

鑄込み成形によるアルミナ製熱処理用治具製造技術開発

吉田 博和* 川村 正行**

1. はじめに

大塚セラミックス（株）では、様々な業界からの要望に沿った形状のファインセラミックスの受注生産に対応している。従来、大塚セラミックス社内では主にCIP成形を行っている。CIP (Cold Isostatic Pressing) 成形とは液中で、等方的な加圧によって成形する方法である。この成形では加工時の切削量が多い・コストアップ等の問題がある。そこで、工芸陶磁器にも広く用いられている伝統的な技術で、これらの問題を解決できる鑄込み成形の導入を視野に入れた基礎研究を開始した。

今回は、石膏型の製作、使用原材料の配合条件や焼成条件の検討、圧力鑄込み成形による簡単な形状のアルミナセラミックス（2形状）の試作・評価を行ない、CIP成形に遜色無い焼結体を得たので報告する。

2. アルミナセラミックスの試作

2.1 使用原料

3種類のアルミナ原料（A, B, C）について蛍光X線分析装置（島津製作所 XRF-1700）による元素分析とX線回折装置（リガク RINT-Ultima+）による鉱物組成の確認を行った。いずれも、アルミナの純度が99.8%程度であり（表1）、 α 型のアルミナであることを確認した（図1）。

表1 アルミナ原料の元素組成（%）

試料名	アルミナA	アルミナB	アルミナC
SiO ₂	0.08	0.06	0.08
Al ₂ O ₃	99.80	99.83	99.83
Fe ₂ O ₃	0.06	0.04	0.04
CaO	0.03	0.05	0.04
NiO	0.01	0.01	0.01
CuO	0.01	n. d.	n. d.

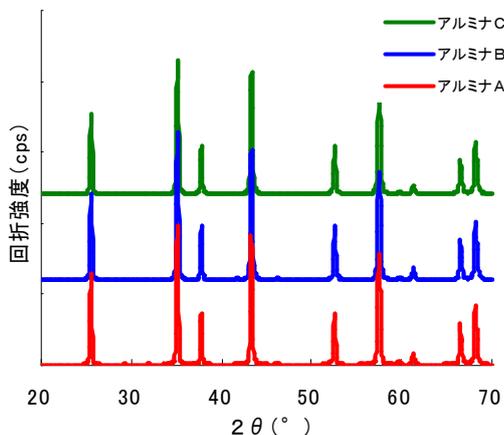


図1 アルミナ原料のX線回折

2.2 泥しよ条件の検討

3種類のアルミナ原料（A, B, C）について、分散剤添加量の異なる泥しよを調整し、泥しよの粘度を測定した（B型粘度計 ローターNo. 3, 60rpm）。アルミナAは分散剤添加量0.6%で最小値222cpであり、アルミナBは0.9%添加で242cp、アルミナCでは0.9%添加で462cpであった。アルミナBは分散剤添加量0.6%以下、アルミナCは0.9%以下で泥しよを作製することができなかった。これらの中では、アルミナAが少ない分散剤添加量で低粘度の泥しよを作製することがわかった（図2）。

試作試験はアルミナAに分散剤0.6%を加えたものを用いることとした。また、鑄込み成形の場合、泥しよ濃度は高い方が良いため、泥しよ濃度を82%とした。その他の添加剤として有機系バインダーを1.5%（固形分換算）添加することとした。

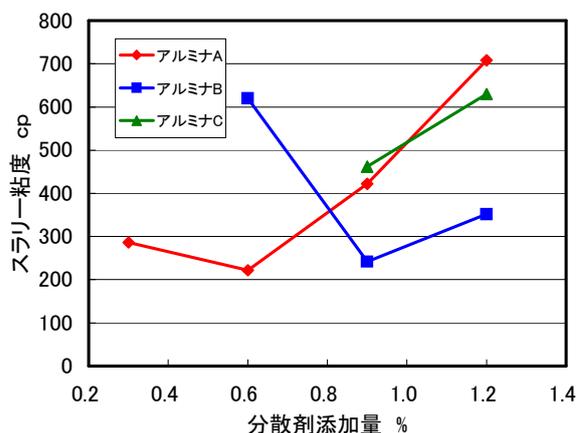


図2 分散剤添加量（%）と粘度

2.3 試作試験

石膏型を試作し、泥しよ（アルミナA, 水, 分散剤0.6%, 有機系バインダー1.5%;泥しよ濃度82%）の調整を行った。圧力泥しよ鑄込み装置MP-620（マルトー社製）を用いて試作石膏型に泥しよ鑄込みを行った後、脱型・焼成を行った。その工程を図3に示す。

①石膏型製作

予備試験として混水量と、石膏型の強度・吸水性について検討を行った結果、メーカーの推奨値範囲内の混水量65%で製作することとした。

水道水を混合容器に入れ、石膏（吉野石膏製、陶磁器型材用特級グレード）を静かに散布した後、真空攪拌機を用いて石膏泥しよを調整した。気泡を抱き込まないように注意しながら石膏の泥しよを型へ流し込み、石膏が最も発熱する硬化終了直後に脱型し、養生及び乾燥を行った。形状はφ200×20t（mm）とφ140×15t（mm）円板状である。

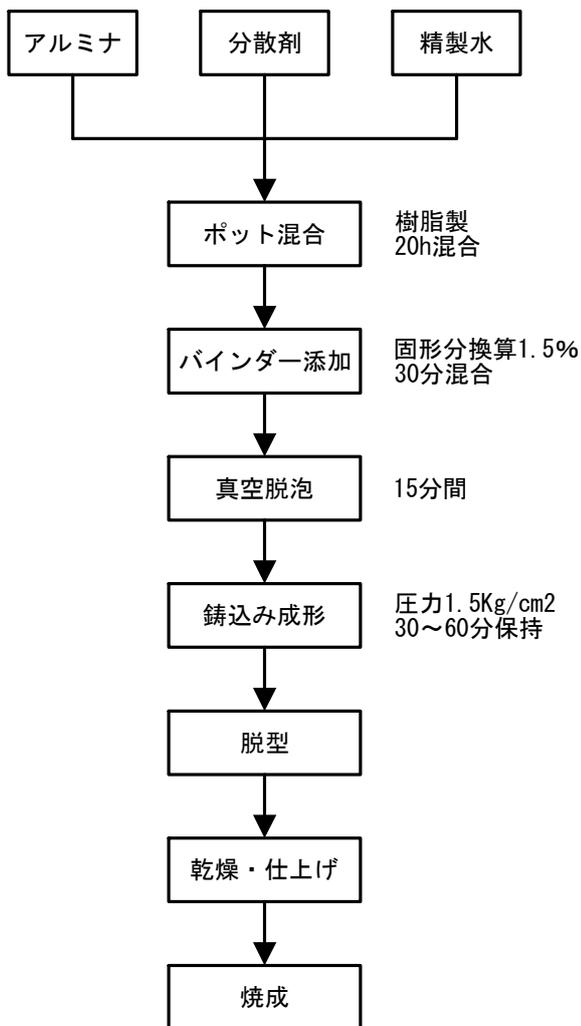


図3 アルミナセラミックスの試作工程

②泥しょう調整

精製水 1280ml に分散剤を 36g 添加し、アルミナA を 6kg 加えて混合した。混合容器に樹脂ポットを使い 20 時間混合した。この泥しょうに有機系バインダーを固形分換算で 1.5% 添加し、30 分混合し鑄込み用泥しょうとした。

③真空脱泡工程

上記の泥しょうを圧力泥しょう鑄込み装置 MP-620 (マルトー社製) の泥しょうタンクにいれ、約 15rpm で攪拌しながら 15 分間真空脱泡した。大気圧に戻して、微細な泡が無いこと確認して更に 5 分間攪拌しながら減圧した。攪拌を止めて 2 分後に真空ポンプを切り、大気圧に戻した。

④圧力鑄込み成形

泥しょうに気泡が入らないようにゆっくりと型締機に泥しょうを送り込み、型締機の型口からオーバーフローしながら泥しょう内の気泡を除去した。型締機にシリコンゴムシートを置き、石膏型をのせて固定した。泥しょうが上がっていくように型締機の角度をかえ、1.5kg/cm² で加圧しながら 60 分間鑄込みを行った。圧力を解放後、鑄込み口が固まっているのを確認して型締機から石膏型をはずし、60 分放置した後に成形品を脱型した。成形品は数十時間の自然乾燥をしてから、

乾燥機内で加熱乾燥を行った。

⑤焼成

電気炉及びガス炉を用いて、1550~1620℃で焼成を行った。概ね 100℃/h で温度を上げ、最高温度で 2~4 時間保持した。

3. 試作セラミックスの評価

試作品の性能評価は表面欠陥の有無、焼成収縮率、焼結密度により行った。

使用炉 2 種 (電気炉及びガス炉) を用いて、最高温度: 1550~1620℃の範囲で試験焼成した結果、いずれの条件下でも焼結体に表面欠陥 (外見上の異常) がないことを確認した。

ガス炉・1620℃で焼成した試作品の焼成収縮率は厚さ方向で約 15%、直径方向で約 13%であった。通常、大塚セラミックスが採用している一般的な CIP 成形品に比べて収縮率を抑えられることが分かった。これは、鑄込み成形の方が成形体の粒子充填密度が高いためと考えられる。

アルキメデス法により焼結密度を求めた結果は 3.94g/cm³であった。従来採用している CIP 成形によるものに比べて 0.01~0.03g/cm³程度高い数値である。

以上の結果から、鑄込み成形による焼結体でも従来の CIP 成形品と遜色の無い焼結体が得られたと言える。

4. まとめ

- ・平成 20 年度は、ごく簡単な形状におけるアルミナセラミックス 2 形状の試作にとどまり、より複雑な形状・大型な形状の試作や性能評価を行えなかった。今後も引き続き、段階的な試作と性能評価が必要と考えている。
- ・鑄込み成形は、伝統的な技術でコスト的なメリットのある反面、多少の技術の熟練が必要である。まず石膏型的设计・製造技術習得が必要である。ただし、石膏型製作は外注に頼ることも考えられるため、コスト試算も含めた検討が重要である。
- ・段階を踏まえて、想定される受注仕様により近い形状で試作を行ない、表面上の異常や寸法精度など仕様に耐える製品づくりの可否等を検討していく必要がある。