



これまでの研究について

熊本大学大学院自然科学研究科産業創造工学専攻
博士後期課程2年

城野百合

現在、地球温暖化などの問題を解決するために省エネルギーへの取り組みが求められています。温室効果ガスを排出する自動車などの輸送機器の材料置換による軽量化は、燃費改善に貢献することから重要な解決策の一つとされています。Mg合金は構造材料用金属としては最軽量であり、上記の点から期待されていますが、(1)強度やクリープ特性が低い、(2)hcp構造に起因する変形異方性のため加工性が悪い、(3)電気化学的に卑な金属であるため耐食性が低い、といった克服すべき課題を残しています。この現状を解決するために、従来Mg合金の機械的特性および耐食性を凌駕する新しい合金、特に展伸材の開発が望まれており、合金成分設計のみならず塑性加工プロセス設計が盛んに行なわれています。

私の所属する研究室では、長周期積層(LPSO)構造相を強化相とするMg-Zn-希土類(RE)合金の成分設計、加工プロセス設計、機械的特性評価、クリープ特性評価、腐食挙動解明といった研究を精力的に進めています。Mg-Zn-RE系合金に見られるLPSO構造相は、hcp構造を基本として底面積層方向に周期的に積層欠陥が導入された構造変調と、その積層欠陥を挟み込む形で溶質元素(ZnとRE)が4層濃化した濃度変調を有するため、シンクロ型LPSO構造と呼ばれています。このシンクロ型LPSO相は、底面 $\langle a \rangle$ すべりと柱面の $\langle a \rangle$ すべりが主な塑性変形モードであり、従来からMg合金において報告されている双晶変形は起こらずに比較的高い応力下でキンク変形が起こることで塑性緩和するといったhcp-Mg相と似て異なる変形挙動を示します。このようにhcp金属であるMg母相よりも塑性異方性の強いLPSO相をどのように活かし、実用合金としての特性発現に繋げるかが本研究の最大のハードルであり、面白さでもあると言えます。LPSO相を有するMg合金は塑性加工を施すことで優れた機械的特性を発現しますが、この特性発現に対してLPSO相は強化相としてのみならず、塑性加工時のヘテロ組織形成に大きな影響を与えることが明らかになっています。Mg-Zn-RE合金押出材は、押出方向に伸張したLPSO相領域、押出方向に $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ が配向($\{10\bar{1}0\}$ 集合組織)した α 相加工粒

領域、およびランダム配向した微細な α 相動的再結晶粒領域の二相三領域からなるmultimodal組織を呈しており、前二者は強度発現を担い、後者が延性発現を担うことで、強度と延性を両立することがわかってきました。また、押出中に導入されたキンク変形帯は、そのキンク界面が底面 $\langle a \rangle$ すべりの活動を妨げることから、強化機構として働くことが指摘されています。

上述のLPSO型Mg合金の研究開発の流れの中、私はhcp-MgおよびLPSO相の塑性異方性を逆手にとったLPSO型Mg合金展伸材の組織制御とクリープ特性の向上に関する研究を進めています。扱っている合金系はLPSO相時効析出型Mg-Zn-Gd合金で、この合金は時効温度の高低によりLPSO相の析出形態を粗大なブロック状、微細なプレート状に制御することが可能です。押出加工中の再結晶挙動および集合組織形成挙動は、このLPSO相の形状、より正確にはLPSO相の c 軸方向の厚さに大きく依存することがわかってきました⁽¹⁾。ブロック状のLPSO相はParticle-stimulated nucleationにより周囲の α 相の再結晶を促進します。一方、 α 母相内に微細に分散したプレート状LPSO相は周囲の α 相の双晶変形を抑制するとともに、すべり系が底面 $\langle a \rangle$ すべりと柱面 $\langle a \rangle$ すべりに限定されたことによる格子回転制御によって $\{10\bar{1}0\}$ 集合組織が強くなるLPSO phase-stimulated textureを発達させます。言い換えると、押出加工前にLPSO相の形状を変化させることで、multimodal組織を任意に制御することが可能となります。Multimodal組織におけるLPSO phase-stimulated textureの発達は、クリープ特性を劇的に向上させることが明らかになりつつあり、今後はこれら各組織のクリープ中の安定性について詳細な調査を行う予定です。

ヘテロ組織を扱う研究では、マルチスケールでの不均一性の制御とその評価方法の確立が要求されます。この研究を進める中で心掛けてきたことは、巨視的な観点と微視的な観点をもった研究方針の決定、計画立案、合金成分設計、塑性加工プロセス設計、組織観察、特性評価を行うことです。特定の実験装置、手法に依存しない研究スタイルであるが故に、幅広い知識と経験が必要とされることを日々感じています。今後の博士課程学生としての研究生活を通じて、専門性を深めつつ、幅広い知識をもった研究者になりたいと考えております。

最後に、研究について適切なアドバイスをして頂いております河村能人教授、山崎倫昭准教授、今回このような場を設けて頂いた編集委員の方、日々心の支えになっています両親、研究室の学生に深く感謝を致します。

文 献

- (1) Y. Jono *et al.*: Mater. Trans., **54**(2013), 703-712.
(2013年5月9日受理)[doi:10.2320/materia.52.361]
(連絡先: 〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)