

アルミニウム合金ダイカストの鑄巣生成に及ぼす

冷却速度, 鑄造圧力及びガス量の影響

金森陽一*, 樋尾勝也*

Effects of Cooling Rate, Casting Pressure and Gas Content on Formation of Porosity in Aluminum Alloy Die Castings

Yoichi KANAMORI and Katsuya HIO

The effects of cooling rate, casting pressure and gas content on the formation of porosity in Aluminum alloy die castings were investigated. If a cooling rate is slow, the percentage of porosity increased significantly. Under the condition of high casting pressure, the percentage of porosity decreased. As the gas content increased, under the condition of low casting pressure, the percentage of porosity increased.

Key words: Aluminum Alloy Die Castings, Porosity, Cooling Rate, Casting Pressure, Gas Content

1. はじめに

アルミニウム合金ダイカスト(以下、「アルミニウム合金ダイカスト」は「ダイカスト」とする。)は、高速で複雑形状品や薄肉品を製造できることから、自動車部品など多くの部品製造に適用されている。しかし、ダイカストでは、金型内に高速で溶湯を射出するため、プランジャースリーブや金型内の空気に加え、金型に塗布する離型剤、プランジャーチップなどに使用する潤滑剤が分解して生成するガスの巻き込みが避けられない。これらダイカスト品に巻き込まれたガスは、鑄巣(ブローホール, ミクロポロシティ)の発生原因となる¹⁾ことが知られている。これに加えて、凝固収縮に伴う鑄巣(引け巣, 引け, ざく巣)も発生する²⁾。発生した鑄巣は、そのサイズ, 量及び発生場所によっては、強度を低下させるだけでなく、加工面に鑄巣が現れる外観不良や耐圧不良などの原因となることから、鑄巣低減が重要となる。

鑄巣を低減させるためには、鑄巣の発生原因を特定し、対策を行うことが有効である。鑄巣の発

* 金属研究室

生原因を特定する方法としては、光学顕微鏡や電子顕微鏡を用いて鑄巣の表面形状を観察し判定する方法, X線CTを用いて判定する方法^{3,4)}などが検討されている。光学顕微鏡などを用いる方法は、手間がかかるうえに判定には経験が必要である。またX線CTを用いる方法は、現在のところ広く普及するまでに至っておらず、中小企業が鑄巣低減に活用することは困難である。

当所では、県内企業が量産したダイカスト品について、製品全体中の鑄巣量, ガス量⁵⁾及び製品切り出し部の鑄巣量と冷却速度, 鑄造圧力, ガス量などの影響を詳細に調べ、これらの関係から鑄巣が発生しない条件を明らかにするための研究を進めてきた。

本報告では、製品切り出し部について、鑄巣量に及ぼすガス量, 鑄造圧力, 冷却速度の影響を調べた結果について報告する。

2. 実験方法

2. 1 調査したダイカスト品

県内企業 4社で量産されているダイカスト品

16 製品を調査対象とし、これらの製品から、なるべく肉厚変動の少ない箇所を選んで試験片を切り出した。切り出した試験片の数は 40 で、その重量は、約 2~80 g であった。なお、ダイカスト品は、すべて ADC12 合金である。

2. 2 鑄巣量

鑄巣量測定については、X 線 CT によるポイド体積率測定により行った。X 線 CT によるポイド体積率測定では、マイクロフォーカス型の X 線 CT を用い、50 μm^3 /ボクセルでの条件で CT 画像を取得し、試験片全体の体積と 8 ボクセル以上のポイドの体積から、ポイド体積率 % を求めた。また、比較として、アルキメデス法により密度を測定した。

2. 3 冷却速度

試験片の中心部のデンドライトアームスペーシング (dendrite arm spacing DAS, デンドライト 2 次枝間隔) $d \mu\text{m}$ を測定し、式(1)⁶⁾から冷却速度 $C \text{ }^\circ\text{C}/\text{sec}$ を算出した。DAS 測定については、0.25 μm ダイヤモンド懸濁液まで研磨を行い、1 %HF で腐食後、観察倍率：400 倍の条件で行った。

$$d=41 \times C^{-0.32} \quad (1)$$

2. 4 ガス量

試験片からガス測定試料を切り出し、真空抽出法⁷⁾により全ガス量を測定した。

3. 実験結果と考察

3. 1 鑄巣量 (ポイド体積率と密度)

図 1 に、ポイド体積率と密度の関係を示す。図 1 から、ポイド体積率は約 0~4 %、密度は約 2.73~2.62 g/cm^3 の範囲にあり、両者には強い相関があることがわかる。一般的な ADC12 合金の密

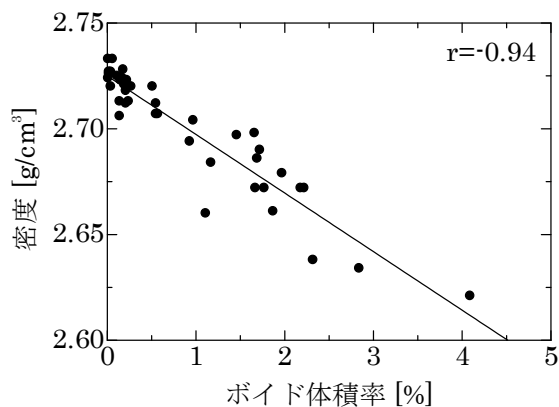


図 1 ポイド体積率と密度の関係

度は 2.70 g/cm^3 である⁸⁾。図 1 において、密度が小さい試験片は、鑄巣の生成により密度が低下したものである。

3. 2 ガス量の影響

図 2 に、全ガス量とポイド体積率の関係を示す。図 2 をみると、全ガス量とポイド体積率には相関がないように見受けられ、全ガス量が少ないにもかかわらず、ポイド体積率が大きい条件があることがわかる。この結果は、全ガス量を低減するだけでは、鑄巣量を低減できないことを示している。

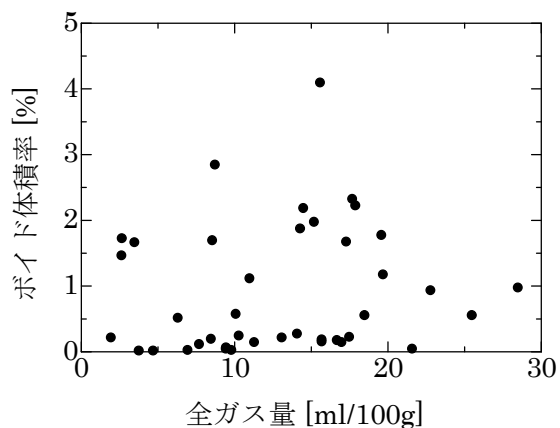


図 2 全ガス量とポイド体積率の関係

3. 3 鑄造圧力の影響

図 3 に、鑄造圧力とポイド体積率の関係を示す。鑄造圧力が約 40 MPa では、ポイド体積率のデータは約 0~4 % の範囲にあるが、鑄造圧力が高くなるとポイド体積率のデータは小さくかつ範囲が狭くなり、約 70 MPa では、ポイド体積率は約 2.5 % 以下の範囲となった。

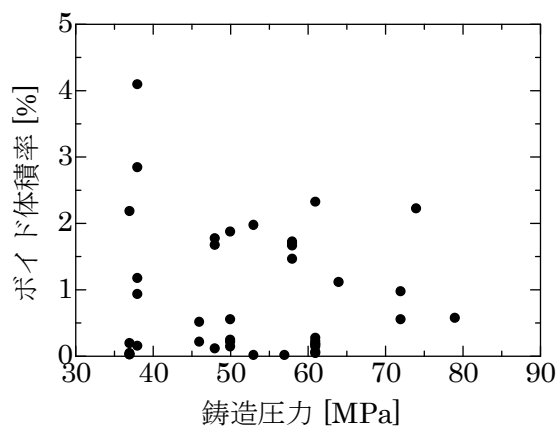


図 3 鑄造圧力とポイド体積率の関係

3. 4 冷却速度の影響

図 4 に、冷却速度とポイド体積率の関係を示

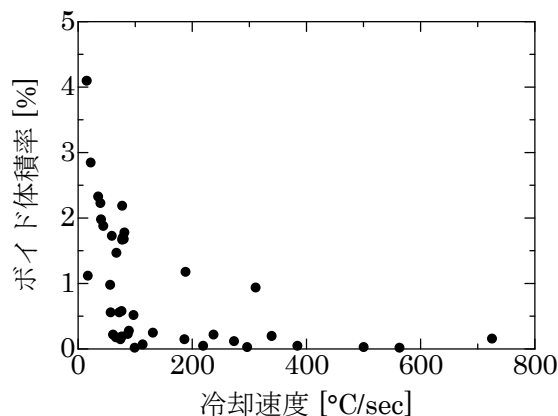


図4 冷却速度とポイド体積率の関係

す. 図4から, 冷却速度が遅く(小さく)になると, ポイド体積率は急激に大きくなったことがわかる. しかし, データにばらつきがあり(特に100~400 °C/secの範囲), 冷却速度以外の影響, 例えば, 鋳造圧力, 全ガス量などの影響を受けていると推察される. そこで, 図4のデータについて, ほぼ同一条件(鋳造圧力, 全ガス量)の下で, 冷却速度とポイド体積率の関係をプロットし, これらの影響を調べた.

図5~7は, 図4のデータを, 鋳造圧力: 40 MPa未満, 40~60 MPa, 60 MPa以上に分類し, 全ガス量については, 10 ml/100g未満, 10~20 ml/100g, 20 ml/100g以上に分けて示した.

図5の鋳造圧力: 40 MPa未満, 全ガス量: 10 ml/100g未満について見てみると, 冷却速度が約500 °C/secより速いと, ポイド体積率はほぼゼロであった. 冷却速度が約500 °C/secより遅くなると, ポイド体積率は急激に大きくなったことがわかる. また, 全ガス量が多い10~20 ml/100g

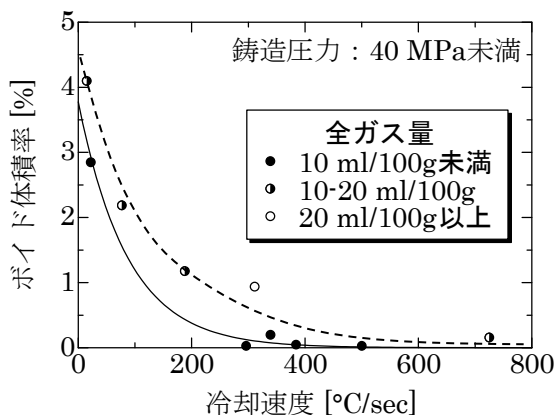


図5 冷却速度とポイド体積率の関係
(鋳造圧力: 40 MPa未満)

では, 曲線は上に移動し, ポイド体積率がゼロより大きくなる冷却速度は約750 °C/secとなるとともに, 同じ冷却速度でのポイド体積率が大きくなった. 全ガス量が最も多い20 ml/100g以上の条件については, 点数が少ないため断定はできないが, 10 ml/100g未満, 10~20 ml/100gの曲線より, 測定点は上にあり, 同じ冷却速度でのポイド体積率が大きくなる結果となった.

図6の鋳造圧力: 40-60 MPa, 全ガス量: 10-20 ml/100gについて見てみると, 約300 °C/secまでの冷却速度ではポイド体積率はほぼゼロで, それ以上冷却速度が遅くなると, ポイド体積率が急激に大きくなった. 全ガス量の影響については, ばらつきは大きい, 全ガス量が少ない10 ml/100g未満では, 曲線は下にくるように見受けられる. 全ガス量20 ml/100g以上については, 測定点が10 ml/100g未満の曲線近傍にあり, 全ガス量による差がないように見受けられる. しかし, この条件については, 測定点が少ないためさらなる検討が必要である.

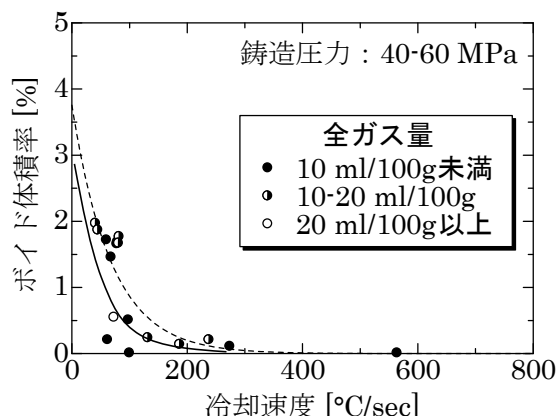


図6 冷却速度とポイド体積率の関係
(鋳造圧力: 40~60 MPa)

図7の鋳造圧力: 60 MPa以上, 全ガス量: 10 ml/100g未満について見てみると, 約150 °C/secまでの冷却速度では, ポイド体積率はほぼゼロで, それ以上冷却速度が遅くなると, ポイド体積率は急激に大きくなった. 全ガス量の影響については, 3条件ともほぼ同じ曲線上にあり, 鋳造圧力が高い場合, ポイド体積率に及ぼす全ガス量の影響は小さくなると推察される.

図5~7の10-20 ml/100gの結果を比べると, ポイド体積率がゼロである限界の冷却速度は, 鋳

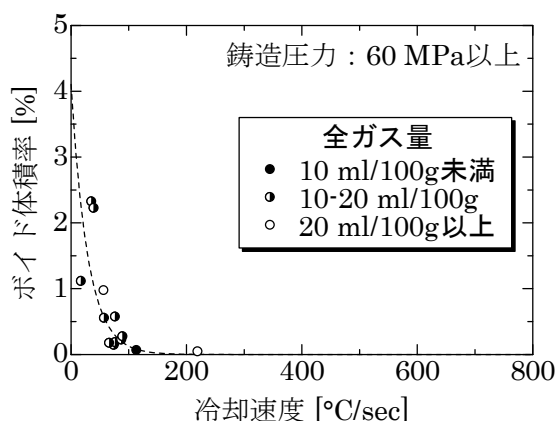


図7 冷却速度とポイド体積率の関係
(铸造压力：60 MPa 以上)

造压力：40 MPa 未満では約 750 °C/sec, 40~60 MPa では約 300 °C/sec, 60 MPa 以上では約 150 °C/sec であり, 铸造压力が高くなるほど, 限界の冷却速度は遅くなることわかる. この結果は, 全ガス量が同程度であれば铸造压力が高いほど, より遅い冷却速度まで铸巣が発生しないことを示している.

また, 全ガス量の影響については, 図5と図7の結果を比較すると, 铸造压力が低い場合(40 MPa 未満), 全ガス量が多くなると, 限界の冷却速度が速くなるとともに, 同じ冷却速度でのポイド体積率は大きくなる. これに対し, 铸造压力が高い場合(60 MPa 以上), 全ガス量が多くなっても冷却速度とポイド体積率の曲線はほぼ同じになり, ポイド体積率に及ぼす全ガス量の影響は小さいことがわかる. この結果は, 铸造压力が低い場合では, 全ガス量が多いほど铸巣が発生しやすく, 铸造压力が高い場合では, 铸巣発生に及ぼす全ガス量の影響は小さくなり, 全ガス量が増えても铸巣量はあまり変わらないことを示している.

以上の結果から, ポイド体積率を低くするためには, 冷却速度を速くし, 铸造压力を高くすることが重要であることがわかった. また, 铸造压力が低い場合において, 全ガス量を少なくすることが重要である.

4. 結論

ダイカスト品の铸巣量に及ぼすガス量, 铸造压力, 冷却速度の影響を調べた結果, 以下のことが

明らかになった.

- 1) 冷却速度が遅くなると, ポイド体積率は急激に大きくなり, 铸巣量が増加する.
- 2) 全ガス量が同程度であれば, 铸造压力が高いほど, ポイド体積率がゼロである限界の冷却速度は遅くなり, 铸巣が発生しにくくなる.
- 3) 铸造压力が高い場合, ポイド体積率に及ぼす全ガス量の影響は小さくなる. 铸造压力が小さい場合, ポイド体積率に及ぼす全ガス量の影響は大きくなり, 全ガス量が増えると铸巣量も増加する.

謝辞

製品をご提供いただきました企業の皆様に, 心よりお礼申し上げます.

参考文献

- 1) 西直美：“ガス欠陥の形態と品質に及ぼす影響”. 日本铸造工学会 研究報告, 74, p32-34 (1996)
- 2) 西直美：“引け欠陥の形態と品質への影響”. 日本铸造工学会 研究報告, 74, p140-142 (1996)
- 3) 半谷禎彦ほか：“ダイカストの収縮巣, ガス欠陥の定量的な特徴付けの試み”. 日本铸造工学会 研究報告, 106, p7-9 (2008)
- 4) 田中栄人ほか：“X線CT画像を用いたアルミニウム合金ダイカストの铸巣欠陥判別システムの開発”. 日本铸造工学会, 88, p85-91 (2016)
- 5) 金森陽一ほか：“アルミニウム合金ダイカストに含まれるガスの調査”. 三重県工業研究所研究報告, 39, p52-56 (2015)
- 6) 日本铸造工学会：“ダイカスト铸物のデンドライトアームスペーシング分布に及ぼす調査”. 日本铸物協会ダイカスト研究部会調査研究結果報告, (1990)
- 7) 高橋照夫：“アルミニウム合金铸物中のガス含有量測定法”. 铸造工学, 75, p796-799 (2003)
- 8) 軽金属学会編：“アルミニウムの組織と性質”. 軽金属学会, p531 (1991)