

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**シーズ育成タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 変形拘束下高負荷プレス(DRF)による高強度マグネシウム合金棒の製造
プロジェクトリーダー	: 川本重工株式会社
所属機関	: 川本重工株式会社
研究責任者	: 三浦 博己 (豊橋技術科学大学)

### 1. 研究開発の目的

難加工材であるマグネシウム(Mg)合金に微小な塑性変形しか起こらない鍛造を施し、変形双晶による結晶粒微細化と転位密度増加による加工硬化を利用して棒材を高強度化する「変形拘束高負荷鍛造(Deformation Restricted Forging/DRF)法」を開発した。この技術は、煩雑な製造プロセスが必要な従来技術(多軸鍛造法)と比べ、簡単なプロセスで実現できる。また、戦略物質である希土類元素を必要とせず安定供給が可能であるだけでなく、希土類添加型 Mg 合金の 1/10 の低価格(目標)で同等以上の機械的性質を達成可能である。本研究では、この技術を用いて最も流通性・汎用性が高い AZ 系市販 Mg 合金棒を用い、最大引張強度 450MPa の Mg 合金棒材を開発する。さらに、引張強度 450MPa の長尺丸棒を低価格化を可能とする新プロセスの開発も目指す。

### 2. 研究開発の概要

Mg 合金棒に DRF 法に種々の追加加工を施して、高強度化を図った。20mmφL 材では、ラボレベルで 502MPa、実機レベルでは 450MPa 前後の最大引張強度を達成した。さらにその強化メカニズムの解明によって、長尺高強度 Mg 棒をより簡便かつ安価に製造可能な新プロセス「DRF 改法」を開発し、これまでの DRF 法と同等の強度を達成した。これにより、高強度 Mg 合金棒の大幅な価格低減に目処が付いた。また、これら高強度 Mg 合金棒の 90 度曲げ加工技術も確立した。さらには、板材に DRF 法を適用して高強度化を図る手法も開発し、様々な異形状材に対しての高強度化も可能となった。これらの開発技術により、安価な高強度 Mg 合金棒の市場への投入が可能な状態となった。

#### ①成果

研究開発目標	達成度
① DRF によるさらなる高強度化メカニズムの開拓・解明	① DRF、追加加工、時効の組み合わせによって de-twinning 抑制と塑性加工性の回復が得られ、さらなる高強度化が可能となった。Mg 合金棒材としては世界最高クラスの引張強度 502MPa を達成し、得られた知見は DRF 改法の開発に役立った。(達成度 100%)
② 川本重工で行った大型材の強化メカニズムの解明	② 大型丸棒材は長手方向の強度に違いはほとんど無かったが、内部は強度がやや低く、また表面部は強度がやや高かった。内部までひずみ導入が容易な追加加工を DRF 後に適用し、強度上昇と機械的強度の均一性改善した。(達成度

<p>③ コスト低減のための簡略化プロセスの開発と高強度化</p> <p>④ 異形状材プロセスの確立と 400MPa の達成</p> <p>⑤ DRF 材の曲げ加工技術確立</p> <p>⑥ 長尺 500mmL × 20mm φ 棒材で 450MP を達成</p> <p>⑦ 長尺 1,000mmL × 20mm φ 棒材の強度向上 (450MPa 以上の実現)</p> <p>⑧ 長尺 500mmL × 50mm φ 棒 450MPa 材の開発</p> <p>⑨ 技術の市場ニーズ調査</p>	<p>90%)</p> <p>③ ①と②の研究から、汎用的な加工法を利用した新たな手法「DRF 改法」を開発し、①手法と同等の引張強度 450MPa を達成すると共に、大幅なコスト低減さらには更なる長尺化に目処が付いた。(達成度 100%)</p> <p>④ 円板に対し DRF を行い、引張強度は DRF 圧力増加と共に上昇することを確認し、引張強度 436MPa を達成した。鑄造材を模擬したニアネットシェイプ加工用板材に DRF を行い、低荷重 DRF でも 384MPa を達成し、汎用的技術としてより容易に利用しやすい条件も見出した。(達成度 90%)</p> <p>⑤ 20mm φ DRF 棒に対し 90 度押し曲げ加工を行い、強度を損なわずに曲げ加工が可能となった。しかし、内周部と外周部では、結晶異方性による引張挙動の違いが現れた。(達成度 90%)</p> <p>⑥ 従来の DRF+追加加工、新たに開発した DRF 改の両方で、450MPa を達成した。ただし、後者は異なる加工方法であったため、本研究で導入出来た機器を用いて製造された最終径は約 19mm φ となった。(達成度 100%)</p> <p>⑦ ⑥と同じ。強度分布も全く同じであった。(達成度 100%)</p> <p>⑧ 従来の DRF+追加加工プロセスにより、最大引張強度 460MPa を達成した。DRF 改では、420MPa 前後の引張強度となった。(達成度 90%)</p> <p>⑨ 機械メーカー、部品メーカー、素材メーカー、大学等にニーズヒアリング・要求仕様の聞き取り調査を行うと共に、合計 9 企業・大学にサンプル提供を行った。サンプル提供企業からは、おおむね適用可能とするポジティブな回答を頂いた。(達成度 90%)</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## ②今後の展開

市場調査や聞き取り調査で得た各業界の機器仕様やスペックを基にした高強度 Mg 合金棒の製品開発を進め、各社の製品化に繋がるサンプル提供を開始したい。同時に、新たに得た技術「DRF 改法」によるさらなる高強度化とコストダウンの研究を継続し、可能な限り早く量産化し、市場に投入したいと考えている。

また、高強度 Mg 合金棒を用いた各種製品開発の支援や、DRF による異形状材への適用拡大も狙い、市場調査も継続する。

### 3. 総合所見

目標を達成し、次の研究開発フェーズに進むための成果が得られた。イノベーション創出が期待できる。

材料に変形拘束下で破壊応力を超える高負荷をかけることで高強度化、高延性化を図る DRF 法を用いて、高強度(450MPa 以上)で長尺(1000mm 長)な Mg 合金棒の低コスト製造技術を実現できた。

実用化に向けて、大学における高強度化のメカニズム解析とそれにもとづいた製造プロセスの改良、企業における製造技術の開発と最適化および試作と、産学が密接に連携して開発が進められている。また、開発過程でさらに生産性に優れた製造方法が考案され、Mg 合金棒の実用化に対して有効であることが実証された。

高強度化に加えてコスト面で競争力のある製造技術が確立でき、今後の実用化が期待される。