

K6-5

AlN および B₄C 強化 Mg 基複合材の機械的特性の評価Evaluation of mechanical properties of AlN and B₄C reinforced magnesium matrix composites○半澤昂也¹, 小宮良樹², 出井裕²*Takaya Hanzawa¹, Yoshiki Komiya², Hiroshi Izui²

Abstract: Magnesium (Mg) and its alloys are excellent in terms of light weight, high specific strength. The addition of AlN and B₄C particles to produce Mg matrix composites is an effective method for improving the tensile strength and wear resistance. In this study, the composites were fabricated by using spark plasma sintering process. The tensile strengths of 13AlN/Mg and 5B₄C/Mg composites showed 191 MPa and 189 MPa, respectively. The elongations of the composites containing 5vol.% of AlN and B₄C showed 4.42 % and 7.83 %.

1. 緒言

近年, 各種輸送機器の軽量化が強く求められ, 軽量化に必要な材料として, アルミニウム (Al) 合金および強化プラスチック (FRP) の強度や剛性の改善を目的とした研究は盛んに行われてきている. また近年では軽量構造用材料として, マグネシウム (Mg) やその合金の研究が活発に行われてきており, 今後の用途の拡大が注目されている.

Mg は, 比重が 1.738(Al の約 2/3)であり^[1], 構造用金属材料の中で最も軽量である. そのほか, 比強度, 振動吸収性, リサイクル性が高いという特徴がある. しかし, 低強度で, 耐火性, 耐食性, 塑性加工性に乏しく, 原材料費が高価な点から, 構造材料としての使用が制限されている^[2]. これまでに, Mg の機械的特性や耐摩耗性の改善を目的として, Mg 粉末を母材, 硬質なセラミックを強化材として混合, 作製された「Mg 基複合材」の研究が多数存在する^{[3][4]}.

本研究では, これまでに報告されていない Mg 基複合材として, 母材である Mg 粉末に, 強化材に窒化アルミニウム (AlN), 炭化ホウ素 (B₄C) をそれぞれ混合し, 粉末冶金法の一つである放電プラズマ焼結 (SPS) 法を用いて, Mg 基複合材 (AlN/Mg, B₄C/Mg) を作製した. SPS は, 従来の焼結方法と比較して, 短時間, 低温度で焼結が可能である^[5]. 今回, 作製した Mg 焼結体と Mg 基複合材の機械的特性を明らかにし, 強化材の影響について検討した.

2. 実験方法

2.1 供試材料

本研究では, 母材粉末に SFM 社 (スイス) 製の Mg 粉末 (平均粒径 60 μm, GA 粉末) を用い, 強化材粉末に株式会社ニラコ製の AlN 粉末 (平均粒径 2 μm),

株式会社高純度化学研究所製の B₄C 粉末 (平均粒径 0.5 μm) を用いた. 乳鉢に Mg 粉末と強化材粉末を入れ, 乳棒を用いて混合した.

2.2 焼結条件

混合粉末を高強度グラファイト製焼結型に詰め, 放電プラズマ焼結機 (SPS) で薄板状試料を作製した. 焼結条件は, 昇温速度 50 °C/min, 焼結温度 500 °C, 保持時間 10 min, 加圧力 50 MPa, Ar ガス雰囲気とした.

2.3 試験片の作製および各種試験

SPS で作製した薄板状試料を長さ 56 mm, 幅 11 mm, 試験部幅 4 mm の引張試験片の形状に機械加工し, 硬さ試験, 引張試験を行なった. また, 走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて引張試験後の試験片のマイクロ組織を観察した.

3. 実験結果および考察

Fig. 3.1 に各強化材の体積含有率 (V_f) におけるマイクロビッカース硬さを示す. どちらの強化材も V_fが増加するにつれてマイクロビッカース硬さも比例的に上昇し, AlN/Mg においては V_fが 20 vol.%で減少に転じた. Mg に硬質なセラミックスを添加することで硬さが上昇したと考えられる. 20AlN/Mg における強化材の凝集部分やボイドが硬さを減少させたと考えられる. 各複合材におけるマイクロビッカース硬さは, 15AlN/Mg で平均 65.0 HV, 13B₄C/Mg で平均 58.5 HV の最大値を得た.

Fig. 3.2 に各強化材の各 V_fにおける引張強さと伸び率を示す. Fig. 3.2 より, 純 Mg 焼結体の平均引張強さは 95.0 MPa であったのに対し, 各複合材における最大引張強さは, 13AlN/Mg で 191 MPa, 5B₄C/Mg で 189

1 : 日大理工・院 (前)・航宇, 2 : 日大理工・教員・航宇

MPa であった。また、純 Mg 焼結体の平均伸び率は 1.86 % であったのに対し、各複合材における最大伸び率は、5AlN/Mg で 4.42 %、5B₄C/Mg で 7.83 % であり、各複合材において強化材を添加することで延性が向上することが確認できた。AlN/Mg は B₄C/Mg よりも伸び率に著しい変化は見られなかった。各複合材で高い V_f で伸び率が低下したのは、Mg よりも硬質な強化材が増加したことによる、未焼結部分の増加によるものと考えられる。

Fig. 3.3 に純 Mg 焼結体および各複合材の引張試験片の破断部のマイクロ組織を示す。このとき、破断面は左側である。Fig. 3.3 (a)より純 Mg 焼結体の破断部近傍では、僅かに粒界が観察でき、そこから亀裂が入っている。亀裂の進展は粒界から発生しやすいと考えられる。Fig. 3.3 (b), (c)より、Mg の粒界に AlN が入り込んでおり、少量の場合は AlN の凝集が少なく、Mg の粒界と AlN の間に沿って亀裂が入っていることが観察できた。しかし、強化材の含有率が増加するにしたがって、黄色の矢印が示すように AlN の凝集が増えている。特に、含有率が 20 vol.% のときは AlN の凝集によって Mg 同士の粒界が減少し、AlN の凝集箇所では焼結が十分にされなかったためその箇所から亀裂が入ったと考えられる。Fig. 3.3 (d)より 5B₄C/Mg では黄色で囲まれた粒界での亀裂と赤で囲まれた粒内での破壊が確認できた。AlN/Mg と同様に少量の B₄C の含有は引張強さや伸び率の上昇をもたらしたといえる。

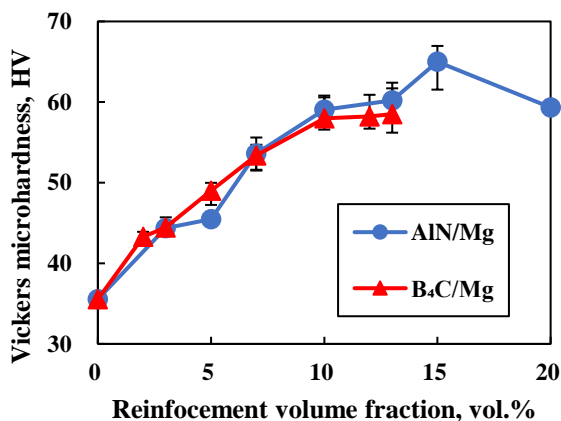


Fig. 3.1 Vickers microhardness of AlN/Mg and B₄C/Mg VS. reinforcement volume fraction.

4. 結言

本研究により、以下の知見を得た。

- 1) 両複合材で強化材の V_f が増加するにつれてビッカース硬さが比例的に上昇したが、AlN/Mg では過量になると低下した。

- 2) AlN/Mg では最大の引張強さは 13 vol.% で 191 MPa、最大の伸び率は 5 vol.% で 4.42 % を得た。
- 3) B₄C/Mg では最大の引張強さ、伸び率は 5 vol.% で 189 MPa、7.83 % を得た。

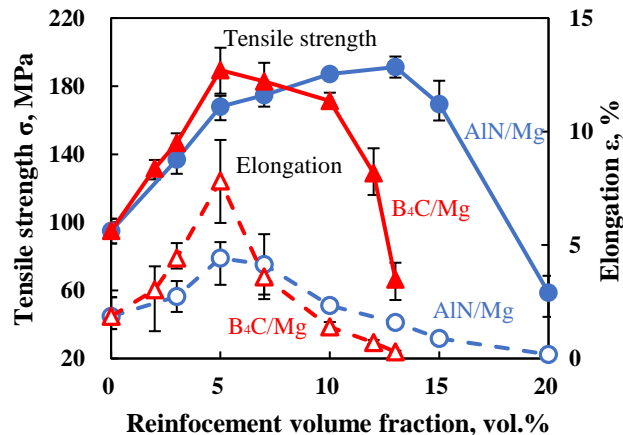


Fig. 3.2 Variations in tensile strength and elongation of AlN/Mg and B₄C/Mg VS. reinforcement volume fraction.

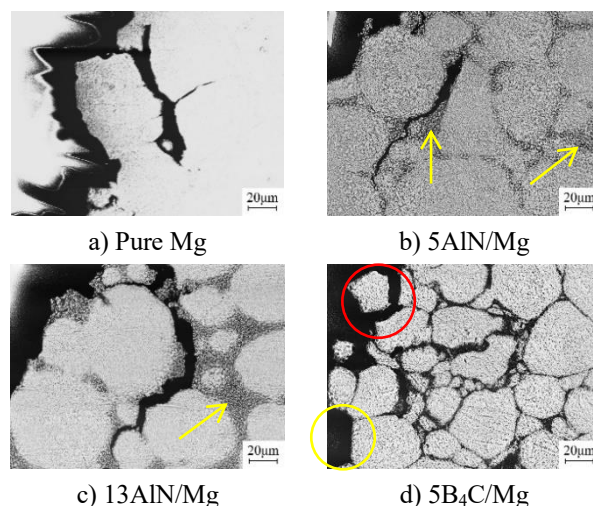


Fig. 3.3 Cracks in the neighborhood of fractured surfaces of Mg and composites (BSE).

5. 参考文献

- [1] 日本マグネシウム協会編:「現場で生かす金属材料シリーズ マグネシウム」. 丸善出版,(2011),1-2.
- [2] 三井物産戦略研究所:「自動車構造材の軽量化と多様化」.
- [3] Aniruddha Das, Sandip P. Harimkar : J. Mater. Sci. Technol., (2014), 30(11), 1059-1070.
- [4] Wan Nur Azrina Wan Muhammad, Zainuddin Sajuri, Yoshiharu Mutoh, Yukio Miyashita : Journal of Alloys and Compounds , 509, (2011), 6021-6029.
- [5] 株式会社シンターランド:「放電プラズマ焼結法で何ができるのか?」.