/mm²であった。破断部を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察すると写真aに示すようにアルミナが金属側に付着しており、破断はアルミナ母材中で起こっていることから、セラミックスの種類や加工条件を選ぶことによりさらに強力な固相接合が得られることが予想される。これに反してTiを含まないSUS304ステンレス鋼の場合は、写真bに示すようにアルミナ母材が押し付けられた痕跡が残っているだけで、接合は行われていない。そして、このステンレス鋼表面にイオウが偏析していることが認められた。以上のことは、TiCの析出により界面の構造を制御した合金は、セラミックスとの固相接合が可能であることを示唆しており、今後の研究によって、多方面に応用できる強力な表面複合化材料の開発が期待される。



a 写真 a, b 試験後の金属側のSEM像。

- A: ステンレス素地。
- B: ステンレスに接合したアルミナの破面。
- C: ステンレスにアルミナを押し付けた痕跡。

機械的性質に優れしかも経済的なAl-Pb-Bi 超電導線材を開発

最近新しい医療用断層診断装置NMR-CTが注目されている。これは2テスラ(T)程度の磁界で作動するが、通常の磁石の代りに超電導マグネットを使用すれば高性能化と高精度化が可能となる。そしてこの程度の磁界を得るための超電導線材として、従来のニオブ(Nb)系の代りに、2.2Tの臨界磁界をもつ鉛(Pb)-ビスマス(Bi)合金系が使用できる。Pb-Bi系は加工が容易で、経済的な利点ももっているが、機械的強度の面で問題があった。

当研究所では、Al-Pb-Bi合金を引抜き加工することにより、Al母相中にPb-Bi合金繊維が引抜き方向に配列した構造をもつ超電導線材を開発した。この材料中のAl母相は強度を高めるのに役立つほか、超電導状態を安定に保つための保護材として働く。この線材の超電導性を保つ最大の電流密度は4.2K, 1Tで 10^3 A/cm²を超え、実用化への道が期待される。

(科学技術振興調整費研究)

形状記憶効果をもつ鋼を発見

あらかじめ変形させたものを一定温度に加熱すると以前の形に戻るといった特性をもつ形状記憶合金は、宇宙船のアンテナなどに使用されている。しかしながらこのユニークな機能をもつ材料はほとんどが高価な非鉄系合金である。

当研究所では、機械的性質が優れしかも経済的なオーステナイト鋼でこの効果をもつものを見いだした。これは変形の際、応力誘起変態し、試料形状の変化につれて生じた板状マルテンサイト(塑性変形はない)が、加熱によりもとの形のオーステナイトに戻る特性を利用したもので、オーステナイト

も塑性変形しない(弾性変形のみ)ことが条件となる。

現在までにNi27~30%, C0.4~0.8%の鋼が得られたが、変形温度は-196°C、復元温度は300~400°Cである。この温度差を縮めるため、第3元素の添加の効果などについて目下研究を進めている。

(機能材料研究部)

アーク炉による金属粒子製造企業化研究の段階へ

アーク炉などで溶解した金属を高速回転子に滴下し、遠心力により飛散させることにより、粒子を製造する方法を開発した。本法は、装置内の不活性雰囲気を変えることにより冷却速度を制御することが可能で、融点の高低を問わず金属粒子を得ることができる。

本法の企業化研究が、新技術開発事業団のあっせんにより、石福金属興業(株)において進められている。写真に示す実用化試験装置で、銀合金など貴金属材料について良好な結果が得られており、量産化も近い。(工業化研究部)

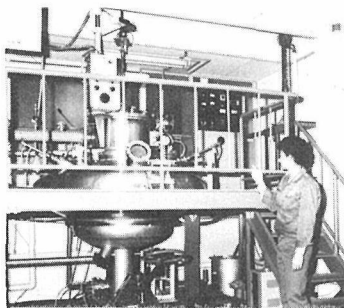


写真 金属粒子製造装置

超音波非破壊検査法によるクリーブ損傷の定量化に成功

火力発電プラント設備の多くは老朽化が進んでおり、耐用年数に近づいているものも多い。したがってプラントの信頼性、安全性確保の点から、材料の余寿命の予測

は重要な課題となっている。

余寿命予測には、クリーブ破断試験などによる破壊検査が主として行われてきた。そして材料の密度低下は、クリーブ余寿命と密接な関係にあることがわかってきた。非破壊検査による余寿命予測が確立されれば、定期検査時に適用でき、材料を破壊することなく検査できるので、得られるメリットは極めて大きい。

そこで当研究所では、長時間クリーブにより欠陥が生じ、密度の異なるボイラー用鋼の超音波特性を調べた。その結果、音速の低下、エネルギー損失の増大と密度低下が密接に対応することを見いだした。この結果、クリーブ損傷の非破壊的定量化が可能となった。

(材料強さ研究部)

磁気冷凍作業物質の評価試験装置を試作

当研究所では、科学技術振興調整費研究の一環として、気化したヘリウムを再液化し、さらに超流動ヘリウムを作る極低温用磁気冷凍機に用いられる作業物質(希土類磁性体)の開発研究を進めている。そして今回その評価試験装置を試作した。

本装置は繊維強化プラスチック(FRM)製低温容器内に組み込んだパルス型超電導磁石により6テスラの磁界で、断熱容器内の試験物質を5秒以内で磁化あるいは消磁できる。そしてこれに伴って発生あるいは吸収する熱量を測定する。また磁界を一定に保持した状態で試験物質の熱伝導率を測定することもできる。超電導磁石は内径80mmφの円筒状コイルを重ねたスプリット・ソレノイド型で、磁界の均一性が高く、種々のパターンで磁化あるいは消磁が可能である。

現在、本装置を用いて、新たに開発したGd₃(Ga_{1-x}Al_x)₅O₁₂ガネット単結晶の冷凍性能を調べている。

(極低温機器材料研究グループ)

1984年外国人来訪者一覽(筑波支所)

来訪者合計 118名

国名	人数	月日	氏名	所属機関
西ドイツ	22	1. 24	Dr. J. Wittig	Institute of Solid State Physics
		4. 3	Mr. G. Petzow	Max Planck Institute
		6. 19	Dr. H. Adrian	Physikalisches Institute ber Erlangen-Nürnberg Universität
		8. 24	Dr. P. Haasen	Universität Göttingen
		9. 6	Prof. K. E. Heusler	Technical University of Clausthal
		9. 21	Dr. Rohrbach	Bundes Anstalt Für Materialprüfung
		9. 27	Dr. Heinz	Institut Für Technische Physik, KfK
		10. 3	Dr. E. Follath	Stern Magazine
		10. 23	Dr. C. Strassburger	Thyssen Research Thyssen Stahl Ag
		11. 30	Prof. H. Ullmaier	KFA Inst. für Festkörperforschung Jülich
		12. 1	Mr. D. Kaletta	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
		12. 13	Mr. M. P. Macht	Hahn-Meitner-Inst
		中国	21	3. 29
4. 10	孫栢琴 室長			中国鋼鉄研究総院
8. 31	龐兆明 氏			中国金属学会
9. 7	葛庭燧 所長			中国科学院固体物理研究所
11. 9	許龍元 氏			撫順磁務局工学院
12. 4	王得明 氏			北京有色金属研究所
12. 10	李恆德 所長			清华大学材料研究所
12. 14	羅陽 室長			北京鋼鉄総院
4. 5	金淵植 教授			ソウル大学
7. 19	韓松暉 助教授			ソウル大学
韓国	20	9. 28	韓国財界記者クラブ	13名
		11. 7	Mr. Kim Jimwoo	Korea Military Academy
		12. 3	李 所長	浦項総合製鉄(株)東京事務所
アメリカ	10	1. 6	Dr. R. Tuege	TEKTRONIX
		3. 13	Dr. R. J. Marsh	Teledyne Wah Chang
		4. 18	Dr. R. J. Wasilewski	National Science Foundation
		9. 25	Dr. A. Tauder	Electronics Technology & Device Laboratory
		12. 10	Mr. F. A. Garner	Hanford Engeneering Dev. Lab. Westinghouse
		12. 10	Mr. P. W. Trester	G. A. Technologies Inc.
		12. 11	Mr. P. J. Maiasz	Oak Ridge National Lab.
		12. 12	Mr. E. P. Simonen	Battelle Pacific Northwest Lab.
		12. 17	Prof. D. Antolouch	Georgia Institute of Technology
		10. 22	Mr. N. Rattana	Ministry of Science, Technology and Energy
タイ	4	5. 1	Prof. R. A. Stradling	Andrews Univ
		5. 15	Prof. G. W. Greenwood	University of Sheffield
イギリス	3	8. 24	Prof. A. Endersbee	University of Monash
		11. 8	Dr. P. M. Kelly	Australian Atomic Energy Commission
オーストラリア	3	2. 6	Dr. J. C. Vallier	Teledyne Wah Chang
		9. 12	Dr. G. Orange	Institut National des Sciences Appliquees
フランス	2	5. 11	Dr. G. Brianti	CERN
		3. 19	Mr. K. P. Mukherjee	National Metallurgical Laboratory
スイス	2	3. 20	Mr. P. H. Seow	Singapore Institute of Standards and Industrial Research
		12. 14	Mr. J. D. Elen	Netherland Energy Research Foudation ECN.
インド	1			
シンガポール	1			
オランダ	1			
その他	28	5. 19		ICFA

中川所長、藤波原研理事長と原子力開発のための材料開発について会談

中川所長は去る12月13日、原研東海研究所において藤波理事長との間で定例の意見交換を行った。

この会談の中で、藤波理事長は特に、JIT-60の研究開発の現状について紹介するとともに、核融合炉実験炉の実現のため、核融合炉プラズマに耐える材料の開

発や超電導磁石の開発等に積極的に取り組んでいる旨説明、一方中川所長は、当面の課題として現在行っている研究協力に加えて、新たにイオン注入に関する研究などを共同で実施することを提案、これについては今後研究担当者レベルで検討することになった。

◆短 信◆

●人事異動

昭和59年12月31日付

退職 森本一郎 金属化学研究部長

昭和60年1月1日付

併任 金属化学研究部長

中川龍一(所長)

●海外出張

金尾正雄 科学研究所官

日仏科学技術研究交流に関する打ち合せ及びベルサイユサミットに基づく研究協力プロジェクト「新材料と標準」の第3回運営委員会に出席のため、昭和60年1月5日から昭和60年1月17日まで、フランス共和国へ出張。

原田広史 エネルギー機器材料研究グループ
「γ析出強化型Ni基超耐熱合金のマイクロ組織と高温特性の関係」について研究するため、昭和60年1月29日から昭和61年1月28日まで、英国へ出張。

通巻 第314号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 越川隆光

印刷 株式会社三興印刷

東京都新宿区信濃町12

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)