

## 研究主論文抄録

論文題目 長周期積層構造型高強度マグネシウム合金の急速凝固粉末冶金プロセス技術  
(Processing Technology of Rapidly Solidified Powder Metallurgy for high-strength  
Magnesium Alloys with Long Period Stacking Ordered Structure)

熊本大学大学院自然科学研究科 複合新領域科学 専攻 衝撃エネルギー科学 講座  
(主任指導 河村 能人 教授)

論文提出者 大河内 均  
(by Hitoshi Okouchi)

### 主論文要旨

近年の環境意識の高まりにつれて、最も軽量な実用金属材料であるマグネシウム合金の構造材料への適用が期待されている。しかし既存のマグネシウム合金は、機械的強度特性および耐食性、さらに塑性加工性や安全性に課題を有している。そのような状況で高性能な急速凝固粉末冶金(以下 RS P/M と記す)  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金が開発され、その技術シーズにブレークスルーを持たらした。この RS P/M  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金は、高圧不活性ガスアトマイズ粉末を原料としたため安全性や量産性、コスト面に改善を必要とした。

本研究では、高強度および高延性な RS P/M  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金を安全に工業的なスケールで作製する技術を開発すること、ならびに Mg-Zn-Y 系 3 元合金を基礎として RS P/M  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金を上回る耐食性と強度を併せ持つ新規な高性能 RS P/M マグネシウム合金を開発することを目的とした。本論文は次の 7 つの章により構成した。

第 1 章では、マグネシウム合金の現在の使用状況を示し、本研究の背景と目的について述べた。

第 2 章では、 $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金の高純度化溶解プロセスについて述べた。高周波真空溶解炉ならびに抵抗加熱炉で予備試験後、アルゴンガス雰囲気中でガス加熱炉を使用して 50kg から 100kg の工業的なスケールにおける溶解を実施した。その溶解スケールにおいて、特に  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金の耐食性に影響の大きい Fe, Ni, Cu 不純物値をそれぞれ 50ppm 以下、20ppm 以下、300ppm 以下に低減することができた。Mg-30Y を使用して Y 値の安定化を図り、少量の Zr の添加により不純物 Fe 値が低減した。また抵抗加熱では、鉄製のつばを使用する場合の Fe の溶出については溶解時間よりも溶解温度の影響が大きいことを明らかにした。

第 3 章では、品質の向上と安全性、生産性、コスト低減に関して、単ロール式液体急冷法をベースとした大型 RS マグネシウム合金作製装置ならびにクローズドプロセッシングシステムを開発した。開発した装置で作製した RS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金の爆発下限粉塵濃度は  $800g/m^3$  であり、市販のアルミニウム粉末の爆発下限粉塵濃度が  $140g/m^3$  であったのに対して極めて高い値となり、非常に取り扱いの安全性の高い材料であることがわかった。また RS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金の表面腐食

生成物層は、AESおよびESCA分析において $Mg(OH)_2$ の存在によるものであることがわかった。不活性雰囲気中でRS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金を作製した後ドライエアー処理を施して保管することにより、一様な $MgO$ 被膜が形成され局所的な腐食の進行が認められなかった。

第4章では、開発した大型作製装置におけるRS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金の作製技術を確立した。作製したRS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金のアスペクト比や厚さ、ビッカース硬度等の特性は、ロール周速への依存が顕著であった。またその冷却速度は、 $1 \times 10^5 K/sec$ 以上であった。

第5章では、RS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金の丸棒ならびに平板押出固化成形条件を確立した。工業的なスケールで作製したRS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金の丸棒押出固化成形材は、引張降伏強度が500MPa以上で伸び11%以上の高強度、高延性を示した。また平板押出固化成形材でも引張強度が500MPa、伸びが10%以上となった。押出固化成形材では、100~500nm程度の微細なMg母相とその母相よりYおよびZn濃度の少し高い結晶相を有する2相の結晶粒組織が支配的であった。またLPSO相と思われるラメラ相の粒内への成長が顕著であった。

第6章では、 $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金を基礎に第4元素としてAlを少量添加した $Mg_{96.7}Zn_{0.85}Y_2Al_{0.45}$ 合金を開発した。RS  $Mg_{96.7}Zn_{0.85}Y_2Al_{0.45}$ 合金では、RS  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金の急冷面で顕著であった柱状晶組織がリボン断面全体に顕著に観察された。第5章で確立した押出固化成形条件により、RS  $Mg_{96.7}Zn_{0.85}Y_2Al_{0.45}$ 合金の丸棒押出固化成形材では引張降伏強度533MPa、伸び10.6%を示した。また平板押出固化成形材では、T方向、L方向ともに引張降伏強度500MPaおよび伸び11%以上を示した。また96時間までの塩水噴霧試験により、腐食速度で超々ジェラルミン7075-T73の2倍以上の高耐食性を得た。

第7章は総論として、本研究により得られた知見をまとめ総括を行った。