

氏 名	菊池正夫 さくちまさお
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 595 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 金 属 加 工 学 専 攻
学位論文題目	時効性アルミニウム合金溶接部の金属組織学的研究

論文調査委員 (主査) 教授 水野政夫 教授 足立正雄 教授 村上陽太郎

論 文 内 容 の 要 旨

近年、溶接構造物に、時効性アルミニウム合金が数多く使用されるようになり、その溶接性が種々検討されている。本論文は溶接構造用材料として重要視されている時効性 Al-Zn-Mg 系合金の、溶接金属部及び溶接熱影響部における時効析出挙動を、金属組織学的観点より検討した結果をまとめたもので、8章よりなっている。

第1章は緒論で、本系合金の時効析出挙動に関する従来の研究結果を整理し、本研究の目的、意義及び研究方針の概要について述べている。

第2章では、時効性アルミニウム合金における G.P. ゾーン等の微細析出粒子の研究手段として、本研究で用いられたX線小角散乱法について、その基礎理論、実験方法及び測定結果の解析方法を概説している。

第3章では、Al-Zn-Mg系合金溶接金属部の、溶接後における時効過程について述べている。本系合金の溶接金属部は、溶接後、室温あるいは約80℃以下での低温時効では、G.P. ゾーン等の微細粒子が析出して強度は著しく上昇する。約130℃附近での高温時効でも、時効初期には微細粒子が析出して強度はいったん増加するが、長時間時効によって過時効現象が見られる。また、溶接金属部内の硬度分布はほぼ均一であり、溶接金属部各領域でのマクロ的な凝固組織の差異は、時効過程にはほとんど影響を及ぼさないことなどを明らかにしている。

第4章では、溶接金属部の時効性と溶接熱サイクル（主としてその冷却過程）との関係を詳細に検討している。溶接金属部は、凝固時の冷却速度が小さいほど、凝固の際に生じる溶質原子（Zn及びMg原子）のマイクロ偏析のため、時効硬化能は低下する。また、凝固後の冷却速度が小さいほど、冷却過程において平衡相等の粗大粒子の析出量が増し、マトリックス中の溶質濃度が低下するため、時効硬化能は低下することなどを確めている。

第5章では、溶接金属部の時効性と溶接凝固組織との関係を、マクロ組織的及びマイクロ組織的な観点より詳細に検討している。溶接金属部の時効性に対して、マクロ的な結晶形態の相異は影響を及ぼさないが、

ミクロ的な組織の特徴であるサブグレインは、低温時効では時効性を低下させ、高温時効では逆に時効性を向上させる。これらの結果は、サブグレイン境界への溶質原子の偏析及び中間相の優先析出などによるものであることを明らかにした。また、溶接金属部の時効性に対して、結晶粒径の大小は影響を及ぼさないが、デンドライト・セルサイズの影響は大きく、セルサイズが大きくなるほど、時効性は低下する。これは、セルサイズの変化に伴う、マトリックス中の溶質濃度の変化に起因するものであることを明らかにしている。

第6章では、溶接熱影響部の時効挙動について述べている。まず、自然時効 (T4 処理) 及び人工時効 (T6 処理) された本系合金の溶接熱影響部では、溶接時に受ける加熱、冷却の程度によって、ボンドから遠ざかるに従って、再溶体化、G.P. ゾーン及び η' 中間相の復元、部分的復元あるいは粗大化等が起こることを明らかにしている。また、溶接後の時効過程において、溶接熱影響部に現われる軟化域は T4 処理材では原子空孔濃度の差に、T6 処理材では原子空孔濃度の差及び析出粒子のサイズ分布の相異によるものであることを明らかにした。また、T6 処理材では溶接前の熱処理が、過時効状態に近いものほど母材中での析出粒子のサイズが大きいため、熱影響部に軟化域が現われ易く、硬度は回復し難くなること、さらに、多層溶接した溶接熱影響部は、各層間のパス間温度及び各層の溶接入熱が高いほど、析出粒子の粗大化のため、溶接熱影響部及び軟化域の巾が広くなり、硬度は回復しなくなることなどを見出している。

第7章では、本系合金溶接部の時効性に及ぼす Zn, Mg 量の影響について述べている。溶接金属部における溶接後の初期硬度値は、Mg 量の多い合金ほど高いが、溶接後の自然時効では Zn 量の多い合金ほど微細粒子の析出量が多いため、溶接金属部の時効性は優れている。また、Zn 量の多い合金ほど、溶接熱影響部において、溶接熱のため、ほぼ完全な再溶体化あるいは復元の起る領域は広く、この部分の溶接後の硬度回復率は高く、軟化域の巾も狭いことなどを見出している。

第8章は本論文の総括である。

論文審査の結果の要旨

本論文は、溶接構造用材料として重要視されている時効性 Al-Zn-Mg 系合金の、溶接金属部及び溶接熱影響部における時効析出挙動を、G.P. ゾーン等の微細粒子の析出状況の検出には X線小角散乱法を、平衡相等の析出状況の検出には透過電子顕微鏡を用いて、金属組織学的観点より解明したもので、得られた主な成果を要約すると次の通りである。

1. 溶接金属部は溶接後の冷却速度が遅くなるほど、凝固時に生じる溶質原子のミクロ偏析と、凝固後の冷却過程において平衡相などの粗大粒子の析出量が増し、マトリックス中の溶質濃度が減少することなどのため、時効硬化能は低下する。

2. 溶接金属部の時効性に対し、溶接金属のマクロ的な結晶形態の相異及び結晶粒径の大小は影響しないが、ミクロ的な組織であるデンドライト・セルサイズの大小の影響は大きく、セルサイズが大きくなるほど、セル境界に溶質原子が偏析して、マトリックスの溶質濃度が減少し、時効硬化能は低下する。

溶接金属に関して得られたこれらの知見は、本系合金の溶接時における溶接条件の選定が、溶接金属の組織と時効性に対し影響する所が大きく、極めて重要なことを示している。

3. Al-Zn-Mg 系合金の溶接熱影響部において、析出粒子の部分的な溶解によって生じた軟化域は、T4 材では原子空孔濃度の差に、T6 材では原子空孔濃度の差及び析出粒子のサイズ分布の相異によること、また、T6 材では溶接前の熱処理が過時効状態に近いものほど、析出粒子のサイズが大きく、溶接熱影響によって粗大化する傾向が大きいこと、軟化域を生じ易いことを明らかにした。これらの結果は、溶接構造材料としての本系合金に対する熱処理条件の選定に重要な示唆を与えるものである。

4. 多層溶接した溶接熱影響部は、各層間のパス間温度及び各層の溶接入熱が高いほど、析出粒子の粗大化のため、熱影響部及び軟化域の巾が広くなることを見出し、本系合金に対する溶接施工条件の選定に際し、有効な指針を与えた。

5. 溶接金属部における溶接後の初期硬度値は、Mg 量の多い合金ほど高いが、溶接後の自然時効では Zn 量の多い合金ほど微細粒子の析出量が多いため、時効性は優れていること、さらに、溶接熱影響部で、ほぼ完全な再溶体化あるいは復元の起る領域は、Zn 量の多い合金ほど広く、軟化域の巾は狭くなることなどを見出している。

以上要するに、本論文は、時効性 Al-Zn-Mg 系合金の溶接金属部及び溶接熱影響部の時効析出挙動を、金属組織学的に詳細に研究し、溶接構造材料としての本系合金に対する適切な熱処理条件の決定に有用な知見を与えるとともに、溶接施工条件の選定においても極めて有効な基礎資料を提供するもので、工業上は勿論、学術上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。