

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Microstructure and mechanical properties of Al-Zn-Mg-Cu alloys and Al-Cu-Mg alloys after cold rolling and artificial ageing heat treatment
著者(和文)	李有眞
Author(English)	Yujin Rhee
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12865号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小林 郁夫,村石 信二,史 蹟,木村 好里,曾根 正人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12865号, Conferred date:2024/9/20, 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	RHEE Yujin	
論文審査 審査員		氏名		職名	氏名	職名
	主査	小林 郁夫		准教授	曾根 正人	教授
	審査員	村石 信二		教授		
		史 蹟		教授		
		木村 好里		教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Microstructure and mechanical properties of Al-Zn-Mg-Cu alloys and Al-Cu-Mg alloys after cold rolling and artificial ageing heat treatment」と題し、以下の5章からなっている。

第1章「General Introduction」では、アルミニウムおよびアルミニウム合金の基礎的知識とその用途、ならびにアルミニウム合金の主要な強化メカニズムについて簡単に説明し、Al-Zn-Mg-CuおよびAl-Cu-Mg合金が人工時効によるナノメートルスケールの析出物によって強化される時効硬化可能なアルミニウム合金であり、予備加工と合金組成が時効析出現象と機械的性質に及ぼす影響を理解することが重要であり、それらを詳細に検討することを述べている。

第2章「The effect of pre-deformation on precipitation in Al-Zn-Mg-Cu alloy」では、時効中のAl-Zn-Mg-Cu合金の時効析出現象と機械的性質に予備加工が及ぼす影響を調査し、機械的性質は冷間圧延率が増加するにつれて増加すること、予備加工を行わない場合には均一な析出物分布が見られるが、冷間圧延することにより析出物のサイズが大きくなり数密度が減少し、不均一に分布することを見出したと述べている。予備加工を行わない場合は $\eta'$ 、 $\eta_2$ 、およびdisordered  $\eta$ 析出物が観察され、冷間圧延材では $\eta'$ 、 $\eta_2$ に加え新たに同定されたY相が観察されたと述べている。disordered  $\eta$ 析出物はZn/Mg比の低いAl合金で観察され、 $\eta_1$ 相の構造単位を含み、disordered  $\eta$ 析出物とAl母相との間の格子不整合の減少に関連しているため、 $\eta_1$ のバリエーションと考えられること、また $\eta$ 構造を構成する斜方晶(O)と菱面体構造(R)のいずれかひとつだけを持つY相が観察されたことを示し、予備加工によって現れたものであることを示している。

第3章「The effect of pre-deformation on age-hardening behavior and precipitation in an Al-3.9Cu-1.5Mg wt % alloy」と題し、この合金における90%予備加工の影響を調査している。予備加工を行うことで高転位密度と変形中の空孔消滅によりクラスター形成が抑制されたこと、予備加工を行わない試料を時効材にはGPB<sub>1</sub>からGPB<sub>3</sub>までの一般的なGPBゾーンとS-I相とS-II相の両方が共存しているのに対し、予備加工材ではS-I相とS-II相に加え、「Y相」と名付けられた新しいタイプの析出相がも転位に沿って存在していることを明らかにしている。Y相はAl<sub>12</sub>Cu<sub>5</sub>Mg<sub>5</sub>となる組成を有する単斜晶系であることを実験的に明らかにし、Y相とAl母相との配向関係が[110]<sub>Y</sub>/[100]<sub>Al</sub>であり満、れまでに報告されているS-1およびS-IIの配向関係と異なることを明らかにしている。加えて、90%の冷間加工仁手導入された多量の転位が、主要な核生成サイトとして機能し、転位との方位が多様化することで様々な形態やタイプの異なる析出物を生成し、新しいY相を生み出したと述べている。

第4章「Investigation on age hardening behavior of Al-Zn-Mg-Cu alloy with various Zn contents」では、Al-Zn-Mg-Cu合金の強化および析出挙動に及ぼすZn添加の影響を調査している。溶質原子のZnとMgの総量の増加による固溶強化によりZn含有量の多い試料では初期硬さが増加し、Zn/Mg比の増加することによって $\eta'$ 生成が促進され、時効硬化応答性が増加することを明らかにしている。GPIIゾーンの形成ピークは8.0Zn材で観察され、4.5Zn材および5.5Zn材と比較して $\eta$ 相析出物の形成が促進されること、またT相の形成は4.5Zn材に現れ、ピーク時効条件まで変化しないことから、Tが時効の初期段階で形成され、 $\eta'$ とともに強化析出物として機能することを示唆している。これらすべての試料について、緻密で均一に分布した $\eta$ 、Tおよび

disordered  $\eta$  析出物が観察され、Zn含有量の増加とともに析出物サイズは減少し、一方で  $\eta'$  の数密度は大幅に増加したと述べている。円型析出物のエッジ・オン数とフェイス・オン数の比が1を超えることから、円型析出物が  $\eta'$ 、T'およびdisordered  $\eta$  析出物からなることが確認でき、Zn添加量が増加するにしたがって  $\eta$  相 ( $\text{MgZn}_2$ ) を形成するのに十分なZnが供給され、析出物全体に対するdisordered  $\eta$  析出物の割合は4.5Zn材の30%から8.0Zn材の13%にまで低下すると述べている。また、位相マップ解析により、Tと  $\eta$  が共存していることを明らかにしたと述べている。

第5章「General Conclusions」では、各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。

以上を要するに、本論文は熱処理型アルミニウム合金として広く利用されているAl-Zn-Mg-Cu合金およびAl-Mg-Cu合金に注目し、硬さ試験や電子顕微鏡観察などを通じて、予備加工が時効挙動に対する影響や時効中の析出過程と析出相の構成を変化させることを変化を明らかにし、実用合金にさらなる強化をもたらす可能性を見いだしたもので、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。