

令和4年度軽金属論文新人賞



石井 大貴 君
(名古屋大学大学院
現 中部電力パワー
グリッド株式会社)

「Al-Mg-Zn 3元系耐熱合金の析出に及ぼす第4元素添加の影響」

(軽金属 第71巻7号 (2021), 275-282)

既存のアルミニウム合金は融点の約半分である約200°C以上で著しい強度低下を示す。この原因は、低い体積率の強化相に加え、強化相である準安定な析出相が高温保持中に平衡相へと変態し、著しく粗大化するためである。これまで、 α 母相と平衡する体積率約10%のT-Al₆Mg₁₁Zn₁₁相で強化されたAl-5Mg-3.5Zn (mol%)合金を設計し、本合金は想定使用温度200°Cで優れた高温強度を示した。本論文では、本3元系合金における強化相の体積率向上と複相化による更なる強度の向上を目指し、析出強化相に及ぼす影響が異なると予測される第4元素(銅とニッケル)を1%添加し、その組織形態と析出挙動に及ぼす影響を示している。添加されたCu元素は析出相であるT相と η -Zn₂Mg相の双方に分配し、高温保持における析出形態の安定化に寄与すると考えられる。また、添加されたNi元素は粒内の析出相に分配せず、Al₃Ni相の粒界上の生成に寄与する。

以上の結果は、Al-Mg-Zn 3元系合金への銅およびニッケルの複合添加が、粒内に析出するT相(および η 相)の安定性を高めるとともに、粒界上に安定に存在するAl₃Ni相による強化の可能性を示すものであり、耐熱アルミニウム合金の改良設計の指針を示す。よって本論文の第一著者に対し、今後の一層の研究活動の発展と活躍を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。



岡野 直輝 君
(名古屋大学大学院)

「Al-Mg-Zn 3元系の共晶反応を利用したAl基鋳造合金の凝固組織と室温破壊靱性」

(軽金属 第72巻3号 (2022), 79-87)

本論文は、アルミニウム合金の耐熱性向上を目指し、Al-Mg-Zn 3元系の α (fcc) 母相と平衡するT-Al₆Mg₁₁Zn₁₁相と β -Al₃Mg₂相に着目し、 α /T、 α/β 2相共晶および α/β /T 3相共晶の組成を持つ鋳造合金の凝固組織と室温破壊靱性を調査したものである。熱力学計算に基づき設計した共晶の組成を持つ合金を溶製し、それらの凝固組織の特徴と室温における破壊靱性値を評価した。その結果、 α /T 2相共晶合金ではT母相中に棒状の α 相、 α/β 2相共晶では β 母相中に棒状 α 相が分布する2相共晶組織が観察された。 α /T/ β 3相共晶の組成を持つ合金にて3相の晶出が確認できたが、共晶組織特有の幾何学的な組織形態は示さなかった。2相共晶組織における棒状 α 相の直径は冷却速度の増加に伴い減少した。特に、 α/β 2相共晶合金は1.1 MPa·m^{0.5}と低い破壊靱性値を示し、それは β 相の乏しい塑性変形能に起因すると考えられる。

本研究は、Al-Mg-Zn 3元系鋳造合金における β 相は材料の靱性を低下させる有害相であることを明らかにし、 β 相生成を抑制する合金設計が高温強度と室温靱性の両立に必要であることを実験的に示す点で、軽金属の合金設計の方向性を示している。よって、本論文の第一著者に対して、今後一層の活躍と研究活動の進展を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。



栗原 健輔 君
(芝浦工業大学大学院)

「Al-Mg-Si系合金におけるナノクラスタの形成に対する溶質原子と空孔の局所的結合の影響」

(軽金属 第72巻2号 (2022), 47-53)

本論文は、Al-Mg-Si系合金中の溶質原子および空孔間の結合が、時効初期に形成するナノクラスタに及ぼす影響を検討するために、第一原理計算を用いてマトリックス中のMg原子、Si原子または空孔からなる2体間ならびに3体間結合エネルギーを算出し、さらにモンテカルロシミュレーションを用いてナノクラスタの平衡構造を探索した。その結果、Si-Vac-Siの90°結合やMg-Si-Vacの60°結合が、ナノクラスタの熱的安定性向上の原因となっていることや、内部に空孔を取り込むことでナノクラスタが安定化し、一度取り込んだ空孔は安定な内部結合によって強くトラップされ続けることなどを明らかにした。

本研究は、実測が難しいAl-Mg-Si系合金中のナノクラスタの構造や形成挙動についての知見を提示しており、3次元アトムプローブなどの実験結果を解釈する上での根拠を与えるものとなっている。よって、本論文の第一著者に対して、今後一層の活躍と研究活動の進展を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。



平田 雅裕 君
(兵庫県立大学大学院)

「Al-Zn-Mg 合金における引張変形中の転位密度変化に及ぼす析出粒子サイズの影響」
(軽金属 第71巻8号 (2021), 343-348)

7000系アルミニウム合金 (Al-Zn-Mg 系合金) は主に析出強化によって高い強度を示すことが知られており、その強化量は主に析出粒子サイズによって変化することが報告されている。しかし、変形に伴う転位密度増加が強化量に及ぼす影響については明らかではない。本論文では、7075アルミニウム合金の各時効段階の試料について、引張変形中の In-situ XRD 測定により、変形中の転位密度変化が一定、急激な増加、緩やかな変化の3つの段階に分けられることを明らかにした。これにより、降伏強度とみなされる0.2%耐力は、時効時間の経過によって転位増殖前の応力から転位増殖後の応力へと変化すること、降伏強度や塑性変形域における流動応力、最大応力は転位密度増加による強化と析出強化の単純な足し合わせではなく、転位と析出物それぞれの転位運動に対する障害物としての強さの相対的な関係によって決まることを明らかにした。

本研究の成果はアルミニウム合金の強化機構について、転位密度増加の影響を考慮する必要性を示し、それらの複合的な作用についての解明に大きく寄与するものである。よって本論文の第一著者に対し、今後の一層の研究活動の発展と活躍を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。