

## 論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 江口 逸夫

(1,500字程度とし、1行43文字で記入)

本研究は、優れた耐熱性を有する Cu-Cr-Zr 系合金を開発することを目標とし、Ag 添加量を 0~1.2mass%まで変化させた Cu-Cr-Zr-Ag 合金において比較的高温で焼きなまし処理を施し、結晶粒成長と析出物に着目した微細組織変化のメカニズムを解析し、さらに機械的性質に及ぼす Ag 濃度の影響を系統的に研究したものである。

第 1 章は序論として、一般的な析出強化型銅合金、Cu-Cr 系および Cu-Cr-Zr 系合金の耐熱性に関連する国内外の研究と関連する理論等について概説した上で、本研究の目的と構成を述べている。

第 2 章では析出強化された Cu-Cr-Zr-Ag 合金 (Cu-1.0%Cr-0.06%Zr-x%Ag) の復元中における粒成長に及ぼす Ag 濃度の影響について検討している。その結果、Cu-Cr-Zr-Ag 合金を 900℃で焼なましした際の結晶粒成長指数は Ag 濃度増加に伴い減少し、0.27mass%で極小値に達した後、再び増加するという特徴的な変化を示している。

第 3 章では結晶粒成長過程における Cu-Cr-Zr 系合金の結晶方位および対応粒界に及ぼす Ag 添加の影響を後方散乱電子線回折 (EBSD) 法により調べている。0mass%Ag 材 (Base) と 1.2mass%Ag 材 (120Ag) を比較すると、120Ag 材の方が粒成長を起こしにくい傾向が認められること、焼なまし中に再結晶の進展に関わる対応粒界の割合が大きく減少しないこと等を明らかにしている。

第 4 章では異なる Ag 濃度の Cu-Cr-Zr-Ag 合金の復元中における結晶粒成長過程について検討している。焼なまし後の導電率測定と SEM/EDS による Cr 固容量の定量分析結果から、Ag 濃度の増加に伴い Cr 固溶限は高濃度側へ移動することを示している。また、Ag 濃度の増加に伴う母相粒成長指数の変化は、相対的な結晶粒度変化にともなう粒界のピン止め圧力の変化と溶質元素による引き摺り力の相乗効果によって説明できることを示している。

第 5 章では復元中における Cu-Cr-Zr-Ag 合金の焼なまし後の機械的性質に及ぼす Ag 添加量の影響を検討している。その結果、焼なまし後の機械的性質は Ag 濃度増加に伴い高くなり、その効果は引張強さよりも 0.2%耐力に大きく認められることを示している。Base 材、15Ag 材と比較して、30Ag 材、60Ag 材および 120Ag 材では Cr 析出物濃度あたりの焼なまし後 0.2%耐力の上昇率が大きく、Ag 添加材で効率よく析出強化されていることを明らかにしている。さらに、120Ag 材 (1.13mass%Ag 材) では、0.2%耐力の固溶

強化をも含めた強化量は Base 材よりも約 40%改善され、Cu-Cr-Zr 合金の機械的性質の耐熱性改善には、Ag 添加が有効に作用することを明確に示している。

第 6 章は、結論として各章の結果をまとめたものである。

本研究において得られた成果は、次のようにまとめられる。1) Cu-Cr-Zr-Ag合金を 900°Cで焼なましした際の結晶粒成長指数はAg濃度増加に伴い減少し、0.27mass%で極小値に達した後、再び粒成長指数が増加すること、2) Ag添加材は粒成長を起こしにくい傾向が認められ、焼なまし中に再結晶の進展に関わる対応粒界の割合が大きく減少しないこと、3) Ag濃度の増加に伴う母相粒成長指数の変化は粒界のピン止め圧力の変化と溶質元素による引き摺り力の相乗効果によって説明できること、4) 焼なまし後の機械的性質はAg濃度増加に伴い高くなり、その効果は引張強さよりも0.2%耐力に大きく認められること、である。以上の成果により、Cu-Cr-Zr合金の機械的性質の耐熱性改善には、Ag添加が有効に作用することを示すとともに、比較的高温で焼なまし処理における微細組織変化メカニズムを明示している。

本論文については、2014年2月5日に本学総合研究棟211教室において、審査委員全員および学内外のこの分野の研究者、実務者等の出席のもとに公聴会が開催され、研究内容の発表が行われた。公聴会の後に審査委員全員による学位審査委員会が開催され、本論文の内容を詳細に検討した。その結果、本研究において、析出強化型Cu-Cr-Zr合金の耐熱性向上について極めて有用な知見が得られ、また本系合金の高温焼なましにおける微細組織形成メカニズムが明示されたことが認められ、本論文は工学的に価値のあるもので、研究内容の学術的レベル、研究としての独創性においても優れたものと判断した。よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。