

NO. 7

金材技研

1984

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

期待される新素材—FRM

—— 複合材料としての特性を生かす ——

金属を強くしようとする努力は、古くから行われてきたが、最近、炭素、ホウ素、セラミック、ウイスキーなどの強度の高い繊維で金属を強化した複合材料FRM(Fiber Reinforced Metals)が、新素材として注目を浴びている。釣竿、クラブシャフトなど、我々の身近なものの材料として使われている複合材料FRPは、素地がプラスチックであるのに対し、FRMは素地に金属を用いるため、FRPでは得られない特性が期待できる。

FRMやFRPの強化機構は、強化用繊維の体積率に比例して強くなるという、単純な複合則によるものである。密度が小さく、弾性率や強度が高い繊維を用いた複合材料の最大の特長は、比強度(引張強さ/密度)、比弾性率が高いことである。素地及び強化用繊維に適切なものを選ぶことにより、鉄鋼の強さと、アルミニウムの軽さを併せ持った材料を得ることが夢ではなくなった。

FRMは素地が金属であるため、ある程度高い温度でもこの特長を維持することができるほか、耐摩耗材料、防振・防音材料及び特殊な熱・電気特性をもつ機能材料としての利用も期待される。

現在実用化されているものとしては、自動車のピストン系の摩耗防止のために、アルミニウム素地に強化用繊維としてアルミナ・シリカ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)繊維を組合せたFRMを、ピストンヘッド

に使用したものなどがある。

繊維強化複合材料の研究は、工業技術院の「次世代産業基盤技術開発研究」テーマの一つとして、産学官の協力によって進められており、当研究所もこれに参画し、積極的な研究を行っている。

すなわち、FRMの中間素材としてのプレシートの作製、強化用繊維と金属の界面反応、FRMの耐摩耗性及び減衰能特性などについて多くの研究成果をあげ、この分野において高く評価されている。さらに最近、FRMの疲労特性を調べた結果、繊維の高弾性率を最大限に活用して、高性能ばね材料用FRM開発の可能性を見いだした。

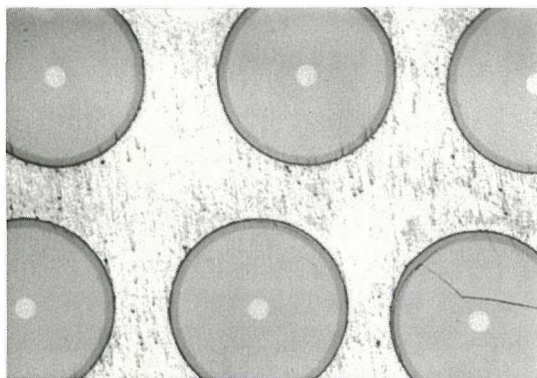


写真 B₄C/B-Al FRM (×200)

ホウ素で強化したアルミニウム合金複合材料

—— 軽くて、へたらないばね材料への開発へ ——

複合材料の強度、弾性率などは、素地と強化用繊維のそれぞれの値から、複合則によって予測することができる。そこで、これまでのFRMの研究は、できる限り複合則に近い性質をもったものを作ることが主流であった。しかしFRMの成形技術の発達によって、その可能性の見通しがついたので、最近では応用面に関心が高まりつつある。

当研究所では、FRM用の強化用繊維のもつ高強度、高弾性率、特に比弾性率が高いという性質を有効に活用するために、ばね材料としての適用性について検討している。そして、軽くて弾性率の高い繊維を金属素地中に適切に分布させることによって、少量の繊維で疲労特性が優れ、しかも“へたり”のないばね材料が得られる可能性を見いだした。

強化用繊維としては、ばね材料としての靱性を考え、炭化ホウ素(B₄C)を化学蒸着で被覆したホウ素(B)繊維を使った。また素地には、軽量化のために強化アルミニウム合金(6061)を選んだ。試料の作製は、当研究所で開発した独自の装置によって繊維を配列し、これに不活性なアルゴン(Ar)雰囲気中で6061合金をガス炎溶射して、シート状の中間複合素材を得た。そしてこのシートを積み重ね、ホットプレス法によって成形し試験片とした。

FRMの性質には、繊維の分布や配列、ホットプレスにおける各種の条件などの多くの因子が関係するが、特に繊維の分布状態について調べた。すなわち、板状試験片の荷重方向に垂直な中立面に対称な平面上に同一の繊維分布を持った各種のFRMを作製した。

そしてこれらのFRMの弾性率を振動法によって測定した結果、ほぼ理論値に近い値を示すことを確めた。この板状試験片についての曲げ疲労試験を、定振幅の片振りで行うとともに、疲労試験中に弾性変形量が減ずることによる応力低下、いわゆる“へたり”を試験過程で測定した。

図に示す実験結果は、上下に各1層のみ繊維を配した板状試験片について、種々の初期応力で繰

返し曲げ試験を行い、その間の応力変化を調べたもので、1000万回後でも、へたりによる応力低下があまりないことがわかる。またこの試料の曲げ強さは90kgf/mm²と非常に高く、しかも曲げ強さの80%以上という高い応力の繰返し試験にも耐えることができる。一方、素地合金(6061)のみの場合は、図の下方に見られるように、複合材の1/5にも満たない低い応力でも、1000万回に至る以前に破断した。

なお上下に各2層ずつ繊維を配置した場合には、曲げ強さは向上するが、疲労試験の結果は、1層の場合と同程度か、やや劣る傾向が認められた。そして繊維の配置は、表面層に近い程有効に働くことを確認した。

以上のように、この種の複合材料は、従来の鋼製のばね材と同程度の曲げ特性を持つにもかかわらず、見掛け密度が1/5程度しかないことから、高速で駆動する部品への応用が期待される。

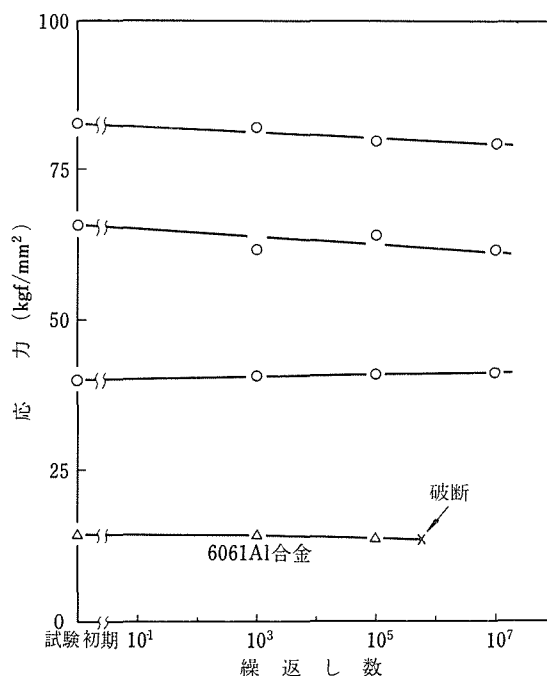


図 上下表層各1層のみにB₄C被覆B繊維を含む6061Al合金FRMの疲労によるへた特性(初期応力と繰返し試験後の応力)

初析フェライト中の合金元素の分配率を究明

合金鋼には、炭素（C）のような侵入型固溶原子と、マンガン（Mn）、ニッケル（Ni）及びケイ素（Si）のような置換型固溶原子の二つのタイプの合金元素が含まれているが、この両者の鋼中での拡散速度は数桁のオーダーで異なっている。そのため、オーステナイト相からフェライト相が生ずるときの核生成と成長のメカニズムは非常に複雑である。二つの相の混在を利用して組織を微細化し、鋼を強靱化するためには、このメカニズムを解明することが必要である。

そこで当研究所では、Fe-C-X（XはMn、Siなど）3元合金を用い、初析フェライトーオーステナイト界面付近の置換型合金元素の濃度（分配率）などを測定して、これが2相組織生成時の界面の平衡条件及び成長速度にどのような効果を及ぼすかを詳細に調べている。このような研究は、鋼の複雑な変態挙動の解明に貢献するとともに鋼の強靱化に寄与するものと期待されている。

（強力材料研究部）

世界最強の単結晶Ni基耐熱合金を開発

単一の結晶からできている耐熱合金は、高温で脆弱な結晶粒界を含まないため、優れたクリープ破断強度を示す。当研究所では、電算機を用いた合金設計法により、これまでTMS-1（7.5Co-5.5Cr-16.6W-5.2Al-5.1Ta-残Ni）合金など数種の、クリープ破断強度が極めて高いガスタービン動翼用単結晶耐熱合金を開発した。

これらの開発合金は、1313K（1040℃）・137MPa（14kgf/mm²）の試験条件下で、1500時間以上のクリープ破断寿命を示した。この値は、米国で最近実用化された単結晶合金 Alloy 454 の約3倍でクロム（Cr）

を含有する実用合金としては世界最強のものである。

なお本研究結果は、工業技術院の「次世代産業基盤技術開発研究」に参画し、その中の1テーマ「高性能結晶制御合金の研究」において得られたものである。

（エネルギー機器材料研究グループ）

ルビジウム—酸素系に低融点共晶の存在を確認

軽水炉燃料の再処理時に放出されるクリプトン（Kr）-85は、半減期約10年でβ-崩壊してルビジウム（Rb）-85に変化するが、その回収及び長期貯蔵技術が、世界各国で検討されている。当研究所でも、動燃事業団からの委託により、Rb及びそれに混入する酸素（O₂）や水分による脆化、腐食、応力腐食などに注目して、貯蔵容器用材料の安全評価のための研究を行っている。

Rbの腐食に対する混入酸素の影響を調べる研究過程で、Rbの融点がO₂添加によって著しく下がることを見いだした。そこで、熱分析によりRb-O系の相状態を詳細に調べた。その結果Rb-Rb酸化物（恐らくRb₂O）系に、-14℃の融点を持つO₂約1.8重量%の共晶点が存在することを初めて明らかにした。

同じ系の貯蔵物質が固体か液体であるかは、貯蔵容器用材料の脆化、腐食などの特性に大きな影響を及ぼすと思われる。

（原子炉材料研究部）

難加工性金属間化合物TiAlの塑性加工に見通し

チタン（Ti）とアルミニウム（Al）が原子%で1：1の合金は、比重が3.6の金属間化合物である。この材料は、常温から1100K（827℃）の高温まで400MPa（約40kgf/mm²）

以上の強さを保つ優れた特性を示すが、加工しにくく粘り強さが低い点が実用化を阻んでいる。

当研究所では、これまでの基礎的な研究成果を踏まえ、新しい冶金技術と加工技術により金属間化合物材料の粘り強さを改善する研究を積極的に進めている。そして最近、TiAlを塑性加工する際の最適な条件を見いだした。

溶解して作ったTiAl鋳塊は、在来の鍛造や圧延などの方法では加工できない。しかし加熱温度がおよそ1400Kで、単位時間当たりに変形する割合が10⁻³s⁻¹以下では加工に必要な力も小さく、十分な延性を示し、容易に成形加工できる見通しを得た。さらに、20μm以下の極めて微細な結晶粒を有する均質な組織になることも知られた。（金属加工研究部）

海洋環境での強力鋼の腐食疲労解明へ

鉄鋼材料が海水中で、腐食と繰返し荷重（疲労）の両方を同時に受けたときの特性を、正確に評価することは、構造物の安全性にとって重要な問題である。

当研究所ではこれまで、種々の観点からこの問題に取り組んできた。

強度の高い〔≒10³MPa（約100kgf/mm²）〕鋼材を用い、種々の温度（0～数10℃）に保った人工海水中で疲労試験を行い、腐食環境下での疲労き裂が拡大する状況を検討した。

その結果、き裂が拡大する速さは、鋼の中に入ってきた水素の移動する速さによってコントロールされる場合があること、さらに、き裂が拡大する速さは、普通は繰返し荷重をかける速さの影響を受けるが、このような条件下では影響を受けない、特別な荷重範囲があることなどを明らかにした。

この成果は、強度の高い鋼の海水中での腐食疲労特性を、さらに究明する重要な手掛かりとなる。

（強力材料研究部）

受託研究の現況

当研究所は、科学技術庁受託研究規程（科学技術庁訓令第36号）によって、金属材料の品質の改善を図るために必要な研究を受託している。最近2年間におけるテーマは次のとおりである。

最近2年間における受託研究

年度	研究 題 目	研究 担 当 部
57	1 圧力容器構造材料の強度安全性評価法に関する研究Ⅱ 2 炭素繊維—マグネシウム系複合材料に関する基礎研究Ⅱ 3 高強度素材の靱性試験研究 4 高速炉用燃料被覆管のクリープ試験（第12次試験） 5 高速炉燃料被覆管用材料のプロトン照射によるスエリング評価に関する研究 6 回収クリプトン貯蔵シリンダの健全性評価—ルビジウムによる腐食評価（Ⅰ） 7 高温ガス実験炉用 Hastelloy X R の高温疲れ特性に関する研究 8 高温ガス炉ヘリウム雰囲気さらされた耐熱合金の表面変質状態の解析	疲れ試験部 機能材料研究部 強力材料研究部 クリープ試験部 原子炉材料研究部 原子炉材料研究部 疲れ試験部 原子炉材料研究部
58	1 貴金属材料の粉末の製造に関する試験研究 2 高速炉用燃料被覆管のクリープ試験（第13次試験） 3 高強度素材の靱性試験研究 4 回収クリプトン貯蔵シリンダの健全性評価に関する研究—ルビジウムによる腐食評価（Ⅱ） 5 高温ガス実験炉用 Hastelloy X R の高温疲れ特性に関する研究（Ⅱ） 6 ヘリウム雰囲気における Hastelloy X R の浸炭挙動の研究 7 低融点金属粒子の製造に関する試験研究 8 溶接継手の疲労亀裂伝播に関する研究 9 ジョセフソン接合素子関連極低温材料パラメータに関する研究 10 長期使用ボイラ過熱器管の内圧クリープ試験	工業化研究部 クリープ試験部 強力材料研究部 原子炉材料研究部 疲れ試験部 原子炉材料研究部 工業化研究部 疲れ試験部 極低温機器材料研究グループ クリープ試験部

◆内山 郁科学研究官 逝去◆

6月26日(火) しめやかに研究所葬

内山郁科学研究官は、6月4日午後2時心筋梗塞のため急逝されました。

金属材料技術研究所葬は、6月26日(火)午後1時から港区南青山の都営青山葬儀所にてしめやかに執り行われました。引き続き午後2時から告別式が行われ、約230人が参列し、葬儀と併せ約700人が最後の別れを告げました。



◆短 信◆

●受賞

科学技術庁長官表彰（業績表彰）

下記の者は以下の業績に対し、昭和59年5月19日（科学技術庁創立記念日）に表彰を受けた。

増本 剛 金属物理研究部長

未開拓化合物半導体の研究に従事し、それらの単結晶育成法を確立し、物性の解明と新機能及び高性能半導体素子の開発に貢献した。

武内朋之 機能材料研究部長

鉄単結晶の塑性変形に関する研究に従事し、加工硬化、材料強さ等に関する学術及び技術の発展に貢献した。

天野宗幸 機能材料研究部

水素吸蔵合金の研究に従事し、高性能な鉄—チタン—酸素系水素吸蔵合金の開発に貢献した。

小島重信 金属加工研究部

金属材料の成形加工に関する研究に従事し、新しい高温バルジ加工法を考案して汎用性が高く成形性の優れた加工技術の開発に貢献した。

日本鋳物協会功労賞

金属加工研究部・菊地政郎は、永年にわたり協会の運営に尽力し、その発展に多大の貢献をしたことにより昭和59年5月19日、賞を受けた。

日本材料学会論文賞

クリープ試験部・田中千秋、大場敏夫は、「高温ボルト用耐熱鋼の再負荷応力リラクセーション挙動に関する研究」により、昭和59年5月28日、賞を受けた。

村上記念会村上奨励賞

原子炉材料研究部・平岡裕は「モリブデンの溶接に伴う脆性の改善に関する研究」により、昭和59年6月9日、賞を受けた。

●海外出張

武井 厚 腐食防食研究部

第9回国際金属腐食会議に出席のため昭和59年6月2日から昭和59年6月10日までカナダへ出張した。

入江宏定 溶接研究部

レーザ・電子ビームによる金属加工の実情を調査するため、昭和59年6月25日から昭和59年7月23日まで米国へ出張した。

●人事異動

昭和59年6月4日

死 亡

内 山 郁

科学研究官

通巻 第307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
電話 東京(03)359-3841(代表)

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