

課題番号	2021038
課題名 (和文)	連続析出域での時効処理による Mg—Al 系鋳造用マグネシウム合金の塑性加工性改善
課題名 (英文)	Improvement of plastic workability of Mg-Al casting magnesium alloys by aging treatment in the continuous precipitation region
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 総合研究所 特任助手 氏名 戸塚穂高
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名

研究成果の概要 (和文)

本研究はマグネシウム合金の熱間塑性加工性の向上を目的として、動的再結晶が生じやすい初期組織を有する鍛造用素材の作製を目指すものである。本実験から、静的再結晶と連続析出を同時に生じさせることで、粒径約 20 μm の母相中に直径約 1 μm の球形状の連続析出物が分散した組織が得られることがわかった。一般的に $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相は結晶粒界に晶出し塑性加工性を低下させるため低減が目指される。本研究で得られた組織は、 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相を塑性加工性向上に利用する新たな組織制御手法の基礎となるものである。

研究成果の概要 (英文)

This study aims to improve the hot plastic workability of magnesium alloys by preparing a forging material with an initial microstructure that is prone to dynamic recrystallization. From this experiment, it was found that by simultaneous static recrystallization and continuous precipitation, a microstructure with spherical continuous precipitates of approximately 1 μm in diameter dispersed in a matrix phase of approximately 20 μm in grain size could be obtained. In general, the $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ phase crystallizes at grain boundaries and reduces plastic workability, so it is aimed to be reduced. The microstructure obtained in this study is the basis for a new microstructure control method that utilizes the $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ phase to improve plastic workability.

1. 研究開始当初の背景

マグネシウム合金は塑性加工性に欠点を有するため現在実用化されているマグネシウム合金製品のほとんどが鋳造品であり、比強度に優れる特徴が構造材料として活かされていない。

本研究では、マグネシウム合金の資源が豊富という利点を保つため希少金属元素の添加を行わない合金設計であること、現状の加工プロセスに容易に組み込める手法であることを条件として熱間塑性加工性を向上させる。本研究の対象は熱間鍛造用の素材である円柱ビレットと板鍛造用の素材である中板材である。

2. 研究の目的

Mg-Al系マグネシウム合金の熱間変形能を向上させるためには動的再結晶を生じやすくすることが重要である。低炭素鋼や A3003 では結晶粒内に母相よりも硬い $1\ \mu\text{m}$ 以上の化合物や析出物を分散させることで動的再結晶の生成サイトを増やす手法が行われている。しかし、マグネシウム合金の粒内に析出する連続析出物 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相は底面と平行な棒形状であるため、転位の蓄積サイトにはならないことが報告されている。

本研究では(1)連続析出物を転位が蓄積しやすい向きまたは形状に変化させること、(2)結晶粒内の析出物数を増加させることにより、動的再結晶粒の生成サイトを増やすことを目的とする。

マグネシウム合金において Sn 元素の添加は $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相が析出する際に核となる Mg_2Sn 相を晶出させること、柱面すべりの CRSS を約 30 % 低下させることが報告されている。

本研究では Sn 元素の添加量が異なるマグネシウム合金鋳造材(質別 T4)から試験片を切り出し、冷間加工による圧縮変形を加えた状態、圧縮とせん断変形を同時に加えた状態及び予ひずみを加えない状態の 3 条件を初期組織として連続析出温度域で時効処理を行い、結晶組織の観察を行う。

3. 研究の方法

円柱ビレットを対象とした実験では金型鋳造材から切り出した $\phi 14\ \text{mm} \times 21\ \text{mm}$ の円柱を試験片とし、圧縮変形は圧下率 15 % の冷間据込み鍛造により与える。

中板材を対象とした実験では双ロール鋳造材から切り出した $240\ \text{mm} \times 45\ \text{mm} \times 5\ \text{mm}$ の板材を試験片とし、圧縮変形は圧下率 10 % の冷間圧延(潤滑及び無潤滑)により、圧縮及びせん断変形は異周速比 1.11 圧下率 10 % の冷間異径ロール圧延(無潤滑)により与える。

試験片の材料は AM100, AMT1000 及び AMT1002 である。Sn 元素の添加量はそれぞれ 0 mass%, 0.5 mass%, 2 mass% である。

時効処理は熱風循環炉を用いて連続析出が生じる温度域である 633 K で 8 h 保持後水冷した。

4. 研究成果

本実験により以下の成果が得られた。

(1) 冷間据込みにより生じた双晶により、連続析出物の向きが同一結晶粒内で変化することがわかった。

(2) 静的再結晶と連続析出を同時に生じさせることで、粒径約 $20\ \mu\text{m}$ の母相中に直径約 $1\ \mu\text{m}$ の球形の連続析出物が分散した組織が得られることがわかった。

(3) Sn 元素を 2 mass% 添加することで、結晶粒内全体に連続析出が生じることがわかった。

一般的に $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相は結晶粒界に晶出し塑性加工性を低下させるため低減が目指される。本研究の成果(2)は、 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相を塑性加工性向上に利用する新たな組織制御手法の基礎となるものである。今後は、成果(2)で得られた組織の熱間加工性の調査をホットロール式 4 段圧延機にて行う。

5. 主な発表論文等

なし。

(軽金属学会第 142 回春期大会 2022 年 5 月 28 日～29 日にて 3 件講演申し込み済。)