マグネシウム合金の鍛造成形技術の研究

須貝　裕之*　樋口　智*　天城　裕子*　三浦　一真*　柄沢　武*

A Study on Forging Technology for Magnesium alloy

SUGAI Hiroyuki*, HIGUCHI Satoru*, AMAKI Yuuko*, MIURA Kazuma* and TAKESHI Karasawa*

抄　　録

マグネシウム合金鍛造成型品で発生する表面傷の改善を目的として研究を行った。鍛造実験は、金型の温度制御が高精度に行えることや、実験条件を容易に定量化できるところから、機械式プレス装置を使用し、空気式ハンマー鍛造装置との成型性比較や鍛造における素材温度、金型温度、離型剤の影響について検討した。実験の結果、（１）機械式プレス装置による鍛造は、空気式ハンマー鍛造装置に比べて材料の変形が小さい。（２）鍛造素材の温度を３００℃から４００℃に上げた場合と金型の温度を室温から２００℃に上げた場合では、成型時の最大負荷はそれぞれ１０%、５%程度しか低下しなかった。（３）鍛造時に離型剤を用いることにより、同じ鍛造条件でも材料の変形が大きくなり最大負荷も低下した。また成型品表面の品質も向上した。

１．　緒言

マグネシウム合金は、実用金属中最も軽量であるなどの利点がある反面、他の金属材料に比べて機械的強度に劣るという欠点をあわせもっている。このため、ある部品を他の材料からマグネシウム合金に同形状で置き換えようとした場合部品の強度低下は避けられず、これがマグネシウム合金の普及を阻む要因の一つとなっている。これを補う方法のひとつとして鍛造による成形方法がある。一般に鍛造成型は鋳造成型等に比べて、同じ材質を用いた場合でも高い強度を得ることができる。

当県では空気式ハンマー鍛造装置を用いる企業が多い。この装置による鍛造は低コストで大きな鍛造能力が得られる反面、電気ヒータによる金型温度の精密な管理や鍛造条件の安定化などが難しい[*1]。また、鉄系材料を主体とした鍛造工場での軟質合金の鍛造は、金型への埃の付着による成形品きずや凹みなどの表面品質悪化に対する対処が難しいといった問題点がある。

これらの問題点により、高い表面品質が要求されるマグネシウム合金製外観部品を鍛造により加工することは非常に困難となっている。

本研究では、表面に傷や凹みの少ないマグネシウム合金の鍛造加工を行うために必要な条件を調べることを目的とする。

鍛造実験には、金型の電気ヒーターによる加熱が可能で実験条件を定量化しやすい機械式プレス装置を用いた。また、市販の製品を対象とした金型を用い、素材の予熱温度や離型剤の有無そして金型の加熱の有無が成型品の表面性状に与える影響を調べた。

２．　実験方法

２．１　素材

鍛造素材として、押出し加工により成形したマグネシウム合金 AZ31B　(Mg-3Al-1Zn)を使用した。形状はφ 17mm*125mm の丸棒とし、素材の表面状態は押出しのまま（梨地状）とした。

２．２ 鍛造装置

機械式プレス装置の仕様を以下に示す。

㈱小松製作所製機械式プレス

形　式　　：LIC250

圧力能力　　：250t

ストローク数　：27～55ショット／分

* 県央技術支援センター

ストローク長さ：140㎜
機　構　　：ナックル機構

このプレス装置には鍛造時に金型に作用する最大負荷を記録するセンサがある。今回の実験では、このセンサにより、鍛造時に金型に作用した最大荷重を調べた。

２．３　金型

図１に実験に使用した機械式プレス装置の外観写真を示す。また、図２に実験で成形した鍛造品の外観写真を示す。

金型は鍛造の工程ごとに第１～３工程までの３つにわけて作られている。第１工程が粗成型であり、第３工程が仕上げ成型である。

金型の加熱にはカートリッジ式の電気ヒータ（200V,500W）を用い、上型・下型それぞれに４つづつ取り付け（合計2kW）、金型中央部の温度を熱電対により測定し、金型の温度制御を行うこととした。この加熱装置により金型温度を室温から220℃まで変化させて実験を行った。

図１　機械式プレス装置の外観

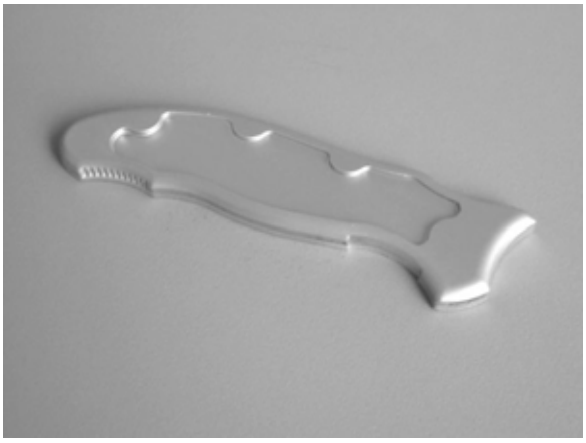


図２　成型品の外観

２．４　鍛造実験方法

鍛造実験は下記の手順にて行った。

・鍛造素材の電気炉による予熱
・鍛造第１工程（粗成型）
・鍛造素材の再予熱
・鍛造第２工程（中間成型）
・鍛造素材の再予熱
・鍛造第３工程（仕上げ成型）

またすべての鍛造実験において鍛造速度（ストローク速度）は 50 回/分とした。

３．　実験結果

３．１　素材予熱温度の影響

素材の予熱温度の違いが鍛造成型や成型時の最大負荷に与える影響を調べた。

３．１．１　鍛造成型に与える影響

図３に素材の予熱温度300℃と380℃における成型品の外観を空気式ハンマー型鍛造成型品との比較で示す。

機械式プレス装置で鍛造成型したものは、空気式ハンマー型鍛造装置で成型したものに比べてあきらかに材料の変形が少なかった。このことは、機械式プレス装置による鍛造は空気式ハンマー鍛造装置に比べて成型速度が遅いため、鍛造中に素材の温度が下がってしまったこと、使用した機械式プレス装置の能力が小さく、下死点において上下の金型を接触する（クリアラ

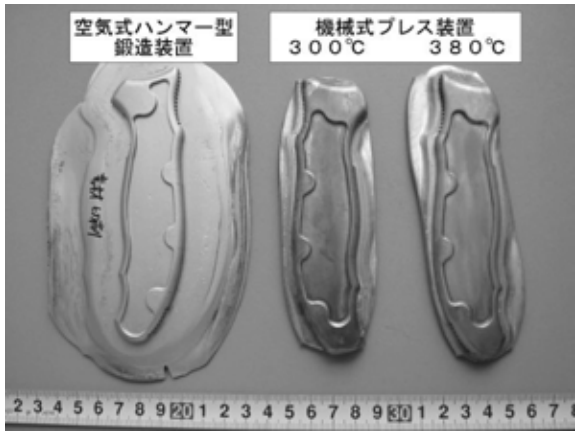
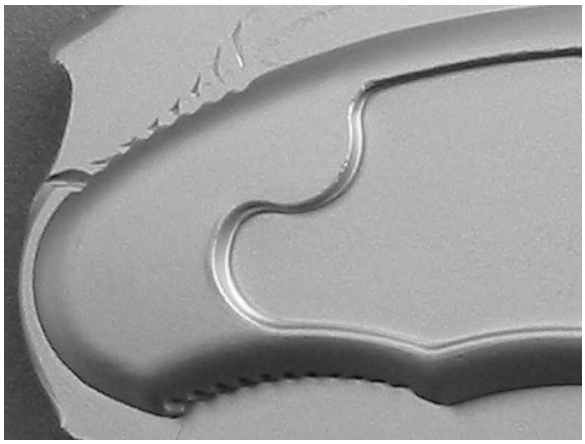


図３　素材の温度と成形性の違い

ンス0㎜）まで近づけられなかったことが理由として考えられる。

また、二つの装置による成型品の表面を観察してみると、機械式プレス装置による鍛造では、空気式ハンマー型鍛造装置による鍛造でしばしば見られた装置周辺環境からの異物の侵入による"へこみキズ（図４）"が大幅に減少していることが確認できた。



上：空気ハンマー　　下：機械プレス

図４　成型品表面のへこみキズ

３．１．２　最大負荷に与える影響

下記の実験条件における各工程での最大負荷の値を表１に示す。

実験条件

金型温度：室温（23 ℃）

クリアランス：1mm

素材の温度をあげることによって第１工程での最大負荷は低下するが、その差はわずかであった。また、第２～第３工程では最大荷重の差はほとんど無かった。

表１　金型温度と最大負荷

（単位：ｔ）

		素材温度(℃)	
		300	380
鍛造工程	第１工程	200	180
	第２工程	190	190
	第３工程	190	190

これは金型が第１工程で大きく素材を変形させ、後の工程では細かい形状の成形を行うように工程設計されていることによるものと思われる。

３．２　金型加熱の効果

次に、金型の加熱が表面性状や成型時の最大負荷に与える影響を調べた。

図５に金型の温度が室温の場合と２２０℃の場合における成型品の外観を示す。

また、下記の実験条件における第１工程での最大負荷の値を表２に示す。

実験条件

素材温度：400℃

クリアランス：1㎜

ストローク速度：50ショット/分

表２　金型温度と最大負荷（第１工程）

金型温度(℃)	23	220
最大負荷(ｔ)	180	170

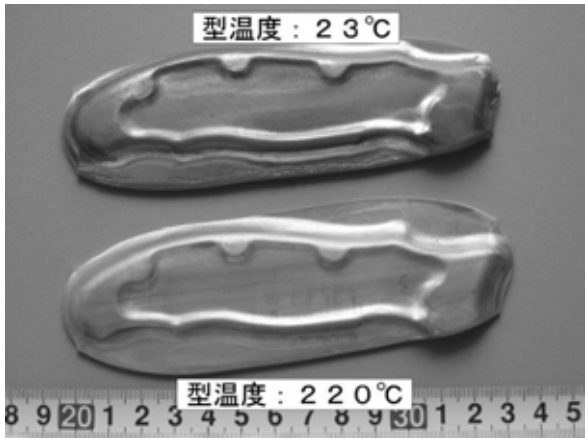


図５　成型品の外観

図６　成型品の外観

金型の温度を上げて鍛造成型を行うことにより、最大負荷がわずかに低下することが確認された。成型品も型温度が高い方が若干ではあるが変形量も大きくなっていた。

３．３　離型剤の効果

金型に離型剤を塗布し、その効果を調べた。離型材は日本黒鉛㈱製のアルミニウム合金用の水溶性黒鉛系離型剤プロハイトを使用した。金型への塗布方法は、成形直前に塗装用エアガンにて塗布し、水分の蒸発を確認した後成形を行った。

図６に離型剤を塗布して成型した成型品の外観を示す。

離型剤を塗布することによって素材と金型の摩擦が減少し、素材の変形が明らかに大きくなったことがわかる。

また成型時の最大負荷も、素材温度 300 ℃、金型加熱なしで上型の下死点におけるクリアランスが 0mm の時の 250t 以上であった値が、素材温度 420 ℃、金型温度 220 ℃で離型剤塗布によって 190t 程度まで低下した。成型品の表面も離型剤なしの場合に比べてなめらかな仕上がりになった。これは型の表面の摩擦が少なくなったため、鍛造素材の滑りが良くなったことによるものと思われる。

４．　結言

機械式プレス装置を使用し、素材の温度や金型の加熱温度の違い、更には離型剤の有無がマグネシウム合金の鍛造成形性に与える影響を調べ、以下の結論を得た。

（１）機械式プレス装置を用いた鍛造ではエアーハンマー型の鍛造装置に比べて、材料の変形速度が低い。したがって鍛造素材の温度低下が大きく、金型の設計においても、これを考慮した設計が必要となる。

（２）鍛造素材や金型の温度を上げることにより成型時の最大荷重は、若干ではあるが低下する。

（３）離型剤を塗布して鍛造を行うことにより、成型時の最大荷重の低下と材料の成形性（材料の変型量）が向上した。

５．今後の課題

インゴットをそのまま素材として使用できる鋳造に比べて、鍛造は高価な押出し材を必要とする。この欠点をいかに補うかが重要である。

押出し素材の表面品質は鍛造時の成型品の表面品質に大きな影響を与える。したがって高い表面品質を得るためには、押出し素材の表面品質向上が重要となる。

参考文献

１）（社）日本塑性加工学会、鍛造、㈱コロナ社、1995、P338.