

氏名 秋山 秀治

(※論文提出者の氏名を記入)

#### 主論文審査の要旨

Mgは多くの優れた特性を有するにも関わらず、耐食性や塑性加工性に課題があることから、構造材料としての市場規模はあまり大きくない。近年、新しい高強度・高耐熱性Mg合金が開発された。この合金は、長周期積層構造(LPSO)を持つ相で強化されており、これまでのMgの概念を覆すほどの優れた機械特性を室温と高温で有する。しかしながら、現状では実験室スケールでの組織と特性の解明に関する研究が実施されているのみで、量産化に適用可能な工業スケールでの検証や技術開発は行われていない。

本論文は、優れた機械的特性を有するLPSO型Mg合金の量産化を目指して、LPSO型Mg合金を量産スケールで溶解・鋳造する技術の開発を試みたものである。

第1章では、本研究の背景となる工業分野からみたMg合金の現状を述べており、研究対象である高強度・高耐熱性LPSO型Mg合金について、これまでの研究経緯および本論文の目的を記述している。

第2章では、本研究で行った種々の実験方法および装置について述べている。

第3章では、量産スケールで品質の高いLPSO型Mg合金を溶解する技術について記述している。LPSO型Mg<sub>96</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>合金をベース合金として新しく設計・開発した溶解量50kgの溶解装置を用いて溶解の要素技術開発を進め、溶湯中の介在物を明らかにした上でその生成を抑制する溶解条件を最適化することによってMg<sub>96</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>の溶湯中に混入する200 $\mu$ m以上の介在物をほぼゼロにすることに成功した。これはAl合金と比較しても十分に清浄であると判断される値である。また、ZrおよびAlを複合添加することによって、Mg合金の耐食性を低下させる要因となるFe濃度を低減できることに加えて、特に耐食性に対する寄与の大きなNi濃度も低減することができることを見出した。これによって合金の組成や組織に影響を与えることなく、Feが10ppm以下、Niが5ppm以下、Cuが40ppm以下と極めて不純物の少ないMg<sub>96</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>合金の溶湯を作製する事に成功した。これらの結果は今後のMg合金の実用化に繋がる重要な知見であるといえる。また、Mg<sub>96</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>合金で開発した溶解の要素技術を、新しく開発された高耐熱性と高耐食性を両立するMg<sub>95.75</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>1.9</sub>La<sub>0.1</sub>Al<sub>0.25</sub>合金に適用することによって、Mg<sub>96</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>合金と同等の品質を有するMg<sub>95.75</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>1.9</sub>La<sub>0.1</sub>Al<sub>0.25</sub>合金の溶湯を作製する技術を確立した。さらに、溶解量50kgでの溶解技術の開発によって得られた知見から、大型溶解装置を独自に設計・開発し、量産化に直接適用できる溶解量400kgで高品質のMg<sub>95.75</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>1.9</sub>La<sub>0.1</sub>Al<sub>0.25</sub>合金溶湯を製造する技術を確立した。

第4章では、LPSO型Mg合金に対して、その展伸材用鋳造ビレットを量産するために必須となる半連続鋳造技術開発に関して記述している。まず、量産サイズのLPSO型Mg合金ビレット(直径200mm)を製造するための鋳造の要素技術を確立することを目的として、鋳込み量40kgの金型水冷鋳造装置を独自に設計・開発するとともに、LPSO型Mg合金の鋳造技術を確立した。また、量産化に直接適用できるMg用半連続鋳造装置を独自に設計・開発し、市販のAZ80を用いてMg合金の連続鋳造技術に関する基本的な鋳造技術を確立した。さらに、これらの知見を基にして、量産サイズで高品質なLPSO型Mg<sub>95.75</sub>Zn<sub>2</sub>Y<sub>1.9</sub>La<sub>0.1</sub>Al<sub>0.25</sub>合金ビレットを製造するための半連続鋳造技術を確立することに成功した。その組成が目標値に対して $\pm 5\%$ 以内で、不純物濃度が少なく(Feが8.9ppm, Niが1ppm以下, Cuが20.7ppm)また介在物量も少ない高品質の大型連続鋳造ビレットが得られており。その鋳造技術は極めて高いレベルを実現しているといえる。

第5章では、量産スケールの連続鋳造ビレットの品質をさらに向上させることを目的に、鋳造時の電磁攪拌(EMS)の適用を試みた結果について記述している。特に、第4章で開

発した金型水冷鑄造装置や半連続鑄造装置に接続できるEMS装置を独自に設計・作製して研究を進めている。まず、直径200mmの金型水冷鑄造法を用いてEMSの基本的な技術開発を行い、EMSがLPSO型Mg合金ビレットの $\alpha$ -Mg結晶粒に対して大きな結晶粒微細化の効果と組織均質化の効果を持つことを明らかにするとともに、結晶粒径が約1/9まで微細化し、均一な凝固組織を有する大型鑄造ビレットを作製することに成功している。さらに、新しく開発された高耐熱性と高耐食性を両立する $Mg_{95.75}Zn_2Y_{1.9}La_{0.1}Al_{0.25}$ 合金を対象に半連続鑄造のEMS技術を開発し、ビレット直径が200mmと大型であるにも関わらず、結晶粒径が200 $\mu$ m以下で均一な鑄造組織を有する半連続鑄造ビレットを製造する技術を確立した。また、結晶粒微細化の効果によって塑性加工性が大幅に向上することを明らかにするとともに、押出加工によって優れた機械特性を有する直径55 mmの大型押出丸棒材の製造に成功している。

これらの結果は、材料工学分野において極めて高い水準にあるのみならず、素材産業の発展に大きく貢献できるものである。

本論文の概要は、欧文学術論文誌に1報公表済みであり、海外の学会における発表も1件行っており、専攻あるいは講座の学位授与基準を満足している。よって本審査委員会は本論文が博士（工学）の学位を授与すべき十分な内容を有するものと判断した。

審査委員	複合新領域専攻	複合新領域科学講座	教授	河村	能人
審査委員	産業創造工学専攻	機械知能システム講座	教授	里中	忍
審査委員	産業創造工学専攻	マテリアル工学講座	教授	河原	正泰
審査委員	産業創造工学専攻	マテリアル工学講座	准教授	山崎	倫昭