

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Cu-Ni-Si系合金における析出強化と変形双晶形成挙動
Title(English)	Deformation Twinning in Relation to Precipitation Strengthening in Cu-Ni-Si alloy
著者(和文)	荒木章好
Author(English)	Akiyoshi Araki
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9753号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:里 達雄,小林 郁夫,熊井 真次,竹山 雅夫,曾根 正人
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9753号, Conferred date:2015/3/26, 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		荒木 章好		
			氏名	職名			
論文審査 審査員	主査		里 達雄	教授	審査員	曾根正人	准教授
			小林郁夫	准教授			
	審査員		熊井真次	教授			
			竹山雅夫	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“**Deformation Twinning in Relation to Precipitation Strengthening in Cu-Ni-Si Alloys**”と題し、6章からなっている。

Chapter 1 “General introduction”では、電子機器用 Cu-Ni-Si 系合金に求められる諸特性ならびにマイクロ組織などに関する従来の研究について概観し、時効初期における硬化挙動や組織変化を明らかにすることの必要性を述べ、また、析出物と転位との相互作用の観点から従来ほとんど報告のない加工硬化挙動ならびに変形挙動を解明することの重要性を指摘し、本研究の意義と目的を述べている。

Chapter 2 “Precipitation behavior in Cu-Ni-Si alloy”では、示差走査熱量測定ならびに TEM 観察により、Cu-Ni-Si 系合金では時効のごく初期に 2 種類の析出物が形成することを明らかにしている。すなわち、723 K 付近での時効熱処理では δ -Ni₂Si 相が比較的初期段階から形成するのに対し、573 K 付近での時効熱処理では δ -Ni₂Si 相とは異なる相 (X 相と呼称) が形成することを初めて明らかにしている。また、723 K 時効における δ -Ni₂Si 相のサイズ、体積率ならびに数密度の変化を TEM 観察ならびに電気比抵抗測定により定量的に調べ、サイズは一様に増大し、一方、数密度は初期に増大して約 0.6 ks 時効段階で最大となることを明らかにしている。

Chapter 3 “Work hardening behavior in Cu-Ni-Si alloy”では、各時効段階での析出物 (δ -Ni₂Si) と転位との相互作用について引張試験ならびにバウシinger試験により検討している。塑性変形初期の加工硬化率ならびにバウシinger応力の変化から、723 K 時効においては 3.6 ks 時効段階まで析出物は転位によってせん断可能であるのに対し、それ以降ではサイズ変化に伴い、せん断不可能となることを明らかにしている。また、塑性変形初期の加工硬化率および応力の加算式をもとに、ピーク時効以降ではほとんどの析出物が転位によってせん断不可能となることを明らかにしている。さらに、本系合金の亜時効段階において析出物が転位によってせん断可能か否かに依存して変形双晶が形成することを初めて見出し、変形双晶の形成に伴い加工硬化率が増大することを示している。

Chapter 4 “Deformation twinning behavior in Cu-Ni-Si alloys”では、Cu-Ni-Si 系合金に Zn 添加あるいは変形温度を低温 (液体窒素温度) にすることにより積層欠陥エネルギーを小さくし、変形双晶がより形成しやすい条件を設定して変形組織および加工硬化挙動を調べ、変形双晶形成挙動を検討している。Zn 添加合金の変形組織から変形双晶は粒界近傍を起点として核生成し、変形段階に依存して双晶面に平行方向ならびに垂直方向へ成長する特徴を見出している。一方、低温における変形組織変化および加工硬化挙動から双晶変形は亜時効からピーク時効に至る段階で最も促進され、過時効段階では双晶変形はおこりにくいことを明らかにしている。

Chapter 5 “Effect of precipitates on deformation twinning”では、双晶変形のおこりやすさが時効条件に大きく依存する理由を検討するため、変形双晶形成に及ぼす析出物の影響を調べている。TEM 観察から析出物が変形双晶形成に直接的に影響することはないと推察し、一方、変形時のすべり線の観察から時効条件に依存して転位のすべりが局所化することを明らかにしている。すべりの局在化は析出物と転位の相互作用に起因するものであり、析出物が転位によりせん断可能な場合には転位のすべりが局在化し、結晶粒界近傍から変形双晶が核生成・成長すると考察している。また、双晶変形により破断伸びが増大することを示し、析出強化と双晶変形を活用して強度や成形性を向上させるための析出組織の制御指針を提案している。

Chapter 6 “General conclusions”では、各章で得られた結果をまとめ、本研究の総括を述べている。

以上を要するに、本論文は Cu-Ni-Si 系合金において時効硬化に 2 種類の析出物が寄与することを明らかにし、特に、析出物 (δ -Ni₂Si) が転位によりせん断可能か否かの観点から加工硬化やバウシinger応力の時効時間依存性を明らかにしている。さらに、本系合金において析出強化に起因して双晶変形がおこることを初めて見出し、変形双晶の形成挙動を明らかにするとともに、変形双晶形成により破断伸びが増大することを示し、強度や成形性向上のための析出組織の制御指針を提案したもので、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。