

論文内容の要旨 Abstract of Dissertation

氏名Name 山本健介

アルミニウム合金は、軽量で安価であることから、輸送機器部材の軽量化を目的とした鉄鋼材料の置換に対して、最も有効的な金属材料であるといえる。また、従来、アルミニウム合金展伸材で製造されてきた部品の一体化を目的として、アルミニウム合金展伸材のように使える高性能アルミニウム合金鋳造材の開発も求められている。アルミニウム合金鋳造材の実用化を進める際には、要求される機械的性質を満たすとともに、部品として組付けを行うために高い寸法精度も同時に要求される。通常、アルミニウム合金鋳造材は溶体化処理を含む熱処理方法 (T6 処理など) で優れた機械的性質を達成しており、溶体化処理レスとなる鋳造まま材や人工時効処理のみ (T5 処理) 材は、得られる機械的性質は低い。しかし、部品の寸法精度や製造時のコストの観点からは、溶体化処理を回避することが望ましい。そこで本研究では、既存 Al-7Si-Mg (wt.%) 合金 (ASTM 356、357 合金) T6 処理材に匹敵する機械的性質を有する溶体化処理レスのアルミニウム合金鋳造材の開発を目的とし、鋳造方法、熱処理条件および合金組成の最適化を行った。以下に、各章にて得た主たる結果を総括する。

第 1 章では、本研究の背景と鋳造用アルミニウム合金の現状と課題、溶体化処理レスアルミニウム合金鋳造材の高強度・高延性化が必要な理由および本研究の目的を述べた。

第 2 章では、T5 処理した Al-7Si-0.5Mg-0.01Sr (ASTM 357) 合金のマイクロ・ナノ組織と機械的性質に及ぼす鋳造方法および自然時効の影響を調べた。長時間の自然時効は、人工時効初期の析出速度を低下させ、ピーク時効状態での針状 β'' 析出物の数密度を僅かに減少させる。しかし、長時間の自然時効によってピーク時効処理後には針状 β'' 析出物が微細かつ均一に分散し、良好な強度発現に寄与する。T5 処理材の析出組織に及ぼす鋳造方法の影響は認められないものの、セミソリッド鋳造後には均一に分散した共晶相が形成され、さらに共晶 Si 相および π -Al₈Si₆Mg₃Fe 相が微細になる。このようなマイクロ・ナノ組織の特徴により、セミソリッド鋳造した Al-7Si-0.5Mg-0.01Sr 合金 T5 処理材は、引張強さ 257 MPa、0.2%耐力 184 MPa および破断伸び 9.7%が得られ、重力鋳造法やダイカスト法によって製造された材料よりも強度と延性のバランスに優れることを見出し、さらに自然時効に対するロバスト性が高いことも明らかになった。

第 3 章では、鋳造アルミニウム合金 T5 処理材の高強度化を目的とし、Al-7Si 合金セミソリッド鋳造材の時効硬化特性、引張特性およびマイクロ・ナノ組織に及ぼす Mg 添加量の影響を調べた。溶体化処理後に人工時効処理を施した T6 処理材とは異なり、T5 処理材では 0.7%を超える Mg 添加でも、Mg 添加量の増加とともに微細な針状 β'' 析出物が高密度に分散し、強度特性が向上することを見出した。さらに、1.0%の Mg 添加は、共晶相の微細

化および粗大化合物の形成抑制に有効であり、延性の大幅な低下を防ぐことができる。このようなマイクロ・ナノ組織の特徴により、T5 処理した Al-7Si-1.0Mg-0.01Sr 合金は、高い強度 (引張強さ 303 MPa、0.2%耐力 241 MPa) および適度な延性 (破断伸び 5.1%) を示すことが明らかになった。

第 4 章では、鋳造アルミニウム合金 T5 処理材の高強度・高延性化を目指し、Al-7Si-Mg 合金セミソリッド鋳造材の時効硬化特性、引張特性およびマイクロ・ナノ組織に及ぼす Cu 添加量の影響を調べた。Cu の添加により板状 θ' 析出物が形成し、Cu 添加量の増加によって大きな人工時効硬化挙動を示し、ピーク時効硬さが増加する。Cu の添加は引張強度および加工硬化能を向上させるのにも効果的であり、さらに Cu を含む合金においても、Mg 添加量の増加は引張強度の向上に有効であった。また、Cu の添加量を 0.1% から 0.5% に増加しても、延性の顕著な劣化はなく、Al-7Si-0.5Mg-0.5Cu 合金では良好な約 9% の破断伸びが得られる。この結果、Al-7Si-0.5Mg-0.5Cu 合金は、高い引張特性 (引張強さ 317 MPa、0.2%耐力 235 MPa、破断伸び 8.7%) を T5 処理だけでも実現できることが明らかになった。

第 5 章では、本論文で得た溶体化処理レスセミソリッド鋳造材と既存亜共晶 Al-Si 系合金鋳造材の引張特性の比較を行い、総括とした。一連の研究開発の結果より得られた Al-7Si-0.5Mg-0.5Cu 合金セミソリッド鋳造材は、最も優れた引張特性を示し、これらの数値は既存 Al-7Si-Mg (ASTM 356、357) 合金 T6 処理材および亜共晶 Al-Si-Cu-Mg 合金 T6 処理材の引張特性に匹敵することが明らかとなり、溶体化処理レスで輸送機器部材の要求特性を満足することを見出した。