

課題番号	Q19T-03
課題名 (和文)	微細化マグネシウム合金材料を用いた革新的軽量構造部品の冷間成形プロセス
課題名 (英文)	A Novel Cold Forming Technology for Manufacturing Ultra-Light Weight Products by using Rapid Solidified Magnesium Alloys with High Aluminum Content
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 理工学部・理工学科・機械工学系 氏名 渡利 久規
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 先端科学技術研究科・機械システム工学専攻博士課程 (後期) 氏名 戸塚 穂高
	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)

横型双ロール法により高 Al 含有 Mg 合金の急冷凝固実験を行った。得られた結晶の組織観察の結果、厚板では $40\ \mu\text{m}$ ~ $60\ \mu\text{m}$ まで微細化していた。また、金属間化合物の晶出の挙動を明らかにし、得られた組織を溶体化処理した後に時効処理することで金属間化合物 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ の分布形態を制御できることを確認した。展伸材を塑性加工するための引張・圧縮の降伏応力非対称性を考慮した解析モデルを構築した。得られた板材を用いて冷間ロール成形実験を行い、提案したモデルの有効性を確認した。双ロールキャスト材を熱間圧延し熱処理の過程で結晶制御によって作成した展伸材を塑性加工し、Mg 合金の実用化に利用できることを明らかにした。

研究成果の概要 (英文)

A rapid solidification experiment using high Al-containing Mg alloy was performed by a horizontal twin roll caster. As a result of observing the microstructure of roll-cast strips, the diameter of the crystal was refined to $40\ \mu\text{m}$ to $60\ \mu\text{m}$. It has been clarified the precipitation behavior of the intermetallic compound $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ can be controlled by solution treatment of the obtained structure and then aging treatment. We also proposed that an analytical model that takes into account the stress asymmetry of tension-compression for plastic working of wrought Mg alloy. A cold roll forming experiment was conducted using the obtained material and the effectiveness of the proposed model was confirmed. It was clarified that the Mg alloys hot rolled and controlled in microstructure by heat treatments can be practically used in plastic forming.

1. 研究開始当初の背景

『軽量化』は、ものづくり産業において、環境への負荷を低減にするための重要なキーワードになっている。例えば、自動車産業等においてもマグネシウム合金はアルミニウム合金の2/3の比重であり軽量効果が期待できるため、21世紀の素材として着目されている。しかし、これまでマグネシウム合金の量産品のほとんどは安価なダイカスト製品であり、高価な展伸材をプレス加工した塑性加工品はほとんどない。そのため、『軽量であるMg合金を有効に使用するためにはどのようなプロセスをとればよいか』という原点に立ち返り、急凝固法によるMg合金の微細化、熱処理と熱間圧延による金属の組織制御、冷間ロール成形による高精度成形技術、によって高強度Mg合金を実用化するプロセスを開発し、軽量化を促進することが重要な背景である。

2. 研究の目的

本研究では、(1) 高Al含有Mg合金の溶湯から幅150mm、厚さ10mm、平均結晶粒径 $30\mu\text{m}$ の鋳造Mg合金材を製造する。(2) 熱処理と熱間圧延によってMg合金展伸材を製造する。(3) 得られた高強度Mg合金展伸材の冷間ロール成形実験を行い、Mg合金の持つ引張—圧縮の非対称性を考慮した成形法を確立すること、が目的である。

3. 研究の方法

本研究では双ロール鋳造実験および冷間ロール成形実験を行った。双ロール鋳造実験に使用したロールは、直径300mm、幅150mm（純銅製）である。

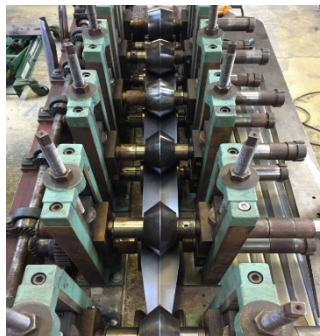


図1 冷間ロール成形機

冷間ロール成形実験に使用した30型冷間ロール成形機を図1に示す。成形機は全6段、軸径30mm

の冷間ロール成形機であり、板厚1.6mmの展伸用Mg合金をV型断面に成形した。

4. 研究成果

双ロール鋳造実験において急凝固した高Al含有Mg合金の組織の一例を図2に示す。急凝固したMg合金の金属間化合物 $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ は冷却速度が大きい場合には $\alpha\text{-Mg}$ 内に分散し、冷却速度が小さい場合には、粒界上に不連続析出することを明らかにした。ロールキャスト材を溶体化処理した後、時効処理することで α 内に微細な $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ を析出することが可能であることを確認した。また、展伸用のMg合金の冷間ロール成形実験から、V型断面が成形可能でありPAM-STAMPによる引張—圧縮非対称モデルの構築が成形解析に有効であることを確認した。

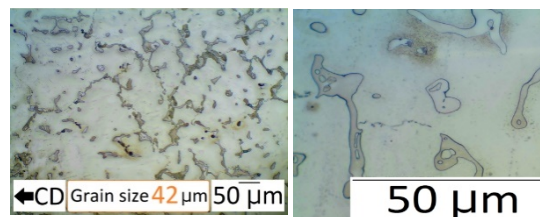


図2 微細化Mg合金(AZ111)の組織

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① Harunori Kobayashi, Hotaka Tozuka, Hisaki Watari, Estimation of Cold Roll Forming Characteristics of Wrought Magnesium Alloy with Tension-Compression Asymmetry, Key Engineering Materials, Vol. 841(2020), pp.346-352. 査読有。
- ② Hotaka Tozuka, Kanae Seki, Hisaki Watari, Toshio Haga, Casting of High Aluminum Content AM Series Magnesium Alloys by Using a Horizontal Twin Roll Caster, Key Engineering Materials, Vol. 841(2020), pp.340-345. 査読有。

〔学会発表〕（計 2 件）

- ① 戸塚穂高ほか，第 71 回塑性加工連合講演会.
Mg-12 mass%Al-0.2 mass%Mn 双ロール鋳
造材の結晶組織に及ぼす注湯温度の影響.
2020 年 11 月.オンライン.
- ② 馮 庚琰ほか，第 71 回塑性加工連合講演会.
横型双ロールキャスターを用いた Mg/Al 合
金クラッド材の製造. 2020 年 11 月.オンライ
ン.