

## MgYZn 鋳造合金の LPSO 組織の時間変化 Evolution of LPSO microstructures in cast MgYZn alloys

奥田浩司<sup>1,\*</sup>, 近都康平<sup>1</sup>, 伊藤樹人<sup>1</sup>, 山崎倫昭<sup>2</sup> 河村能人<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都大学, 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

<sup>1</sup>熊本大学, 〒123-4567 熊本市黒髪

Hiroshi OKUDA<sup>1,\*</sup>, Kohei KINTSU<sup>1</sup>, Mikito ITO<sup>1</sup>

Michiaki YAMASAKI<sup>2</sup>, Yoshihito KAWAMURA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyoto University, Sakyo-ku Kyoto 606-8501, Japan

<sup>2</sup>Kumamoto University, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan

### 1 はじめに

MgYZn3 元合金は長周期積層秩序構造と呼ばれる規則構造を形成し、その変形機構が変形方向によってはキンク変形を示すこと、軽量材料として優れた強度特性を示すことから注目されている。MgYZn 合金は LPSO を形成する合金系の中でも最初に見出された合金であること、実用上も重要な合金系であることから精力的な研究が進められている。MgYZn 合金の昇温過程の小角高角同時測定の結果から、鋳造材料を出発試料とした場合には LPSO 合金の構造のうち、c 軸方向については 10H と 18R の積層秩序が出現するものの、これらは 10H 構造か 18R 構造化、いずれかをとり、両者は共存する場合も明確に異なった決まった位置に回折ピークを生じること、一方で積層欠陥面内で溶質原子がクラスター (L12 クラスター) を形成している部分についてはクラスターの面内相間を現す回折ピークについてはそのピーク位置が連続的にシフトしていくことが明らかとなった。これは積層欠陥面内ではクラスター間の距離、つまりクラスターの 2 次元配列状態は連続的に変化するを示している。このことから STM によるへき界面の直接観察と 2 次元粗視化 MC シミュレーションによるクラスター配置の解釈が君塚らによっておこなわれている[1]。しかしこのような取り扱いが正当化されるための前提として、積層欠陥面上のクラスター密度や配列秩序が大きく変化している熱処理時間の領域を通じてクラスター自体は同一のものであると考えられるのか、また STM 観察で得られている像は試料のバルク平均として得られる小角散乱像とつじつまが合っているのか、という点についての検証が必要となる。これまでの小角散乱測定に基づく評価は、ナノスケールでの組織変化を検討するものであり、L12 クラスターの同一性という観点での情報には敏感ではない。そこで Mg85 Y9 Zn6 組成の鋳造材料について大幅に異なる熱処理時間の試料の小角散乱と XAFS を測定した。

### 2 実験

小角散乱測定は BL6A においておこなった。試料の回転によりクラスターの面内回折に対応する 6 回

対称パターンが得られる条件に合わせて小角散乱強度測定をおこない、面内回折ピークの形状を解析した。EXAFS については BL9C で透過配置の XAFS 測定を Zn および Y の吸収端でおこなった。データの解析には DEMETER/ ARTEMIS を用いた。

### 3 結果および考察

図 1 は Mg85Y9Zn6 組成の鋳造材の AsCast 試料を 10 K/min の昇温速度で加熱した場合のの小角散乱プロファイルから得られた面内回折ピークの変化を示している。完全な最密配列構造である  $2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3}$  構造の場合の位置と比べ、AsCast ではより q の小さい位置、つまりクラスター間距離がより長い位置に最近接クラスターが存在していることを示している。またピーク位置が時間とともに少しずつ増加していることから面内クラスターの配置密度が次第に大きくなっていることを示している。クラスター密度が連続的に増加していること、初期の平均クラスター間距離は最近接密度の構造と比較して対象性の低いクラスター位置に相当するにもかかわらず、散乱パターンとしては 6 回対称を維持していることなどが分かった。一方、このようにクラスター間距離が変化している状態をクラスターを単位とする 2 次元状態図と言う観点から議論するためには L12 クラスターの構造自体は同一であることが示されている必要がある。LPSO を形成する Mg-RE-TM 合金では Mg-RE 合金では積層欠陥への偏析や別構造をもつ GP ゾーンの形成など、多彩な候補構造が存在するため、完全な規則構造から組成的にずれた積層欠陥上で同一のクラスターが存在するという保証はない。そこで鋳造材で最もクラスター間距離の離れている AsCast 材と、ほぼ  $2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3}$  構造が形成されていると考えられる長時間熱処理材の XAFS を比較した。これらから得られた  $\chi(r)$  を図 2 に示す。これらは L12 クラスターとして報告されている Y9Zn6+Interstitial の原子配置に特有の局所歪を反映したパターンになっているとともに、両者は良い一致を示している。したがって XAFS の結果から MgYZn の LPSO 積層欠陥面でのクラスター分布はクラスターを単位とする 2 次元系状態図として考える

ことができることが実験的に示された。このようなクラスタの挙動は casting material については casting 直後の状態からすでに積層欠陥上に L12 クラスタが分布している状態が実現されていることから、その後のクラスタ密度が変化する熱処理の全過程にわたってクラスタを単位とする 2 次元系としての取り扱いが妥当であることを示している。アモルファスからの LPSO 形成過程では、積層欠陥導入とクラスタの L12 クラスタまでの成長過程の関係によってこのような明確な描像がいつの時点から成り立つのかについては現在検討を進めているところである。

謝辞

本課題は科研費 16H04492 の助成を受けて遂行された。

参考文献

- [1] H.Okuda et al., Acta Mater. 118, (2016)
- [2] H.Okuda et al, Scr. Mater. (2017)

\*okuda.hiroshi.5a@kyoto-u.ac.jp

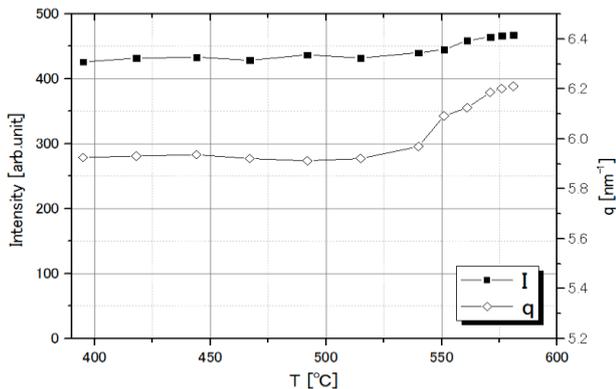


図 1 : Mg85Y9Zn6 鋳造材の熱処理に伴うピーク位置(qm)とピーク強度の変化。

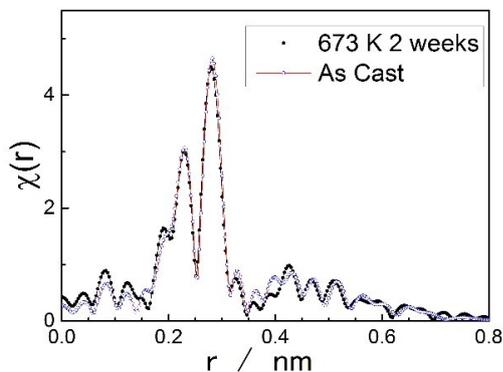


図 2 : Mg85Y9Zn6 試料の Zn 原子周辺に対する局所構造

4 まとめ

積層欠陥が導入された後の LPSO 構造の熱処理に伴う変化を小角散乱測定と XAFS によって検討した。クラスタを単位とした積層欠陥中の組織変化としての解釈の妥当性を XAFS によって検討した結果、L12 クラスタは LPSO 特有の局所緩和構造を維持したままその密度を連続的に変えているというモデルが妥当であると結論付けられた。