

難燃性マグネシウム合金の組織均質化へのソレノイド casting 法の開発

(公財) 鉄道総合技術研究所 森 久史 上東直孝
権田金属工業(株) 伊藤友美 柳原 理 権田善夫 野田雅史

1. はじめに

鉄道車両のさらなる省エネルギー化の観点から車両構体の軽量化が望まれており、難燃性マグネシウム合金の適用が注目されている。難燃性マグネシウム合金の実用化では強度が求められ、铸造欠陥の発生がなく、铸造組織を微細化・均質化する作製方法が求められる。本稿では、難燃性マグネシウム合金の铸造法としてソレノイド casting 法を適用した事例について紹介する。

2. 理論

難燃性マグネシウム合金の铸造においてCO及びHガス等の発生が認められる。これらは凝固と共に液層に再溶解して空隙となり、最終的に欠陥として残留する。そのため溶湯に対して加振する方法が望まれる。そこでソレノイドを利用した電磁力による攪拌に期待される。溶湯中に発生する進行磁界の磁束密度 (B) はマックスウェルの電磁方程式から導き出され、近似解は (1) 式で与えられる。

$$B = C \cdot J \cdot \exp(-A \cdot d \sqrt{\sigma \cdot f}) \quad (1)$$

ここで、C及びAは定数、J: 攪拌コイル電流密度、d: 铸込み管板厚、 σ : 铸込み管の電気伝導率、fは周波数である。

他方、溶湯中に作用する電磁力 (F) は、誘導起電力等から (2) 式のように導出される。

$$F = B^2 \cdot f \cdot k \cdot \tau \quad (2)$$

ここでkは溶湯の導電率、 τ はポールピッチである。

(1) 式及び (2) 式から、電磁力が攪拌力と等しいとすると攪拌力は (3) 式で誘導される。

$$F = C^2 \cdot J^2 \cdot f \cdot k \cdot \tau \cdot \exp(-2A \cdot d \sqrt{\sigma \cdot f}) \quad (3)$$

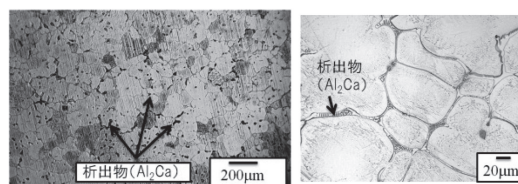
このようにソレノイドコイルにより誘導起電力と電磁力を与えれば攪拌力が電磁的に得られる。

3. 技術概要

本研究では、難燃性マグネシウム合金としてMg-6Al-

1Zn-1Ca (mass%) 合金をソレノイド casting 法で作製した。合金は目標組成になるように原材料を秤量し、真空中 (-0.6気圧) において973Kで加熱溶解し、内径が $\phi 52$ 、肉厚が3.9mm、長さが2100mmの鉄管に铸込んだ。ソレノイドは鉄管中央部に設けた。ソレノイドコイルは40巻とし、铸造時に電流を100A通電した。周波数は50Hzとした。

Fig.1 にソレノイド casting 材の金属組織を示す。 α -Mg相の大きさ (結晶粒径) は約150 μm であり、これは一般の铸造材と比較して微細であった。図中の黒点は析出物であり空隙ではない事を確認した。その析出物は粒内では点状に、粒界ではフィルム状に認められ、均質に分散していることを確認した。



金属組織全体 結晶粒界近傍
Fig.1 ソレノイド casting 材の金属組織

引張試験の結果を真空 casting 材と比較してTable1に示す。真空 casting 材と比較して0.2%耐力、引張強さ、伸びが増加することを確認した。このことは電磁攪拌により铸造組織の微細化と析出物の均質分散が行えた結果であると考えられる。

Table 1 引張試験結果(真空 casting 材との比較)

	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
真空 casting 材	68	86	2.5
ソレノイド casting 材	97	162	6.6

4. むすび

今後、難燃性マグネシウム合金の作製への本手法の適用の拡大が期待される。