

減圧凝固試験法による AD12 アルミニウム合金溶湯の品質評価

佐藤 健二*¹⁾ 石清水 康二*²⁾

Evaluation of melt quality of AD12 aluminum alloy by vacuum gas test

Kenji Sato*¹⁾, Koji Iwashimizu*²⁾

キーワード：アルミニウム，溶湯，品質，ガス，減圧凝固試験

Keywords：Aluminum, Melt, Quality, Gas, Vacuum gas test

1. はじめに

アルミニウム合金ダイカストは高精度で 3 次元の複雑形状の形成，優れた生産性による低コスト化や軽量化に効果があるため，自動車部品を中心に適用範囲が増えている。最近，薄肉で高強度，高靱性の部品が要求されるようになり，欠陥制御の観点から，溶湯品質に対して関心が高まってきた。より清浄な溶湯，すなわち溶湯のガス量が少なく，介在物量の少ない溶湯条件が必要とされている。

現場での溶湯の品質評価は炉前試験によって行われている。従来は，イソライト煉瓦法，減圧凝固試験法（以下，減圧凝固法という。）⁽¹⁾，テレガス法⁽²⁾やイニシャルバブル法⁽³⁾が行われていた。現在は，減圧凝固法が目視的な評価としての判定性の良さから多く用いられるようになったが，系統的なデータや研究が少なく，試験圧力のポロシティ形態への影響⁽⁴⁾が報告されているのみである。

一方，現場の問題としてサンプリングによる試料形態のばらつきや合金組成によるポロシティの生成形態の違いが知られているが，品質評価への影響度は解析されていない。

そこで，本研究では，ダイカスト用合金 JIS AD12 溶湯のガス量の評価に減圧凝固法を適用し，溶解過程におけるガス量の変化や凝固試料の形態と試料断面のポロシティ分布との関係について検討した。また，これまで減圧凝固試料のポロシティサイズや分布についての知見がないため，ポロシティの画像解析データを基に新たに統計的手法で解析を行った。

2. 実験方法

試料には AD12 合金を用いた。表 1 に試料の化学組成を示す。合金は#10 カーボンボンド黒鉛るつぼを用い，高周波誘導炉で溶解し，溶解時のガスの挙動を調べた。地金を溶解し，溶湯へのガス吸収のため，850℃で 5min 保持し，680℃まで降温後，試料を採取した。溶湯を一旦凝固させ，再溶解し，溶湯の清浄化のため，フラックス処理を行った。溶湯採取温度は 680℃とした。

これと同時に，介在物評価のための K モールド試験片を採取した。また，ランズレー銅金型で採取した試料のガス量は真空溶融抽出パラジウム管透過法（ランズレー法）⁽⁵⁾で測定した。

採取溶湯量が減圧凝固試料の形態に及ぼす影響を調べるため，内容積が 60 ml (B) 及び 40 ml (S) の 2 種類の鉄製のつぼを用い，採取量の違いによる試料のポロシティ形態を調べた。減圧凝固法は鉄るつぼで溶湯を採取し，真空チャンバ内に設置後，一定圧力で凝固させる。凝固までのガス気泡の発生量や凝固後の試験片の形態や内在するポロシティ分布から溶湯中のガス量を判定する手法である。試験圧力は 5.3 kPa である。

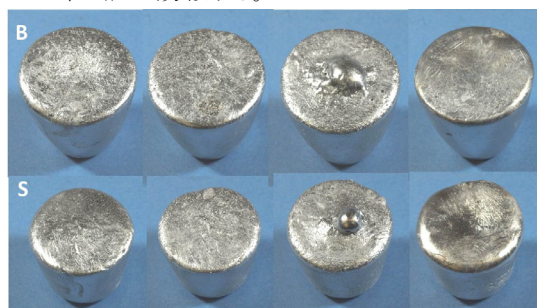
減圧凝固試料は水中秤量法で密度を測定し，縦 2 分割断面のポロシティ面積率との相関性を調べた。試料断面のポロシティを画像解析し，ポロシティ分布の特徴について検討した。

表 1. AD12 合金の化学組成 (mass%)

Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Al
11.1	2.48	0.68	<0.01	<0.01	bal.

3. 実験結果

3.1 AD12 の溶解過程におけるガス量 溶解過程でのガスの挙動と，ガス量の違いによる B(大)，S(小)の試料断面のポロシティ分布を図 1 に示す。外観上の B と S の形態はほぼ同様である。縦断面のマクロ組織では，試料中央部に生じた引け巣とポロシティの分布から，溶湯に含まれるガスが気泡となり，試料上面の形態を変えることが解る。元湯とフラックス処理した試料では，引け巣が主体で，ガス吸収と凝固-再溶解試料では，ガスポロシティが細かく分散する。

元湯 → ガス吸収 → 凝固-再溶解 → フラックス処理
図 1. 試料縦断面のポロシティ欠陥の分布

事業名 平成 21 年度，22 年度，23 年度 共同研究

*¹⁾ 機械技術グループ*²⁾ 岩手県工業技術センター

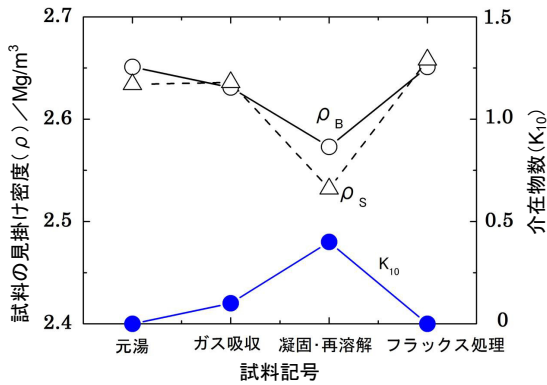


図2. 減圧凝固試料の見掛け密度と溶湯の介在物

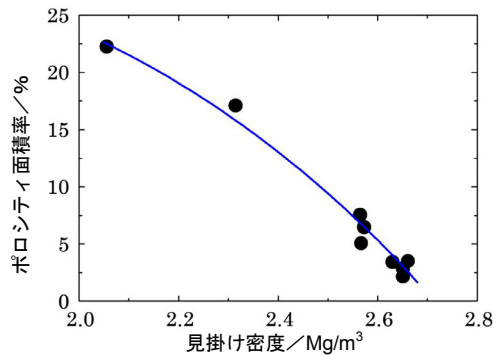


図3. 減圧凝固試料の密度とポロシティ面積率

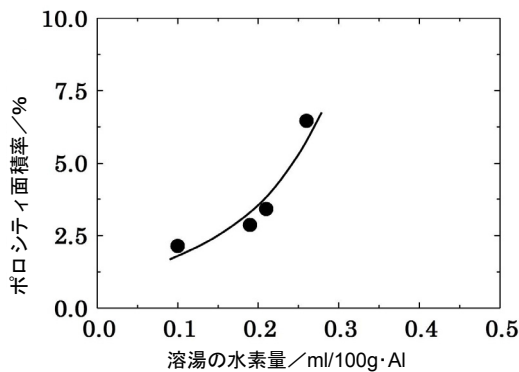


図4. 溶湯の水素量と試料断面のポロシティ面積率の関係

これらの試料の見掛け密度と介在物数を図2に示す。BとSの密度の変化はほぼ同じでその差小さい。凝固・再溶解で密度が低くなったのは、介在物数(K_{10})から、凝固・再溶解によって介在物数が増加することによる。したがって、再溶解による溶湯上方へのガスの濃化も一因であるが、介在物の溶湯面側への浮上によってガス気泡の核となり、溶湯の減圧保持過程で気泡が成長しやすくなったと考える。

試料の見掛け密度と断面のポロシティ面積率には良い相関関係が認められる(図3)。また、ランズレー法による溶湯の水素量の分析値と試料断面のポロシティ面積率に対しても良い相関関係があり(図4)、溶湯の水素量は減圧凝固試料密度やポロシティ面積率からも十分定量評価できることが認められる。AD12合金では、ガス量が少ない時には試料中央に引け巣が生じるため、0.1~0.2 ml/100gAl が評価限界である。

3.2 減圧凝固試料のポロシティ分布の統計的解析

これまでポロシティの分布に関してはマクロ観察によるサイズの大小、数の多少による限度見本で評価されていた。そこでポロシティ分布を解析するため、試料断面のポロシティサイズとポロシティ面積率に占める割合を調べた。試料断面に現れた1個のポロシティの面積から円相当の径を算出し、累積面積率を求めた結果を図5に示す。数mm以上の径のポロシティは引け巣由来である。 ϕ 1.5 mm 径以下の曲線から、二つのタイプに分類される。ガス量が多く、ポロシティ数が多い試料は、 ϕ 0.8~1.6 mm のポロシティが主体で、全体に占める面積率が大きいため、この間の曲線の傾きが大きい。引け巣が主体の試料は曲線の傾きが緩やかで、特定範囲でポロシティ径が集中していないことを表す。この曲線の傾きや、傾きの変曲点を定義することでポロシティの分布を統計的に評価できる。

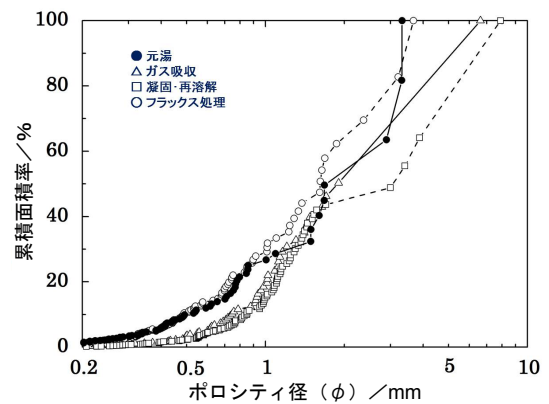


図5. AD12-Bの減圧凝固試料断面のポロシティ径と累積面積率

4. おわりに

減圧凝固法によってダイカスト用合金のAD12溶湯の溶解過程のガス量を評価し、評価精度に及ぼす要因を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- (1) サンプル条件の溶湯採取量の違いはガス量評価に対する影響が小さい。
- (2) これまで、試料形態や断面のマクロ組織で判定していた溶湯のガス量を試料の減圧凝固試料密度や断面のポロシティ面積率によって定量的に評価できる。試料断面のポロシティ分布はポロシティ径と累積ポロシティ面積率で表すことにより、ポロシティ径や径に対する曲線の傾きから、統計的に評価できる。

(平成26年7月9日受付, 平成26年8月12日再受付)

文 献

- (1) 日本総合鋳物センター編：軽合金鋳物便覧，丸善，pp.45-46 (1965)
- (2) C. E. Ransley, D. E. J. Talbot and H. C. Barlow : J. Inst. Metals, 86, pp.212-219 (1957-1958)
- (3) D. J. Neil and A. C. Burr: Trans. AFS 69, pp.272-274 (1961)
- (4) R. J. Kissling and J. F. Wallace: Foundry, pp.70-75 (1963 Feb.)
- (5) R. Eborall and C. E. Ransley: J. Inst. Metals 71, pp.525-552 (1945)