

多糖類系バイнда中子を用いた 砂型アルミニウム合金鋳物の差圧鋳造

谷内大世* 藤井要* 駒井公一** 砂山昇** 荒井義則***

本報告では、小径中空部を形成する中子の除去作業効率向上のため、自己崩壊性に優れた多糖類系バイнда中子に着目し、アルミニウム合金鋳物への適用性検証と砂型差圧鋳造による鋳造欠陥の抑制効果について検討した。その結果、多糖類系バイнда中子は鋳造熱による自己崩壊性に優れており、除去時間の大幅な短縮が可能であった。また、差圧鋳造を適用することで鋳造欠陥を極小化することができた。多糖類系バイнда中子と差圧鋳造の適用は、複雑形状鋳物の製造に極めて有効であることが確認された。

キーワード：多糖類系バイнда中子、崩壊性、差圧鋳造、ガスピンホール、複雑形状鋳物

Counter Pressure Casting of Sand Mold Al alloy Using Polysaccharide-based Binder Cores

Taisei YACHI, Kaname FUJII, Koichi KOMAI, Noboru SUNAYAMA and Yoshinori ARAI

In this study, the applicability of polysaccharide-based binder cores (excellent collapsibility) to aluminum alloy casting was verified, and the inhibitory effect of casting defects in sand-mold counter pressure casting was examined. As a result, polysaccharide-based binder cores showed high self-collapsibility due to casting heat. Therefore, removal time was significantly shortened. Furthermore, it was possible to minimize casting defects by applying a counter pressure casting process. The application of a polysaccharide-based binder core and the counter pressure casting process was very effective in the production of complex shape castings.

Keywords : polysaccharide-based binder core, collapsibility, counter pressure casting, pinhole, complex shape casting

1. 緒 言

航空機部品の一つであるギヤボックスは、高速回転するエンジンから動力を受け、燃料ポンプや発電機など補機の駆動に適切な回転速度へ減速するための多段のギヤが納められている。ギヤボックスのハウジングには、ギヤを潤滑するための複数のオイル通路が張り巡らされており、複雑な形状を有した薄肉アルミニウム合金鋳物である。このような複雑形状製品の製造は内部まで加工工具が届かないため、ブロック材料から削り出す機械加工が不可能であり、砂型鋳造に頼るしかないのが現状である。

鋳物の中空部位を形成するためには、中子と呼ばれる砂型が必要である。しかし、比熱が小さい薄肉アルミニウム合金鋳物では、注湯後に中子の崩壊を促すだけの熱容量が得られず、凝固後の鋳物に中子が焼着して残り易く、特に複雑形状鋳物の場合は、砂の除去が

困難で時間を要している。そのため、凝固後の焼着が少なく容易に除去可能な易崩壊性中子の開発が求められている。

また、砂型鋳造は冷却速度が遅い欠点がある。そのため、冷却速度が遅い部位では溶湯中の溶存水素が凝固過程で凝集し、ガスピンホール欠陥を生成し易い。このような欠陥は強度や気密性の低下を招くことから、高い品質レベルが要求される航空機部品鋳物では、最大許容欠陥サイズが決められている。

本研究では、上記2つの課題を解決するため、自己崩壊性に優れた多糖類系バイнда中子をアルミニウム合金鋳物に適用し、砂型差圧鋳造と組み合わせることで鋳造欠陥の抑制について検討した。

2. 実験方法

2.1 中子の作製

易崩壊性中子には、環境負荷が少ない天然成分であり、型ばらし性に優れた多糖類系バイндаを使用した。

*機械金属部 **谷田合金(株) ***北陸鋳材(株)

実験に用いた中子(以下、多糖類系バインダ中子)は、7号の人工砂を用いて、新東工業(株)製ライトコアにより図1に示すL型形状に焼成造形した。なお、多糖類系バインダ中子は、従来利用されているレジンコートサンドを用いたシェル中子に比べてかさ密度が小さく、鋳物内部にガス欠陥を発生しやすいといわれている。

2. 2 差圧鋳造による鋳物作製

多糖類系バインダ中子を用いたアルミニウム合金の鋳造では、谷田合金(株)と石川県工業試験場で共同開発した砂型差圧鋳造装置を用いた¹⁻²⁾。この装置は、下部に溶湯保持炉室、上部に鋳型室を有した密閉構造で、上下の室に圧力差を生じさせて鋳型に溶湯を層流充填し、かつ大気圧以上の圧力で凝固させて鋳造欠陥を抑制する特長がある。そのため、多糖類系バインダ中子で発生しやすいガス欠陥抑制に有効である。鋳造は、差圧鋳造装置と図1のL型形状中子を用いて、図1中に示した鋳物(以下、L型試験片鋳物)を作製した。鋳造材をアルミニウム合金AC4Cとし、注入温度740℃とした。

2. 3 中子および鋳物の評価

多糖類系バインダ中子を用いて差圧鋳造した鋳物の品質は、以下の4項目について評価した。

2. 3. 1 熱分解特性

中子は、鋳造時に溶湯熱の影響により軟化や分解ガスを発生する。そこで、多糖類系バインダ中子の熱分解特性を把握するため、熱分析装置((株)リガク・Thermo Plus2 TG-8120)を用いて、10℃/minで室温から750℃まで加熱し、重量変化と熱流量を測定した。

2. 3. 2 崩壊性

図1のL型試験片鋳物を鋳造し、中空部に残存した中子の除去にかかる時間を測定し、崩壊性の評価とした。なお、比較対象として、シェル中子で作製したL型試験片鋳物についても除去時間を計測した。

2. 3. 3 鋳物の寸法精度

多糖類系バインダ中子の適用による鋳物寸法精度への影響を評価するため、L型試験片鋳物を用いて、従来のシェル中子との精度比較を行った。寸法精度の評価位置は、図2中に示すAおよびB断面とした。この部

位付近は、鋳型内において中子が保持されず中に浮いている状態であり、注湯した際に中子が最も変位を生じやすい。そこで、図中のA部およびB部の2ヶ所を切断し、切断面から上下、内外と示した部分の肉厚を測定することで中子の変位方向と変位量を評価した。

2. 3. 4 鋳造欠陥

作製したL型試験片鋳物を用いて、鋳物内部の鋳造欠陥を評価するため、図2中の寸法精度評価位置B断面をエメリー紙#1500で湿式研磨し、微小な空隙欠陥を明確にするカラーチェックによるマクロ観察を行った。なお、この観察においては差圧鋳造による鋳造欠陥の抑制効果を比較するため、重力鋳造および低圧鋳造法でも図3に示す鋳造方でL型試験片鋳物を作製した。

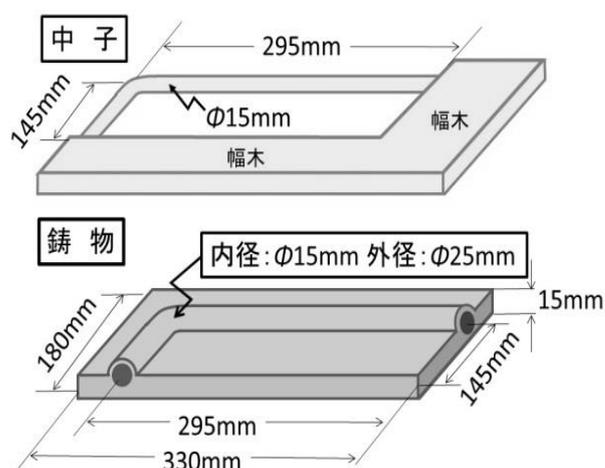


図1 鋳造実験で用いた中子形状と鋳物の模式図

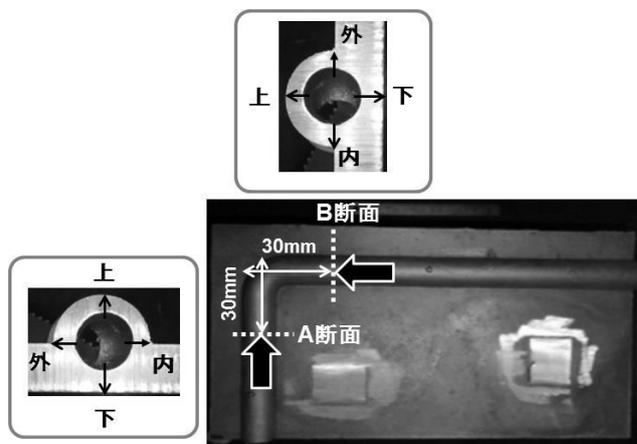


図2 L型試験片鋳物の寸法精度評価位置

3 実験結果

3.1 熱分解特性

中子の熱分解特性を評価した結果を図4に示す。横軸は加熱温度、縦軸は重量および熱流量である。重量減少を生じる温度は、シェル中子が320℃、多糖類系バインダ中子が215℃であり、両中子の重量減少は、多糖類系バインダ中子がシェル中子よりも約105℃低かった。また、シェル中子より重量減少や熱流量の変化は小さく、シェル中子の503℃近傍で見られるような急激な変化はなかった。このことから、多糖類系バインダ中子は、 casting時の熱影響による軟化や分解ガス発生がシェル中子よりも早い段階で起こるが、重量減少量が小さいため、分解ガスの発生量は少ないと推察できる。

3.2 崩壊性

多糖類系バインダ中子とシェル中子の崩壊性を評価した結果を表1に示す。多糖類系バインダ中子は、溶湯の凝固後に中子が自己崩壊しており、軽く振るだけで中子砂を容易に取り出すことができた。そのため、実質的な中子除去作業時間は無いに等しい。一方、シェル中子は、加振とエアブローによる除去など、30min程度の作業時間が必要であった。この結果から多糖類系バインダ中子は、崩壊性に優れていることがわかった。

3.3 鋳物の寸法精度

両中子を用いた鋳物の寸法精度を評価した結果を表2に示す。どちらの中子も変位を生じたが、多糖類系バインダ中子はシェル中子よりも変位が大きくなった。これは、多糖類系バインダ中子はシェル中子よりも熱分解する温度が低いことが関連していると考えられる。さらに、多糖類系バインダ中子はかさ密度が小さいため、注湯の際に浮力の影響を大きく受け、上方向に変位したものと考えられる。

本実験は、片持ち形状で過酷な条件下での実験であるため、比較的大きな変位となった。実際の製品鋳造では、幅木の適切な配置等で十分に変位を抑える対応が必要であると考えられる。

3.4 鋳造欠陥

鋳物内部欠陥を評価するため、マクロ観察を行った結果を図5に示す。重力鋳造および低圧鋳造において

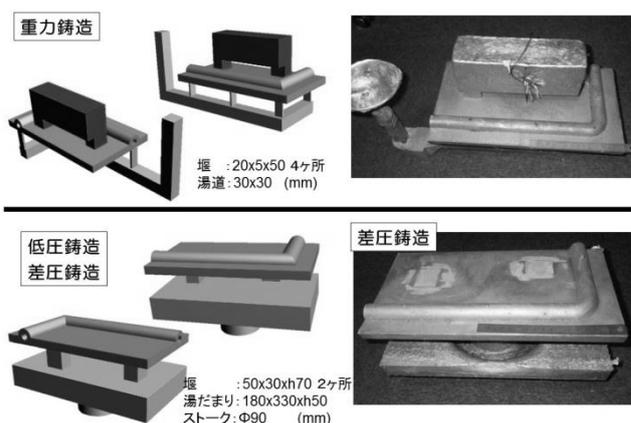


図3 各鋳造法の方案

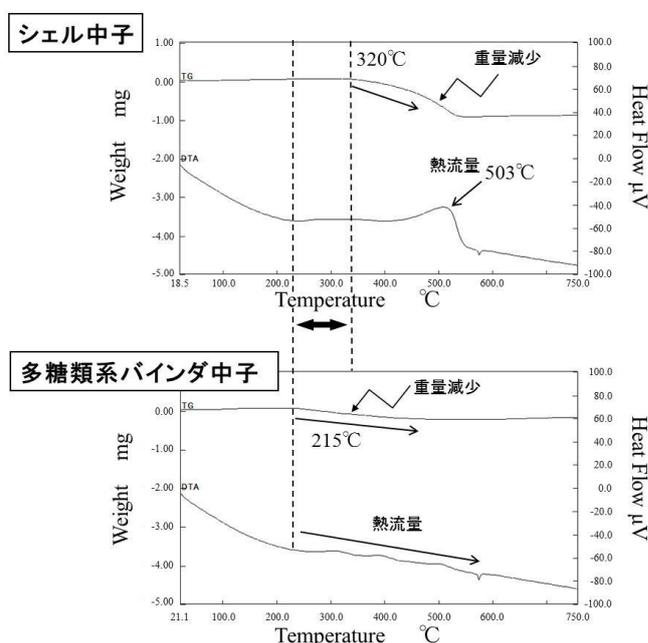


図4 多糖類系バインダ中子の熱特性評価結果

表1 中子の除去時間

	加振 [min]	エアブロー [min]	合計 [min]
多糖類系バインダ中子	0	0	0
シェル中子	15	15	30

表2 中子の変位具合

		変位方向・量	
		上・下	内・外
多糖類系バインダ中子	A部	上 0.2mm	外 1.3mm
	B部	上 1.6mm	外 0.8mm
シェル中子	A部	下 0.3mm	外 0.8mm
	B部	下 0.3mm	外 0.8mm

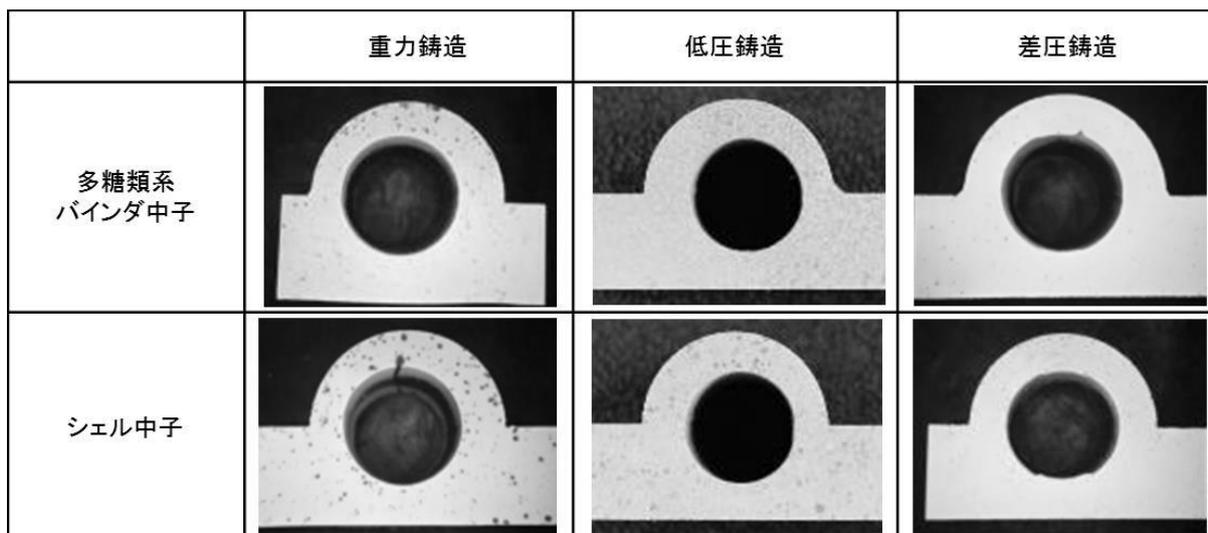


図5 各種鑄造法による鑄物断面のマクロ観察写真

は、どちらの中子も着色されたピンホール欠陥が発生していた。しかしながら、差圧鑄造では、従来法で発生したピンホール欠陥が抑制されていることがわかる。この結果より、ピンホール欠陥の抑制に差圧鑄造が効果的であることが明確である。

このように、従来法のシェル中子に比べて多糖類系バインダ中子は崩壊性に優れており、さらに差圧鑄造と組み合わせることでピンホール欠陥を抑制できる。多糖類系バインダ中子は、中子除去性に優れ、複雑形状鑄物に対する生産性が高い手法であることが実証された。

4. 結 言

自己崩壊性に優れる多糖類系バインダ中子をアルミニウム合金鑄物に適用し、砂型差圧鑄造と組み合わせることでガス欠陥の抑制について検討し、以下の結果を得た。

- (1) 中子の崩壊性では、シェル中子は加振しても崩壊せず、砂の除去に時間を要したが、多糖類系バインダ中子は加振する必要がなく、型ばらしの作業性が極めて優れていた。
- (2) 多糖類系バインダ中子は、シェル中子よりも約100℃低い215℃で重量減少が起こるが、重量減少が小さく、分解ガスの発生量は少ないと推察された。

- (3) 鑄物の寸法精度において、多糖類系バインダ中子は、注湯の際の浮力や溶湯熱の影響を受けやすく、シェル中子よりも変位が大きくなった。

- (4) 重力鑄造や低圧鑄造品では、中子付近の断面全体でピンホール欠陥が見られた。一方、差圧鑄造品では、いずれの中子を用いた場合でも、ほとんどピンホール欠陥を生じず、差圧鑄造との組み合わせが極めて有効であることが実証された。

本研究結果を踏まえて、航空機の複雑形状鑄物部品の実用化を支援して行きたい。

謝 辞

本研究は、経済産業省「平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業」の一部であり、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人富山大学との共同研究で実施した。関係諸氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤井要, 谷内大世, 上村彰宏, 谷田由治, 駒井公一, 砂山昇. 差圧プロセスによる高品質鑄造品の製造に関する研究. 石川県工業試験場研究報告. 2010, No. 59, p.11-14.
- 2) 藤井要, 駒井公一, 砂山昇, 舟木克之, 松田健二, 池野進. 差圧鑄造を用いたアルミニウム合金砂型鑄物中のピンホール欠陥低減と真空チャンバへの適用. 鑄造工学, 2012, Vol.84, No.8, p.468-472.