

# アルミニウム合金ダイカストの鑄巣形状に及ぼす 冷却速度, 鑄造圧力及びガス量の影響

金森陽一\*, 小磯賢智\*

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

Yoichi KANAMORI and Kenchi KOISO

The effects of cooling rate, casting pressure and gas content on sphericity of porosity in Aluminum alloy die castings were investigated. Cooling rate has influence on the sphericity of porosity. Decreasing cooling rate decreases the sphericity of porosity. Under high casting pressure conditions, the sphericity reduction is restrained. Gas content has little effect on the sphericity of porosity.

Key words: Aluminum Alloy Die Castings, Morphology of Porosity, X-ray CT, 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,複雑形状の薄肉品を高速で製造できることから,自動車部品を中心に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)の発生原因となる<sup>1)</sup>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<sup>2)</sup>。

発生した鑄巣は,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,鑄巣低減が強く求められている。鑄巣を低減させるためには,鑄巣の発生原因を

特定することが重要である。一般的に,電子顕微鏡などを用いて鑄巣を観察し,鑄巣の形状及び表面の状態(平滑,デンドライト)から鑄巣の発生原因が調べられている。しかし,この方法は,手間がかかるうえに経験が必要である。また,X線CTを用いて鑄巣の発生原因を特定する方法について検討<sup>3)</sup>が進められているが,ブリストア試験が必要になるなど,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。

そこで,当所では,簡易に発生原因を特定する技術の開発を目的として,X線CTで測定した鑄巣の3次元形状と製造条件の関係などについて研究を進めてきた。本報告では,X線CTで測定した鑄巣の球形度と冷却速度,鑄造圧力及びガス量の関係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5社で量産されているダイカスト品19

\* 金属研究室

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54で、その重量は、約2~80gであった。なお、ダイカスト品はすべてADC12合金であった。

## 2. 2 鑄巣の球形度

鑄巣(ボイド)の球形度については、X線CTによる欠陥解析及び、式(1)を用いて、個々のボイドの球形度を算出し、体積を重みとした加重平均により、試験片全体の球形度を求めた。X線CTによる欠陥解析では、マイクロフォーカス型のX線CTを用い、50 $\mu\text{m}^3$ /ボクセルでの条件でCT画像を取得し、8ボクセル以上のボイドについて、個々のボイドの体積 $\text{mm}^3$ 、表面積 $\text{mm}^2$ を求めた。また、試験片全体の体積 $\text{mm}^3$ と8ボクセル以上のボイドの体積 $\text{mm}^3$ から、ボイド体積率%を求めた。なお、8ボクセルの直方体の球形度は約0.8である。

球形度 = ボイドと同じ体積を有する球の表面積 $\text{mm}^2$ /ボイドの表面積 $\text{mm}^2$  (1)

## 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(2)<sup>5)</sup>から冷却速度  $C$   $^\circ\text{C}/\text{sec}$ を算出した。DAS測定については、0.25 $\mu\text{m}$ 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:780倍の条件で行った。

$$d = 41 \times C^{-0.32} \quad (2)$$

## 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<sup>6)</sup>により全ガス量  $\text{ml}/100\text{g}$ を測定した。

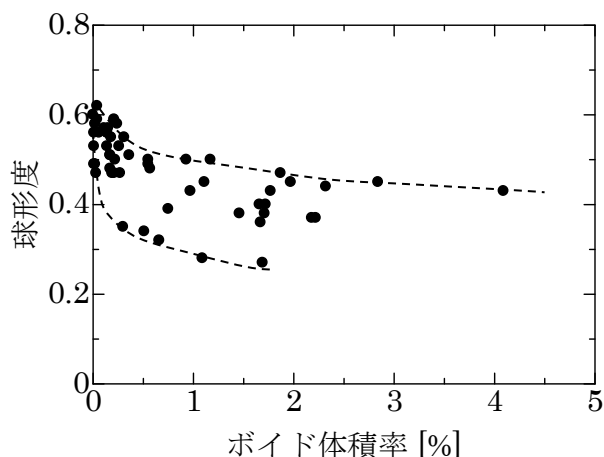


図1 ボイド体積率と球形度の関係

## 3. 実験結果と考察

### 3. 1 ボイド体積率と球形度の関係

図1に、ボイド体積率と球形度の関係を示す。図1から、球形度とボイド体積率の関係は点線に囲まれた範囲にあり、ボイド体積率が大きくなるとともに、球形度は、最大値:約0.6から低下することが確認できる。鑄巣の形状は、ガスに起因する鑄巣(ブローホール)は球形<sup>7)</sup>で、凝固収縮に起因する鑄巣(引け巣、引け、ざく巣)は複雑で不定形な形状をしたものが多い<sup>8)</sup>とされている。図1の結果から、ボイド体積率の増加に伴い、球形度が低下し、凝固収縮に起因する鑄巣が増加することが示唆される。

### 3. 2 ガス量の影響

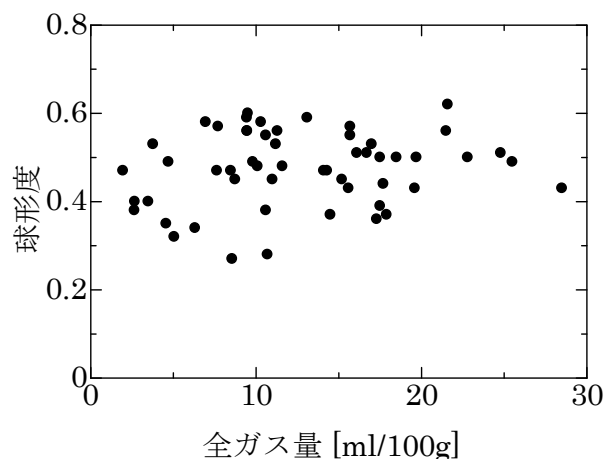


図2 全ガス量と球形度の関係

図2に、全ガス量と球形度の関係を示す。ガスに起因する鑄巣の形状は球形である<sup>7)</sup>とされており、全ガス量が増えるほど、鑄巣の形状は球形度が大きくなると考えられる。しかし、図2では、全ガス量:0~30  $\text{ml}/100\text{g}$ の範囲において、球形度は0.3~0.6の範囲にあり、全ガス量と球形度には相関がみられないように見受けられる。この結果から、全ガス量の増加に伴うガスに起因する鑄巣の増加は、小さいことが推察される。

### 3. 3 鑄造圧力の影響

図3に、鑄造圧力と球形度の関係を示す。図3をみると、鑄造圧力:約40~100  $\text{MPa}$ の範囲において、球形度は0.3~0.6の範囲にあり、鑄造圧力と球形度には相関がないように見受けられる。これまでの研究で、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、鑄巣量は、冷却速度

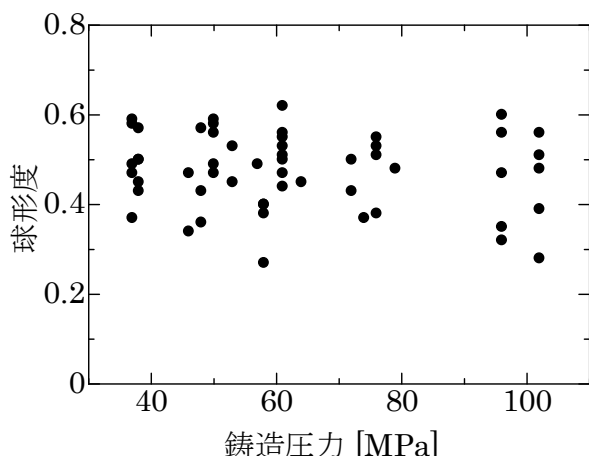


図3 鋳造圧力と球形度の関係

の影響を強く受けることが明らかとなった<sup>9)</sup>。鋳巣の形状も、鋳巣量と同様に、冷却速度の影響を強く受けるため、図3において、鋳造圧力と球形度に相関関係がみられない結果になったと考えられる。

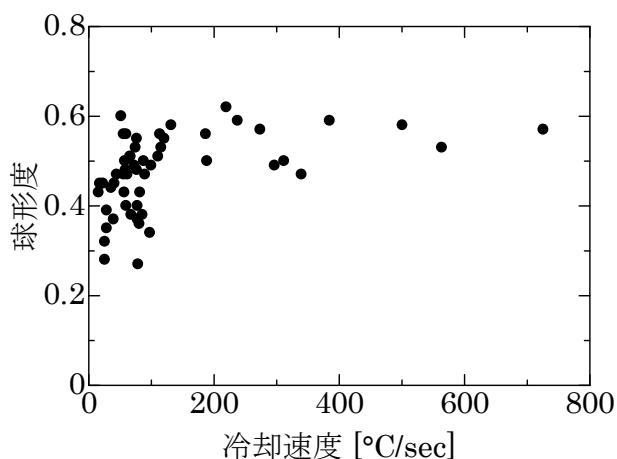


図4 冷却速度と球形度の関係

### 3. 4 冷却速度の影響

図4に、冷却速度と球形度の関係を示す。図4から、冷却速度が遅く（小さく）になると、球形度は急激に小さくなり、球形度は冷却速度の影響を受けていることがわかる。しかし、データにばらつきがあり（特に冷却速度：約350 °C/sec以下）、球形度は、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。

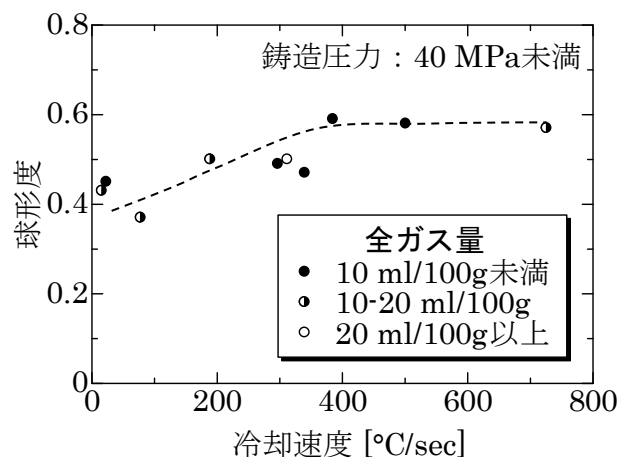


図5 冷却速度と球形度の関係  
(鋳造圧力：40 MPa 未満)

図5の鋳造圧力：40 MPa 未満について見てみると、冷却速度が約350 °C/secより速いと、球形度は約0.6であった。冷却速度が約350 °C/secより遅くなると、球形度は急激に小さくなるのがわかる。この結果から、鋳造圧力：40 MPa 未満では、冷却速度が約350 °C/secより遅くなると、凝固収縮に起因する鋳巣が増加することが示唆される。

全ガス量の影響をみると、3条件（10 ml/100g 未満、10～20 ml/100g、20 ml/100g以上）とも同じ曲線上にあることがわかる。この結果から、鋳造圧力：40 MPa 未満では、鋳巣の形状に及ぼす全ガス量の影響は小さいと考えられる。

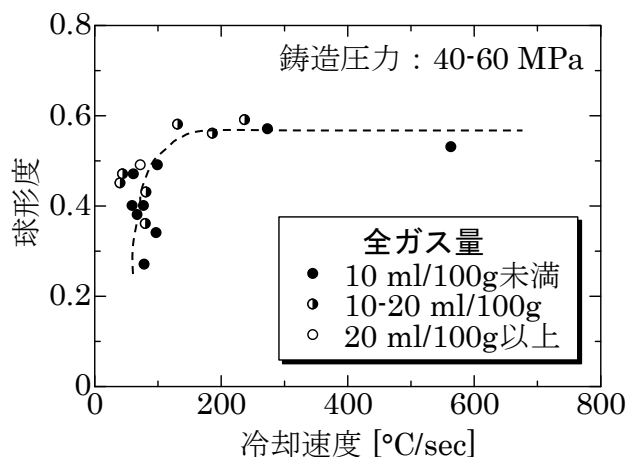


図6 冷却速度と球形度の関係  
(鋳造圧力：40～60 MPa)

図6の鑄造圧力：40～60 MPaについて見てみると、約120 °C/secまでの冷却速度では球形度は約0.6で、それより冷却速度が遅くなると、球形度が急激に小さくなるのがわかる。この結果から、鑄造圧力：40～60 MPaでは、冷却速度が約120 °C/secより遅くなると、凝固収縮に起因する鑄巣が急激に増加することが示唆される。

全ガス量の影響をみると、図5（40 MPa未満）と同様に、3条件（10 ml/100g未満、10～20 ml/100g、20 ml/100g以上）ともほぼ同じ曲線上にあることがわかる。この結果から、鑄造圧力：40～60 MPaでも、鑄巣の形状に及ぼす全ガス量の影響は小さいと考えられる。

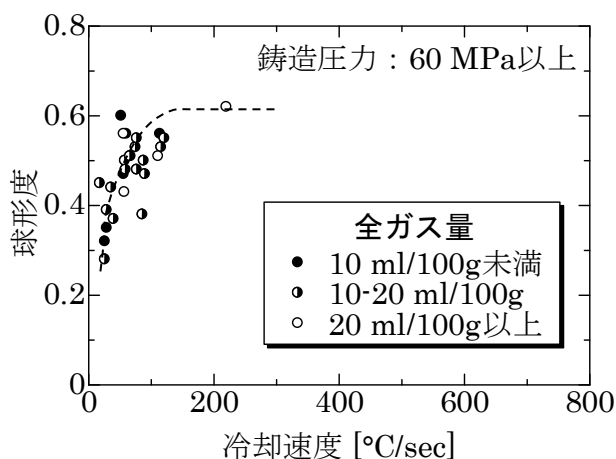


図7 冷却速度と球形度の関係  
(鑄造圧力：60 MPa 以上)

図7の鑄造圧力：60 MPa 以上について見てみると、約90 °C/secまでの冷却速度では、球形度は約0.6で、それより冷却速度が遅くなると、球形度は急激に小さくなるのがわかる。この結果から、鑄造圧力：60 MPa 以上では、冷却速度が約90 °C/secより遅くなると、凝固収縮に起因する鑄巣が急激に増加することが示唆される。

全ガス量の影響をみると、図5（40 MPa未満）、図6（40～60 MPa）と同様に、3条件（10 ml/100g未満、10～20 ml/100g、20 ml/100g以上）ともほぼ同じ曲線上にあることがわかる。この結果から、鑄造圧力：60 MPa 以上でも、鑄巣の形状に及ぼす全ガス量の影響は小さいと考えられる。以上の結果から、鑄巣の形状に及ぼす全ガス量の影響は、3条件（40 MPa未満、40～60 MPa、60 MPa以上）ともに小さいことわかる。

図5～7の結果を比べると、球形度が低下する冷却速度は、鑄造圧力：40 MPa未満では約350 °C/sec、鑄造圧力：40～60 MPaでは約120 °C/sec、鑄造圧力：60 MPa以上では約90 °C/secであり、鑄造圧力が高くなるほど、球形度が低下する冷却速度は遅くなるのがわかる。この結果は、鑄造圧力が高くなるほど、鑄巣がつぶされる効果が大きくなり、凝固収縮に起因する鑄巣が発生しにくくなることによると推察される。

#### 4. 結論

ダイカスト品の鑄巣の形状に及ぼす冷却速度、鑄造圧力及びガス量の影響を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- 1) ボイド体積率が増加するとともに、球形度は低下する。
- 2) 鑄巣の球形度は、冷却速度の影響を強く受け、冷却速度が、球形度が低下する冷却速度より遅くなると、球形度は急激に小さくなる。これは、凝固収縮による鑄巣の発生によるものであると考えられる。
- 3) 鑄造圧力が高くなるほど、球形度が低下する冷却速度は遅くなる。これは、鑄造圧力が高くなるほど、鑄巣がつぶされる効果が大きくなり、凝固収縮に起因する鑄巣が発生しにくくなることによると推察される。
- 4) 球形度に及ぼす全ガス量の影響は小さい。

#### 参考文献

- 1) 西直美：“ガス欠陥の形態と品質に及ぼす影響”。日本鑄造工学会 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”。日本鑄造工学会 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”。日本鑄造工学会 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鑄巣欠陥判別システムの開発”。日本鑄造工学会，88, p85-91 (2016)
- 5) 日本鑄造工学会：“ダイカスト鑄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”。日本鑄物協会ダイカスト研究部会調査研究結果報告，(1990)
- 6) 高橋照夫：“アルミニウム合金鑄物中のガス含

- 有量測定法”． 鑄造工学， 75, p796-799 (2003)
- 7) 西直美：“ダイカストの欠陥・不良を考える”．  
ダイカスト新聞社， p206(2017)
- 8) 西直美：“ダイカストの欠陥・不良を考える”．  
ダイカスト新聞社， p212(2017)
- 9) 金森陽一ほか：“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”． 三重県工業研究所研究報告， 40,  
p74-77 (2016)
- (本研究は， 法人県民税の超過課税を財源として  
います.)