マグネシウム合金による複雑形状部品の鍛造・プレス加工技術の確立と用途開発(第２報)

早川　剛*　　山崎　栄一*　　田辺　寛*　　折笠　仁志*　　小林　泰則*

Establishment of Forming Technologies for Complicated Shaping Parts and Development of Application Using Magnesium Alloy

HAYAKAWA Tsuyoshi, YAMAZAKI Eiichi, TANABE Hiroshi, ORIKASA Hitoshi, and KOBAYASHI Yasunori

抄　録

マグネシウム合金の鍛造技術・プレス加工技術の高度化および製品化技術を確立するため、(1)油系潤滑剤を用いた絞り成形性の向上、(2)各種高強度マグネシウム合金の鍛造性評価、(3)陽極酸化処理を活かす高品位な表面処理技術の開発、などを行った。各々について、マグネシウム合金加工技術をさらに高める結果を得た。とくに、(1)ではPTFE（ﾃﾌﾛﾝ）粉末を利用した成形性向上の可能性を明らかにし、(3)では装飾性の高い表面処理技術を開発したので報告する。

１．緒　　言

マグネシウム合金は､実用金属中で最も軽く、比強度、振動減衰性、電磁波遮蔽性などに優れた特性を持ち､ＰＣや携帯電話などの情報機器、携帯家電製品、自動車など各種産業分野に応用範囲が拡大している。マグネシウム合金の成形はダイカストやチクソモールディングが主流だが、当研究所では平成11年から行った戦略技術開発研究により県内の金属加工業が得意とする鍛造・プレス加工によるマグネシウム合金の成形をいち早く可能にした[1)]。

一方、一連の研究開発を通じて県内企業へのマグネシウム合金塑性加工技術の普及と用途開発を行うとともに、平成14年度に開始した県央地域地場産業振興アクションプランの推進を支援し、数種の製品試作を行ってきた[2)]。また、この製品開発を通じて、新たな課題も明らかになった。

そこで、既存のマグネシウム合金の鍛造・プレス加工を中心とした塑性加工技術を高度化し､より完成された製品化技術を確立するため、(1)油系潤滑剤を用いた絞り成形性の向上、(2)各種高強度マグネシウム合金の鍛造性評価､(3)陽極酸化処理を活かす高品位な表面処理技術の開発、などの研究を行ったので報告する。

２．油系潤滑剤を用いたマグネシウム合金の絞り成形性の向上

２．１　概　　要

マグネシウム合金の温間プレス成形時に使用する潤滑剤は、PTFEシート（テフロンシート)、プレコート潤滑剤、油系潤滑剤などである。PTFEシートは最高の潤滑性能を示すが、高価で作業性に劣り、量産向きではない（表2.1)。これらのことから油系潤滑剤への期待が大きいものの、いまだ開発途中である。昨年度の研究では、金型表面コーティングと油系潤滑剤の併用により、PTFEシートと同程度のプレス成形が可能であることを示した。しかしながら、油煙や臭いなど作業環境面で問題があるため、成形性

*研究開発センター

は劣るものの油煙、臭いとも少ない油系潤滑剤を使用する必要がある。

そこで、PTFE粉末を添加した油系潤滑剤により、プレス成形性を改善する試みを行ったので報告する。

表2.1　各種潤滑剤の特性

	潤滑性	コスト	扱い易さ	多工程への適性	洗浄性
PTFEｼｰﾄ	◎	×	×	×	◎
ﾌﾟﾚｺｰﾄﾀｲﾌﾟ	○	△	△	△	×
油系潤滑剤	△	○	◎	◎	○

２．２　試験方法

比較的油煙や臭いの少ない油系潤滑剤（CF-853;日本工作油 製）をベース油として、PTFE粉末の粒径や濃度を変えて添加した潤滑剤を用いた温間絞り試験（φ40円筒深絞り）を行った。各成形温度（200℃～250℃）における限界絞り比と成形時の加工力を求めて、成形性に及ぼすPTFE粉末を添加した潤滑剤の効果を調べた。供試材にはマグネシウム合金板材（AZ31B-O材、t 0.8mm）を用いた。試験条件等を表2.2に示す。

表2.2　使用した潤滑剤と試験条件

PTFE粉末ｻｲｽﾞ	２，４，１０μm
粉末添加濃度	０～１０%
油系潤滑剤	CF-853（日本工作油製）
PTFEｼｰﾄ	t0.05mm
成形温度	２００～２５０℃ （ﾊﾟﾝﾁ温度30℃（一定））
成形速度	２～３mm／sec

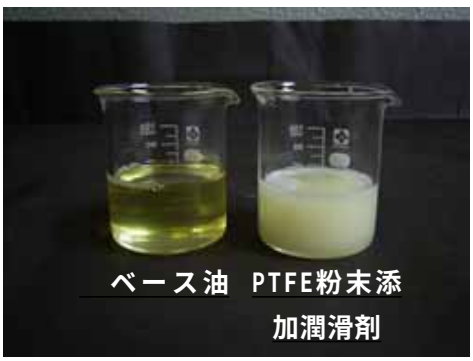

図2.1　PTFE粉末を添加した油系潤滑剤

また、図2.1に PTFE 粉末を添加した油系潤滑剤を示す。ベース油となる油系潤滑剤に PTFE 粉末を混ぜることにより白濁した。図2.2に使用した PTFE 粉末のＳＥM写真を示す。

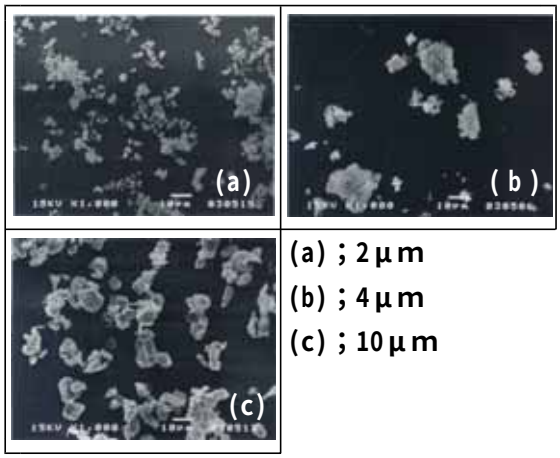

図2.2　使用したPTFE粉末のＳＥM写真

２．３　試験結果

図2.3に、PTFE粉末(粒径2μm)を１０%添加した潤滑剤を用いた温間絞り成形試験の結果を示す。比較としてベース油（CF-853）とPTFEシートを用いた場合も併せて示す。無添加の場合に比べ、PTFE粉末を添加したものでは温度上昇とともに成形性（限界絞り比）は急激に向上する。とくに、250℃ではPTFEシートと同程度となり、PTFE粉末添加により成形性が向上する結果を得た。

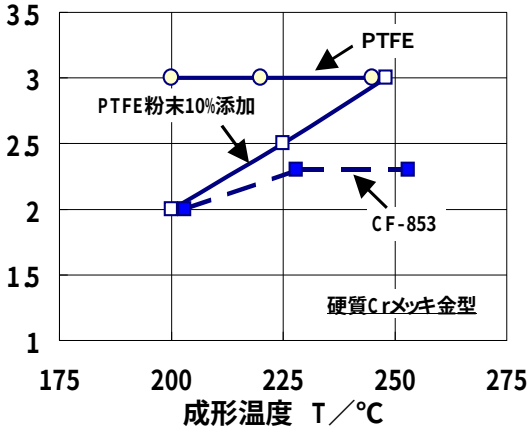

図2.3　PTFE粉末添加油系潤滑剤の効果

２．３．１　PTFE粉末添加濃度の影響

PTFE粉末添加濃度を変化させた成形試験の結果を図2.4に示す。添加濃度の増加とともに成形性は改善され、2～3%以上でPTFEシートと同等になり、飽和状態となる。図2.5に、絞り比を一定（DR3.0）とし、濃度を変化させた場合の成形品を示す。表面状態をみると、PTFEシートを用いた場合（下段右）に比べ、濃度2.5%の場合は良好な状態だが、10%にもなると表面にスジ状の模様が発生し、表面性状が悪化する。

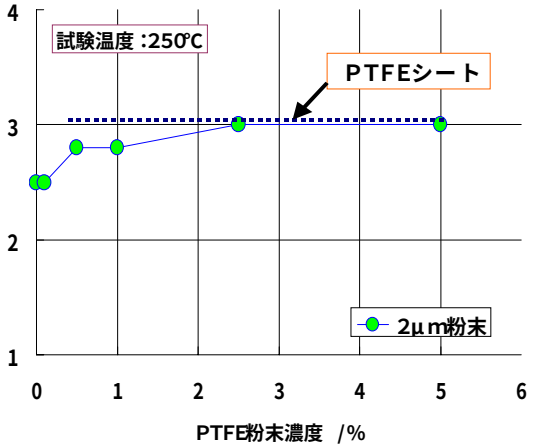

図2.4　PTFE粉末添加濃度の影響

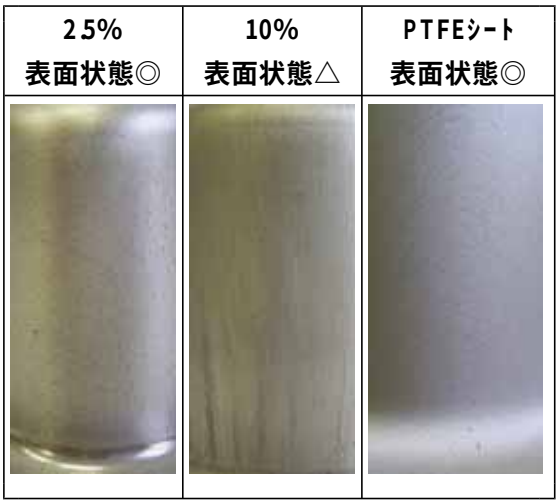

図2.5　添加濃度の表面性状への影響

以上のことより、PTFE粉末の濃度を高くすることで成形性は向上するが、ある量を超えると表面状態が悪くなることがわかった。また、PTFE粉末の濃度は2～5%程度が適当と考える。

図2.6に成形中の荷重変化を示す。PTFE粉末の濃度増加に伴い、成形に要する荷重が減少する。このことが成形性向上のひとつの要因と考える。

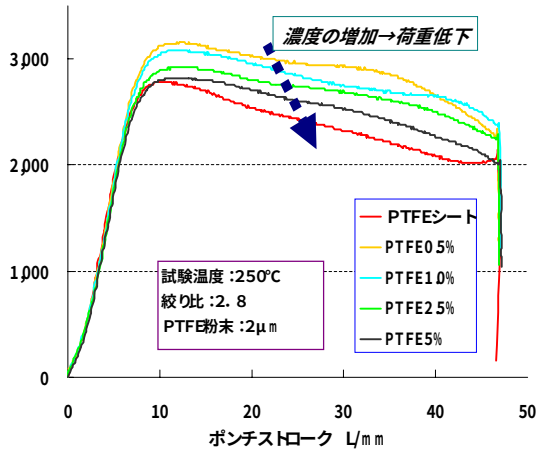

図2.6　添加濃度による成形荷重の変化

２．３．２　PTFE粉末サイズの影響

図2.7にPTFE粉末サイズを変化させた場合の成形荷重変化を示す。4μmと10μmでは大きな差異はみられないが、2μmの場合成形荷重の減少が認められた。図2.8にPTFE粉末サイズを変えた場合の成形品を示す。2μmの場合にはみられなかったスジ状の跡が、4μm，10μmのように粒径が大きくなると表面に跡が残り、表面状

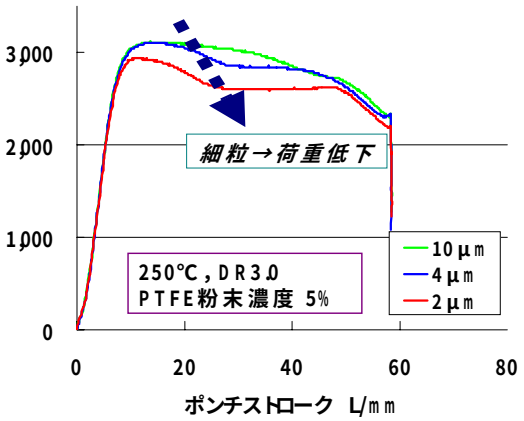

図2.7　PTFE粉末サイズによる
成形荷重の変化

態が悪化した。以上のように、成形性、表面状態とも、粒径が小さいほど良好な状態となる。

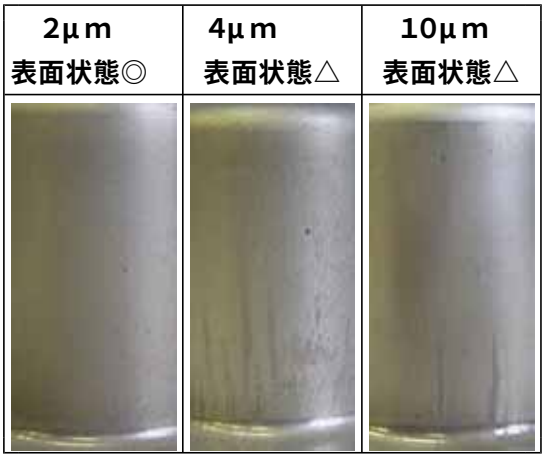

図2.8　PTFE粉末サイズによる表面性状への影響

３．各種高強度マグネシウム合金の鍛造性評価

３．１　概　　要

マグネシウム合金の鍛造では、対象が構造部材であることが多いため、高強度材料が必要とされる。これまで行ってきた鍛造に関する研究開発では、展伸性に優れたAZ31B材を主に手掛けてきているため、県央アクションプランにおいても、鍛造による製品試作を行っている企業のほとんどがAZ31B材を使用している。しかし、今後は高強度材料による鍛造製品が増加すると考えられることから、高強度マグネシウム合金の鍛造における基礎的データを得るために実験を行った。

３．２　試験方法

マグネシウム合金の場合、冷間では加工が不可能なため、温間での鍛造となる。そこで、鍛造時の最適加工条件を把握するために、試験片を電気炉中で100℃～400℃の間に加熱して端面拘束圧縮試験を行った。端面拘束圧縮試験とは、同心円上に溝が加工された耐圧板で円柱状の試験片を据え込み鍛造することにより、試験片と耐圧板との間の摩擦を考慮に入れずに材料の変形能を評価できる試験方法である[2)]。今回の試験では、耐圧板は加熱せず、室温で実験を行った。実験に使用した金型を図3.1に示す。試験には、㈱コマツ製110tonのクランクプレス（平均速度250mm/sec)を使用した。試験片の形状はφ14×H21mmで、供試材として、AZ31B(3%Al-1%Zn-Mg)、ZK60A(6%Zn-0.5%Zn-Mg)、AZ80A(8%Al-0.5%Zn-Mg)、AZ61A(6%Al-1%Zn-Mg)の４種類で評価を行った。

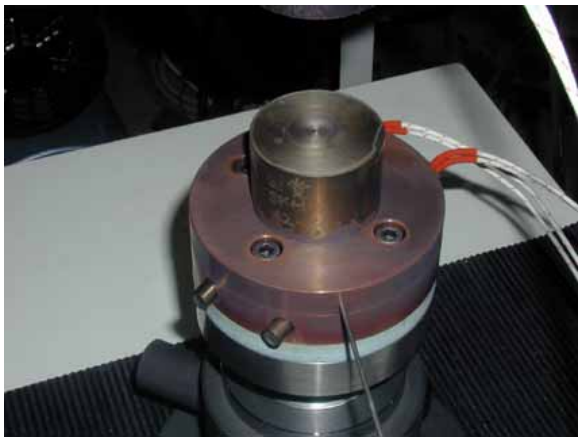

図3.1　端面拘束圧縮試験の金型（下側）

３．３　試験結果

端面拘束圧縮試験の結果を図3.2に示す。実験に供した4種類の材料は、加熱温度が250℃以下の場合、限界圧縮率がどれも40%を割っているが、300℃以上からは圧縮率が上昇する傾向にある。各マグネシウム合金の中でもAZ31Bが

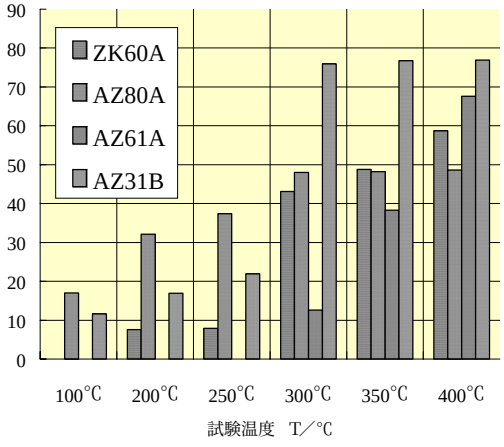

図3.2　端面拘束圧縮試験

最も圧縮性に優れており、300℃～400℃の温度領域で圧縮率が70%強となる。AZ80Aについては、他の材料と比較すると250℃以下の低温加工性に優れるものの、300℃以上では圧縮率40%強とあまり高い圧縮率は得られない。また、AZ61Aについて見た場合、300℃以下ではほとんど有効な圧縮率は得られないが、350℃から急激に圧縮率が上昇し、400℃では70%近い圧縮率となることから、加工温度に非常に敏感な材料と言える。ZK60Aも300℃以上から限界圧縮率の上昇が見られるが、AZ31Bほどの高い限界圧縮率は得られず、最高でも60%程度の圧縮率となる。

４．機械的研磨技術と陽極酸化法を組みあわせた高装飾表面処理技術の開発

４．１　概　要

当研究所で開発した陽極酸化処理法の商品への適用を考えた場合、下地の金属光沢が透けて見えるため、金属下地の表面状態（装飾性）がそのまま商品の美観に反映されることになる。そのため、装飾性の高い商品を開発するためには、何らかの化学的処理や機械加工を行うことにより装飾性の高い金属下地を作成する必要がある。このような考えに基づき、我々はヘアーライン加工やミラー仕上などの金属的特徴を付与した装飾性の高い機械的研磨技術の開発を平成15年度に行っている[3)]。

そこで今回は高装飾機械研磨技術と透明陽極酸化処理を組み合わせた新しいマグネシウム合金用表面処理法の開発を目指し、サンプル作成を行った。

４．２　サンプル作成方法

化成処理および塗装を行った名刺ケースに対してヘアライン研磨を行い、金属下地を露出させた。その露出表面に陽極酸化処理を行い、アクリル電着塗装（アニオン型）により封孔処理した。

４．３　試験結果

作成したサンプルを図4.1に示す。ヘアライン研磨された金属下地は非常に綺麗な金属光沢を呈することが明らかになった。また、陽極酸化処理とクリア電着塗装により、ヘアライン研磨による金属光沢が若干失われた。

しかしながら、化成処理と塗装による従来の表面処理と比較すると、非常に装飾性の高い表面処理が可能となった。

図4.1　ヘアライン加工と陽極酸化処理を組み合わせた表面処理

５．マグネシウム合金用化学研磨法の開発

５．１　概　要

現在、マグネシウム合金下地の装飾性付与の方法としては、ヘアライン研磨や鏡面研磨、ダイヤモンドカットなどの機械的加工法が検討されている。しかしながら、これらの機械的研磨法は切り粉の処理など作業環境の問題が指摘されている。また、マグネシウム合金の鏡面研磨についてはその難しさが指摘されている。

一方で、このような機械的加工法の他に金属下地に装飾性を付与するための方法として、化学研磨や電解研磨などの化学的研磨法が考えられる。化学的研磨法は切り粉の発生がないため、作業環境の向上が期待される。しかしながら、マグネシウム合金に対する化学研磨・電解研磨処理法はいまだ確立されておらず、実際の製品に応用されている例も非常に少ない。

そこで、本研究ではマグネシウム合金用化学研磨法に関する研究を行い、その適用可能性について検討した。

５．２　試験方法

マグネシウム合金（AZ31材）に適した化学研磨浴組成の探索を行い、目視にて良好に鏡面化すると思われる研磨条件を決定した。

次に決定された条件で作成されたサンプルについて、表面粗さ測定と反射率測定を行うことにより鏡面の評価を行った。表面粗さ測定には三次元あらさ測定器を使用した。反射率は入射光を研磨面に対して45°の角度で入射させ、入射角と同じ45°の位置での反射光の強度を測定することにより評価した。反射率は高純度アルミニウム蒸着鏡（株式会社アイ・シイ・エス社製）の反射率を100%とした値で表した。反射強度は波長555nmでの値を採用した。

反射率の測定は未研磨物、機械研磨（ペーパーによる手研磨）のみのもの、機械研磨と化学研磨を組み合わせたもの、左記のものにクリア電着塗装を施したものの4サンプルについて行った。また、比較として市販の鏡についても測定を行った。それらのサンプルの詳細を表5.1に示す。市販の鏡、基準サンプルの外観を図5.1に、評価を行ったサンプルの外観を図5.2に示す。

表5.1　評価に用いたサンプルの作成プロセス

サンプル名	処理条件
サンプル1	未処理材
サンプル2	#320研磨→#1000研磨→#2400研磨→#4000研磨
サンプル3	#320研磨→#1000研磨→#2400研磨→#4000研磨→化学研磨
サンプル4	#320研磨→#1000研磨→#2400研磨→#4000研磨→化学研磨→クリア電着塗装

図5.1　基準サンプルと市販の鏡の外観

図5.2　各サンプルの外観

５．３　試験結果

５．３．１　表面粗さ測定

化学研磨による表面平坦化の効果について調べるため、表1のサンプル2とサンプル3について表面粗さ測定を行った結果を表5.2に示す。Ra（中心線平均粗さ）と Rz（十点平均粗さ）については大きな変化はみられなかったが、サンプル3の Ry（最大粗さ）がサンプル2のものより大きくなっていることが分かった。この原因については現在調査中である。

表5.2　表面粗さ測定結果（nm）

	Ra	Ry	Rz
サンプル2	53	445	310
サンプル3	47	1352	420

５．３．２　反射率測定

反射率測定を行った結果について図5.3に示す。図のように、サンプル2の反射率は45%であったが、サンプル3とサンプル4の反射率は市販の鏡と同程度の61%となった。これは化学研磨により反射率が向上したものであると理解できる。

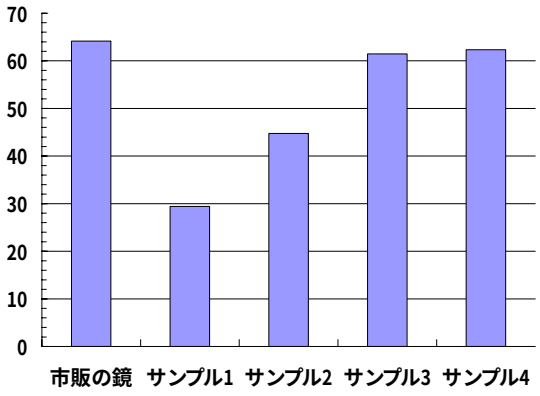

図５．３　鏡面反射率測定結果

５．結　　言

５．１　油系潤滑剤を用いた マグネシウム合金の絞り成形性の向上

(1)PTFE粉末添加により油系潤滑剤の潤滑性能が改善され、良好なプレス成形性が得られた。

(2)とくに、成形温度250℃においてはPTFEシートと同等の成形(LDR3.0)が可能である。

(3)粒サイズや添加濃度の増大により、表面性状が悪くなる傾向にある。成形性や表面性状を考慮すると、本研究では、粒サイズ2μm、その添加量は2.5～5%程度が適当と考える。

５．２　各種高強度マグネシウム合金の 鍛造性評価

(1)4 種類のマグネシウム合金について、端面拘束圧縮試験を行い、各素材とも300℃～400℃の間で最高の限界圧縮率が得られた。

(2)各素材の中でAZ31Bが最も圧縮性が高く、300℃～400℃の間で限界圧縮率が約80%となった。

５．３　機械的研磨技術と陽極酸化法を組み合わせた高装飾表面処理技術の開発

(1)非常に装飾性の高い表面処理ができる。

(2)他にも鏡面研磨、ブラスト処理なども検討した。

５．４　マグネシウム合金用化学研磨法の開発

(1)化学研磨により、機械研磨したマグネシウム合金の鏡面化（反射率の向上）は可能である。

(2) Ｒｙ（最大粗さ）が大きくなった原因や化学研磨と陽極酸化処理の相性など、実際の応用については課題が残る。

参考文献

1)相田収平，田辺　寛，須貝裕之，高野　格，大貫秀樹，小林　勝：軽金属,50(2000),476

2)日本塑性加工学会編：塑性加工技術シリーズ４鍛造，コロナ社(1995),159

3)新潟県工業技術総合研究所：工業技術研究報告書 NO.32（2003）,15