

課題番号 :2021B-E12  
利用課題名 (日本語) :単結晶 Cu-Al-Mn 超弾性合金の応力誘起逐次相変態と変形挙動  
Program Title (English) :Stress-induced successive phase transformation and deformation behaviors in single crystal Cu-Al-Mn superelastic alloys  
利用者名(日本語) :赤嶺 大志<sup>1)</sup> 西堀 麻衣子<sup>1,2)</sup> 喜瀬 純男<sup>3)</sup> 西田 稔<sup>1)</sup>  
Username (English) :Hiroshi AKAMINE Maiko NISHIBORI Sumio KISE Minoru NISHIDA  
所属名(日本語) :<sup>1)</sup>九州大学 <sup>2)</sup>東北大学 <sup>3)</sup>古河テクノマテリアル  
Affiliation (English) :1) Kyushu University, 2) Tohoku University, 3) Furukawa Techno Material Co.,  
キーワード: 単結晶, Cu-Al-Mn 超弾性合金, 形状記憶合金, マルテンサイト変態, X線回折

## 1. 概要 (Summary)

単結晶 Cu-Al-Mn 超弾性合金において、逐次的な相変態に対応する多段階の降伏現象が見出され、その起源の解明が求められている。本研究では、2 段階目降伏後に現れるマルテンサイト相の結晶構造を明らかにすることを目的とし、単結晶 Cu-Al-Mn 系超弾性合金の引張り応力下におけるその場 X 線回折実験を行った。その結果、各段階の降伏後の回折パターンはよく類似しており、2 段階目の降伏後の結晶構造は 1 段階目の相変態で生じる 18R(6M)型マルテンサイト構造の積層構造を継承したものであることが示唆された。このことは Cu-Al-Ni 合金で報告された逐次相変態のように、積層周期の変化による構造変化である可能性を示している。

## 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

単結晶 Cu-Al-Mn 系超弾性合金は、熱サイクルによる巨大単結晶作製法[1]が開発されたことにより、制震用構造部材など新規応用が期待されている。最近、単結晶 Cu-Al-Mn 超弾性合金において逐次的な相変態に対応する多段階の降伏現象が見出された[2]が、その起源は明らかになっておらず解明が求められている。本研究では、まず 2 段階目降伏後に現れるマルテンサイト(M)相の結晶構造を明らかにすることを目的とする。これまでの研究において、我々は 2 段階目 M 相が 18R(6M)構造とは異なる長周期構造を有することを示唆する結果を得たが、正確な構造同定には至っていない。本実験ではこの課題を克服するため、1 つの単結晶ロッドを複数方向から切り出した試料を用意し、十分な回折ピークを検出することにより、正確な構造同定を試みた。また、2 段階目 M 相から母相への逆変態挙動について調査し、2 段階目 M 相から 18R(6M)型 M 相を経由して母相に逆変態するのか、また

は 2 段階目 M 相から直接母相へと逆変態するのかを調査した。さらに、超弾性域を超えて引張りを行った場合の塑性変形挙動について調査を行った。特に、2 段階目 M 相が結晶構造を維持したまま塑性変形を生じるのか、あるいはさらに別の相へと相変態を生じるのかに着目し解析を行った。

<114>近傍方位を引張り方向とする丸棒状の単結晶 Cu-Al-Mn 合金を引張り方向に平行にスライスし、放電加工により引張り試験片を作製した。この際、丸棒の中心軸に対してスライス方向を 30 度ずつ回転させた 4 種類の試料を作製した。以下、CAM0, CAM30, CAM60, CAM90 とそれぞれ呼称する。各試験片に対し引張り荷重を負荷しつつ、放射光 X 線回折パターンを取得した。入射エネルギーは 30 keV とし、各応力条件下において試料回転、試料平行位置、カメラ位置を自動変更することにより多数の回折パターンを取得した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 にひずみ量が 0, 10, 20% の場合の回折パターンを示す。いずれの回折条件下でも 10% のひずみ量の場合と 20% の場合を比較すると、類似した回折パターンが得られていることがわかった。応力-ひずみ曲線上では 10% ひずみは 1 段階目のプラトー領域、すなわち 18R(6M)型マルテンサイトに対応し、20% ひずみは 2 段階目降伏後の状態にあたることから、2 段階目降伏後の状態では 1 段階目で生じた積層型マルテンサイトの構造が継承されていることが示唆された。このことは Cu-Al-Ni 合金で報告された逐次相変態[3]のように、積層周期の変化による構造変化である可能性を示す。今後、積層構造の変化に対応した回折パターンの変化について詳細な解析を実施していく予定である。

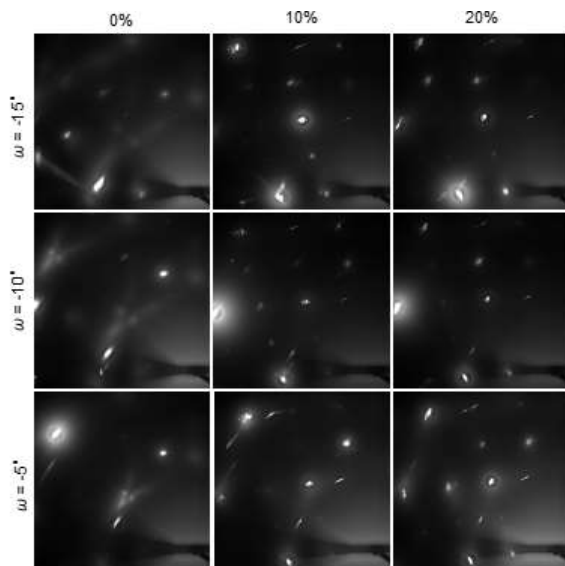


Fig. 1 ひずみ量 0%, 10%, 20%の CAM30 試料に対し、3つの異なる回折条件( $\omega = -15^\circ, -10^\circ, -5^\circ$ )下で得られた回折パターン。

#### 4. その他・特記事項 (Others)

共同研究者

日本原子力研究開発機構 菖蒲敬久、富永亜希

#### 引用(参照)文献等

- [1] T. Kusama, et al., Nat. Commun., 8 (2017) 354.
- [2] S. Kise, Y. Araki, T. Omori, R. Kainuma, J. Mater. Civ. Eng., 33 (2021) 04021027.
- [3] K. Otsuka, et al., Acta Metall., 27 (1979) 965.