

氏名（本籍地）	Fady Refaat Elsayed（エジプト）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博甲第6705号
学位授与年月日	平成25年 9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	Development of precipitation hardenable Mg-Sn based wrought alloys（時効硬化型 Mg-Sn 基展伸合金の開発）

主査	筑波大学教授	Ph.D.	宝野和博
副査	筑波大学教授	Ph.D.	土谷浩一
副査	筑波大学准教授	工学博士	谷本久典
副査	長岡技術科学大学教授	工学博士	鎌土重晴

論文の要旨

The potential to further develop Mg-Sn alloys as precipitation hardenable high strength alloys in wrought form has been systematically investigated. Alloy development was undergone by macro-alloying element optimization, followed by combinational investigation of different microalloying elements. The combined additions of aluminum, and several microalloying resulted in choosing Zn as primary microalloying element based on highest enhancement the age hardening response to give the optimized alloy composition of Mg-2.2Sn-3Al-0.5Zn(at.%) or Mg-9.8Sn-3.0Al-1.2Zn (wt.%), i.e., TAZ1031. The mechanism responsible for this enhancement is the substantial refinement of the precipitate microstructure consisting of mainly Mg₂Sn and minor Mg₁₇Al₁₂. Afterwards the cumulative effects of microalloying Mg-Sn with Al, Zn, and Na have been utilized to give the synergistic effect of enhancing both precipitation hardening and its kinetics. The efforts resulted in Mg-9.8Sn-3.0Al-0.5Zn-0.1Na alloy (TAZ1031-0.1Na) and were successful in showing the highest age hardening response with the fastest kinetics among the Mg-Sn based alloys reported so far.

Subsequently the optimized alloys were thermo-mechanically processed by extrusion to explore the resulting properties and correlate them to the processing conditions. The effect of different extrusion conditions on TAZ1031 and TAZ1031-0.1Na has been studied, and correlated to the final microstructure, texture, and mechanical properties as well as compared to commercial AZ31 benchmark alloy. The TAZ1031 alloy showed low yield asymmetry and a versatile strength-ductility combination ranging from medium to high strength tailored by the extrusion processing conditions. The TAZ1031-0.1Na alloy shows further enhanced tensile yield strength TYS value of ~336 MPa, which is a new strength milestone for a low cost RE-free Mg-Sn alloy and without use of expensive alloying elements, but with reduced ductility. The optimized alloy showed excellent response to T6 ageing treatment post extrusion. The Mg-5.4Sn-4.2Zn-2.0Al-0.1Mn-0.1Na showed yield strength increased from 243 to 347 MPa by aging at

160 °C for 100 h after a solution treatment at 450 °C for 0.25 h For a future strategy to further improving the strength-ductility combination, it might be useful to explore the potent effect of Na micro-alloying proved in this study in enhancing the age hardening without sacrificing too much ductility. Adding other alloying elements that could interact with free Na could be a strategy to explore in future works to alter the strength-ductility combinations attainable.

審 査 の 要 旨

〔批評〕

本論文は軽量でありながら構造材料として用途の限定されているマグネシウム合金の汎用化のために新たな時効硬化性展伸マグネシウム合金の開発を目指した系統的な研究報告である。基本合金系として析出相の熱的安定性から耐熱特性の期待される Mg-Sn 系を選択し、それに Mg 合金の代表的な合金元素である Al, Zn の系統的な添加を行い、先ず時効硬化性の優れた合金として Mg-9.8Sn-3.0Al-1.2Zn (wt.%)組成を最適化した。さらにこの合金に 0.1%Na を微量添加することにより、時効硬化性ならびに時効析出速度の優れた Mg-9.8Sn-3.0Al-0.5Zn-0.1Na(wt.%)合金 TAZ1031-0.1Na 合金を開発した。この合金を 200°C で時効したところ、わずか 8 h で最高硬度99HV にまで時効硬化し、希土類元素を含まない Mg 合金としては最高レベルの時効硬化性を示した。またこの合金を 200°C 0.1 mm/s で押し出した展伸材料で引っ張り降伏応力 336 MPa という Mg 合金としては極めて高い降伏強度を実現することができたが、これら高強度材は延性に劣る($e=3.1\%$)結果となった。その原因は Na の結晶粒界への偏析が原因となっており、これらの結果から Na を使用しないで高い時効特性の得られる Mg-Sn 系合金開発の方針が得られた。以上の結果は組成を最適化した Mg-Sn-Al-Zn 合金で優れた時効特性が得られること、これらの展伸材が高強度を示すことなどを見出した技術的に価値の高い研究であると判断される。

〔最終試験結果〕

平成25年8月30日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。