

アルミナの鋳込成形 (第3報)

星 幸二 伊藤 政巳 榊原 満*

Slip Casting of Alumina (Part III)

by

Koji HOSHI, Masami ITO and Mitsuru SAKAKIBARA

ファインセラミックスの鋳込成形の着肉速度の向上を目的として、易焼結性低ソーダアルミナを対象に、石膏型を減圧下に置いた場合及び振動させた時の鋳込成形条件が着肉性や成形体の物性に及ぼす影響について検討した。型を減圧吸引すると低水分量の泥しようでは着肉量は増加したが、成形密度は上がらなかった。チキソトロピー性の強い泥しようを用いて振動鋳込成形する場合、低い振動数で、途中で振動を止め、泥しよう粘度を高くするほど着肉速度は向上したが、成形体の密度は逆に低下した。振動鋳込に高圧鋳込を併用すると、着肉速度は大幅に向上し、成形密度の低下もなかった。高粘度泥しようの振動鋳込に減圧吸引操作を加えると、着肉量は増加しないが、成形密度は向上した。

1. まえがき

ファインセラミックスの鋳込成形の問題として成形時間が長く、生産性が悪い点が挙げられる。前報¹⁾では10 kgf/cm²までの圧力鋳込により着肉速度の向上を図った。更に着肉速度を高める手段として石膏型を減圧下に置くことと、チキソトロピーな泥しようを用いて型を振動させて鋳込む方法がある。

本研究では泥しようへの加圧と同時に、石膏型を減圧下に置いたり、振動させて、着肉速度及び成形体の物性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 使用原料

アルミナ原料は易焼結性低ソーダアルミナAL-160SGタイプ4を用いた。平均粒子径、焼結性状などは前報で使用したタイプ3のものと同じであるが、表面活性を抑え、鋳込成状を改善したものである。分散剤はアロンA-6114(ポリカルボン酸アンモニウム塩 固形分40%)を、バイン

ダーはバインドセラムWA-320(アクリル系エマルジョン 固形分42%)を用いた。また、振動鋳込ではチキソトロピー性を付与するため増粘剤ハイビスワコー304(カルボキシビニルポリマー粉末)を使用した。

2.2 泥しよう調整試験

減圧吸引鋳込及び振動鋳込に適した2種類の泥しよう調合を得るため水分量、分散剤量を変化させて泥しよう粘度との関係を検討した。また、振動鋳込用には増粘剤の添加試験も併せて行った。

泥しようはポットミルにアルミナ原料と同重量の玉石を入れ、所定量の水と分散剤を添加して24時間分散混合して調整した。泥しよう粘度はポットミルから取り出した直後にB型粘度計により測定した。使用したローターはNo.4で回転数は6 rpmである。

上記の泥しように乾燥強度付与のためバインダー2%を添加して、更に1時間混合したものを鋳込試験に供した。増粘剤の添加も同時に行った。

2.3 減圧吸引による鋳込試験

型締機を真空ボックスの中に入れ、前報で使用した高圧鋳込成形と組み合わせて型を減圧吸引下

* 工業技術センター

に置いた場合の着肉速度等への影響を検討した。

石膏型は前報と同じ、 α -石膏の種類及び混水量を変えて気孔径を大, 中, 小に制御したもの(Nキャストシステム)を使用した。これらの物性を表1に示す。

表1 使用石膏型の物性

型の種類	気孔型 (μm)	混水量 (%)	曲げ強さ (kgf/cm^2)	吸水速度 (分)	吸水率 (%)
気孔径大	1~5	60	135	34	31
気孔径中	1~3	55	135	38	28
気孔径小	1~2	35	245	92	16

2.2で選択した調合の泥しょうを用い、減圧下において石膏型の気孔径が着肉速度に及ぼす影響を調べた。更に大気圧下との比較も行った。泥しょうへの加圧は $2\text{ kgf}/\text{cm}^2$ で行った。また、成形体、焼成体のかさ比重などの物性値も比較のために測定した。

2.4 振動鋳込成形

2.2で得たチキソトロピーな泥しょうを使用して、石膏型を振動させ、鋳込試験を行った。型締機の振動機構はユーラスモーターを使用した方式で最大4 G (最高振動数3500回/分, 最大振幅2 mm) の加速度をかけることが可能である。高粘度な泥しょうを使用するため、配管部で詰りやすく、泥しょうタンクと型締機との間に振動機構を入れ、固化防止を図った。

石膏型は前述の3種の気孔径を持つものから気孔径大のものを選択した。泥しょうは2.2で得たものを使用し、型締機の振動数、泥しょうへの加圧力などを変化させて、着肉速度及び成形体物性への影響を検討した。

3. 実験結果及び考察

3.1 泥しょう調整試験

水分及び分散剤添加量を変化させた場合の粘度曲線を図1及び図2に示す。前報で使用したタイプ3のアルミナとの比較では、タイプ4の方が全体に粘度が低く、分散特性が優れている。分散剤を過剰に添加すると乾燥切れを起しやすいので、添加量を最低粘度を示す0.5%に固定して以下の

試験を行った。

減圧吸引による鋳込試験には、比較的水分が多めで粘度等の泥しょう特性の経時変化の少ない水分22%を選択し、バインダーを2%添加した。

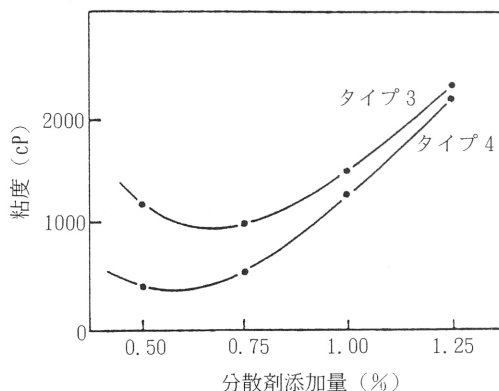


図1 分散剤量と粘度との関係

アルミナ 100
水 25

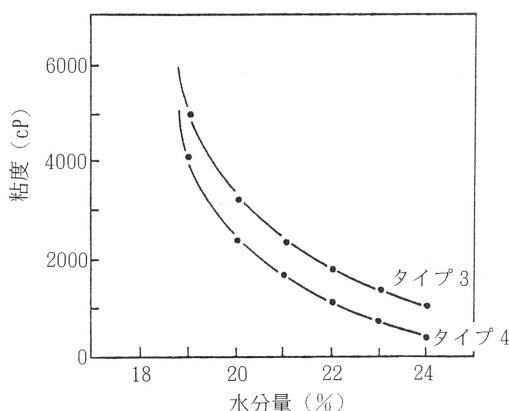


図2 水分量と粘度との関係

アルミナ 100
分散剤 0.50

一方チキソトロピーな性質を利用する振動鋳込成形用には低水分量の泥しょうを利用するのが一般的である。ところがアルミナ単味の泥しょうでは粒子を取り巻く電気二重層の水膜が粘土粒子に比較して薄く、泥しょう状態を作る限界水分付近では、僅かな水の蒸発によりゲル化する。また、乾燥強度付与のために添加する有機バインダーは一旦乾燥すると元に戻りにくい。この2点から限界水分付近では作業性が悪くなり実用的でない。そこで水分は極端には減らさず、20%とし、バイ

ンダーを2%添加したが、チキソトロピー性はやや不足気味であった。

チキソトロピー性をより強くするために増粘剤を添加した結果、良好な泥しょうを得た。この増粘剤は接着性がなく、泥しょうの粘度をあげるので鋳込試験時に配管部で詰りがなかった。上記の調査で増粘剤を0.02%添加した時の粘度の変化は11500cPから17500cPとなり、約5割増粘できた。

3.2 減圧吸引による鋳込試験

泥しょうへは加圧しないで石膏型を減圧下に置いた時の着肉速度を図3に示す。この場合の着肉は石膏の毛細管の水分吸引に、減圧による水分移動がプラスされた結果となる。前報の常圧鋳込では、僅かな差ではあるが着肉速度は気孔径が大、中、小の順に小さくなっていったが、減圧吸引を行うと、中、大、小の順になり、中と大との順位が逆転した。

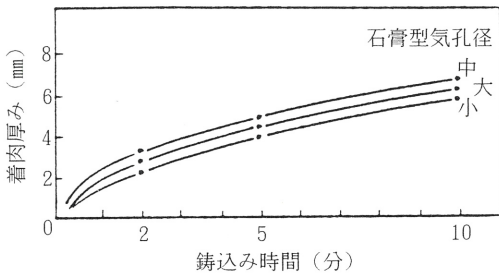


図3 減圧吸引と着肉速度との関係
加圧なし

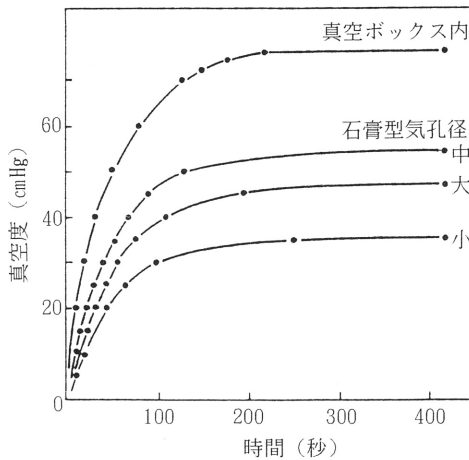


図4 石膏型内の真空度

この原因を検討するために、型締機に石膏型を

セットし、泥しょうを送り込まないで減圧吸引し、その時の型内の真空度の時間的変化を調べた。その結果を図4に示す。着肉速度の順位に対応して真空度が高くなっており、その真空度の差が水分の吸引力に影響したものと考えられる。気孔径が中のものが一番真空度があがるのは連通気孔が多いためと思われる、加圧なしの減圧吸引による鋳込にはこのような気孔を持つものが適している。

減圧吸引と圧力鋳込を組み合わせで行った時の着肉速度を図5～7に示す。加圧力は2 kgf/cm²で成形した。減圧しない場合に比べて着実に着肉速度は向上しているが型の気孔径の違いによる差はほとんど無かった。減圧吸引による効果を加圧力による効果と比較するために減圧吸引しないで3 kgf/cm²の圧力で成形した時の着肉速度を図8に示す。この結果から減圧吸引は1 kgf/cm²の加圧とほぼ同じ効果を持つことが判明した。

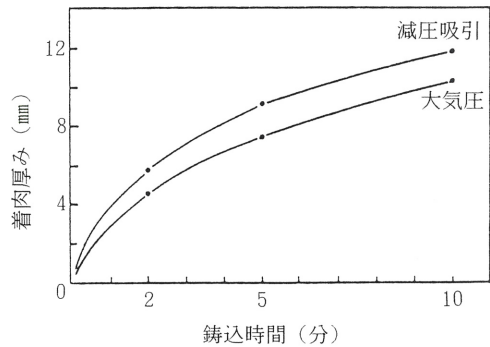


図5 減圧吸引と着肉速度との関係
加圧力：2 kgf/cm²
石膏型気孔径：大

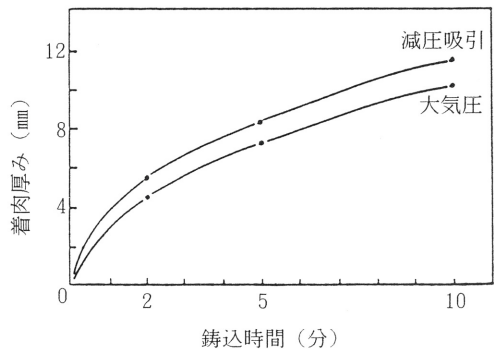


図6 減圧吸引と着肉速度との関係
加圧力：2 kgf/cm²
石膏型気孔径：中

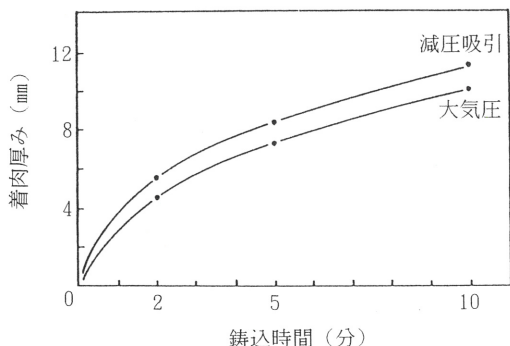


図7 減圧吸引と着肉速度との関係

加圧力: 2 kgf/cm^2
石膏型気孔径: 小

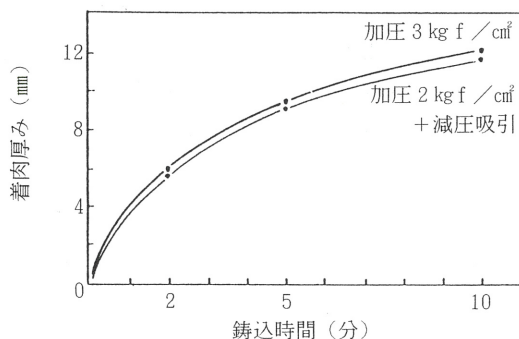


図8 減圧吸引と加圧の着肉速度への効果の比較

加圧力: 2 kgf/cm^2
石膏型気孔径: 大

以上の一連の試験で作成した成形体及び 1600°C 焼成体のかさ比重は各々、2.40及び3.92前後で顕著な差はなく、減圧吸引による密度の向上は認められなかった。これは用いた泥しょうの水分が多めで粘度が低く、空気を巻き込む恐れは少なく、減圧吸引しても脱泡による密度向上が無いと考えられる。

3.3 振動 casting 試験

加圧力 5 kgf/cm^2 、 casting 時間 5 分で振動を一定にしてかけ続けた時の着肉厚み及びその成形体のかさ比重を図9に示す。振動数を高くしていくと、着肉性は悪くなるが成形体のかさ比重は逆に大きくなり、物性は向上する。したがって、高密度成形体を得るには振動数を高くしてある程度着肉速度を押さえた方が良いと言える。

casting 初期に所定の振動を与え、途中で振動を止めて成形を続ける方法が提案されている。そこで加圧

力 5 kgf/cm^2 で始めの 2 分間は振動数 3000 回/分で振動させ、その後、振動を止めて casting 込んだ時、及び同

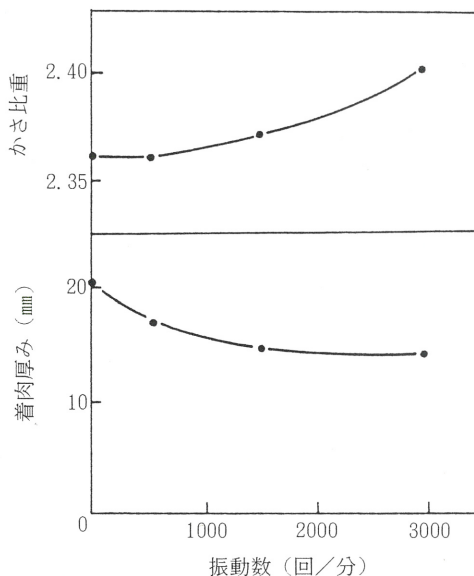


図9 振動数と成形体の関係

加圧力: 5 kgf/cm^2
 casting 時間: 5 分 (振動数は固定)

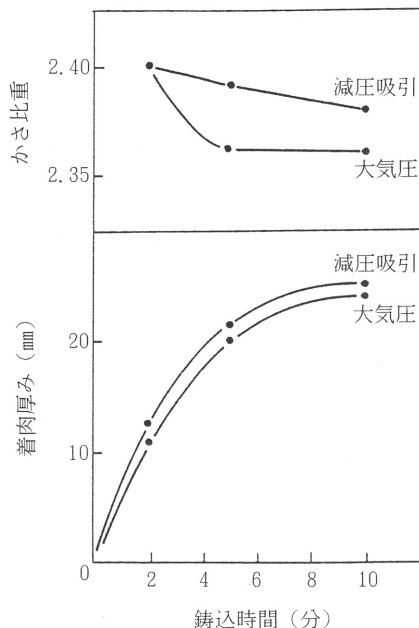


図10 減圧吸引の効果

加圧力: 5 kgf/cm^2
振動: 2 分間
振動数 3000 回/分 残り無振動

時に型の減圧吸引操作を加えた場合の着肉速度とその成形体のかさ比重を図10に示す。

振動を途中で止め、鋳込時間を長くするにつれて成形体のかさ比重は小さくなった。ここでの着肉は成形後、30秒間の振動をかけて排泥したものである。固形鋳込の場合には製品の厚みに合わせて初期の振動をかける時間を設定し、成形体の密度低下を招かないようにする必要がある。振動をかけた場合に比べて着肉速度は大幅に向上した。

減圧吸引操作を組み合わせても着肉速度に対してはその効果はほとんど無かった。しかし成形体のかさ比重は逆に向上している。前述のように高粘度な泥しょうを用いているため空気を巻き込みやすく、その脱泡による効果と考えられる。3.2の結果と比較すると、泥しょうの粘度により減圧吸引の効果に差があるのが分かる。

始め2分間は振動数3000回/分で、残り3分間は振動を止め、その時の泥しょうへの加圧力を変化させた時の着肉厚み及び成形体のかさ比重を図11に示す。圧力を高くすると着肉速度は大きく向上し、圧力の効果が顕著に認められる。前報での

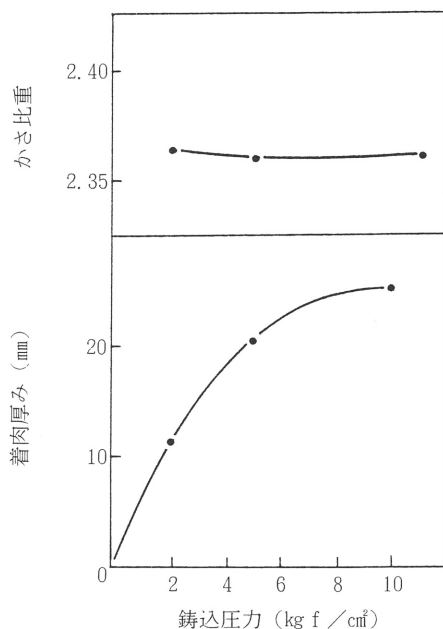


図11 加圧力の効果

加圧力：5 kgf/cm²
 鋳込時間：5分
 2分間 振動数3000回/分
 3分間 無振動

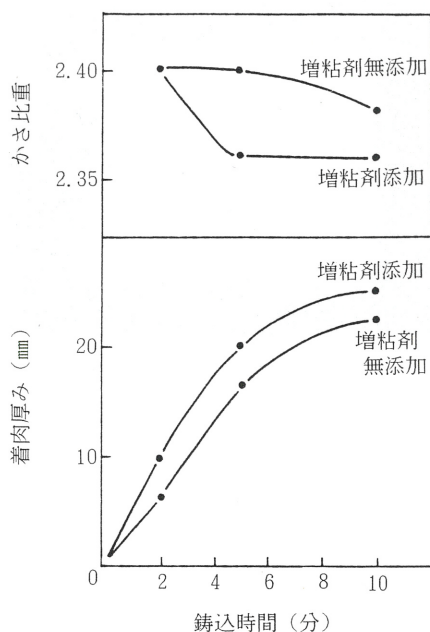


図12 増粘の効果

加圧力：5 kgf/cm²
 振動：2分間 振動数3000回/分
 残り 無振動

同じ圧力における着肉速度と比較して、約2倍以上に向上しており、チキソトロピーな性質を利用した振動鋳込は着肉性の改善に非常に有効である。しかし、圧力を高くしても、成形体のかさ比重は変化せず物性向上には結びつかなかった。

増粘剤を添加しない泥しょうを用い、加圧力5 kgf/cm²で、始め2分間は振動数3000回/分、その後は振動を止めて鋳込んだ時の着肉速度とその成形体のかさ比重を図12に示す。図から増粘していない泥しょうは着肉速度は低くなっているが、成形体の密度は高くなっているのが分かる。より高品質な成形体を得るには着肉性を犠牲にしても、低粘度泥しょうの使用、高振動数及び減圧吸引操作が必要である。

振動鋳込で試作した装飾タイルを写真1に示す。成形体寸法は200×200×30mmで、振動成形のネックとなる表面のシワはほとんどなかった。これは微細なアルミナを使用しているために、振動でアルミナが動いても大きなシワにならないためと考えられる。



写真1 試作品（装飾タイル）

4. まとめ

ファインセラミックスの鋳込成形の着肉速度の向上を目的として、易焼結性低ソーダアルミナを対象に、石膏型を減圧下に置いた場合及び型を振動させた時の鋳込成形条件が着肉性や成形体の物性に及ぼす影響について検討した結果、次のことが判明した。

- (1) 低粘度泥しょうを用いて、圧力鋳込に減圧吸引操作を加えた場合には減圧は 1 kg f/cm^2 の加

圧力に相当する着肉量の増加が認められたが、成形密度の向上はなかった。

- (2) 振動鋳込成形では、粘度が高く、チキソトロピー性の強い泥しょうを用い、振動数を低くして、途中で振動を止めた方が着肉速度は大きくなるが、成形体の密度は逆に低下した。
- (3) チキソトロピー性のある高粘度泥しょうを用いて、振動鋳込成形を行う時に減圧操作を加えると密度の向上が認められた。
- (4) 振動鋳込成形に圧力鋳込成形を組み合わせると、着肉速度は大幅に向上し、低水分泥しょうの圧力鋳込に比べて2倍以上になり、成形体の密度低下はなかった。

参考文献

- 1) 伊藤ほか、愛知県常滑窯業技術センター報告, No.15, 43~48 (1988)
- 2) 水田ほか、粉体及び粉末冶金, 35(7)、619~624 (1988)
- 3) 伊藤ほか、愛知県瀬戸窯業技術センター報告, No.10, 37~46 (1981)