

集合組織制御及び組織制御による高性能マグネシウム合金展伸材の開発

国立研究開発法人産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 研究グループ長
千野 靖 正

1. テーマ設定の背景

マグネシウム (Mg) 合金は実用金属中最軽量であり、輸送機器の重量を抜本的に軽量化し、CO₂ 排出改善に大きく貢献できる素材として注目されている。これまでに、小型鋳造部材を中心として輸送機器への適用が進みつつある。今後、マグネシウム合金を用いて輸送機器の抜本的な軽量化を達成するためには、アルミニウム (Al) 合金と同様に、展伸材 (圧延材や押出材) を構造部材に適用するための技術を確認する必要がある。筆者らは集合組織制御及び組織制御により、展伸材の室温成形性及び機械的特性をAl合金並みに高めることを目標に研究開発を推進した。

2. 素形材分野との関連性

金属材料 (Mg合金) を対象とした素材づくりや、形づくり (プレス成形、押出成形) をアシストするための素材づくりに関連付けられる。

3. 研究開発の成果

集合組織制御及び組織制御によりMg合金展伸材 (圧延材・押出材) の室温成形性及び機械的特性を改善するための研究に従事した。以下、成果の詳細を記す。

① 集合組織制御によるMg合金圧延材の室温成形性の改善¹⁾

Mgの結晶構造は六方最密構造であり、結晶のすべり易さに大きな異方性が存在する。また、板材を製造する過程で形成される底面集合組織がその異方性を助長するため、Alの様に室温近傍でプレス成形できないことが問題となっている。従来、Mg合金板材をプレス成形するためには、異方性が軽減する温度 (250℃以上) まで加熱した上で成形する必要がある、それが加工コストを大

幅に引き上げていることが問題となっている。

Mg合金の室温成形性を改善するためには、塑性異方性の解消が不可欠であり、底面集合組織の形成を抑制することが有効である。筆者らは、底面集合組織の形成を抑制しつつ圧延加工を行うことができれば、圧延材の室温成形性が飛躍的に改善すると言う仮説を設定し、それを実現するための研究を世界に先駆けて推進した。その結果、(1) Mgの結晶異方性がほぼ無くなる温度 (固相線近傍) で圧延を行う手法 (高温圧延法) や、(2) 希土類元素やカルシウム等を微量添加してMgの結晶異方性を軽減し、圧延を行う手法 (特定元素添加法) を開発した。また、圧延加工後に焼鈍過程において、母相とは異なる方位の再結晶粒が生成し、圧延材の底面集合組織強度がランダム化することを見出した。さらに、集合組織の形成を抑制した圧延材がAl合金に匹敵する室温張出し成形性 (エリクセン値: 8~9) を示すことを発見した (図1)。

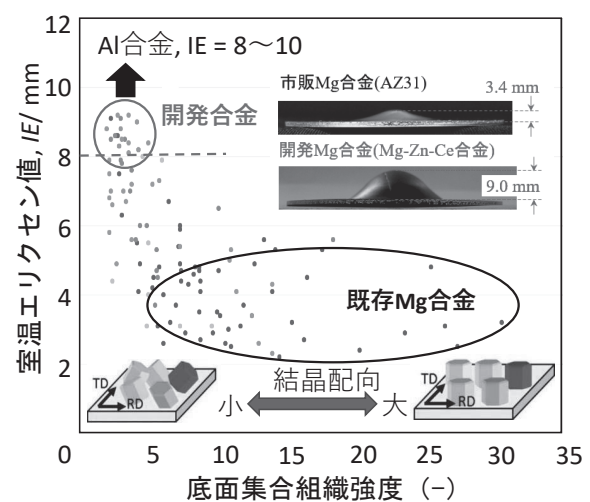


図1 Mg合金の底面集合組織強度と室温成形性の関係

② 難燃性Mg合金押出材の組織制御技術の開発^{2),3)}

「難燃性Mg合金」は、Mg-Al合金に数mass%のカルシウムを添加し、その発火温度を飛躍的に高めた合金である。本合金は低コストな元素を用いて発火特性を著しく改善したものであり、鉄道車両の小型部品等への適用が始まりつつある。今後、難燃性Mg合金を用いて輸送機器のさらなる軽量化を目指すためには、優れた機械的特性を有する展伸材を用いて大型構造体を製造するための技術を開発する必要がある。筆者らは難燃性Mg合金押出材に、現行の新幹線車両に利用されている高強度Al合金（A7N01-T5）押出材に匹敵する強度と延性のバランスを付与するための研究開発を実施した。

既存の難燃性Mg合金（AZX912合金）の押出加工前の組織には、粗大な晶出物が粒界に連続的に分布しており、それを押出加工すると、加工方向に晶出物が連続的に配列した組織が形成され、延性が劣化することが問題となっていた（図2(1)）。筆者らは、晶出物の形状及び分布を制御できれば、押出材の延性の劣化を抑制できるという仮説を設定し、晶出物の形状及び分布を制御するための新規熱処理技術の開発を検討した。

その結果、汎用Mg合金（Mg-Al合金）の溶体化処理温度（約420℃）よりも相対的に高い温度で熱処理を実施することにより、AZX912合金内部の晶出物が球状化することを見出し、押出加工前後でほぼ同じ晶出物の形状及び分布を呈することを発見した。新規熱処理に供したAZX912合金押出材は、熱処理を行わない押出材と比較して、ほぼ同じ強度と50%以上高い破断伸びを示し、高強度Al合金（A7N01-T5）に匹敵する強度と延性のバランスを示すことを発見した（図2(2)）。

4. 訴求点

① 集合組織制御によるMg合金圧延材の室温成形性の改善

「高温圧延法」により製造した板材に関しては、

国内企業と実施契約を締結し、サンプル出荷と言う形で市場に投入した実績がある。また、「特定元素添加法」により製造した板材に関しては、自動車部材（フロントフード）に適用するための実用化研究をNEDO委託事業「革新的新構造材料等研究開発」において推進中である（2019～2021年度実施）。

② 難燃性Mg合金押出材の組織制御技術の開発

本稿で紹介した技術はNEDO委託事業「革新的新構造材料等研究開発」の成果であり、現在、開発した合金を用いて、高速車両構体の部分試作を参画機関と共同で進めている（2014～2021年度実施）。また、開発した合金により作製した部材を試験車両に搭載することを現在検討中である。

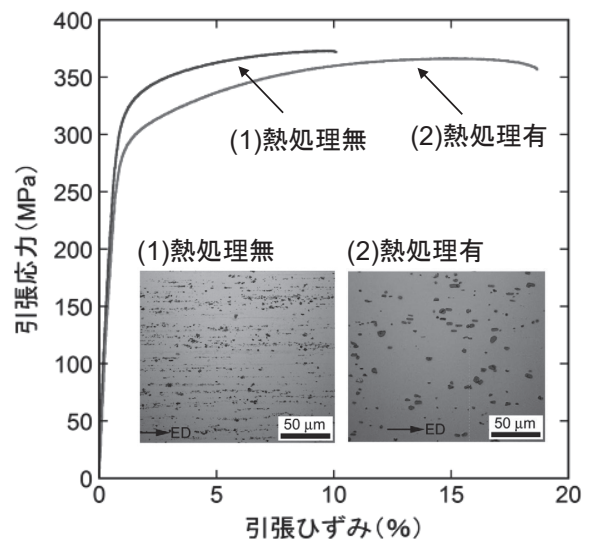


図2 AZX912合金押出材の組織及び室温引張り試験結果

参考文献

1) 千野靖正：塑性と加工 **58** (2017) 1074-1078.
 2) H.Huang *et al.*, J. Mater. Res. **34** (2019) 3725-3734.
 3) 千野靖正ら：軽金属 **69** (2019) 22-29.