ノート

マグネシウム合金製電動カート部品の試作

杉井　伸吾*　白川　正登*　林　成実*　本田　崇*　山崎　栄一**

The Trial Manufacture of the Electric Cart Parts Made of Magnesium Alloy

SUGII Shingo*, SHIRAKAWA Masato*, HAYASHI Narumi*,
HONDA Takashi*and YAMAZAKI Eiichi**

1. 緒　　言

軽量化，リサイクル性の観点から注目されているマグネシウム合金について，その加工技術開発が多方面から進められている。また，マグネシウム合金を用いた製品の試作，開発も進められ，新たな商品として提案がなされている。こうした中で，都市エリア産学官連携促進事業（長岡エリア発展型）において，これまでの研究成果を採りいれたマグネシウム合金製の電動カートの試作を行った。当所においては，本事業で取り組んだ板材の成形技術，パイプの曲げ技術および高耐食性表面処理技術を用いた部品の試作を行ったので，その内容を紹介する。

2. 試作内容

2.1 試作対象

試作を行ったのは図 1 に示す電動カートの運転席と荷台の床に用いられるパネル部品と，シート用のパイプ曲げ部品である。

2.2 床用パネル

2.2.1 仕様

試作した床用パネルは，図 2 に示すような 1 枚の板材に三角錐台の形状を多数個張り出した部品（以下テトラボード）2 枚を用い，三角錐台形状を組み合わせて稜線を接着することで厚さ 16mm のパネルとするものである。素材には，AZ31 マグネシウム合金板（板厚 2mm）を

図 1　マグネシウム合金製電動カート

用いた。なお，電動カートに用いるパネル寸法は 230×458mm および 185.5×398mm の 2 種である。

2.2.2 試作方法および結果

テトラボードの成形は，エアブロー成形により行い，成形装置はサーボプレス装置（アイダエンジニアリング(株)製 NS1-2000(D)，加圧能力 2000kN）を使用した。金型は図 3 に示すように下型にダイスを配置し，上型からエア圧力を付加した。また，ダイスの三角錐台形状頂点近傍には成形の妨げとなるダイス側の空気を排出するための小孔を設けた。成形温度が 450℃と高温のため，ヒータ位置と断熱材を解析により最適化して加工領域の温度差 18℃を実現している[1)]。その他の成形条件を表 1 に示す。

防錆対策として水熱処理を施した後，2 枚を 1 組にして三角錐台の稜線および頂点部にエポ

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター

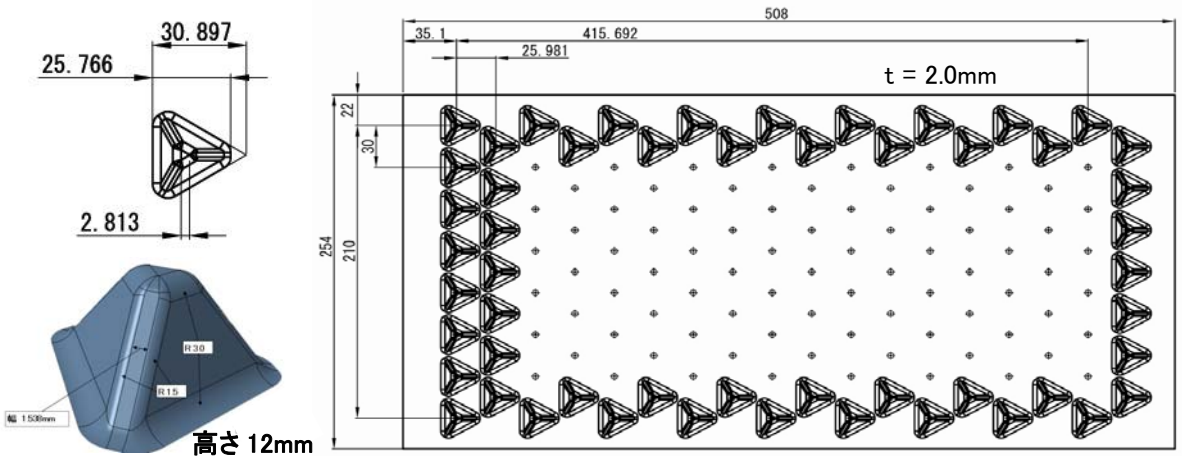

図 2　テトラボード形状

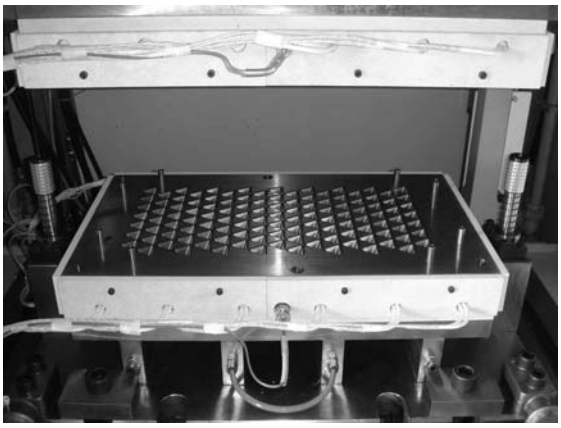

図 3　成形金型写真

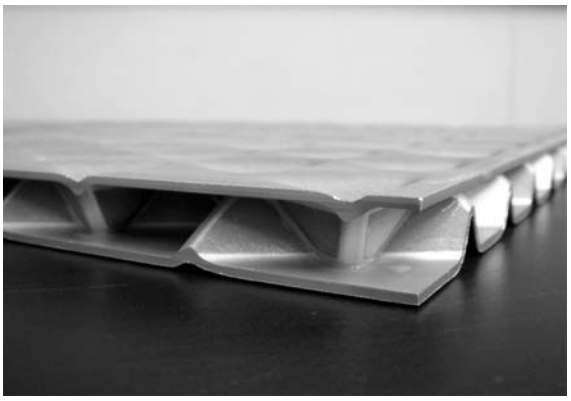

図 4　テトラボード接着，切削後

表 1　テトラボード成形条件

成形温度	450℃
エア圧力	2.5MPa
成形時間	2時間
潤滑剤	BNスプレー（金型、材料）

キシ系接着剤を塗布し，2 枚のテトラボードが組み合うようにして接着した。さらに接着後，仕様に定められた寸法に外周を切削加工した。接着，切削後の断面部写真を図 4 に示す。

できあがったパネルは電動カートの製作担当企業により他部品と併せて塗装を施され，枠を取り付けて完成となった。カートに装着された状態（足元部）の写真を図 5 に示す。

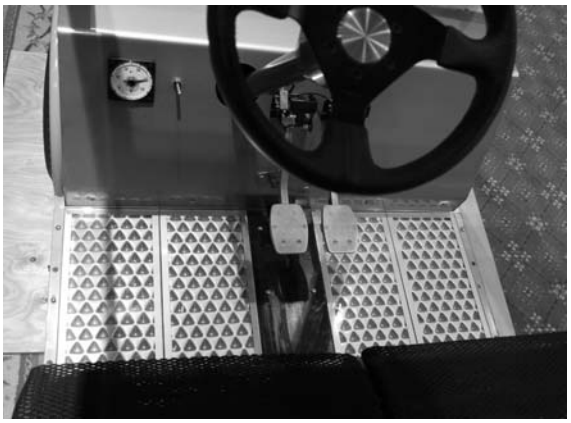

図 5　パネル装着状況

要求された仕様に沿って試作は完了したが，本成形を行ったブロー成形法では 1 枚の成形時間が 2 時間と長く，また 450℃と高温での加工が必要なことから，生産性の面でプレス成形による改善の検討を別途進めている。

2.3　シート用パイプ曲げ部品

2.3.1　仕様

試作したパイプ曲げ部品の主な仕様を表 2 に

表 2　パイプ曲げ部品の主な仕様

部品種類	部品単体形状の特徴	中心線曲げ半径（mm）	曲げ角度（°）	1台あたり部品点数（個）
背もたれ1	単一R	162.5	－	4
背もたれ2	直線および2カ所曲げ	150	122	4
シート1	直線および曲げ	200	135.7	4
シート2	直線および2カ所曲げ	150	117.8	2
シート3	直線および2カ所曲げ	150	123.7	2

示す。試作部品には，曲げ半径や曲げ角度，曲げ箇所数等が異なる 5 種の部品があり，カート 1 台あたり合計 16 点の部品により構成されている。シート単体の試作品を含めカート 2 台分の部品試作を行った。

素材には，外径 φ25mm 公称肉厚 2mm の AZ31 マグネシウム合金パイプを用い，浮動拡管プラグ曲げ加工後の外径寸法は φ27.3mm であった。

2.3.2　試作方法および結果

パイプ曲げ部品の加工には，温間浮動拡管プラグ曲げ加工技術を適用し，加工機には平成 20 年度に試作した浮動拡管プラグ曲げ加工装置を用いた[2)]。主な加工条件を表 3 に，曲げ加工中の写真を図 6 に示す。

部品の寸法・形状を図面どおりに加工するために，曲げロールの押込み量と曲げ半径の関係を実験にて求めた。同様に，曲げの開始および終了位置と曲げ角度との関係，2 カ所曲げの場合の曲げ位置のスパンとの関係を求め，加工条件を設定した。その一例として，図 7 に曲げロール押込み量と曲げ半径の関係および同条件で加工したパイプ曲げ部の偏平率，偏肉率を示す。例えば，図中破線で示すように曲げ半径を 150mm とする場合，曲げロールの押出し量を 19.3mm に設定して加工を行うこととなる。

曲げ部の断面形状をみると，その偏平率は，すべて 1.5%未満であり，偏肉率は，曲げ半径 148mm のサンプルで 21.3%であった。曲げ加工部断面写真を図 8 に示す。

試作において，素材パイプの偏肉による肉厚

表 3　パイプ曲げ部品加工条件

拡管率	10%
スリーブ出口温度	275℃
加工開始プラグ温度	180℃
パイプ押出し速度	2mm/s
潤滑剤	水溶性乾燥皮膜潤滑剤 および黒鉛潤滑スプレー

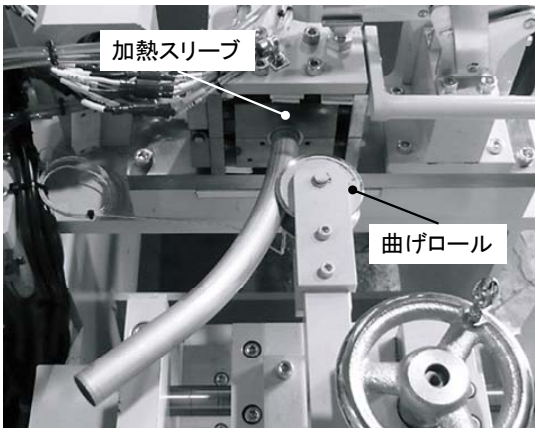

図 6　曲げ加工状況

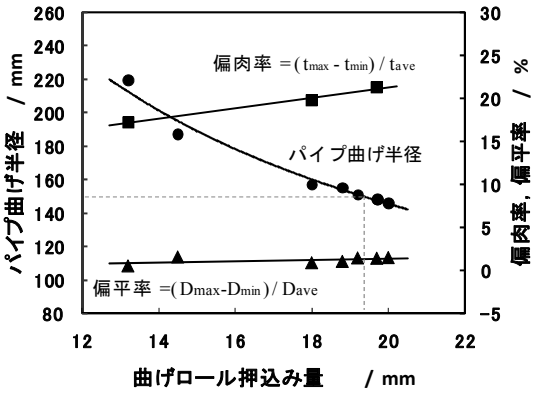

図 7　曲げロールの押込み量と曲げ半径の関係および曲げ部の偏平率と偏肉率

図 8　曲げ加工部断面

分布が曲げ半径および角度に大きく影響を及ぼすことが確認され，大きな課題となることが分かった。今回の試作においては，素管のパイプ断面の形状測定を行い肉厚分布を把握し，パイプをセットする際の押出し方向や円周方向の角度を統一する等の工夫をすることで対応した。

できあがったパイプ曲げ部品は，電動カートの製作担当企業により設計寸法となるように両端部の切断加工および穴あけ等機械加工を施され，組み立て・溶接の後，当所にて防錆対策として水熱処理を行った。その後，塗装を施されてシートフレームの完成となった。塗装前のシートフレームの写真を図 9 に，カートに装着されたシートの写真を図 10 に示す。

2.4　水熱処理

塗装下地の防錆処理として，大型化成処理装置を用いて水熱処理を施した。シートフレームは AZ31 パイプと AM60 板材が溶接されている。Mg 合金の種類により水熱処理における皮膜形成速度が異なるため，溶接サンプルによる予備試験を行った。その結果より処理条件は飽和水蒸気温度 150℃で 3 時間とした。皮膜厚さは約 15μm であり，耐食性向上に寄与していることが確認されている [3)]。

3.　結　　言

都市エリア産学官連携促進事業（長岡エリア発展型）におけるマグネシウム合金製電動カートの試作に対し部品の製作，供給を行った。実施内容は以下のとおり。

（1）ブロー成形により複雑形状を持つテトラボードを製作し，床パネル部品とした。
（2）温間浮動拡管プラグ曲げ加工によりシートフレーム用のパイプ 5 種を製作した。
（3）塗装下地として，大型化成処理装置を用いて水熱処理による防錆対策を施した。

試作により，マグネシウム合金の高い成形性や軽量性が体感できる部品を製作できた。また，各要素技術の課題が明らかになり，解決に向けた取り組みを行った。

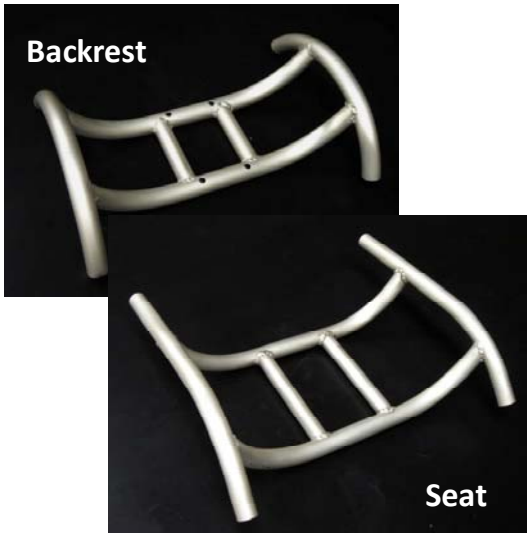

図 9　シートフレーム

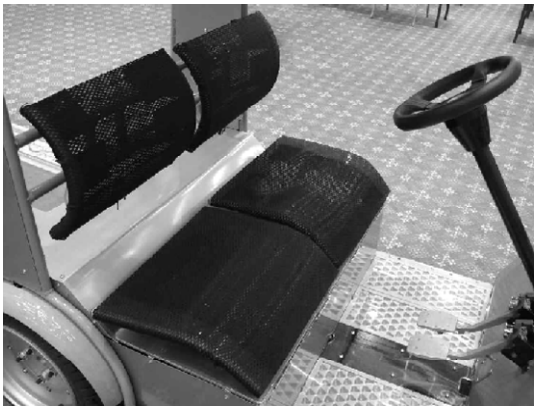
図 10　電動カートシート

参考文献

1）本田崇ほか，“高断熱・均熱金型の開発”，工業技術研究報告書，No.38，2009，p18-25.
2）相田収平ほか，“マグネシウム合金パイプ材の曲げ加工技術の開発”，工業技術研究報告書，No.38，2009， p10-17.
3）小林泰則ほか，“Mg 合金の実用的な表面処理技術の開発および評価（第 2 報）”，工業技術研究報告書，No.38，2009，p32-38.