

## 溶浸法による高比強度複合材料の開発

金属材料科

松下五樹\*

アドバンスコンポジット株式会社

石田公一 北村 仁

## Development of composite materials with high specific strength using an infiltration technique

Itsuki MATSUSHITA, Kouichi ISHIDA and Hitoshi KITAMURA

Magnesium-aluminum oxide based composite materials were developed using an infiltration technique. Firstly, porous precursors were molded by compressing the aluminum oxide powder and fiber. Then, pure magnesium was infiltrated into each precursor in an argon-flow atmosphere. It was found that the aluminum oxide fiber enhanced the bending strength of the composite materials up to 432.6 MPa.

Keywords : composite material, magnesium, aluminum oxide, infiltration technique

キーワード：複合材料、マグネシウム、酸化アルミニウム、溶浸法

## 1 はじめに

近年、車体の軽量化による省エネルギー化を目指す自動車業界をはじめ、多くの分野において軽量かつ高強度な材料が求められており、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）やガラス繊維強化プラスチック（GFRP）などの複合材料が実用化され、様々な分野において利用が広がっている。

軽量高強度材料が必要とされている分野の1つであるロボット産業では、特に半導体などの製造装置において精密な動きの制御が必要とされており、強度のほか吸振性などの特性も要求される。マグネシウム（以下Mg）は密度が $1.74\text{g/cm}^3$ とアルミニウム（以下Al）の $2/3$ 程度、鉄の $1/4$ 程度であり他の構造材料として利用される金属と比較して非常に軽量である上、他の素材に比べて吸振性が高いという特徴がある。しかしながらMgおよびMg合金はAl合金や鉄鋼材料と比較して強度が低いという問題を抱えている。

本研究では軽量金属であるMgを基とした複合材料を開発することにより、密度を抑えつつ強度の向上を図った。複合材料の作製方法としては、比較的簡単な設備で複合化が可能な溶浸法を選択した。溶浸法は粉末を圧粉するなどにより作製した多孔質のフォーム材に対し、融点以上に加熱して溶解させた金属を染み込ませることで複合化を行う。本研究では、外圧は加えずにフォーム材と熔融金属の反応や毛細管現象などを利用して金属を浸透させる自己溶浸法を採用した<sup>1)</sup>。自

己溶浸法はプレス機などの設備が必要無いため、電気炉等の比較的簡単な設備で複合材料が作製できるという利点があるが、一方で金属が浸透していくかどうかは境界面の状態や使用する材料の相性に大きく左右されるという欠点がある。

これまでの研究により、フォーム材に酸化アルミニウム（以下 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）粉末を使用することでMgの自己溶浸による複合材料が作製可能なこと、複合化によって密度の上昇を抑えつつ硬さを大きく向上させることが可能であることが分かっている<sup>2)</sup>。本研究ではフォーム材の $\text{Al}_2\text{O}_3$ について一部を粉末から繊維に置換することにより複合材の機械的性質の向上を目指した。

## 2 方法

図1に自己溶浸法によるMg- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 複合材料の作製方法の概略を示す。フォーム材としては、粉末状 $\text{Al}_2\text{O}_3$ をベースとし、フォーム材のうち所定の質量割合を繊維状 $\text{Al}_2\text{O}_3$ に置き換えた組成比で混合後、50MPaで $\Phi 10\text{mm}$ 、高さ3mm前後に圧粉することでフォーム材を作製した。作製したフォーム材の上に、フォーム材と体積が同程度になるように切り出した金属Mgを置き、高純度アルゴン（以下Ar）をフローさせた電気炉中に設置した。均熱性を保つために一度 $500^\circ\text{C}$ で保持した後、 $700^\circ\text{C}$ まで加熱することで溶浸をさせた（図2）。作製した複合材料は表面を研磨して酸化物などを除去した。

\*) 現 沼津工業技術支援センター 機械電子科

機械的性質の評価においては、ビッカース硬さ試験(荷重: 98.17N) および、セラミック材料の強度試験として広く使用されている3点曲げ試験を行った。

### 3 結果

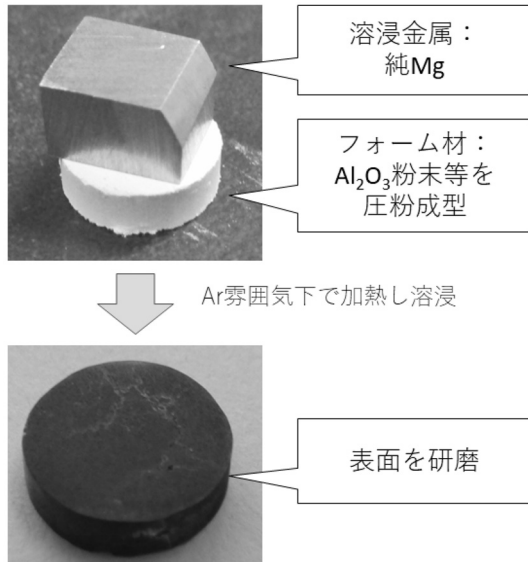


図1 自己溶浸法による複合材料の作製方法

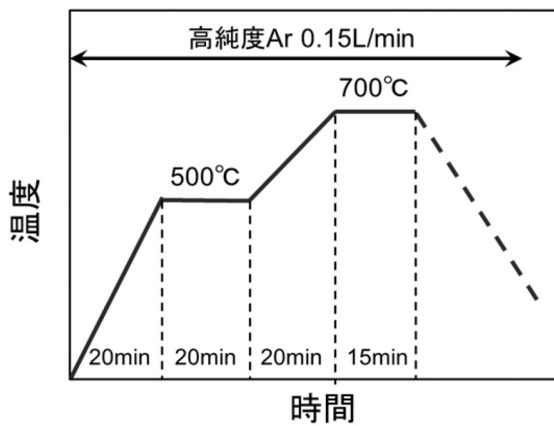


図2 溶浸熱処理条件

図3に、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維の添加量を0-100wt%で変化させた際の曲げ強さの変化を示す。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維添加量を25wt%とした際に最大値である432.6MPaの曲げ強さを得ることが出来た。しかし $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維添加量をさらに増やしていくと曲げ強さは低下傾向を示し、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維添加量が75wt%で最低値となった。なお、同様の条件で測定した金属Mg単体の曲げ強さは300MPa程度であり、複合化により曲げ強さが向上することが確認された。

図4に、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維の添加量を0-100wt%で変化させた際のビッカース硬さの変化を示す。ビッカース硬さも曲げ強さと同様の傾向を示し、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維添加量が

25wt%で最大値となる285HVとなり、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 繊維添加量75wt%において最低値となった。金属Mg単体のビッカース硬さは30HV程度であり、複合化により硬さが大きく向上することが分かった。

### 4 考察

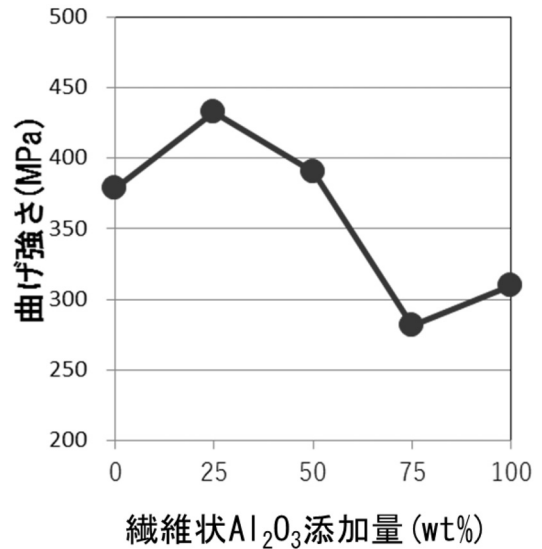


図3 Mg- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 複合材の繊維状 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 添加量に対する曲げ強さの変化

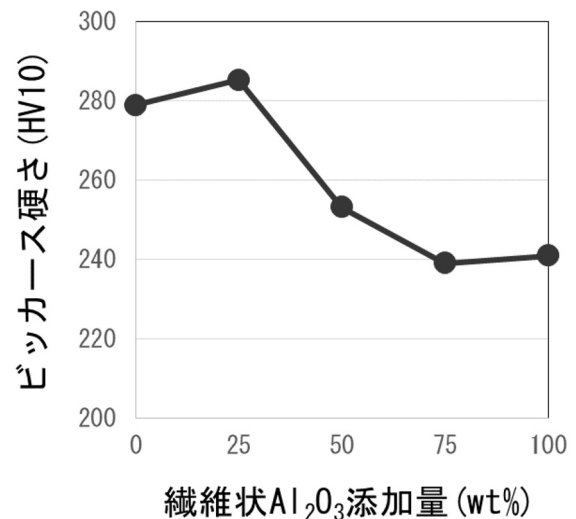


図4 Mg- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 複合材の繊維状 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 添加量に対するビッカース硬さの変化

純Mgに対し機械的性質が向上したMg- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 複合材料であるが、いくつかの問題点を抱えている。1つ目は、溶浸前のフォーム材が非常に脆くて崩れやすく、サンプルの大型化が困難なことである。対策としては圧粉時のバインダーの使用、溶浸前の焼結などが考えられ、強度を維持しつつ大型のサンプルが作製出来るフォーム材の作製技術の開発が必要である。2つ目は、今

回溶浸させた金属は純Mgであるため、耐食性が低いという点である。図5に塩水噴霧試験による耐食性の調査結果を示す。(b)に示すように、Mg合金の一つであるAZ91では180minの塩水噴霧試験後も概観上大きな腐食は認められなかったが、(a)に示すMg-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>複合材料では塩水噴霧後に表面が腐食している様子が観察された。耐食性を向上させつつ、溶浸させた際の強度を低下させないようなMgへの添加元素の調査が必要であると考えられる。

## 5 まとめ

今回、自己溶浸法によりMg-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>複合材料の作製を行い、繊維状Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の添加により曲げ強さの向上が確認できた。しかし今回作製された複合材料は溶浸前のフォーム材が非常に脆く、サンプルの大型化が難しいこと、純Mgを溶浸させているため耐食性に劣るといった問題点を抱えており、実用化のためには更なる研究、改良が必要であると考えられる。

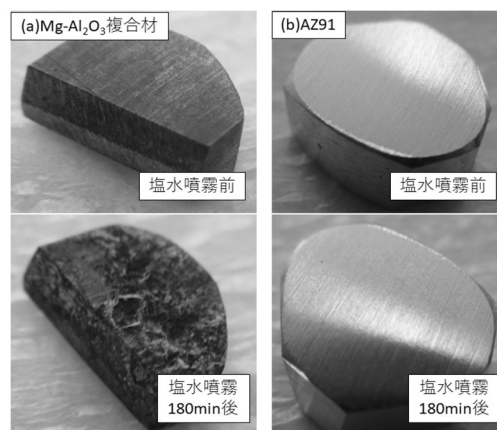


図5 塩水噴霧180min前後の外観写真 (a) Mg-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>複合材 (b)AZ91単体

## 参考文献

- 1) 大蔵明光：金属基複合材料（MMC）の製法と性質．日本金属学会誌，29巻2号，91-100（1990）
- 2) 増井裕久：溶浸法による複合材料の作製技術の開発．平成29年度静岡県工業技術研究所研究発表会，グランシップ（2018）