

マグネシウム合金射出成形金型の最適設計に関する研究

80021710 金子知彦 指導教員 青山英樹

1. 緒言

工業製品には多くのプラスチック部品が使用されているが、最近では、リサイクルが容易でない、使用後の処理において分解が容易でないといった理由から、プラスチックの使用を少なくするよう試みられている。この動向の中で、マグネシウム合金は、軽量である、機械的性質が良い、熱伝導率が高く熱放射性がよい、リサイクルが可能である、資源が豊富であるなどの利点から、ノート型パソコンやポータブルMDの筐体などに使用されるケースが急激に増えてきている。(1), (2)

マグネシウム合金は、これまで利用されることが少なかったため、その特性についてはデータが少なく、加工技術についても十分に確立しているとは言えない。現在では、マグネシウム合金を溶融し、型に流し込んで成形する方法として、1mm以下の薄物用にはチクソモールディング法が、1mm以上の厚物にはダイカスト法が採用されている。しかし、それらに対する型設計や成形条件の設定は、ノウハウの蓄積が十分でないため試行錯誤的に行われており、型製作期間が長くなるとともにコストが高くなり、歩留まりも高くない原因となっている。

本研究では、マグネシウム合金のチクソモールディングプロセスを数値解析により明らかにし、より適切な型の設計および射出条件を求めることを目的としている。

2. 流動解析方法

本研究では、マグネシウム合金の一種であるAZ91を対象とし、解析においては近似式によって物性値(粘度, 比熱, 熱伝導率)を与えている。固相率 C は式(1), (2)により、粘度 η は式(3), (4)により与えられた。固相率 C は温度の関数となっており、粘度は固相率 C とせん断速度 $\dot{\gamma}$ の関数となっている。

固相率:

$$C = -\frac{(T-650)^3}{540000} \quad (584 < T < 650) \quad (1)$$

$$C = -4 \times 10^{-6} e^{0.08(T-437)} \quad (437 < T < 584) \quad (2)$$

粘度:

$$\eta = 1800 \left(\frac{C}{\dot{\gamma}}\right)^{0.2} \quad (0 < C < 0.5) \quad (3)$$

$$\eta = \frac{3.2e^{15.4C}}{\dot{\gamma}} \quad (0.5 < C < 1.0) \quad (4)$$

C : 固相率, η : 見掛け粘度 [Pa·s]

$\dot{\gamma}$: せん断速度 [1/s], T : 温度 [°C]

ここで固相率とは、半溶融状態のマグネシウム合金における固体の割合を表す。チクソモールディング法では、マグネシウム合金の流動は固相率と射出速度、すなわち、せん断速度によって変化する見掛け粘度に影響される。図1は近似式

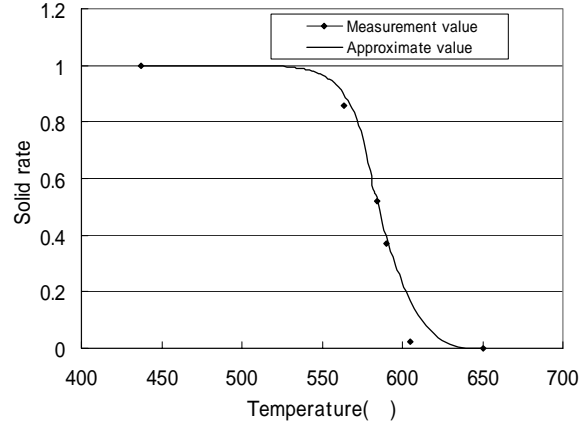


図1 固相率

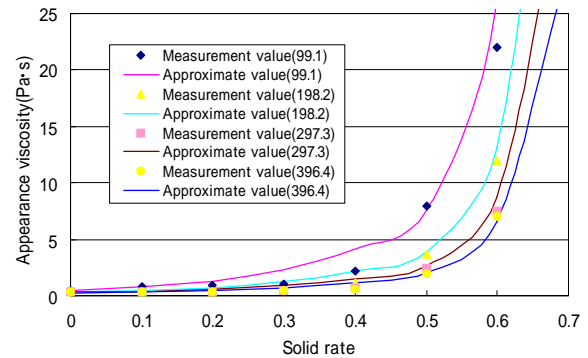


図2 粘度

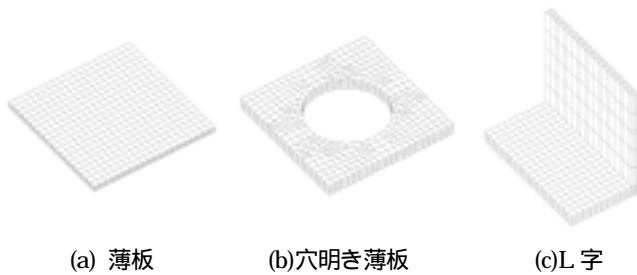
により与えられる温度と固相率の関係を、図2は固相率と見掛け粘度近似値の関係を示す。同図において、プロットは測定値(3), (4)を示している。

解析モデルは、(株)NSTのFEMAP6.0を用いて構築し、プロセスの解析は、(株)プラメディアリサーチのSUNDY BASIC2000を用いて行った。SUNDYBASIC2000では、空間離散化法として有限要素法を用いている。解析においては、粘度, 比熱, 熱伝導率, 密度をもとに流体保存方程式を解いており、本解析では密度を1.68(g/cm³)として与えた。

3. 型設計・射出条件決定の基本的指針

図3に示す単純形状に対して、射出条件である流入温度を500, 550, 600に、射出速度を0.5, 1.5, 3 m/secに、型温度を200, 250に設定するとともに、ゲート数およびゲート位置を変化させたときの成形状態を解析し、型設計および射出条件の基本的な指針を得た。

図4は、厚さ0.5 mmの薄板四角形状の中央に穴が空いているモデルに対し1つのゲートから射出した時のマグネシウム合金の充填の様子を示している。同解析における射出条件



(a) 薄板 (b)穴明き薄板 (c)L字

図3 基本形状

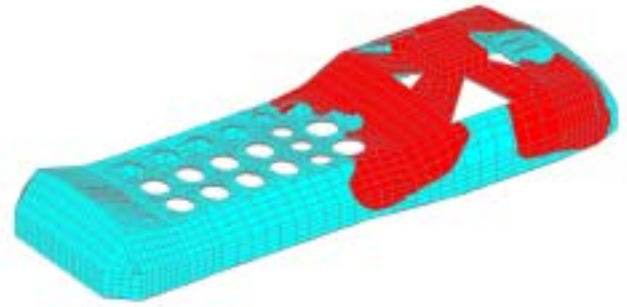


図6 携帯電話筐体の解析結果

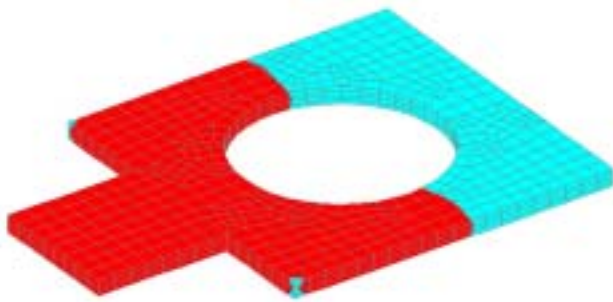


図4 充填状態の解析結果

温度：600 ，速度：3m/s，型温度：250 ，ゲート数：1

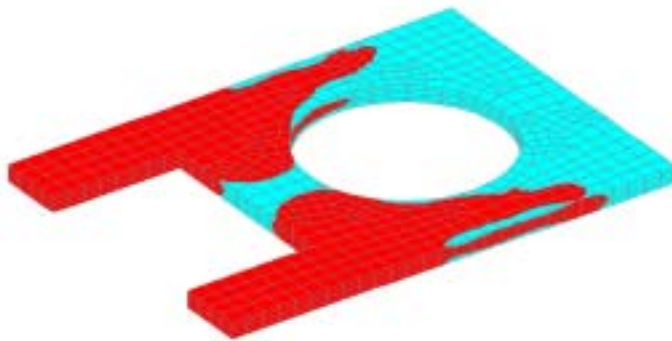


図5 充填状態の解析結果

温度：600 ，速度：3m/s，型温度：250 ，ゲート数：2

は、流入温度 600 ，射出速度 3 m/sec，型温度 250 である。また、図 5 は、射出条件を同じとして 2ヶ所のゲートより射出した場合の同様の結果を示している。

解析結果より、厚さ 0.5 mm の薄板の場合、射出条件は、流入温度 600 ，型温度 250 ，射出速度 3 m/sec が適していることが分かった。しかし、流入温度を高くしすぎると、充填時のマグネシウム合金の流動軌跡が乱れることが分かった。また穴など流動の妨げになるような形状がある場合は、マグネシウム合金の流れを妨げないようにゲートを配置することにより、充填時の流動を改善できることが分かった。形状により流動の回り込みを避けられない場合には、マグネシウム合金の粘度を高い状態にして、すなわち回り込み時にマグネシウム合金の温度が低くなる条件で充填することが望ましい。流動方法が大きく変化する場合、その点で流動が大き

く乱れるため、ゲートの位置を工夫して流動方向の変化がすくない型設計にすることが必要である。

4. 適用例

上述した型設計・射出条件の基本指針に従って携帯電話筐体に対するゲート設計および射出条件の設定を行い、その条件での成形解析を行った。ゲートの位置を設定するにあたり、型構造の単純化を考慮し、ランナーを一つとした。また、ランナーの位置はディスプレイ窓の中央とし、ゲートはディスプレイ部分の四隅に配置した。このことにより、ディスプレイ窓周りへのマグネシウム合金の流動を滑らかにできるとともに、ボタン穴周りへ充填されるときには温度が低下して粘度が高くなり、流動の乱れを抑えることが期待できる。

携帯電話筐体形状は複雑な形状をしているが、形状が細長いいため射出速度を速くし、流入温度と型温度を高く設定したほうが良いと考え、流入温度 600 ，射出速度 3 m/sec，型温度 250 に設定した。図 6 は、解析結果の一例を示している。解析結果より、提案したゲート位置、射出条件による成形が適していることが明らかになった。

5. 結 言

マグネシウム合金のチクソモルディング法による成形するプロセスを解析し、型設計（ゲート位置決定）と射出条件決定の一般的な指針を得た。同指針に基づいて携帯電話筐体の成形プロセスを解析し、指針の妥当性を確認した。

参考文献

- (1) 伊藤箴：マグネシウムの材料特性，機械技術，第 45 巻，第 6 号，(1997. 6)，23。
- (2) 小島陽：マグネシウムの材料特性，機械技術，第 47 巻，第 3 号，(1999. 3)，24。
- (3) 北村和夫，木原勇二，武谷健吾，西山英岳：マグネシウム合金用射出成形機の開発，日本製鋼所技報，No. 51，(1995)，p. 57-62。
- (4) J. C. Gebelin, M. Suery, D. Favier: Characterisation of the rheological behavior in the semi-solid state of grain-refined AZ91 magnesium alloys, Materials Science and Engineering, A272, (1999), 138。