

氏 名	よし だ ひで お 吉 田 英 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2519 号
学位授与の日付	平 成 3 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	アルミニウム合金の組織制御に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 長村光造 教授 牧 正志 教授 山口正治

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、組織制御によるアルミニウム合金の機械的性質の改良に関して、不純物元素の制御及び遷移金属元素の微量添加による高強度・高靱性化と結晶粒及び下部組織制御による超塑性特性の向上を考察し、改良アルミニウム合金の実用化について論じた結果をまとめたものであって、6章からなっている。

第1章は序論であり高力アルミニウム合金は航空機用材料を中心に多くの分野で用いられているが、さらに飛躍的な強度、延性、靱性などの性質の向上が求められている。これらの合金の現在までの製造方法、性能および問題点についてまとめ、本研究の背景及び目的を明らかにしている。なおここで取り扱われている材料は主として工業用純アルミニウム（以後 JIS 規格で1050と記載することにする）、Al—Zn—Mg—Cu 系合金（7075及び7475をあわせて7000系とする）、Al—Li—Cu—Mg 系合金（8090）等である。

第2章においては不純物元素の制御による高延性化・高靱性化の研究をまとめている。工業用純アルミニウムを焼鈍軟化させると548K付近で伸びが最大になるが、これは単体ケイ素が転位セル上に析出し、さらに母相に遊離することによることを解明した。また中間熱処理によりAl—Fe—Si系金属間化合物を析出させると延性向上にとり有効であることを示した。7000系合金では casting 時に晶出する鉄、ケイ素を含む共晶系化合物は脆いため加工熱処理後に結晶粒界に残存し、亀裂の伝播を容易にすることをつきとめ、鉄やケイ素等の不純物元素を減少させることで、晶出物の量を減らすことができ、靱性ならびに疲労亀裂伝播抵抗は向上することを明らかにしている。

第3章では7000系高力アルミニウム合金における遷移金属元素であるジルコニウムの微量添加による強度・靱性向上に関する研究をまとめている。均質化処理の段階で Al_3Zr を微細に分散させると、その後の加工熱処理で繊維状組織が形成され、準安定相の析出が促進され強度が高くなり、大傾角の結晶粒ができにくいため応力腐食割れ伝播が遅延することを解明している。 Al_3Zr 析出物は母相と整合性を保つため、析出物近傍で塑性緩和が生じにくく、伸びが低下することが指摘されている。

第4章においては結晶粒制御による超塑性特性向上に関する研究をまとめている。加工熱処理法により7000系合金の結晶粒を微細化する条件を詳細に検討している。一般的な方法として高温の処理過程で約

1 μm 程度の粗大な第二相粒子を析出させたあと、70%以上の加工度で冷間圧延後、急速に溶体化処理温度まで加熱することで、20 μm 以下の微細な再結晶粒が得られることを明らかにしている。試験前に高温で長時間加熱しておく、超塑性特性が著しく向上するが、これは結晶粒界に存在する粗大析出物や不純物あるいは遷移金属系化合物が固溶あるいは粒界移動で粒内に分散するようになるため結晶粒界が清浄となり、超塑性変形時にキャビテイの生成が減少するためと考察している。

第5章では下部組織制御による超塑性特性向上に関する研究をまとめている。8090合金に7000系合金と同様の加工熱処理を適用すると、大きな歪速度で高い伸びが得られるようになる。超塑性押し出し温度は593Kが最適とされるが、これは T_2 相が析出していて、押し出し中に下部組織の形成を促進させるためと考察された。析出物が均一に分布することにより、温間加工及び冷間加工で仕上げた超塑性板の異方性が小さくなり、均質な組織が得られるようになることを明らかにしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、航空機用材料を中心とした高力アルミニウム合金の組織制御による機械的性質の改良に関して研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 工業用純アルミニウムの延性は冷間加工後548K付近で焼鈍軟化すると最大になるが、これは単体ケイ素が転位セル上に析出しさらに母相に遊離するためであり、またAl—Zn—Mg—Cu系合金で铸造時に晶出する鉄、ケイ素を含む共晶系化合物は脆く結晶粒界に残存し、亀裂の伝播を容易にすることを明らかにした。これらの結果をもとに不純物の制御を行い、上記材料の高延性化、高靱性化に成功している。

2. Al—Zn—Mg—Cu合金にジルコニウムを微量添加して均質化処理の段階で Al_3Zr を微細に分散しておく、その後の加工熱処理で繊維状組織が形成され、準安定相の析出が促進され強度が高くなり、また大傾角の結晶粒が形成されにくいいため応力腐食割れ伝播が遅延することを解明し、高強度・高靱性合金の開発に成功している。

3. Al—Zn—Mg—Cu合金の結晶粒を微細化するためには高温の処理過程で1 μm 程度の粗大な第二相粒子を析出させたあと、70%以上の加工度で冷間圧延後、急速に溶体化処理温度まで加熱することで実現され、20 μm 以下の微細な再結晶粒が得られることを明らかにしている。試験前に高温で長時間加熱しておく、超塑性特性が著しく向上するが、これは結晶粒界に存在する粗大析出物や不純物あるいは遷移金属系化合物が固溶あるいは粒界移動で粒内に分散し、結晶粒界が清浄となり、超塑性変形時にキャビテイの生成が減少したためと考察している。

4. Al—Li—Cu—Mg合金の下部組織制御による超塑性特性の変化を調べている。超塑性押し出し温度は593Kが最適とされるが、これは T_2 相が析出していて、押し出し中に下部組織の形成を促進させるためと考察された。さらにこの均一な析出の分布は温間加工および冷間加工で仕上げた超塑性板で異方性が小さく均質な組織が得られることに密接に関係することを明らかにし、Al—Li系の超塑性合金の開発に成功している。

以上の結果はアルミニウム合金の開発について工業上重要な指針を与えるものであり、学術上、實際上

寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成3年6月20日、論文内容と、それに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。