

# 藤森科学技術振興財団 研究実施概要報告書

(西暦) 2020年 5月 26日

公益財団法人藤森科学技術振興財団  
理事長 藤森 明彦 殿

藤森科学技術振興財団の助成金による研究が終了しましたので、下記のとおり報告をいたします。

所属機関 弘前大学大学院理工学研究科

職 名 助教

氏 名 峯田 才寛



## 【提出書類】

### (1) 研究実施概要報告書(本紙)

添付書類(A4版3枚以内): 研究状況を示す写真等の資料

### (2) 収支報告書

添付書類: 助成金を充当した経費の領収書や請求書等

~~(※原本をお送り頂いた場合はご返送できませんので、必ずコピーをご提出ください。)~~

(1)テーマ

※スペースが足りない場合は、枠を追加いただいて構いません。

輸送機器軽量化による環境負荷低減を目的とした高強度マグネシウム合金の開発

(2)本研究の期間

(西暦) 2019年4月～2020年3月

(3)本研究の目的

本研究の目的は、高強度と軽量性を兼ね備えた新たなマグネシウム合金を開発することにある。研究対象として実用金属材料の中で最も比重の小さい Mg-Li 系合金を選択し、加工と熱処理を組み合わせた組織制御によりその軽量性を損なうことなく高強度化を実現する。

日本における温室効果ガス排出の主たる要因は輸送機器の利用に因るものであり、その環境負荷を低減させるためには輸送機器の軽量化による燃費の向上が必須の課題となる。自動車用構造材料としてハイテン鋼や Al 合金が用いられているが、上記理由のため更なる高性能軽量材料の開発が求められている。Mg 合金の比重は鋼の 21%、Al 合金の 63%と非常に優れた軽量性を示す一方で、機械特性が他の材料に比べて劣るという欠点を有する。軽量性は材料の組織制御で改善することが困難であるが、機械特性の改善に関する知見はこれまでに多く積み上げられている。したがって、軽量性に優れた Mg 合金の機械特性を改善することで優れた軽量材料を作製可能であると期待される。

本研究では、申請者が有する材料科学の知見に基づく 2 つの方法(加工、熱処理)を適切に組み合わせることで超軽量 Mg 合金の機械特性を改善する。その結果は、新たな高性能 Mg 合金の設計指針確立と強化メカニズムの解明に寄与すると期待される。

(4)本研究の概要

本研究では、Mg-Li-Al 合金の機械特性を熱処理および巨大ひずみ加工を組み合わせた組織制御により改善させた。種々の条件で熱処理を施した熱処理材の Vickers インデンテーションおよび引張試験結果より、機械特性は熱処理条件に大きく依存することが明らかとなった。XRD 解析結果より、熱処理による機械特性の向上はスピノーダル分解に起因することが示唆された。熱処理材に巨大ひずみ加工を施すことにより、更に硬度および強度が増加することが明らかとなった。EBSD 解析結果より、巨大ひずみ加工による機械特性の向上は結晶粒微細化強化に起因することが明らかとなった。

本研究で作製した Mg-Li-Al 合金の比降伏強度(単位密度あたりの強度)は汎用的な Al 合金および Mg 合金と比較しても高く、軽量構造材料として優れた機械特性を有していると言える。

(5)本研究の内容及び成果

本研究では LA143 (Mg-14mass%Li-3mass%Al)合金を主たる研究対象とした。LA143 合金圧延板を Ar 雰囲気中で熱処理を施した。熱処理条件として、温度は 473-673 K、時間は 1-100 h とした。Fig. 1 に Vickers 硬度の熱処理温度依存性を示す。Vickers 硬度は明確に熱処理温度に依存し、573 K 近傍にピーク硬度を示すことが示唆された。Fig. 2 に各条件の熱処理を施した LA143 合金の引張試験結果を示す。LA143 合金の機械特性は熱処理温度のみならず熱処理時間にも依存することが明らかとなった。

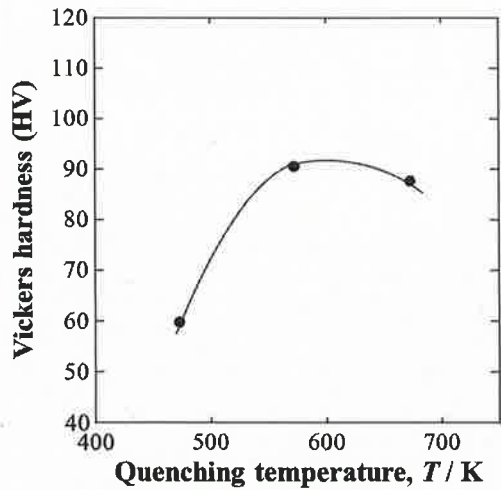


Fig. 1. LA143 合金における Vickers 硬度の熱処理温度依存性(公表先 1)

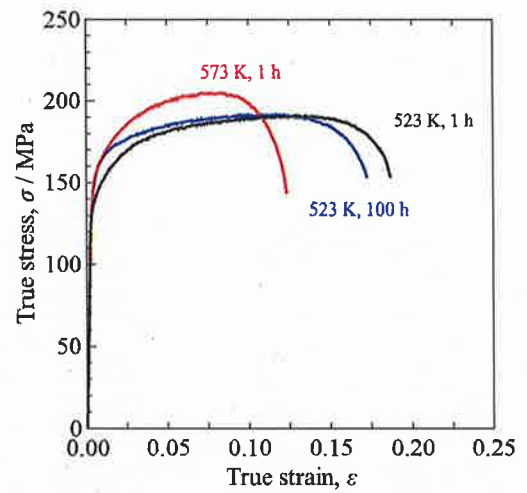


Fig. 2. LA143 合金における引張特性の熱処理条件依存性

上記機械特性と熱処理条件の関係より、573 K、1 h の熱処理を施した LA143 合金に対して巨大ひずみ加工を施した。巨大ひずみ加工としてチャンネルダイ内冷間多軸鍛造(MDFC)を選択した。Fig. 3 に熱処理材および加工材の Vickers 硬度を示す。横軸の相当ひずみは MDFC 加工量に対応し、1 度の MDFC パスで 0.8 の相当ひずみが試料に付与される。加工量の増加に伴い、Vickers 硬度が増加することが明らかとなった。また、加工材の Vickers 硬度は加工前の熱処理条件に依存することが明らかとなった。Fig. 4 に熱処理材および MDFC 加工材の圧縮試験から得られた降伏強度(0.2%耐力)を示す。降伏強度もまた加工量に依存し、加工量の増加に伴い強度が増加することが明らかとなった。

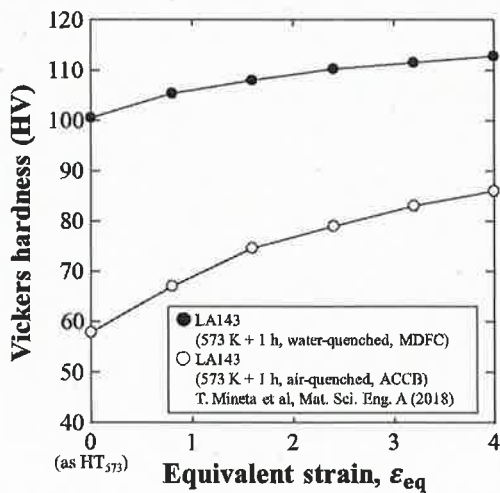


Fig. 3. LA143 合金における Vickers 硬度の巨大ひずみ加工量依存性(公表先 1)

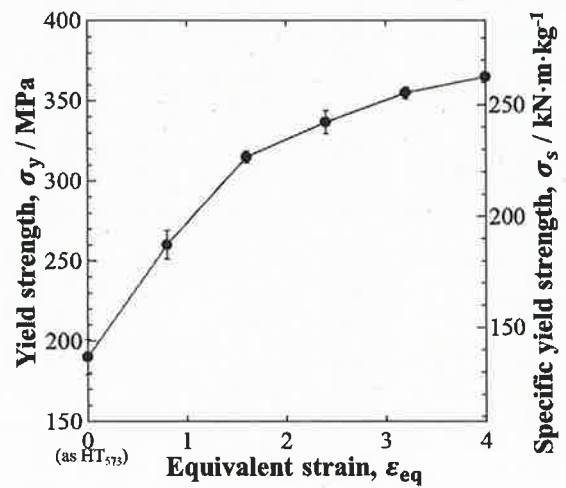


Fig. 4. LA143 合金における降伏強度の巨大ひずみ加工量依存性(公表先 1)

(6)本研究の考察

Fig. 5 に圧延まま材および熱処理材の XRD 解析結果を示す。熱処理により格子定数が変化することが明らかとなった。また熱処理によりスピノーダル分解に起因すると考えられるピークのスプリットが確認された。以上が熱処理による機械特性改善の要因であると考えられる。

Fig. 6 に MDFC 加工材の EBSD 解析結果を示す。加工量の増加に伴う結晶粒の微細化が確認された。一般的に結晶粒微細化は強度の増加に寄与する。

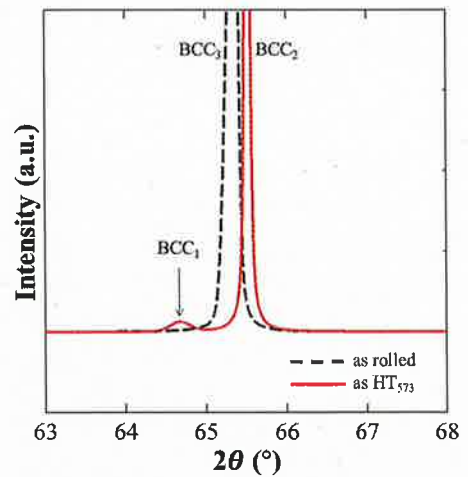


Fig. 5. LA143 圧延まま材および熱処理材における XRD 解析結果(公表先 1)

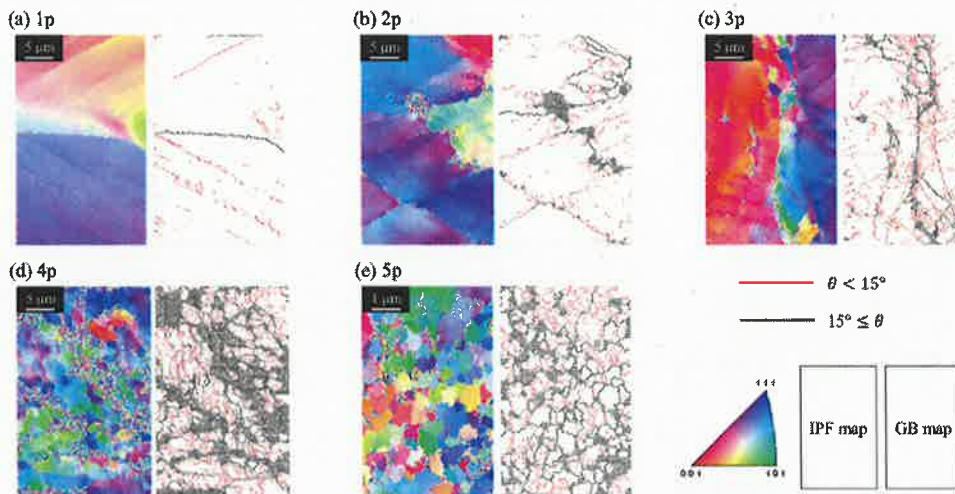


Fig. 6. 種々の LA143 巨大ひずみ加工材における EBSD 解析結果(公表先 1)

以上の結果より、熱処理による相変態と巨大ひずみ加工による結晶粒微細化が本研究における LA143 合金の高強度化の要因であると考えられる。

(7)共同研究者(所属機関名、役職、氏名)

無し

(8)本研究の成果の公表先

1. Takahiro Mineta, Kaoru Hasegawa, Hiroyuki Sato, High strength and plastic deformability of Mg-Li-Al alloy with dual BCC phase produced by a combination of heat treatment and multi-directional forging in channel die, Mater. Sci. Eng., A, 773 (2020) 138867

[注]この報告書を当財団のホームページ等に掲載することがありますので、予めご了承ください。