

マグネシウム合金筐体の成形技術

Molding Technologies for Magnesium Alloy Cases

高木 伸行
TAKAKI Nobuyuki

海陸 嘉徳
KAIRIKU Yoshinori

浜中 国雄
HAMANAKA Kunio

最近、より薄型・軽量で、いつでも、どこでも使うことができる携帯型ノートパソコン(PC)の要求が強まっている。PCの薄型・軽量化のためのコア技術の一つが、いかにして筐(きょう)体の強度・剛性を保ちながら、薄肉化ができるかにある。当社は、1997年1月に発売したLibretto50で初めてマグネシウム(Mg)合金を筐体の一部に採用した。さらにMg合金の鑄造技術の確立を進めて、今回発売したスリムPC3機種 of 筐体の大部分にMg合金を採用することにより、よりいっそうの薄型・軽量化を達成することができた。

Recently, there has been increasing demand for much slimmer and lighter portable personal computers that can be used anytime and anywhere. Molding technologies for magnesium alloy cases are a core factor for success in developing such PCs. Toshiba adopted magnesium alloy for the first time in January 1997, for part of the case of the Libretto 50 model. Now, we have adopted magnesium alloy for almost all parts of the cases of three PC models introduced in June 1998.

This paper outlines die casting and painting technologies for magnesium alloy.

1 まえがき

PC内部の電子デバイスなどを保護する筐体には、強度・剛性のほかに高い外観品質が要求される。また、軽量化を実現するために、強度・剛性を確保しながら、薄肉化することも求められる。さらに、製品を早期に市場投入するために、筐体そのものの開発リードタイムを短縮することも重要な課題である。このような多岐にわたる要求に応えるためには、筐体や金型の設計、成形条件、材料特性などを早期に適正化することが肝要である。

今回、Mg合金の実験解析、数値解析(コンピュータシミュレーション)および材料分析を密接に連携させ、成形プロセスを正確に解析する技術を開発した。そして、材料の開発、成形法の選定および筐体・金型設計に適用した。

2 Mg合金筐体の鑄造

2.1 これまでのMg合金への取り組み

当社は、PC筐体として世界でもっとも薄い0.7mm厚の筐体をMg合金の高速射出成形法によって開発し、97年1月に発売した“Libretto 50”に搭載した。Mg合金は、熱伝導率が高く金型温度の影響を受けやすいため、非常に短時間のうちに材料を金型内部に射出する必要がある。0.7mm厚筐体の成形では、0.1秒以下で材料を金型内部に流し込む方法を用いた。

2.2 Mgの特長

Mgは、海水やマグネサイト、ドロマイトなどの鉱石を原

料として電解法や熱還元法で精練されて製造される。Mg合金は、実用金属の中でもっとも比重が小さく、アルミニウム(Al)と同等の強度をもっている。また、表1に示すように筐体材料として使用されるポリカーボネート樹脂に比較すると、比重は樹脂よりも大きいが溶融粘度が非常に低いので、樹脂よりも薄肉化することができ、結果として軽量化を促進できる。

さらに、放熱性、振動減衰性、電磁シールド性に優れており、金属の高級感をもっている。そして、資源的にもMgは豊富であり、地殻の2.5%を占め、これは地殻から得られる資源として8番目の多さである。リサイクルも容易で、地球環境に優しい材料として注目を集めている。

表1. Mg合金の性質

Characteristics of magnesium alloy

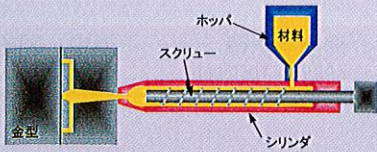
| 材 質 | 比 重 | 溶融粘度 (Pa·s) | 引張強度 (MPa) | 熱伝導率 (W/m·K) |
|------------|-----|----------------|---------------|-----------------|
| Mg合金 | 1.7 | 約0.1 | 250 | 35~40 |
| ポリカーボネート樹脂 | 1.3 | 200~500 | 50 | 0.1 |

2.3 Mg合金の成形方法

Mg合金の成形方法は、溶融合金を金型に高速高圧で圧入し、急速凝固させる鑄造法の一つであるダイカスト成形方法(ホットチャンバ、コールドチャンバ)と、新技術であるチクソモールド法の三つの方法で行われている。その成形方法の特徴を図1に示す。

<チクソモールド法>

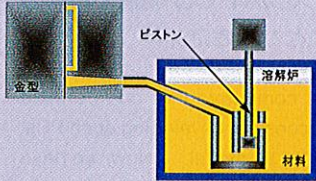
Mgチップ → シリンダ内で加熱 → スクリューで加圧 → 金型内に射出 → 成形品を固化 → 離型



- ◆チップ状のMgを用い、シリンダ内部で半熔融させる点の特徴。
- ◆成形品の欠陥が少ない。

<ホットチャンバ ダイカスト法>

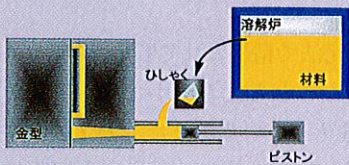
Mgインゴット → 溶解炉内で完全熔融 → ピストンで加圧 → 金型内に射出 → 成形品を固化 → 離型



- ◆溶解炉を用いて、Mgインゴットを完全熔融させる。
- ◆材料の射出装置は、溶解炉の内部に設置。

<コールドチャンバ ダイカスト法>

Mgインゴット → 溶解炉内で完全熔融 → ひしゃくで移動 → ピストン加圧 → 金型内に射出 → 成形品を固化 → 離型



- ◆溶解炉から成形機への材料供給は、人手によって実施。
- ◆成形速度を速くできるため、大型の筐体成形が可能。

図1. Mg合金成形方法の工程と特徴 Mg合金の成形方法には、主としてチクソモールド法、ホットチャンバダイカスト法、コールドチャンバダイカスト法が用いられる。

Processes and characteristics of three types of molding methods for magnesium alloy

(1) チクソモールド法 半熔融状態のMg合金を射出成形する方法で、薄肉の部品を精度良く成形でき、近年急速に電気部品、情報機器部品に普及している成形方法である。

特長は熔融温度が低いため、成形品の寸法精度が良く、溶解炉を使用しないため安全・環境性が高い。

(2) ホットチャンバダイカスト法 従来からの成形方法の一つで、溶解炉を用いてMg合金インゴットを完全熔融させる。

材料の射出装置は、溶解炉の内部に設置しており、自動運転が可能で生産性が高い。

(3) コールドチャンバダイカスト法 Alの鑄造に多く用いられる従来からの成形方法の一つで、溶解炉を用いてMg合金のインゴットを完全熔融させる。溶解炉から成形機への材料供給は、作業者によって行っている。

成形速度を速くできるため、3種類の成形方法のうちでは大型の筐体成形ができる。

2.4 Mg合金の筐体の開発

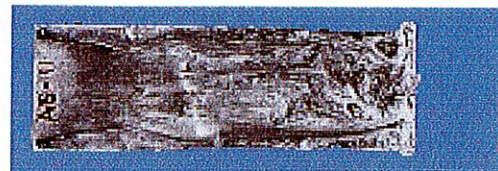
今回発売のLibretto SSとDynaBook SSシリーズの軽量化と薄肉化を実現するために、金属材料のMg合金を大物筐体部品3点に採用した。搭載したMg合金筐体は、厚み0.75mm、0.8mm、1.0mmを基本設計とした。筐体は、加熱熔融した材料を金型内に流し込み、固化させてつくられる。このとき、設計、成形条件、材料が不適切であると、未充填(てん)、クラック、湯じわ、ひけなどが発生する。

これらの成形不良は、金型内部における材料の流れ、凝固プロセスと密接に関連することが知られている。実験解析、数値解析技術を適用することにより、金型内部における成形現象を定量的にとらえ、適正な設計、成形条件を理論的に決定することができる。

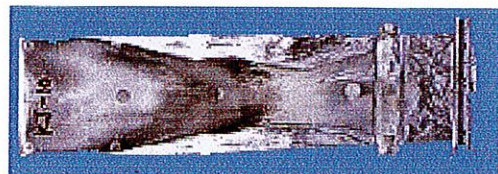
2.4.1 成形法によるMg合金の流動性 成形法による流動性を調べるため、実験解析用の厚み0.7mm、長さ300mm、幅100mmの平板金型を製作した。Mg合金はAl9%の合金AZ91Dを用いた。そして、成形方法ごとに、熔融Mg合金の成形プロセスの金型内での挙動を詳しく計測した。

その結果、図2に示すように、それぞれの成形方法の流動性は充填速度と、熔融Mgの粘度に起因している。

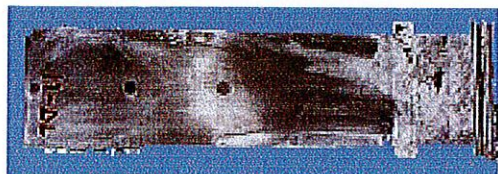
また、図3に示すように引張強度を計測した結果は、Mg合金は樹脂材料に比較して約20倍の250MPaから300MPaの強度をもっていることがわかった。さらに、それぞれの成形法による金型内での圧力、温度挙動を計測することにより熔融Mg合金の粘度を推定した。



チクソモールド法



ホットチャンバダイカスト法



コールドチャンバダイカスト法

図2. 成形法による流動性 実験解析用金型での成形方法によるMg合金の流動性を示す。各成形方法により流動性に違いが見られる。

Fluidity of three types of molding methods

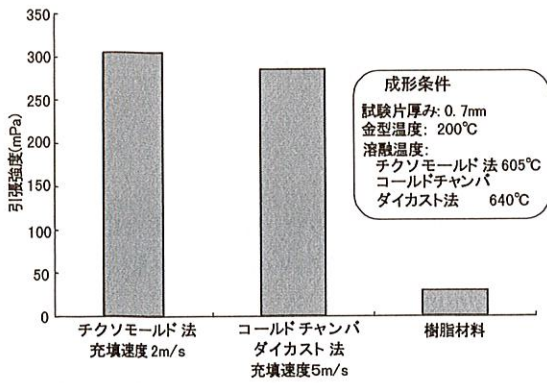


図3. Mg合金成形品と樹脂の機械的物性 Mg合金は樹脂材料に比較して約20倍の強度をもっている。

Mechanical characteristics of magnesium alloy and plastics

さらに、A4サイズ、B5サイズの試験型での成形実験により、Mg合金の流動性、成形性を評価してPCの筐体の種類に適した基本肉厚および成形方法を決定した。

2.4.2 金型設計とMg合金の流動解析 Mg合金の金型設計では、Mg合金の流動、成形性に起因する収縮量、成形形状、離型性を考慮し、設計することが肝要である。また、Mg合金の流動性を考慮した湯口位置や形状寸法などのゲート設計と、金型の温度分布を均一にするための冷却設計が重要である。さらに成形不良になる湯じわやクラックを抑止するために湯だまりやガスベント（ガス抜き穴）を設けることが必要である。

そこで、Mg合金の流動解析を実施し、金型設計に反映させた。今回、数値解析として開発した流動解析ソフトウェアを用いて、基礎実験から導いた熔融粘度と成形条件の実験値を用いた。解析した結果の例としてDynaBook SS PORTÉGÉ 3000のLCD（液晶ディスプレイ）カバーの筐体を図4に示す。解析結果と実際の成形状態がほぼ一致していることがわかる。この結果から、適正な湯だまりやガスベントを設計し、金型に配置することができ、Mg合金の湯

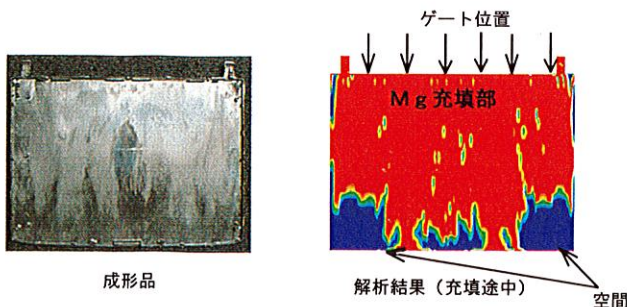


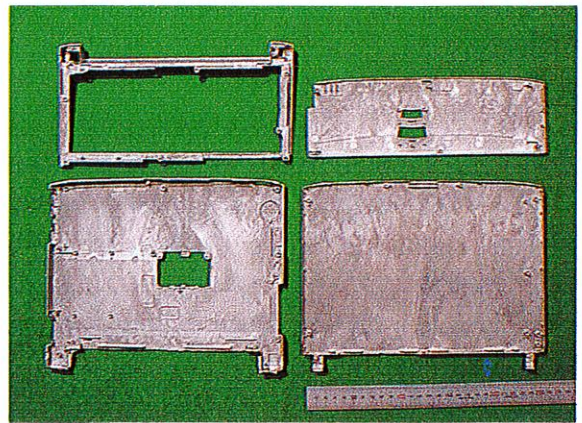
図4. 流動解析と実際の成形状態との比較 DynaBook SS PORTÉGÉ 3000のLCDカバーの成型品と解析結果の比較を示す。解析結果と実際の成形状態がほぼ一致している。

Comparison of fluid analysis result and actual molded product

じわやクラックを低減させることができた。

今回、開発した3機種の10筐体は、すべてMg合金の流動解析を実施して金型設計、成形に反映させた。

2.4.3 鋳造 チクソモールド法とホットチャンバダイカスト法および、コールドチャンバダイカスト法の三つの成形方法により、それぞれの成形方法の特徴に合わせてMg合金の10筐体を成形した。そして、成形後にガスベントや湯だまりを機械加工で除去し加工した。一例としてDynaBook SS PORTÉGÉ 3000の4筐体を図5に示す。



(平均肉厚は0.8mm)

図5. DynaBook SS PORTÉGÉ 3000のMg合金の4筐体 10筐体に適した成形方法を選択し、成形した。ここではそのうちの4筐体を示す。

Four magnesium alloy cases of DynaBook SS PORTÉGÉ 3000

開発したMg合金筐体部品により、シールド部材の低減と、筐体部品が約2mmのプラスチック部品に比較して、大幅に薄型化できた。また、樹脂材料に比べて比重が50%大きくなっているが、0.75mmから1.0mmの薄肉成形を適用したことにより、重さを樹脂材料使用時と同等以下にすることができた。

3 Mg合金筐体の塗装

3.1 塗装の下地処理

Mg合金筐体の外側は焼付け塗装される。化成処理によって形成した防錆(せい)皮膜を塗装下地として、外側を塗装する。内側の各種ユニットを取り付ける部分は、化成処理のままとなる。筐体部品どうしや各種ユニットは、アースを取るために電氣的に導通しなければならない。

したがって、塗膜の密着性と内側の防錆効果を、電気抵抗を規定値以下にして確保できる化成処理皮膜が必要となる。しかし、通常電気抵抗を下げると、塗膜の密着性と防錆効果は下がる傾向が強く、密着性と防錆と電気抵抗のす

べてを規格のなかに入れるために、多くの実験が必要であった。

3.2 環境対策

従来、化成処理は素材表面の不純物を除去した後に、クロム化合物の皮膜を形成する Dow 20 と呼ばれている改良クロム酸処理を行っていた。しかし、この方法は浸漬(せき)する処理液中に有害な六価クロムが形成されるため、当社の環境管理規定では製造工程として削減してゆくべき処理方法であった。

そこで、この製品には、改良クロム酸処理によらず、マンガン化合物の皮膜を形成する化成処理を開発して適用することとした。最大のポイントは処理液に浸漬する前の洗浄で、 casting 時に塗布する離型剤の皮膜と、機械加工によって付着した加工油を除去する方法を見いだすことであった。

製品表面に固着している離型剤皮膜は洗浄で除去することは不可能なため、樹脂の研磨材で磨いて除去する方法を採用した。加工油の除去は炭化水素系の溶剤による超音波洗浄を採用し、そのあと、アルカリ洗浄によるエッチングを行い、適度な電気抵抗が得られるようにくふうした。この結果、電気抵抗を当社規格に収めつつ、塗膜の密着性と、防錆性能を向上させて、目標水準を達成することができた。

3.3 塗装作業

塗装は化成処理の上に、密着性を確保するためのプライマー塗料を塗布し、半乾燥状態で上塗り塗料を塗布するウエット オン ウェット方式で行うことに決めた。この方法は、2回塗布1回焼付けとなるので、塗装と乾燥の一貫ラインを1回通せば、塗装が完了するため、生産性が高い。

しかし、塗装工程中に半乾燥状態があり、浮遊塵埃(じんあい)が付く可能性が高くなるため、塗装ブースはクリーンルーム化する必要がある。塗装ラインは塗装クリーンルームの塗装ブースと、それに直結した焼付槽をもち、塗装品

が自動搬送されるラインとすることにより、ゴミ不良率の低い塗装ができるようにした。

4 あとがき

Mg合金は強く、軽いので、今回発売した3機種のPCはプラスチックに比べて約1/2の厚み、質量は同等以下で設計することができた。

放熱性の良さも利点の一つである。PCの高性能化により発熱量も増加するが、DynaBook SS PORTÉGÉ 1000と3000/3010の2機種では、Mg合金の採用により筐体全体が放熱器の役割をし、冷却ファンを使用しないで設計することができた。また、リサイクルも容易であり、原料は海水中に無尽蔵にある、などの利点がある。このような利点を最大限に生かしつつ、プラスチックに比べて悪い生産性を改善していけば、今後はより多くの機種に採用されると思われる。



高木 伸行 TAKAKI Nobuyuki

パーソナル情報機器事業本部 本部長副。
パソコンの実装技術開発に従事。日本機械学会会員。
Information Equipment Group



海陸 嘉徳 KAIRIKU Yoshinori

生産技術研究所 プロジェクト担当主任研究員。
精密樹脂成形技術の開発に従事。プラスチック成形加工学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center



浜中 国雄 HAMANAKA Kunio

青梅工場 パソコンハードウェア設計部主査。
パソコンの筐体開発に従事。日本機械学会会員。
Ome Works