

通気性型によるセラミックスのスリップキャストイング

Slip casting by using porous ceramic mold

中 川 威 雄*・柳 沢 章*・野 口 裕 之*

Takeo NAKAGAWA, Akira YANAGISAWA and Hiroyuki NOGUCHI

1. 結 言

セラミックスの成形には石膏型が多く用いられ、優れた特性を有している。しかし石膏型は型寿命が短く、また再使用のための乾燥に長時間を要するなどの欠点を持っている。筆者らはセラミック粉末を金属粉末で結合した通気性型を開発した。この成形型は製作も比較的容易で、高強度、形状転写性、耐久性、耐熱性、などにすぐれており、通気性ととも吸水水性も有しているため、圧力鑄込等、セラミックスの鑄込み成形型として適しているとおもわれる。本報では、この新しいセラミック成形型の製作法、特性などについて述べる。

2. 型 製 作 法

セラミックスと金属の接着において、金属酸化物の存在が有効に作用することが指摘されている。本成形型の製作法はこの現象を利用するもので、図1に示すようにセラミック粉末と金属粉末の混合物を成形、酸化雰囲気中で焼成し、金属粉末酸化物を結合材とするセラミック質の成形型を得るものである。このとき粉末混合物の成形に消失性の粘結剤を用い透過性を付与する。本実験においてはセラミック粉末としてムライト、金属粉末として鉄およびニッケルを使用し、消失性の粘結剤としてエチルシリケートを用い、流し込みにより型製作を行った。

表1に各実験に用いた粉末の粒度分布を示す。また、図2(a)に試作した成形型の断面を、(b)にその焼成層の拡大写真を示す。断面写真に示すように金属酸化による焼成層は、型外周面より生成し、焼成時間の経過とともに内部に進行する。一般に鉄、ニッケル等金属は酸化によって体積が増加するため焼成層の気孔は小さく、内

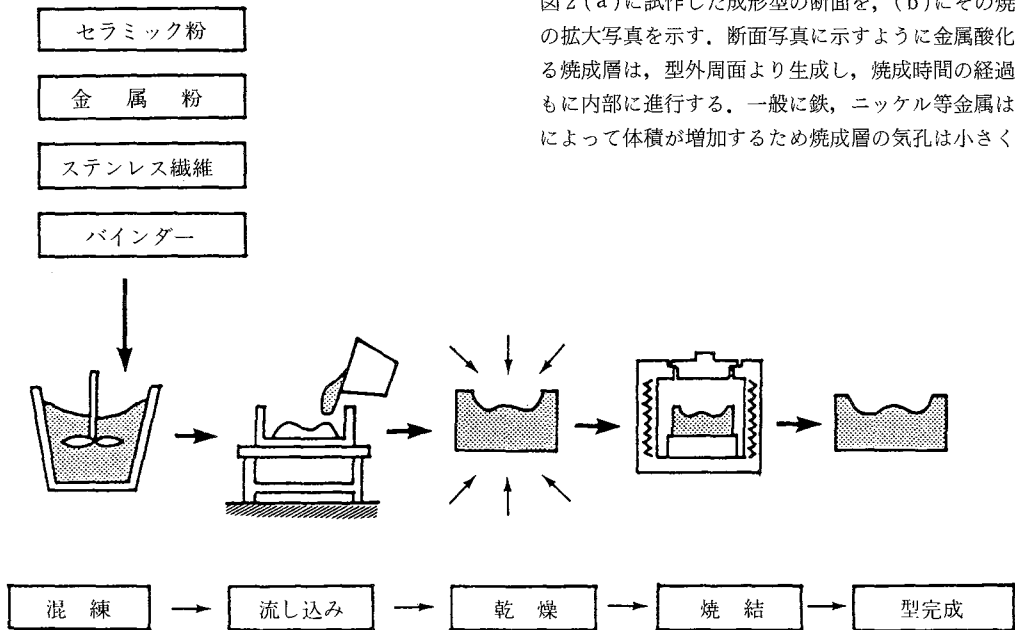


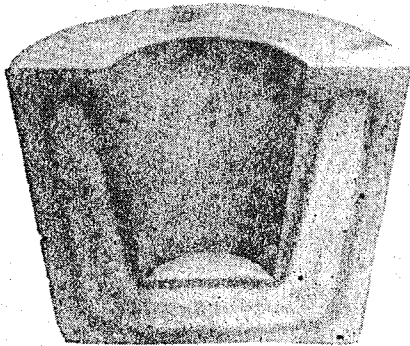
図1 鋼繊維補強通気性セラミック材(型)の製造工程

*東京大学生産技術研究所 第2部

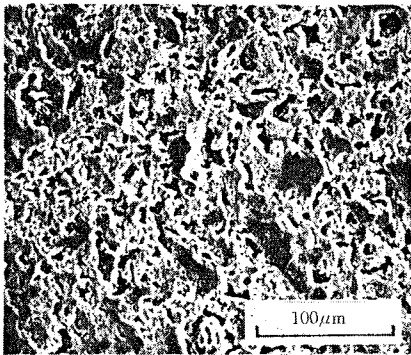
研 究 速 報

表 1 粒度分布 (wt %)

粒 径(μ)	37	37-44	44-63	63-74	74-125	125
ムライト粉	39	5	17	9.5	24.5	5
鉄 粉	93	2.9	2.7	0.7	0.7	0
ニッケル粉	85.7	8.5	4.5	0.5	0.7	0.1



(a) 型断面



(b) 焼成層

図 2 試作成型型

部の未焼成層はこれより大きな気孔を持つ 2 層構造となる。

3. 型特性と基本的鑄込み特性

3.1 気孔率と気孔径

ここではまず、石膏型との比較において気孔率、気孔径分布の検討を行った。

図 3 に各種条件で製作した試料の気孔径分布および気孔率を比較した結果を示す。鉄配合比を増加させると気孔径は小さくなり、また、バインダー配合率を小さくすると気孔径、気孔率ともに減少する。これは本実験に用いた鉄粉はムライト粉より粒径が小さく、鉄配合比を大

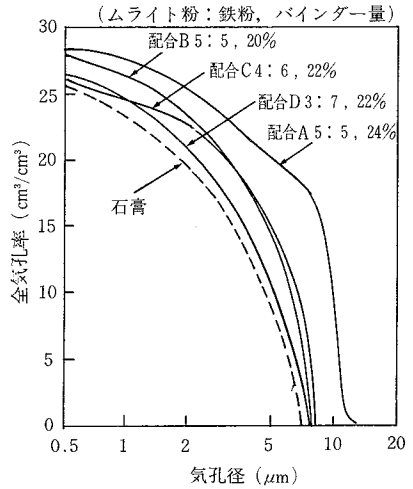


図 3 各種配合によるセラミック型の気孔分布

きくすると全体の粒度構成が微細になること、および鉄配合比が大きくなることによって、酸化焼結による鉄粉の酸化膨張が大となるためであると考えられる。また、バインダー配合率が小さくなると、バインダー消失による気孔の生成が小となるため、当然気孔率は減少するが、同時に気孔の微細化も促進される。結果として、ムライト：鉄 = 3 : 7、バインダー配合率 22wt% の場合に、ほぼ衛生陶器用石膏型と等しい気孔径分布、気孔率の型材料が得られた。

3.2 耐久性

次に泥漿に対する耐久性を調べるためにケイ酸ソーダ水溶液 (pH = 12) に 3 日間浸漬し目視観察を行ったが、変化は見られなかった。また、磁器用泥漿 (水分 30.8%, pH = 8.6) に 1 時間浸漬し、取り出した後泥漿等の付着物を取り除いて、乾燥後、重量変化および表面状態の変化の測定を繰り返したが、重量変化、表面性状ともに変化は見られなかった。したがって、本成型型はセラミック泥漿に対して十分安定であると考えられる。これは、金属酸化物が一種のセラミック材料であり、化学的に十分安定であることによるものであろう。

また、石膏との比較においてヌレ曲げ強度およびテーパー摩耗試験 (JIS-A-1453) 100 回転当たりの体積減の測定を行ったが、ヌレ曲げ強度は石膏型の 1.5 ~ 2 倍となり、また、摩耗による体積減は 1/10 以下となることが確認された。

3.3 基本的鑄込み特性

次に、実際の成型型を用いて衛陶素地の加圧鑄込み実験を行った。試作型の製作条件は前記実験結果をもとに、ムライト：鉄 = 3 : 7、バインダー配合率 22wt% とし、

型の寸法から判断して焼結時間を9時間とした。

着肉特性は5 kgf/cm²の加圧鑄込みを行い、着肉層が10mmとなるまでに要する時間を比較したが、セラミック成形型を用いた場合、石膏型の21分56秒に比較して、ほぼ同等であるか、やや少ない時間で10mmの着肉が可能であった。

一般に衛生陶器の加圧鑄込みによる製法では、圧縮空気を型面から放出させて強制離型を行うため、石膏型と比較して十分な空気吹き出しが得られるかを観察した。石膏型の場合は1.0kgf/m²の圧力が用いられているのに対して、セラミック型では0.4kgf/cm²の圧力でほぼ同程度の空気吹き出しがえられた。また、離型性に特に問題は存在せず、また、離型体の素地表面性状は良好であり、また、焼成試験結果にも特に差異は生じなかった。3.2、3.3における実験結果を表2に示す。

4. 加熱鑄込み実験

次に磁器用素地の加熱鑄込み実験を行った。これは鑄込み成形を高型温で行うことによって、着肉時間の短縮を計ることを目的とするものである。鑄込み実験に用いた試作型の配合比を表3に示す。実験結果を図4に示す。着肉速度はどの試作型を用いた場合にも、型温が高くなるに従って比例的に向上することが確認された。しかし、100°C以上の型温とすると当然泥漿中の水分の沸騰が生じ、正常な成形が不可能となった。

型材質に関しては、2000番アルミナ粉末を混入しない成形型の着肉速度が最も小さく、アルミナ粉末でムライ

ト粉末の50wt%置換したものが最も高かった。また、同時に行った同形状の石膏型を用いた実験における着肉速度は3.71mm/10minであり、これに比較してアルミナ50wt%添加の型を用い、100°Cの型温で成形した場合の着肉量は1.7倍となった。また、磁器用素地の場合、セラミック型を用いて通常の鑄込みを行うと、着肉素地の水分が多く離型が困難となったが、60°C以上の高温鑄込みを行うことによって、着肉層中の水分の除去が促進されることにより、離型性が著しく改善され、通常の離型が可能であった。

次にこの実験結果から図5に示す製品形状の試作型を用い、磁器用泥漿の繰り返し鑄込み実験を行った。成形回20~30回程度までは良好な成形が可能であったが、それ以上の成形回数となるとわずかに素地の型面への付着が

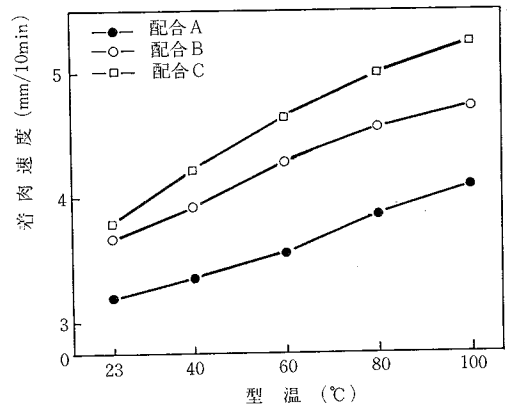


図4 加熱鑄込み実験

表2 各配合比の鑄込み成形型の比較

	製造条件		着肉性 (分秒)	通気性 (kg/cm ²)	ヌレ曲 げ強度 (kgf/cm ²)	耐摩 耗性 (cm ²)
	ムライ ト:鉄	バイ ン ダー				
配合A	5:5	24%	20'18"	0.3	107	0.01
配合B	5:5	20	19'54"	0.3	115	0.01
配合C	4:6	22	19'36"	0.4	123	0.01
配合D	3:7	22	19'07"	0.6	131	0.01
石 膏	21'57"	1.0	68	0.11

表3 磁器用泥漿鑄込み試験型配合 (wt%)

	ムライト	ニッケル	カーボニルNi	アルミナ2000
鑄込み型A	50	25	25	0
鑄込み型B	40	25	25	10
鑄込み型C	25	25	25	25

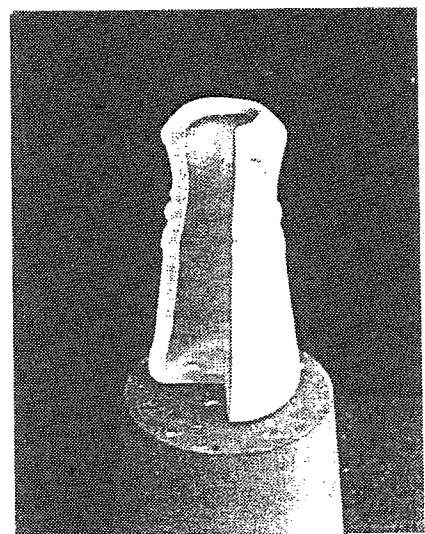


図5 磁器用泥漿鑄込成形品 (断面)

研究速報

見られ、この付着物は徐々に増加し、成形品の表面性状の低下、離型困難の現象が見られた。これは、セラミック粒子の空孔中への堆積が主な原因であると考えられ、さらに多数回の良好な成形を可能とするためには、気孔径の微細化等の検討等が必要であると考えられる。

5. 型乾燥実験

次に、本成型型の石膏型に比較して耐熱性に富む特徴を生かし、磁器用素地の鑄込み成形における生産時間の短縮を可能にするため、吸水したセラミック型の熱風による乾燥実験を行った。通常の鑄込み成形において、石膏型は数回の成形によって含水し、それ以上の成形が不可能となるため、乾燥を行わなければならない。しかし、石膏型は耐熱性、機械的強度に劣るため、常温での乾燥を行う必要があり、型乾燥には10～数10時間要することが多い。したがって、ここでは本研究によるセラミック型の耐熱性を生かし、急速乾燥の実験を行った。結果を図6に示す。実験に用いた直径29mm、長さ50mmの100%含水試料では、200°Cでは約30分、300°Cでは約15分で乾燥が終了した。また、300°Cにおける乾燥を行った後、冷却を行わずに水中に浸せき吸水を行うテストを50回繰り返したが、試料の破損、亀裂の発生は全く認められなかった。

6. 結 言

セラミック粉末、金属粉末混合体を酸化焼結することによって得られる通気性成形型をセラミックス鑄込成形型として用いるため、型特性の検討、および鑄造実験、成形実験を行った結果、次のような結論を得た。

- (1) セラミック粉、金属粉の混合比を選択することにより、衛生陶器用石膏型とほぼ同一の気孔率、気孔径分布の型材を得ることができた。また、石膏型に比較して、泥漿に対する耐久性にすぐれていることが確認された。

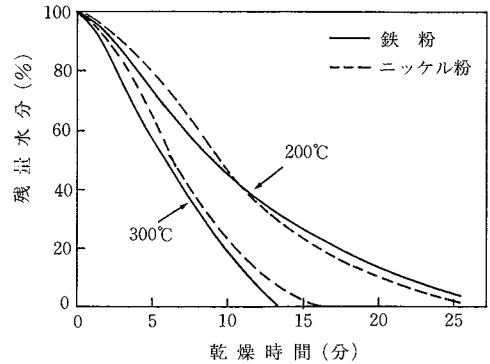


図6 高温雰囲気による急速乾燥

- (2) 衛生陶器素地の加圧鑄込み成形型として、着肉速度、エア吹き出し性、離型性、耐摩耗性の点において適用可能であることが確認された。
- (3) 磁器用素地に対して、加熱鑄込み法を適用した結果、着肉速度が向上し、離型性が改善されることが確認された。しかし、目詰まりによる離型性の低下が見られ、多数回の鑄込みを可能にするためには、材料組成の検討が必要である。

この型素材はこのほか、圧縮成形、可塑成型（ローラマシン）等の他のセラミックス成型に対する検討も進められている。
(1987年3月30日受理)

参 考 文 献

- 1) 藤本：1986年度粉体技術会議資料(1986)2-2-1
- 2) E.G. Walker: Trans. Brit. Ceram. Soc., 64, 4 (1965) 233
- 3) F.P. Foraboschi: Ceramica, 14, 7 (1959) 71
- 4) J.A. Carter: Bull. Amer. Ceram. Soc., 45, 3 (1966) 263
- 5) 斎藤編：セラミックス材料技術集成 産業技術センター (1979) 738