

黒鉛粉末添加による AZ91D 射出成形品の強度向上

岡山県立大学[院] ○鈴木昌樹

岡山県立大学 小武内清貴 福田忠生 尾崎公一

Improvement for Strength of Injection Molded AZ91D by Addition of Graphite Powder.

Masaki SUZUKI, Kiyotaka OBUNAI, Tadao FUKUTA and Kouichi OZAKI

1 緒 言

Mg 合金は、機械構造品の軽量化に際して Al, Fe の代替材として検討されている。しかし、鋳造 Mg 合金の輸送機器への応用には、強度など諸特性のさらなる改善が必要である。

本研究では Mg 合金 (AZ91D) の強度特性向上を目指した。具体的には、コンパキャスティング法をチクソモールドに応用し、AZ91D の粒状チップに黒鉛粉末を添加した (以下、AZ91D + Carbon)。その後、強度試験等を行い、強度特性に及ぼす成形条件の影響および黒鉛粉末添加の影響について検討した。

2 実験装置および実験方法

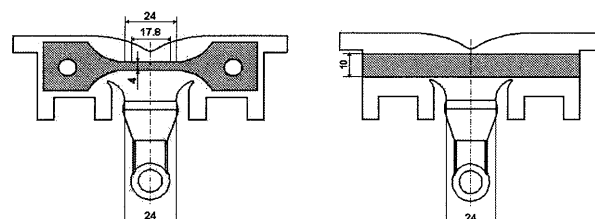
2.1 成形材料 AZ91D および AZ91D + Carbon を使用した。工業的に用いられている AZ91D の約 4 mm の粒状チップに黒鉛粉末を質量比で、それぞれ 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 mass% を添加した。

2.2 試験片形状および成形条件 Mg 射出成形機 JLM75MG (株) 日本製鋼所製) を用いて厚さ 2.5 mm の平板を成形後、引張試験においては、Fig. 1 (a) 中の網掛けで示す部分 (JIS Z 2201, 14B 号試験片に準拠) を、曲げ試験においては、Fig. 1 (b) 中の網掛けで示す部分 (長さ 106 mm × 幅 10 mm) を成形品から切出し、試験片とした。

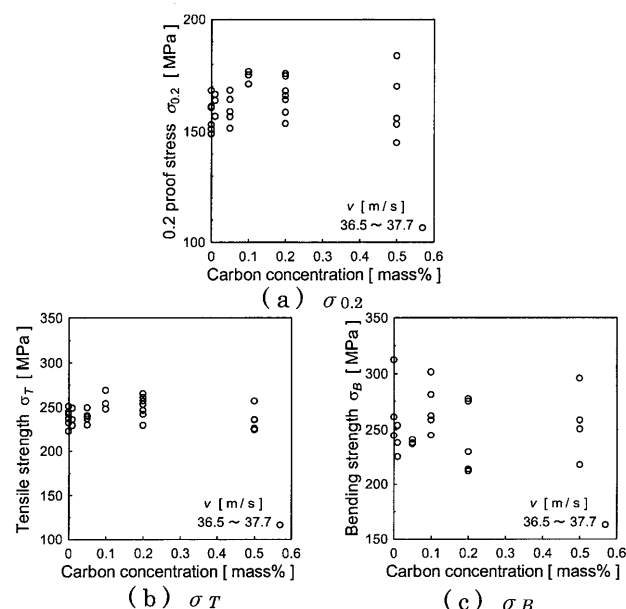
成形条件は、金型温度 $T_m = 483$ K, バレル温度 $T_b = 893$ K で一定とした。ゲート流速 v は成形機の射出波形より求めたスクリュ射出速度 2.7 m/s の時間平均値、スクリュ断面積および平板のゲート面積に基づき算出し、 $v = 36.5 \sim 37.7$ m/s の範囲で変化させた。紙面の都合上、試験結果は $v = 36.5 \sim 37.7$ m/s の条件のみ記載している。

2.3 強度試験 前節で示した成形条件下で作製した成形品について引張試験、および曲げ試験を実施し、これらに及ぼす成形条件および黒鉛粉末添加の影響について調査した。引張試験は、平行部にゲージ長さ 10 mm のひずみゲージを貼付すると共に伸び計を設置し、油圧サーボ式疲労試験機 EHF-EB50KN-10L (島津製) で行った。曲げ試験は、押曲げ法による 3 点曲げ試験を行った。油圧サーボ式疲労試験機に曲げ試験装置治具 (JIS Z 2248 に準拠) を取付け、試験片が破断するまで荷重を与えた。

2.4 組織観察 フィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザ JXA-8500FS (JEOL 製) を使用して、組織の定量分析を行った。



(a) Tensile (b) Bending
Fig.1 Configuration of specimens.



(a) $\sigma_{0.2}$ (b) σ_T (c) σ_B
Fig.2 Effect of Carbon addition on mechanical properties of AZ91D.

2.5 結晶粒径測定 Mg 合金成形品を光学顕微鏡で観察した場合、偏析等の影響により結晶形状の認識は困難である。そこで事前に溶体化処理を施すことにより、結晶粒の観察を行った。本研究では熱処理により結晶を粗大化させ、黒鉛粉末添加による結晶粒微細化の効果を相対的に評価した。溶体化処理の条件は、温度を 686 K, 時間を 6 h とし、溶体化処理後は水冷した。

3 実験結果および考察

3.1 機械的特性 Fig. 2 (a) ~ (c) に、0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ 、引張強さ σ_T および曲げ強さ σ_B と黒鉛粉末添加量との関係を示す。Fig. 2 より、いずれの特性においても、添加量 0.1 mass% までは向上傾向を示しているが、それ以上の添加量では、黒鉛粉末添加による強度向上効果が低下していた。加えて、0.1 mass% 以上の添加量では 0.1 mass% と比較して値の変動幅の増加がみられた。

以上のことから、AZ91D 射出成形品への黒鉛の添加は強度向上に有効であり、その向上効果は 0.1mass% 程度の添加量において最大となることがわかった。

3.2 組織観察 Fig. 3 (a) および (b) に、黒鉛粉末添加量 0.1 および 0.5 mass% における、Al, Mg および Carbon の元素マッピングを例示する。Fig. 3 に示す Carbon のマッピングより、黒鉛粉末添加量の増加に伴

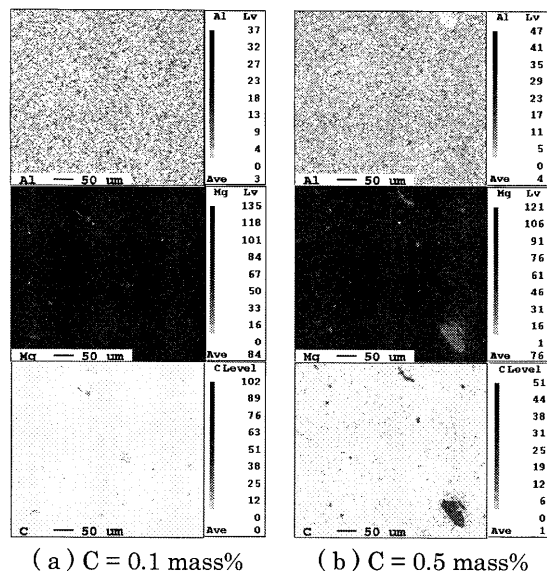


Fig.3 EPMA mapping .

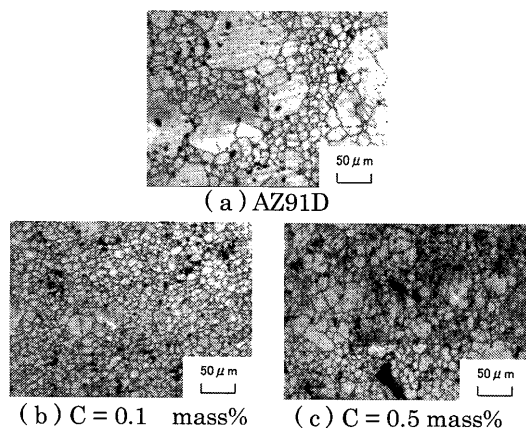


Fig.4 Micro structure of T4 specimens.

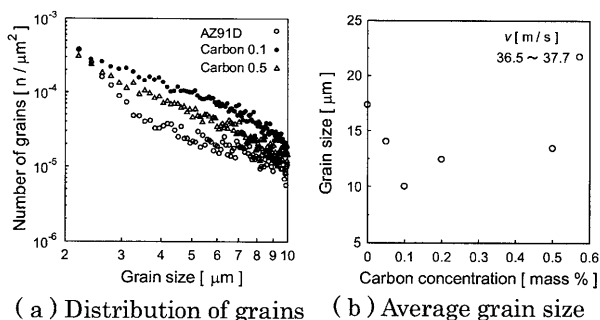


Fig.5 Effect of Carbon addition on grain size of AZ91D.

い Carbon の含有量は増加している。また、Fig. 3 に示す Al および Carbon のマッピングから、Carbon が存在している箇所に Al も存在していることが確認できた。これより、炭化アルミニウム (Al_4C_3) の存在が確認され、結晶粒微細化⁽¹⁾の可能性が示唆される。一方、過度に黒鉛を添加した条件においては (Fig. 3 (b)), Carbon の偏析の存在が確認された。

3.3 結晶粒径 Fig. 4 に溶体化処理を施した AZ91D, 0.1 および 0.5 mass% の試験片断面の画像を示す。AZ91D の Fig. 4 (a) に比べ、黒鉛粉末を添加した Fig. 4 (b), (c) の方が明らかに結晶粒は微細になることが確認された。一方、緻密かつ均一な結晶粒が確認された Fig. 4 (b) に比べると、過度に黒鉛を添加した Fig. 4 (c) では一部で緻密な結晶粒が見られるものの、粗大な結晶粒も多く確認された。このことから、AZ91D への黒鉛の添加は、結晶粒が微細化され、0.1 mass% 程度で最も緻密で均一な結晶となることが分かった。しかし、過度に黒鉛を添加した場合、黒鉛が凝集することで結晶粒の大きさに変動が生じると考えられる。

Fig. 5 (a) は比較的小さな結晶粒である 2 ~ 10 μ m の結晶粒径の分布を、AZ91D, 0.1 および 0.5 mass% について比較したもの、Fig. 5 (b) に平均粒径と黒鉛粉末添加量との関係を示す。なお、平均粒径は質量基準として求めた。Fig. 5 から添加量が 0.1 mass% で最も結晶粒微細化が成されていることが確認できた。

本研究で対象とした AZ91D 射出成形品では、黒鉛粉末添加により炭化アルミニウムが生成され、結晶粒微細化を促すことで強度向上することが判明した。しかし、過度に添加した場合、黒鉛が凝集し、結晶粒の大きさに変動が生じることで、強度にも変動幅が生じ、一部で強度低下を招いた。以上のことから、黒鉛粉末添加量の適正值は 0.1 mass% 程度である。

4 結 言

AZ91D 射出成形品の強度特性に及ぼす成形条件の影響および結晶粒微細化を図った黒鉛粉末添加の影響について検討した結果、以下の結論を得た。

1. AZ91D に黒鉛粉末を添加することで、0.2% 耐力、および引張強さは向上し、曲げ強さにおいては黒鉛粉末添加量が 0.1 mass% でピークを迎える。
2. 黒鉛の添加により、炭化アルミニウムの存在が確認でき、過度に添加した場合、黒鉛の偏析も存在する。
3. 添加量が 0.1 mass% 時に緻密かつ均一な結晶粒が最も多く、それ以上の添加量では結晶粒の大きさに変動が生じる。

総合的に判断すると、4 mm 粒状チップの場合、黒鉛粉末添加量の適正值は 0.1 mass% 程度である。

参考文献

- 1) The Japan Magnesium Association, Handbook of Advanced Magnesium Technology,(2000), P.164,KALLOS PUBLISHING CO.,LTD