マグネシウム合金による複雑形状部品の加工技術の確立と用途開発（第３報）

高野　格*　　田辺　寛*　　須貝　裕之*　　平石　誠*　　折笠　仁志*

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

TAKANO　Itaru　　TANABE　Hiroshi　　SUGAI　Hiroyuki
HIRAISHII　Makoto　　ORIKASA　Hitoshi

抄　録

本研究では、現在、ダイキャストやチクソモールディングといった溶融或いは半溶融成形法により製造されているマグネシウム合金の製品を、安価で生産性の高いプレス加工に置き換えることを目的として３年間研究を行ってきた。これまでの２年間では素材の加工にあたる圧延・押出しからプレス加工・溶接・最終段階の表面処理にいたるまでの各工程において加工技術の研究を行ってきた。本報告では今年度に行った研究内容の内、マグネシウム圧延板研磨装置の開発、アルミニウムクラッドマグネシウム材料の開発、マグネシウム溶接技術の開発、マグネシウム表面処理技術の開発について報告する。

１　緒言

マグネシウム合金は、実用金属の中で最も軽量で、比強度も高く,リサイクル性に優れるなどの特徴を持ち、近年、パソコンや携帯用家電製品の筐体にマグネシウム合金を採用したものが急速に増加している。それらのほとんどは、ダイキャストやチクソモールディング（溶融射出成形）により製造されているが、生産性が低いため、板材を使ったプレス加工が望まれている。そのため、本研究では、平成 11 年度よりマグネシウム合金を使用したプレス加工に取り組んでいるが、素材にあたるマグネシウム合金の圧延板は、現在、米国 S.C.I. 社しか生産していないため、国内ではほぼ全量をここからの輸入に頼っている状況であり、国産のマグネシウム合金製圧延板が望まれている。そこで、安価で良質な素材を供給するために、圧延・押出しについて研究を行った。また、プレス製品はそれ単体で製品となることはほとんどなく、溶接や表面処理などの工程を経てから最終的な製品となる場合が多いため、今年度はそれらの技術についても開発を行った。

２　圧延板研磨研磨装置

２．１　概要

本研究ではマグネシウム圧延板の開発を行い、機械的性質やしぼり性において輸入品と比較して遜色のない性能であることを確認した。
しかし、この圧延板を家電製品の外観部品など高度な表面品質が要求される部分に使用することを想定した場合、圧延板の表面はブラストにより処理しているため表面粗さが大きく、塗装面に凹凸が浮き出てしまう。
さらにこの圧延材には圧延時にロールに巻き込まれたのゴミ等による小さなへこみ傷があり、これも外観部品に適用する際に材料の歩留まり等を悪化させる問題となる。

そこでこれらの問題を解決するため、マグネシウム圧延板専用の研磨措置を開発した。
この装置をもちいて材料の表面を薄く削り取ることにより、へこみ傷を少なくし塗装面に影響を及

＊研究開発センター

ぼさない平滑な面を得ることを目的とする。
さらに平滑な表面が得られれば、開発中の陽極酸化を適用することによって、塗装品では得られない金属光沢を得ることができる。

２．２　研磨実験装置の概要

開発したマグネシウム圧延板用研磨装置の写真を以下に示す。図１

図１　マグネシウム圧延板用研磨装置

装置の概要を以下に示す。

研磨方式：フラップホイールを用いた湿式研磨
ホィール回転数：１０００～２０００ｒｐｍ
テーブル送り速度：２～６ｍ／ｍｉｎ
加工物寸法：幅４００ｍｍ×長さ１５００ｍｍ
　　厚さ０．５～５ｍｍ

マグネシウムの乾式研磨は粉塵爆発の危険性を伴う。そこで、この装置では湿式研磨方式を採用した。

また、削り取ったマグネシウム粉末はペーパーフィルターにより捕集し廃棄している。
削り取ったマグネシウム粉末と切削液が反応して水素ガスが発生することに対処するため、フィルター装置は屋外に設置している。

２．３　研磨実験とあらさ試験

研磨実験装置を用いて研磨実験を行った。
実験に使用したマグネシウム圧延材の仕様を下記に示す。

材質：ＡＺ３１Ｂ
寸法：幅３００×長さ１５００
　　板厚０．８ｍｍ

実験ではホイールの番手や回転数、送り速度等を変化させ、その時の研磨量との関係や表面あらさ等研磨面の状態を調べた。

最終的に得られた研磨面の表面あらさ測定結果を下記に示す。比較のため輸入圧延板のあらさを同時に示す。図２

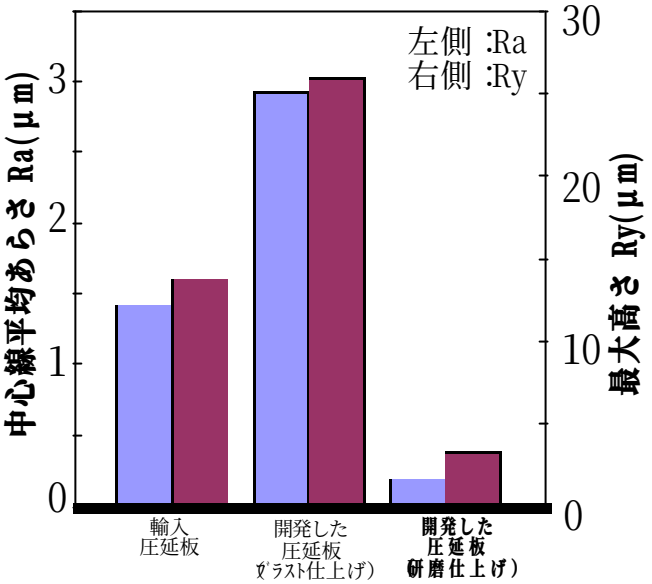


図２　あらさの比較

ブラスト仕上げした圧延板のあらさは輸入圧延板の２倍ほど大きな値となっていた。

これに対して研磨機により研磨した圧延板の表面あらさはこれら２種類の圧延板に比較して著しく平滑になっていることが確認された。

２．４　塗装試験

最終的に最適と思われる幾つかの研磨サンプルに対して塗装実験を行った。

塗装試験では、輸入圧延材とブラストした圧延材のどちらの材料も塗装表面に下地の凹凸が浮き出ており、精密塗装に対応できない表面であることが確認できた。
これに対して研磨した圧延板では、目視検査のレベルでは塗装表面に研磨痕を確認できないことを確認した。

３．ｱﾙﾐﾆｳﾑ ｸﾗｯﾄﾞ ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ圧延材の開発

３．１　概要

マグネシウム合金はアルミニウムやステンレスなどの一般的な金属材料に比べて腐蝕しやすく、現時点においては表面処理無しで家電製品等の外

観部品に用いることは非常に困難である。

このため表面処理や塗装によって腐蝕を防いでおり、本研究でもマグネシウムの表面処理方法の研究を行ってきた。

しかしこの方法とは別に、マグネシウムの表面に耐食性に優れたアルミニウムをコーティングした材料（ｱﾙﾐﾆｳﾑ ｸﾗｯﾄﾞ ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ）を作ることを試みた。

このような材料を作ることができれば、低コストで耐食性に優れたアルミニウムを防食皮膜として使いながら、マグネシウム合金の優れた諸特性を生かすことが可能となり、製造原価の２０～４０％に達すると言われている複雑なマグネシウム合金の表面処理や塗装が簡略化され、製造コストも下がることが予想される。

さらにマグネシウムとアルミニウムの組み合わせによるクラッド材はどちらの金属にも合金として溶解することが可能であることから、塗装に比べてリサイクル面でも優れている。

３．２　製作方法

まず予備実験として、アルミニウム片とマグネシウム片を鍛造により圧縮成形し、その後電気炉において加熱することにより拡散接合する実験を試みた。

その結果、純アルミニウム（A1100)とマグネシウム合金(AZ31B)の拡散接合が確認された。

この結果を基に、アルミニウム（A1100)とマグネシウム合金(AZ31B)の板材を使った圧延加工を行い、板材を作成した。

圧延を行うに当たり、接合面の酸化を抑えるため、表面の酸化皮膜を除去したマグネシウム合金板をアルミニウム板で包み込み、内部を真空状態にした素材を用意した。

この素材を適当な温度に予熱した後圧延し、幅１５０mm、板厚０．８mmの試作クラッド材を製作した。

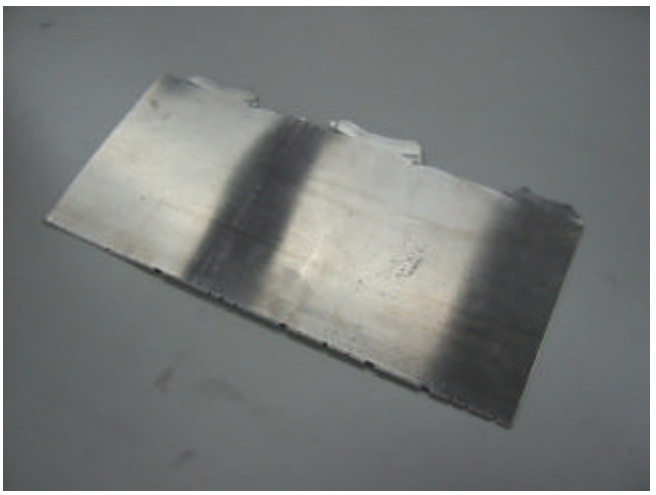


図３　試作したｱﾙﾐﾆｳﾑ ｸﾗｯﾄﾞ ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ圧延材

３．３　成型性試験

試作したクラッド材を使って円筒深絞り成形性試験を実施した結果、限界絞り比（LDR）で 2.5 が得られ、実用上十分な成形性を有することが確認された。図４、５

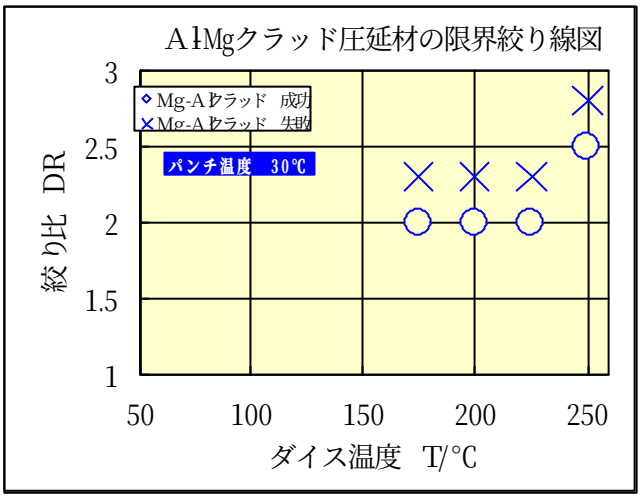


図４　限界しぼり線図

図５　しぼり試験を行ったクラッド材

４　溶接

Ｍｇ製プレス品にボスを形成することを目的として、スタッド溶接を試みた。製造工程の観点から、大気中での溶接が好ましいが、マグネシウムは大気中における高温での酸化が著しいために溶接熱により生じた酸化物が接合を阻害することが[1)]報告されている。本報では、溶接時間や不活性ガス雰囲気が接合性におよぼす影響について報告する。

４．１　実験方法

実験装置、供試材は前報と同様であり、その結果からスタッド先端のチップ長さは 1.1　mm、コンデンサ充電電圧は 60　V とした[2)]。スタッドが装填される溶接ガンには、ギャップ方式とコンタクト方式を用いた。前者では板から離れた位置からスタッドが加速され板に衝突するのに対し、後者でははじめからスタッドのチップが板に押付けられている。前者ではスタッドの加速距離を、後者では押付け力を、いずれも大きくすることにより溶接時間は短くなる。溶接時間の測定には高速度ビデオカメラを用い、9,000 frame/s でアークの発光を観察した。また、アルゴンガスを用いて不活性雰囲気の影響を調べた。

４．２　実験結果および考察

溶接時間と接合強度の関係は，図６に示すように、大気中およびアルゴンガス雰囲気中それぞれにおいて、ギャップ方式とコンタクト方式に共通する一本の曲線で描かれた。また、いずれの雰囲気においても、溶接時間の増加とともに接合強度は低下した。大気中における溶接では、溶接時間 1.2　ms 以下で板材のボタン型破断となる最大の接合強度が得られ、一方、1.5　ms を越えると接合強度は急激に低下した。また、アルゴン雰囲気を用いることにより最大の接合強度が得られる溶接時間範囲は 1.7 ms まで拡大された。

図６に記号(A)、(B)で示した条件（大気中、コンタクト式）における溶接部の断面組織を図７(a)、(b)にそれぞれ示す。溶接時間が短い条件 A では欠陥のない溶接部が得られたが、条件 B では溶接金属部には溶接線に平行な大きな割れが存在していた。

大気中で割れの発生する条件で溶接した試料について、引張り試験後の破断面を SEM 観察した。強制破断部はディンプル破面である（図８(a)）。割れに対応する個所には、大きく成長した二次枝を持つセル状樹枝状晶が認められ（図８(b)）、まだ融液が多く残っているときに凝固割れが発生したことを示している。これは、融液表面に厚い酸化皮膜が形成されたために融液の融合が阻害され、凝固ひずみが小さいときに融液の分離を生じたものと考えられる。

比較のため、A1050 アルミニウムを用いて同様に溶接時間と接合強度の関係を調べた結果、溶接時間 2.2　ms における接合強度の低下率は 30%にとどまり、急激な低下は生じなかった。

AZ31B の接合強度は A1050 と比較して溶接時間の変化に対し極めて敏感であり、これに影響する加速距離や押付け力、チップ長さの管理が重要である。

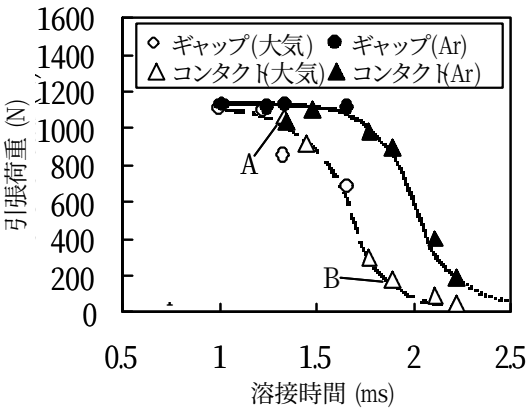


図６　溶接時間と接合強さの関係

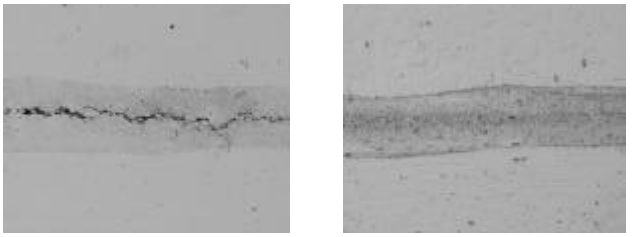
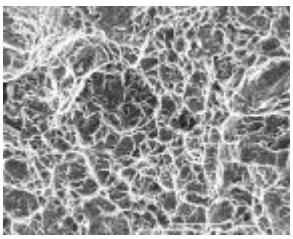


図７　(a)溶接時間 1.9 ms　(b)溶接時間 1.3 ms



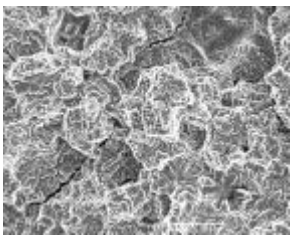


図８ (a)ディンプル　　(b)凝固割れ

５　表面処理

５．１　概要

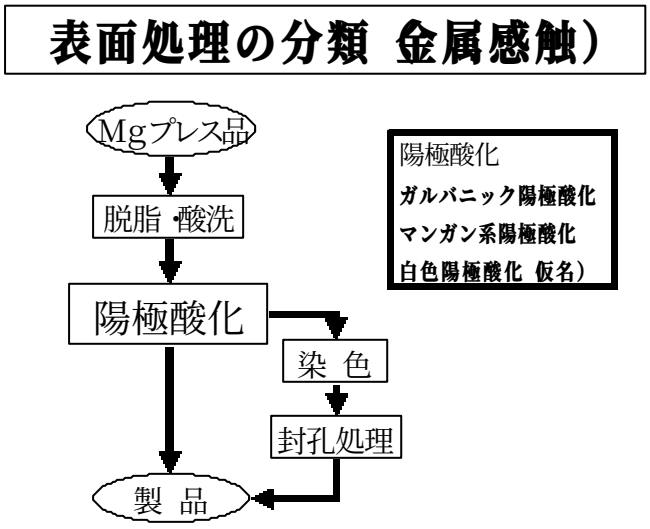
マグネシウム製品製造には現在、ダイキャストやチクソモールディングが主に行われているが、ピンホール、湯じわ等の問題があり、パテ盛り、研磨、塗装の工程が必要とされている。

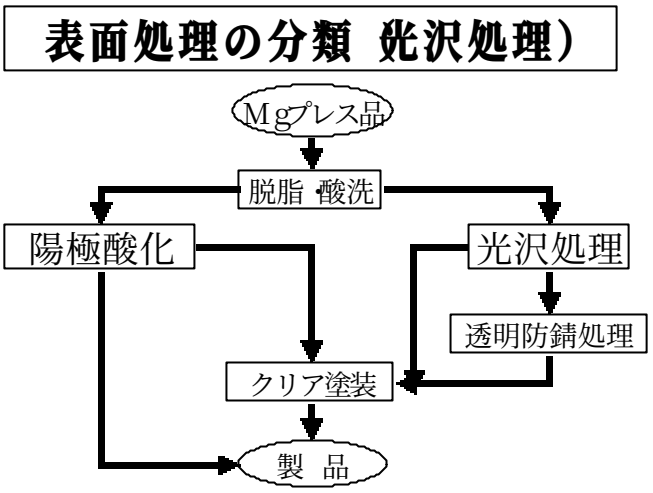
それに対しプレス製品は良好な表面を利用し、塗装面と違ったマグネシウム本来の光沢や、金属感触を持った製品を作ることが可能である、市場の要求は高いが、現在の表面処理はその要求を満たしていない。

本研究は２つの要求を同時に満たす、透明で染色可能な陽極酸化膜の実現を目標とする。

５．２　表面処理のフローチャート

表面処理工程のフローチャートを示す。





５．３　各工程

前年度の研究報告書にて発表済であるものは割愛する。ここでは新たに開発した染色可能な白色（及び半透明）陽極酸化について述べる。

５．３．１　白色陽極酸化（仮名）

この陽極酸化法は主に①陽極酸化槽②染色槽③封孔槽から成っており、その特長は、①操作条件の変更だけで、濃色から透明色まで表現できる。②染色槽の交換だけで容易（安価）に小ロット対応が出来る。③全工程が槽内で行われるので、自動化（ライン化）しやすい。等上げられる。この陽極酸化法によるサンプルを図９に示す。また評価として塩水噴霧試験を行った。

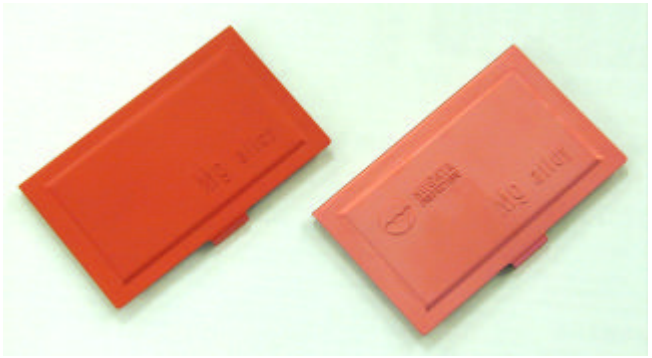


図９　濃色サンプル（左）と透明色サンプル（右）

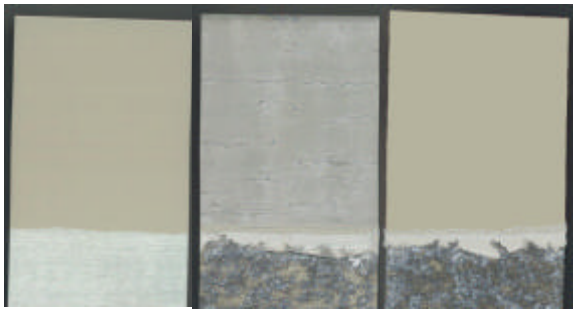
５．３．２　塩水噴霧試験結果

条件：JIS Z2371 7.2.1中性塩水噴霧試験に準ずる

暴露：暴露８時間＋休止１６時間を１サイクルとし、２サイクル暴露した。

結果を図１０に示す。封孔処理無しのものでも耐食性は上がっているが、封孔処理有りものは２サイクル試験後全く腐食が発生しない。こ

の陽極酸化法には封孔処理が重要であることが分かる



０サイクル　　２サイクル　２サイクル
（電着なし）　（電着あり）

図１０　塩水噴霧試験結果

５．４　今後の課題

・陽極酸化膜の封孔処理の確立

・量産化技術の確立

６　まとめ

（１）マグネシウム板材専用の湿式研磨装置を開発した。

この装置により圧延板の表面のへこみ傷を減少させることができた。

また板材の表面あらさを従来のブラスト処理による場合に比べて著しく低下させることができた。

塗装試験を行った結果、家電製品の外観部品に用いられる精密塗装に対応できる研磨面であることが確認できた。

（２）アルミニウムクラッドマグネシウム圧延材を試作した。

その成型性を評価した結果、一般的なアルミニウムによる場合とほぼ同等の限界しぼり比２．５までしぼれることを確認した。

（３）マグネシウム薄板にスタッド溶接を行う場合に、溶接時間や不活性ガス雰囲気が接合性におよぼす影響について調べた。

その結果、大気中の溶接では溶接部の強度は溶接時間が 1.2 ms から 2 ms までの間に急激に低下することがわかった。

また、アルゴン雰囲気中では、板母材の強さに匹敵する接合強度が得られる時間範囲は 1.7　ms まで拡大した。

（４）塗装処理とは異なるマグネシウム本来の光沢や金属感触を持った、透明で染色可能な陽極酸化膜の生成方法について検討した結果、染色可能な白色及び半透明な陽極酸化皮膜の生成に成功した。

この皮膜に対して塩水噴霧試験を行い、封孔処理の有無が耐食性に与える影響を調べた結果、封孔処理を行うことによって耐食性が向上することを確認した。

参考文献

1）日本マグネシウム協会編：マグネシウム技術便覧、カロス出版、(2000)、355.

2）新潟県工業技術総合研究所：工業技術研究報告書、30(2001)、21.

研究の遂行に当たり、長岡技術科学大学名誉教授　小林勝先生より多大のご指導・ご助言を頂きましたこと感謝申し上げます。