

SWAXS と EXAFS 併用による Mg-TM-RE 合金の相変態過程と組織制御

奥田浩司¹ 谷口樹¹ 大石純乃介¹ 下辻健斗¹ 前河佳晃¹ 伊藤樹人¹ 近都康平¹
平山恭介¹ 君塚肇² 田渕雅夫³ 河村能人⁴ 山崎倫昭⁴
京大工¹ 名古屋大工² 名古屋大 SR³ 熊本大 MRC⁴

Mg-遷移金属-希土類の 3 元合金の Mg リッチ側では長範囲積層規則構造 (LPSO 構造) と呼ばれる規則相が現れ、その適切な加工熱処理によって従来の Mg 合金では到達できない高強度を示すことが 20 年ほど前に熊本大学の河村らによって見出され [1]、集中的に研究されてきた。その中で LPSO 構造の特徴として h c p 構造を持つマグネシウムの中に周期的に積層欠陥が入り、積層欠陥上に遷移金属と希土類からなるクラスターが決まった配置で規則配列する $2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3}$ の規則構造が最も規則的な最安定構造であるという報告がされている [2]。一方、その生成過程では積層欠陥面上に存在するクラスターはより疎な分布を示す場合が多く、組織としての安定性や形成過程については不明な点が多かった。われわれはアモルファス合金からの熱処理過程を In-situ SWAXS で調べることにより、クラスターの成長と積層欠陥形成の関係を明らかにしてきている [3,4]。近年コストと比重の削減の観点から遷移金属と希土類の添加量を大幅に減らした希薄合金でもキンク変形による力学的強度の向上が見いだされたことにより、その組織が注目されるようになった。この場合は h c p の Mg 結晶粒中に 2 次元単層あるいは数層積層のクラスター偏析層が形成される。このような興味深い組織形成過程をもつ LPSO の組織としての特徴を比較検討してきた結果を報告する。手法としてはクラスターの形成および積層欠陥の導入過程の評価には SWAXS 強度その場測定を、構成クラスターについては規則構造としての LPSO 相中の特徴的緩和構造として知られる「L₁₂ クラスター」の Fingerprint を持っているかどうかについて EXAFS を利用し [4]、さらに ASAXS などの手法を併用した。積層欠陥面上の L₁₂ クラスター配列構造についての検討には RMC 法によるクラスター散乱強度成分に対するフィッティングによる評価をおこなった [5]。これらの特徴から独特の原子緩和構造をもつ LPSO 中の L₁₂ クラスターは分子的な構造安定性を持ち、その積層欠陥面上の配列は L₁₂ クラスター自体の安定性と比べて比較的エネルギー差の小さい配列選択性を持っていることから、LPSO 形成過程においてはかなり広い配列自由度を持ち、疑似的には 2 次元 (積層欠陥) 面状のクラスター配列として理解できることが示唆された。

[1] Y.Kawamura, K.Hayashi, and A.Inoue Mater.Trans. 42(2001)1172

[2] H.Yokobayashi et al., Acta Mater 59 (2011) 7287.

[3] H.Okuda et al., Acta Mater. 194 (2020)587.

[4] H.Okuda et al., Acta Mater. 253 (2023)118963.

[5] Y.Maegawa et al., JJAP 62 (2023) 090903.