

Title	銅合金の高温破壊および析出における結晶粒界の役割に関する研究
Author(s)	柴柳, 敏哉
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/654">http://hdl.handle.net/11094/654</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	しば 柴	やなぎ 柳	とし 敏	や 哉
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8991	号	
学位授与の日付	平成2年	2月	28日	
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文題目	銅合金の高温破壊および析出における結晶粒界の役割に 関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授	堀	茂徳	
	教授	山根	寿己	教授
		教授	山本	雅彦
			教授	永井
				宏

### 論文内容の要旨

多結晶材料の諸性質において結晶粒界は重要な役割を果たしており、粒界の挙動を把握することにより材料特性の改善のための指針が得られる。

本研究では粒界関与現象の中で、工業的にも重要な問題である高温破壊および析出現象について、粒界性格の影響も含めた粒界の役割を明確にし、さらに粒界制御材料の開発に対する基礎的知見を得ることを目的としている。本論文は以下の10章より構成されている。

第一章では、本研究の目的と意義について述べている。

第二章では、貨幣用合金であるCu-Ni, Cu-AlおよびCu-Al-Ni合金の高温破壊現象が、粒界上のキャビティ形成に密接に関係していることを明らかにし、高温破壊における粒界の役割を指摘している。

第三章では純銅の高温変形時における粒界挙動を調べ、粒界キャビティ形成は粒界すべりあるいは粒内の転位の粒界への堆積による応力集中により生じ、粒界の易動度によってキャビティ形成の形態が異なることを明らかにしている。

第四章では、銅の中間温度脆性を抑制するために必要な組織因子および変形条件を亜鉛添加材の場合について調べた結果、亜鉛添加量が1.2 mass %の場合に本現象が最も軽減されることを明らかにしている。また、純銅の硫黄含有量を低減することにより中間温度脆性の抑制が可能であることも明らかにしている。

第五章では、粒界性格を対応粒界理論で用いられている $\Sigma$ 値により評価し、この値をECP(Electron Channeling Pattern)法により計算するシステムを構築している。この手法を用いて、Cu-9.7mass %Zn合金の粒界破壊と粒界性格の関係を調べ、変形条件によってキャビティを形成する粒界と粒界性格

の関係が変化することを明らかにしている。

第六章では、破面観察にフラクタル次元の概念を導入し、破面形状を定量的に評価し、高温破壊におけるキャビティ形成の素過程を破面解析より明らかにする試みを行なっている。

第七章ではCu-Be合金の粒界反応析出の粒界性格依存性を調べ、時効条件によって粒界性格と析出量の関係が変化することを明らかにしている。

第八章では、Cu-Be合金の粒界反応析出物の固溶過程における組織変化を粒界の易動度の役割を中心に詳しく調べ、粒界反応析出を利用した結晶粒微細化法の原理を明らかにし、また本熱処理適用の最適組織条件を検討している。

第九章では、粒界制御材料の開発に必要な基礎的知見を得ることを目的とし、粒成長過程における粒界性格分布の変化におよぼす粒界の易動度、初期状態における低易度粒界の存在割合および分布状態の影響をモンテカルロシミュレーションを用いて明らかにしている。

## 論文の審査結果の要旨

結晶粒界は材料の諸性質を左右する重要な組織因子である。これまで粒界の挙動は平均化して取り扱われてきたが、個々の粒界はそれぞれ固有の構造、性格をもっている。本論文は銅合金の高温破壊および析出における結晶粒界の役割を粒界性格に着目して検討したもので、主な成果をまとめるとつぎのようになる。

- (1) 白銅およびアルミニウム青銅は700 K近傍で粒界脆化し、さらに高温で動的再結晶する中間温度脆性を生じることを見出している。
- (2) 中間温度脆性は変形中、粒界キャビティを形成し、その成長合体によることを確かめ、結晶粒内のすべりと粒界すべりとが関与するキャビティ形成機構を提案している。さらに、この機構にもとづき、中間温度脆性抑制に有効な添加元素の役割を明らかにしている。
- (3) 個々の粒界による粒界キャビティ形成の差異は粒界における原子配列の規則性のちがいにともづくことを確かめ、この規則性を表わす $\Delta$ 値の大きい粒界でキャビティ形成が顕著で、ひずみ速度を低下すると、より小さい $\Delta$ 値の粒界でのキャビティ形成が容易になることを見出している。
- (4) Cu-Be合金の粒界反応析出の粒界性格依存性を検討し、 $\Delta$ 値が小さいほど粒界反応析出量が少なく、規則性のよい粒界ではおこらないことを確かめている。Co添加により粒界反応析出を抑制するのは粒界性格の改変ではなく、粒界移動の抑制にあることを明らかにしている。
- (5) ダブルシーム型の粒界反応析出合金では、粒界反応を利用して結晶粒を微細化できる原理を示し、初期粒径100 $\mu$ mについて一回の時効と再固溶化サイクルで結晶粒径が1/5以下になることを実証している。

以上のように、本論文は銅合金の高温破壊および析出における結晶粒界の役割に関し、多くの新しい知見を得ており、材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。