

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Composition Dependence of Nanocluster Characteristics in Natural- and Pre-aged Al-Mg-Si alloys Responsible for Two-step Aging Behavior
著者(和文)	金聖寧
Author(English)	Seong Nyeong Kim
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10305号, 授与年月日:2016年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小林 郁夫,中村 吉男,熊井 真次,曾根 正人,村石 信二
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10305号, Conferred date:2016/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	金聖寧		
		氏名	職名			
論文審査 審査員	主査	小林郁夫	准教授	審査員	村石信二	准教授
	審査員	中村吉男	教授			
		熊井真次	教授			
		曾根正人	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Composition Dependence of Nanocluster Characteristics in Natural- and Pre-aged Al-Mg-Si Alloys Responsible for Two-step Aging Behavior」と題し、以下の7章からなっている。

第1章「General Introduction」では、自動車用ボディパネル材としての利用が広がっている Al-Mg-Si 系 (6000 系) 合金にの時効硬化現象に関するこれまでの研究成果と実用上の課題について述べ、とくに自然時効中に形成するクラスタ (1) と予備時効中に形成するクラスタ (2) それぞれの特性 (クラスタの組成や大きさなど) と合金組成との関係について明らかにし、それが人工時効中の時効硬化挙動、すなわち硬化に寄与するとされる β'' 相の析出に及ぼす影響について理解することの重要性を指摘し、本論文の意義と目的を述べている。

第2章「Formation Behavior of Nanoclusters with Various Mg and Si Compositions」では、種々の組成を有する Al-Mg-Si 系合金を用いて、主として示差走査熱量測定によりナノクラスタ形成量を特定し、Mg/Si mol 組成比が 1 に近い合金で、クラスタ (1)、クラスタ (2) ともに形成量が多いことを明らかにしている。合金組成が人工時効中の時効硬化挙動におよぼす影響を解明するためには、ナノクラスタ内部の組成を明らかにする必要性が高いと結論付けている。

第3章「Three-dimensional Atom Probe Analysis of Solute Clusters Formed in Natural- and Pre-aged Alloys with Different Mg/Si Ratio」では、3次元アトムプローブ (3DAP) を用いてナノクラスタの特性 (クラスタの組成や大きさなど) を調べ、それが合金の組成や時効条件 (温度と時間) にどのような影響を受けるのかを明らかにしている。3DAP の結果からナノクラスタを、Mg リッチクラスタ、Mg-Si クラスタ、Si リッチクラスタの3種類に分類し、従来から言われているクラスタ (1) とクラスタ (2) はこれらの3種類の割合の異なるクラスタであるとする考え方を提案している。

第4章「Influence of Mg/Si Ratio and Natural- and Pre-aging on Two-step Aging Behavior」では、自然時効後あるいは予備時効後に2段目の人工時効を行ったときに、自然時効や予備時効の影響で2段目の時効の硬さが大きくなるか小さくなるか、いわゆる2段時効の正の効果や負の効果を検討している。その結果、自然時効時の正の効果や負の効果は Mg-Si クラスタ、Si リッチクラスタの割合によって決まり、負の効果は Si 濃度の高い合金で顕著に発現し、それは Si リッチクラスタが多いことと関連していると結論付けている。

第5章「Influence of Quenched-in Excess Vacancies on Nanocluster Formation and Two-step Aging」では、通常の溶体化焼入れのほかに中断焼入れ (ステップ・クエンチング) を行い、焼入れ過剰空孔を低下させた試料を作製し、自然時効時あるいは予備時効時ならびに人工時効時の過剰空孔の役割について検討している。その結果、Al-Mg-Si 系合金の人工時効の時効硬化は中断焼入れの影響を受けず、これは空孔と強い相互作用を示す Si 原子の働きで、Si リッチクラスタが過剰空孔を捕獲しているためであると考察している。一方、比較材として同じ実験に供した Si を含まない Al-Zn-Mg 系 (7000 系) 合金は異なる空孔挙動を示し、Si 原子が存在しないため空孔は自由に拡散し、転位ループを優先的に形成することを見いだしている。

第6章「Influence of Cluster Characteristics and Its Thermal Stability on Bake-hardening Response」では、自動車製造現場におけるベークハード性、すなわち焼付け塗装時における 170°C、20min の加熱による硬化特性について、自然時効時間の長いものは自然時効中の硬化が復元によって消滅するためベークハード性に乏しくなることを明らかにしている。またこの現象が Si 濃度の多い合金ほど顕著であることを見だし、これが熱的に不安定な Mg-Si クラスタが復元するためであると結論付けている。

第7章「General Conclusion」では、本論文で得られた知見を総括している。

以上を要するに、本論文は Al-Mg-Si 系合金に関する時効硬化現象について、自然時効中あるいは予備時効中に形成するナノクラスタが、その後の人工時効中に形成する β'' 相形成に及ぼす影響について、ナノクラスタの組成と大きさの観点から明らかにしたもので、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。