



これまでの研究活動を振り返って

熊本大学先進マグネシウム国際研究センター；助教
西本宗矢

1. はじめに

私は2023年3月に熊本大学より博士(工学)の学位を取得し、現在は同大学先進マグネシウム国際研究センターの助教として勤務しております。このたび、本稿を執筆する貴重な機会をいただきましたので、これまでの研究を振り返るとともに、今後の抱負について述べさせていただきます。

2. これまでの研究活動

私は学部4年次から博士後期課程まで、熊本大学の河村・山崎研究室にて長周期積層構造(LPSO)構造相を強化相とするMg-Zn-Y系急冷合金の強靱化とそのメカニズムの解明に関する研究に携わってきました。マグネシウムは実用金属中最軽量であるため、輸送機器の軽量化を目的とした構造部材等への利用が期待されている金属材料ですが、一方で強度・延性が低いことや耐食性が低いことなど改善すべき課題が多く残っています。このような背景において、展伸加工を施すことで従来のマグネシウム合金と比較して高強度を示すLPSO型マグネシウム合金が開発され、学理構築を目指した基礎研究ならびに実用化を視野に入れた応用研究が国内外で活発に行われてきました。その中でMg-Zn-Y系合金は非平衡プロセスと相性が良く、単ロール式液体急冷法で作製した急速凝固薄帯を押出固化成形することによって作製されるバルク状合金は500 MPaを超える高い降伏強度に加え、高耐食性、高疲労強度を示すことから、アルミニウム合金に代わる航空機用構造部材としての適用が期待されています。強度、耐食性、疲労強度と順々に課題を克服してきた本合金ですが、ASTM規格E399に準拠した平面ひずみ破壊靱性の評価では、高強度アルミニウム合金と比較して予想以上に低いことが分かり、破壊靱性の改善が新たな課題として顕在化してきました。

LPSO型Mg-Zn-Y系合金急冷材の破壊靱性改善に向けて、まずは延性の向上を足掛かりにすべく、押出固化成形条件(押出温度、押出速度等)の精査、押出後熱処理の最適化を試みたところ強度、延性には変化があったものの、破壊靱性値はほとんど変化しませんでした。一方で、押出固化成形前に比較的高い温度で熱処理を施すことで破壊靱性が大きく改善されることが明らかとなりました⁽¹⁾⁽²⁾。押出固化成形前の熱処理を施さない場合、急冷薄帯固化成形材は高強度を示す

ものの、降伏後すぐに塑性不安定が生じる超微細結晶粒材料に特有の変形挙動を示します。一方で、熱処理を施した合金は、比較的高い降伏応力を維持したまま加工硬化能が改善され、大きな均一伸びを示すことが分かりました。重力铸造で作製されたMg-Zn-Y系铸造合金も展伸加工することで粗大加工粒と微細動的再結晶粒からなる不均一組織が形成され、強度と延性といった相反する特性が同時に向上することが知られていますが、結晶粒径のバイモダル化だけではなく、転位密度や結晶配向度、相構成といった複数の組織因子を階層的にバイモダル化することが強度、延性のみならず、加工硬化能、破壊靱性といった力学特性を同時に改善するのに有効であることが明らかとなりました。最近では急速凝固薄帯作製時の冷却速度や合金組成の最適化を行っており、降伏応力400~460 MPa、破壊靱性 K_{IC} 18~24 MPa $\cdot$ m^{1/2}の高強度と高破壊靱性、高耐食性を併せ持つ ϕ 20 mmを超える大型材の開発に至っています。冷却速度を最適化する過程でも意外な発見があり、冷却速度は速いほど良いわけではなく、急冷プロセスとしては比較的遅い冷却速度において強度、破壊靱性ともに最大となることが分かってきました。固化成形する前の急速凝固薄帯の組織形成にまでプロセスを遡り調べたところ、ロール接触面から厚さ方向にかけてチル層、柱状晶、デンドライト状等軸晶で複層化したもののほか複雑な凝固組織を有しており、急冷凝固時のロール周速と溶湯供給量によってそれらの体積率が制御されていることが明らかとなりました。現在は、急速凝固プロセスそのものに焦点を当てた研究を進めており、熱流体シミュレーションを導入して解析を行うなど、研究を深く掘り下げるとともに、その幅を広げることを意識して合金開発に取り組んでいます。

3. おわりに

博士号を取得するまでの間、自由に研究できる環境を与えていただけたことは、今になってみても非常にありがたいことだったと感じています。私の所属している研究室では合金を一から自分たちの手で作る場所から始まりますので、大変ではありますが、その分、自分の作製した試料に愛着を持って大事に育てようという気持ちになります。学生のうちに合金設計から試料の特性・組織の評価まで一貫して経験できたことは現在でも研究を進める上で強みになっていると感じます。今後も、新規合金設計・プロセス設計による高性能Mg合金の創製に携わりながら、不均一組織における力学特性発現機構に加え、設計工学、安全工学に直結するような破壊靱性挙動やき裂進展挙動を明らかにしていきたいと考えております。最後になりましたが、これまでご指導いただきました熊本大学先進マグネシウム国際研究センター センター長河村能人教授、同センター 山崎倫昭教授、本稿執筆の機会を設けていただいた編集委員の皆様、これまでお世話になった多くの方々にこの場をお借りして深く御礼申し上げます。

文 献

- (1) S. Nishimoto, Y. Koguchi, M. Yamasaki and Y. Kawamura: Mater. Sci. Eng. A, **832**(2022), 142348.
- (2) S. Nishimoto, M. Yamasaki and Y. Kawamura: Mater. Trans., **10**(2022), 1396-1405.
(2023年6月7日受理)[doi:10.2320/materia.62.546]
(連絡先: 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1)