

小型携帯電子機器用 Mg 筐体向け一貫（材料～表面処理）製造技術開発  
～Mg 合金の金属組織及び介在物調査～

プロジェクト推進室 石井 源一  
化学環境室 小高 健二, 上原 健  
ものづくり開発室 山畑 利行  
素材開発室 石川 宏美  
金属分析室 大貫 幸男, 石川 隆朗  
(財)千葉県産業振興センター, (株)日本クロス圧延,  
(有)テクノサポート日東, 電化皮膜工業(株),  
日本ベルパーツ(株), 日本大学時末研究室

Processing Technology Development for Making Magnesium Cases Used for Portable Electric Devices

Genichi ISHII, Kenji ODAKA, Ken UEHARA, Toshiyuki YMAHATA,  
Hiromi ISHIKAWA, Yukio OHNUKI, Takaaki ISHIKAWA  
Chiba Industry Advancement Center, Nihon Cross Atuen, Tchono Support Nittoh,  
Denka Himaku Kogyo, Nippon Bellparts, Nihon University

Mg 合金を用いた小型携帯電子機器用筐体をプレス成形法にて製造する技術開発において、金属組織調査、介在物とプレス破断・引張試験異常破断の関係を調査した。良好なプレス成形性を有する合金は結晶粒径が  $3.2\sim 4.0\ \mu\text{m}$ 、介在物制御のため添加される Mn 量が 0.3%程度であることが判明した。介在物には金属間化合物と金属酸化物が存在し、粒径数  $\mu\text{m}$  程度の金属間化合物はプレス成形への影響は限定的であること、数  $100\ \mu\text{m}$  程度の金属酸化物は引張試験時に異常破断の原因となることがわかった。

1. はじめに

小型・軽量化へのニーズが高い情報通信機器（PDA, 携帯電話）筐体に軽くて強い・リサイクル性に優れる・電磁波対策が比較的容易などの理由からマグネシウム (Mg) 合金の採用が増大している。すでにノートパソコン, ミニディスク装置, 携帯電話への利用が進んでいるところであるが、従来の成型方法は殆どが射出成型でありコスト削減に限界があるなどの課題がある。

本研究では化学成分と清浄度を制御した Mg 合金素材を使用し、圧延・プレス成型・ボス接合・陽極酸化処理を施すことにより小型携帯電子機器用筐体を提供することを目標に研究開発を行った。筐体の厚さは小型軽量化の流れを考慮し 0.6mm と薄肉化を図った。

研究分担は、Mg 圧延を日本クロス圧延、プレス加工・ボス接合をテクノサポート日東、ボス摩擦接合を日大生産工学部、陽極酸化皮膜・ボス接

合を電化皮膜工業、高温機械特性調査を日本ベルパーツがそれぞれ分担した。概要を図 1 に示す。

2. 調査試料

Mg 素材は、事業化した際に価格的に有利になると考えられる中国から調達した。製造プロセスは、ピジョン法での熱還元した Mg を再溶解、合

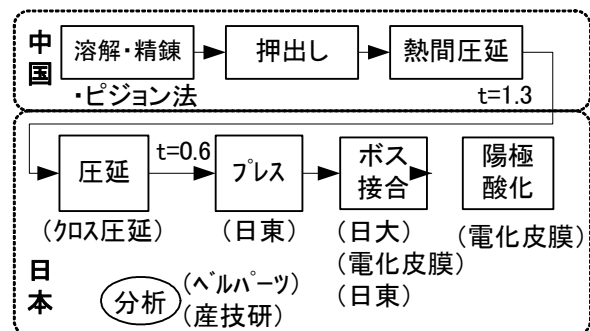


図 1 本研究の分担とフロー

表 1 Mn素材のMn添加量, 結晶粒径, 清浄度, 圧延後のプレス結果

Sample No	Mn(mass%)	結晶粒径		清浄度(%)	介在物平均粒径( $\mu\text{m}$ )	プレス実験	備考
		圧延方向( $\mu\text{m}$ )	板厚方向( $\mu\text{m}$ )				
A1-1	0.03	6.3	3.4	0.50	2.00	×	中国材 (第1ロット)
A2-1	0.23	3.0	2.3	1.30	2.60	○※	
OF-1	0.62	2.8	3.5	0.90	2.30	—	日本材 (比較用)
NK	0.32	3.1	2.2	1.20	2.30	—	中国材 (第2ロット)
B1-1	0.32	4.0	3.0	0.46	3.26	—	
B1-2	0.39	6.3	3.5	0.25	2.81	—	
B2	0.27	4.0	3.1	0.36	3.92	○	
B3	0.09	5.0	3.6	0.06	1.53	△	
B4	0.32	4.5	3.2	0.17	2.19	○	
B5	0.09	1.9	1.4	0.11	1.82	△	
B6	0.03	2.7	2.4	0.19	2.52	×	
B7	0.03	2.1	1.8	0.15	2.18	×	

(※実験2回目は×)

金添加, 精錬後に引き上げ式半連続鋳造法でピレット化し, さらに押し出し後, 熱間圧延を行ったものである。

合金成分は, 展伸材として適しているといわれる Mg-Al-Zn 系合金を基本材として検討した。大型金属間化合物の発生を抑制するため, Al<3%, Zn=1~1.5%とした。表面処理上有害とされる介在物が  $50\mu\text{m}$  を超えないよう要請すると共に, 不純物として入る可能性のある Fe を固定する目的で添加する Mn が金属酸化物系介在物の原因ともなりえることから, 0.04%,0.1%,0.3%の3水準の試料を調査対象とした。比較用に日本製の AZ31 合金も入手し比較することとした。

表 1 に入手した試料の Mn 成分の定量結果を示す。ほぼ仕様どおりの成分であることが確認された。

### 3. 金属組織調査結果

写真 1 にサンプル B-2 の圧延方向断面組織写真を示す。比較的円形の結晶粒が観測され, 平均結晶粒径は圧延方向, 板厚方向でそれぞれ  $4.0, 3.1\mu\text{m}$  であった。その他の結晶粒径測定結果を表 1 に示す。結晶粒径は  $1.4\sim 6.3\mu\text{m}$  と幅があることがわかった。

### 4. 清浄度・介在物調査結果

JIS-G0555 に規定される点算法による非金属介在物の顕微鏡試験方法を参考に清浄度を測定した。機器の都合上倍率は 270 倍, 視野は 10 視野とし, 介在物の組成による分類は行わず, 画像処理ソフトウェアにて視野上における介在物面積割合を算出した。清浄度は表 1 に示すとおり  $0.06\sim 1.2\%$  となった。清浄度においては比較の日本材が  $0.9\%$ ,

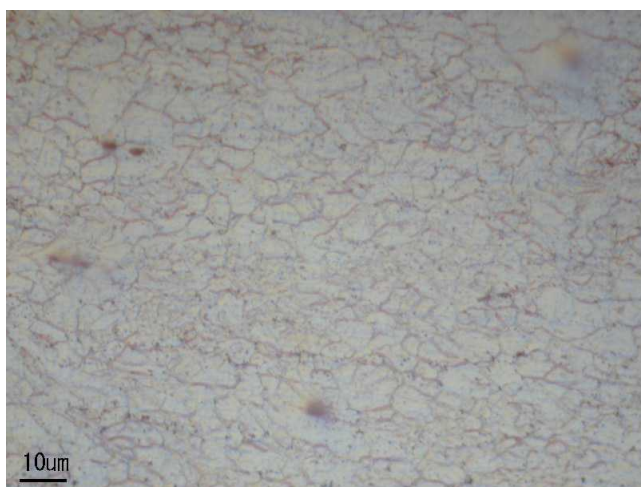


写真 1 B-2 組織の様子 (L 断面, 100 倍)

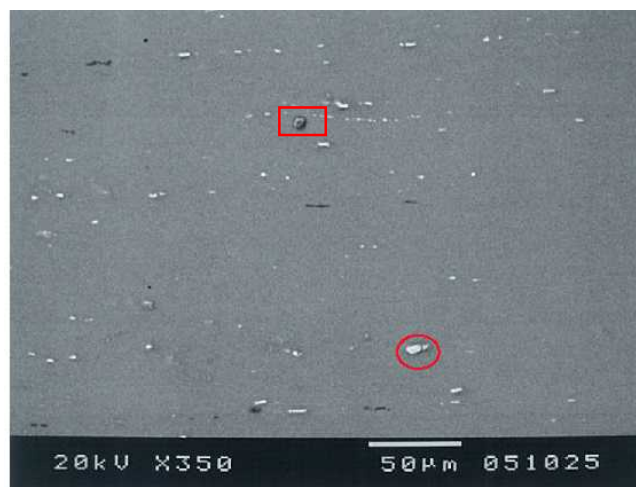


写真 2 A2-1 介在物の様子 (L 断面)

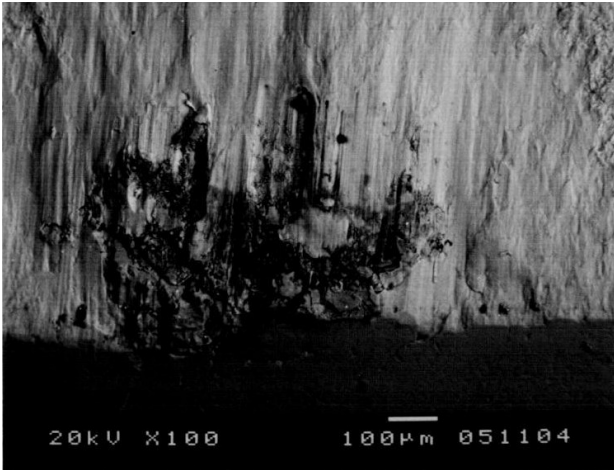


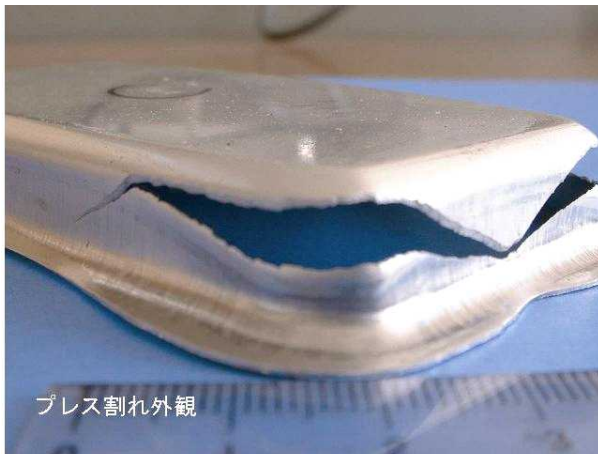
写真3 引張試験異常破断試料の介在物

1.2%であり中国材の方が良好な結果となった。  
介在物の電子顕微鏡写真を写真2に示す。介在

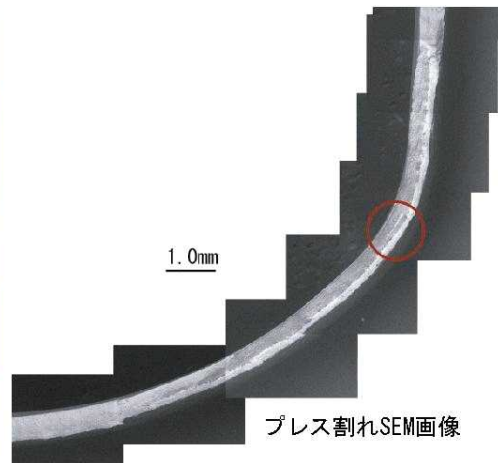
物には灰色（写真中枠囲み）と白色に観測されるもの（○囲み）があることから、エネルギー分散型 X 線分光装置(EDS)にて定性分析を行った。灰色の介在物は Al,Mg,O が検出され金属酸化物、白色のものは Al,Mn,Mg が検出され金属間化合物であることが判明した。いずれのサンプルにおいても清浄度測定に用いた視野のうち、酸化物の介在物は高々数個であり殆どは金属間化合物であった。

### 5. 異常破断と介在物

Mg 素材を 0.6mm 厚に圧延した材料の引張試験を行ったところ、異常早期破断したサンプルの存在が確認された。サンプル A1-1, 引張強さ  $\sigma_B=162\text{MPa}$ , 伸び 1% (他サンプルは 5%程度の伸び), 引張方向は圧延方向に対し  $0^\circ$  であった。破断面介在物付近は凹凸の少ない脆性破断面が観測されると共に写真3に示す様に  $500\mu\text{m}$  程度と



プレス割れ外観



プレス割れSEM画像

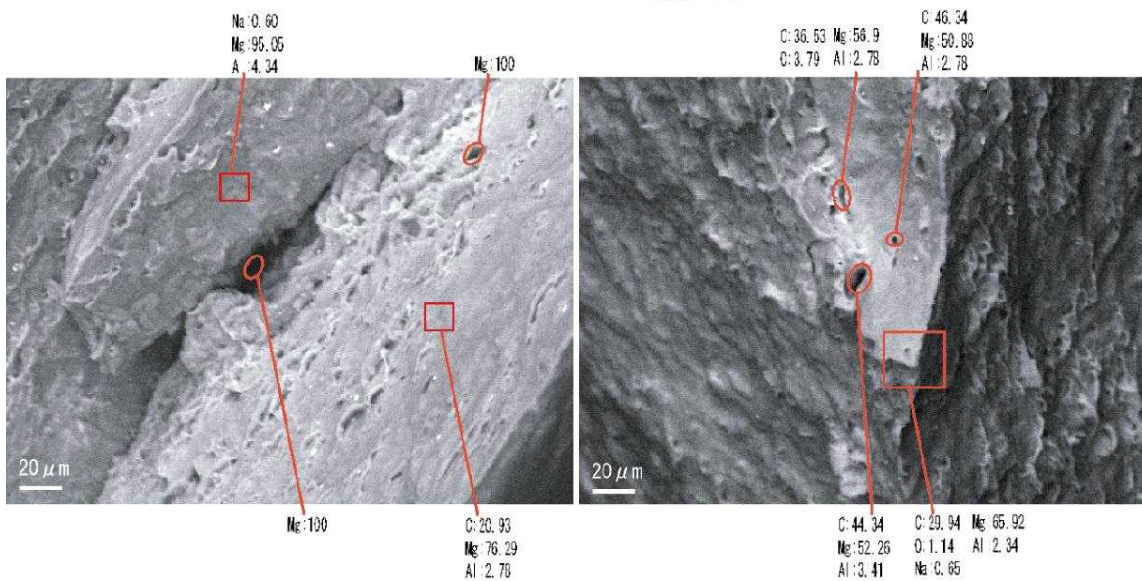


写真4 プレス破断面観測結果

著しく大きい介在物が確認された。EDSによる定性分析の結果、Mg,Al,Oの存在が確認され金属酸化物による介在物であることがわかった。これらより異常破断の原因は介在物によるものと考えられる。

## 6. プレス成形性と介在物

写真4にプレス破断面観察結果を示す。サンプルはA2-1で2回目プレス実験におけるものである。破断面には粒径が数 $\mu\text{m}$ の金属間化合物系介在物が観測されるが、破断開始となるような脆性面は観測されず、粒径の大きな介在物は観測されなかった。他のサンプル3試料についても同様な結果を得た。プレス割れ原因として介在物以外の

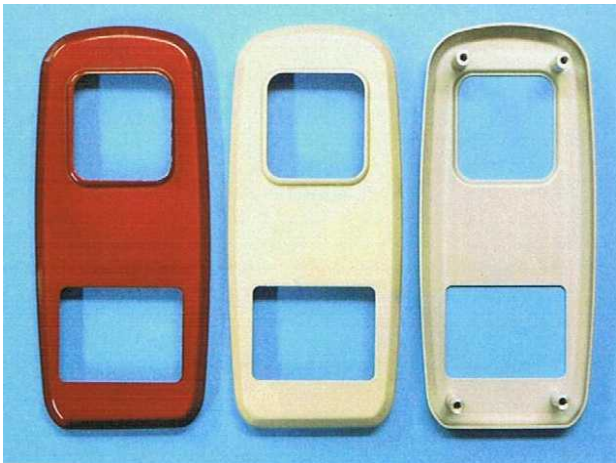


写真5 本共同研究で得られた最終成果品外観  
要因が存在すると考えられる。写真中に元素成分(mol%)が注釈としてあるが、うちNaについては特性X線のエネルギー値がMnのごく近傍にある

ため、分析機器の判定に誤差が生じたものと推定されること、Na汚染の要因が考えにくいことからNaをMnと読み替えてはば差し支えないと考えられる。

表1中のプレス実験結果から、良好なプレス結果が得られたものはMn0.3%程度のものであり、Mnがそれ以下になると成形性の劣化傾向が見られる。また同一サンプルにおいてもプレス実験結果に変動がみられることから、合金成分・介在物等の偏析・偏在などの可能性が示唆された。

## 7. まとめ

介在物には金属間化合物(Al,Mn,Mg)と金属酸化物(Al,Mg,O)の2種類が存在することを確認した。金属間化合物は粒径が数 $\mu\text{m}$ と小さくプレス成形への影響は限定的であると推定される。金属酸化物で粒径が大きいもの(数100 $\mu\text{m}$ オーダー)は引張試験時に異常破断の原因となることがわかった。

なお本共同研究は平成16~17年度地域新生コンソーシアム研究開発事業によって実施した。写真5に本共同研究で得られた最終成果品外観を示す。

## 謝辞

日本大学時末研究室の加藤教授には清浄度評価において大変協力いただきましたことをお礼申し上げます。また、関係各位の多大なるご指導に感謝いたします。