

# 通気性セラミック型によるプラスチックの真空成形

Thermoforming by porous ceramic mold

柳 沢 章\*・野 口 裕 之\*\*・中 川 威 雄\*\*

Akira YANAGISAWA, Hiroyuki NOGUCHI and Takeo NAKAGAWA

## 1. 結 言

著者らはセラミック系材料を用いて通気性を有する成形型を開発した。通気性を有する成形型は、型キャビティ内に流動状態の物質を充填し、形状を賦与し、固化後これを取り出して製品とする工程をとる素材の成形に用いた場合、キャビティ内の空気と成形素材との置き換えが円滑に行われるため、成形上種々の利点を得られる。特に真空成形のように型面からの吸引作用を利用する成形法においては、吸引穴の加工が不要であるばかりでなく、型面全体からの吸引による型状転写性の向上など、多くの利点を持つものと考えられる。

真空成形は成形圧が小さいため、型強度があまり必要とされず、アルミ合金、亜鉛合金の金型のほか、熱硬化性樹脂も型材として使用される。また試作用途などには石こう、木材などの型が使用されることもある。しかし、これらは当然吸引のための真空穴加工を必要とし、微細な凹凸を持つ型面を製作するためには複雑な工程を必要とする。これらに比較して、セラミック系材料による本成形型は、型製作時に通気性が付与されるだけでなく、マスターモデルの微細な形状転写性にすぐれており、かつ、低コストで簡易な製造法であるため、量産から試作用途まで真空成形型として幅広く用途可能であると思われる。

本報告は通気性セラミック型の製法、特性およびこれを真空成形に適用した場合の結果について述べる。

## 2. 型 製 作 法

型の製作工程を図1に示す。型素材はムライトを主成分とするセラミック粉、鉄粉であり、それに補強材としてステンレス繊維を用いる。本実験における型の試作に

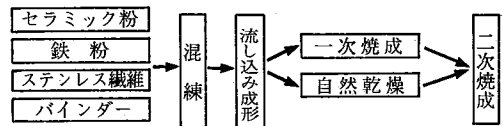


図1 通気性セラミック型製造工程

表1 原料粒度分布

メッシュ	+100	+150	+200	+250	+325	-325	
セラミック粉	0.2	3.4	7.4	9.0	30.0	50.0	
鉄粉	A	0.4	23.6	34.3	11.2	14.7	15.8
	B	Tr	0.5	1.6	1.8	3.7	92.4

用いたセラミック粉、鉄粉の粒度分布を表1に示す。型製作はセラミック粉、鉄粉、ステンレス繊維を混合したものにバインダーとして珪酸ゾル（エチルシリケート）を加え混練した後、模型をセットした型枠内に流し込む。硬化後脱型し、1次焼成（自然乾燥）さらに900°C酸化雰囲気中で2次焼成を行うものである。

図2に試作型の断面を示す。外周部に焼成硬化層が生成しているのが認められている（真空成形型として用いるため底部硬化層は除去してある）。この焼成層は鉄粉が酸化され、セラミック粉と接着したもので、硬化層の生成は焼成時型外周部から生じ高強度であるため、型面の形状・寸法精度の安定化をもたらす。またこの硬化層は成形時の耐久性を向上させると思われる。焼成層には図3に示すように多数の空孔が存在しており、また内部の未焼成層はこれより大きな空孔を有している。これはバインダーとして用いたエチルシリケートの消失によるものである。本セラミック型の製作上の特徴を要約するとつぎのようになる。

(1) 粉末材料と消失性のバインダーを用いて成形することにより通気性を付与する。本実験ではバインダーとして急速硬化が可能なエチルシリケートを用いた。

(2) しかし、通常消失性バインダーのみでは成形型と

\* 日本工業大学

\*\* 東京大学生産技術研究所 第2部

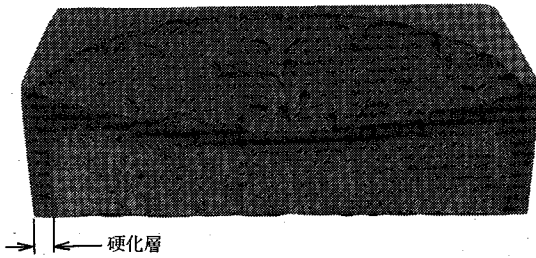


図2 型断面

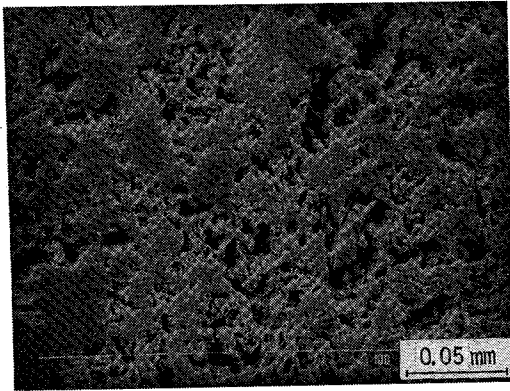


図3 焼成層拡大写真

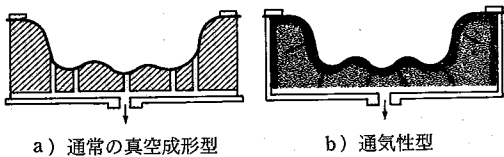


図4 通常真空成型型と通気性型の比較

しての強度は得られない。したがって、本セラミック型においては粉末材料としてセラミック粉と鉄粉を用い、酸化鉄とセラミックとの接着性を利用してバインダーとしての機能を持たせ、高強度な型の製作を可能にする。

(3) セラミック系材料の欠点である脆性を補うために、補強材としてステンレス繊維を混入する。ステンレス繊維の混入は成形圧に対する強度向上ばかりでなく、焼成時のクラック発生防止に著しい効果を示す。

図4に従来の真空成型型と通気性型の成形状態の比較を示す。

### 3. 型の諸特性

図5に空孔率および通気度測定用試料の形状および断面を示す。図6に焼成硬化層厚さと焼成時間の関係を示す。焼成層厚さは焼成時間と共に直線的に増加している。図7に空孔率の測定結果を示す。空孔の生成は前述のよ

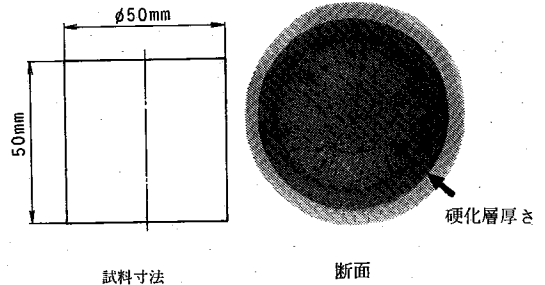


図5 空孔率および通気性測定用試料の形状および断面

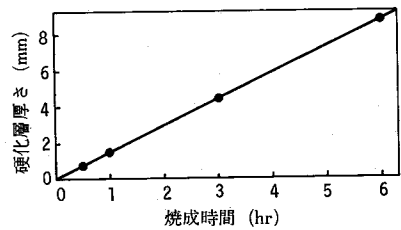


図6 焼成硬化層厚さと焼成時間

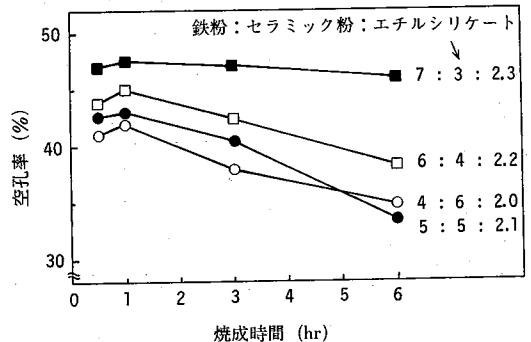


図7 焼成時間と空孔率

うにバインダーであるエチルシリケートの消失によるもので、空孔率はエチルシリケートの配合によって異なる。図7中の鉄粉：セラミック粉：エチルシリケートの配合比はスラリーが最適の流動状態を示すときの値である。空孔率は焼成による鉄粉の酸化鉄への変化による体積膨張のために、焼成時間と共にわずかに減少する。また図8に通気量の測定装置を、図9に測定結果を示す。図8に示すように通気量の測定は円筒試料の両底面の硬化層のうち、片側を除去して行った。これは実際の真空成形においては、型の背面の硬化層は除去して使用されるためである。通気量は焼成による硬化層の生成によって急激に低下する。焼成による空孔率の減少はわずかであることから、この通気量の低下は、硬化層でのセラミック粉と鉄粉の接着による流体抵抗の増加によるものと考えられる。しかし、通気量は吸引圧 0.5 kg/cm<sup>2</sup> の場合、0.5

研究速報

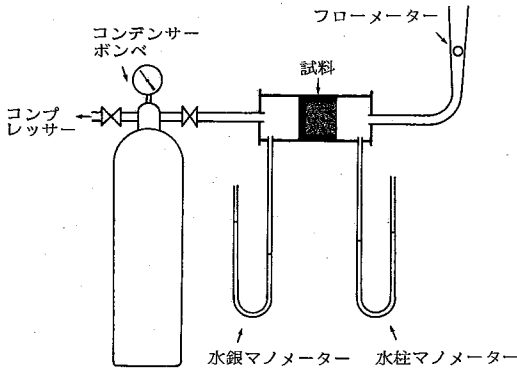


図8 通気量測定装置

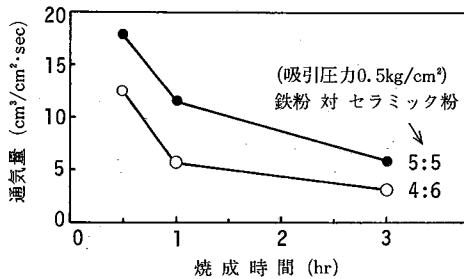


図9 焼成時間と通気量

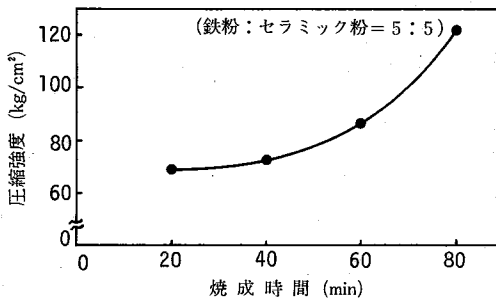


図10 焼成時間と圧縮強度

時間焼成で  $12 \sim 18 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ , 1時間焼成では  $3 \sim 6 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$  の値を有しており, 真空成形型として十分使用可能であると思われる。

図10に圧縮強度の測定結果を示す。圧縮強度の測定には  $\phi 29 \times 50 \text{ mm}$  の試料を用いた。したがって, この試料は表面硬化層と内部の未焼成層を含んでおり, ここで求めた強度は両者を含んだものとなる。焼成硬化層のみではこれよりかなり高い強度を示し,  $\phi 10 \times 20 \text{ mm}$  試料で行った実験では, 1時間焼成で試料全体が焼成硬化するため, 圧縮強度は  $170 \text{ kg}/\text{cm}^2$  となる。このように成形型全体の強度に比較して, 表層である焼成硬化層はかなりの高強度となるため, 型として使用した場合成形時の部分的な応力に耐え, 耐久性を増す効果を持つものと思われる。

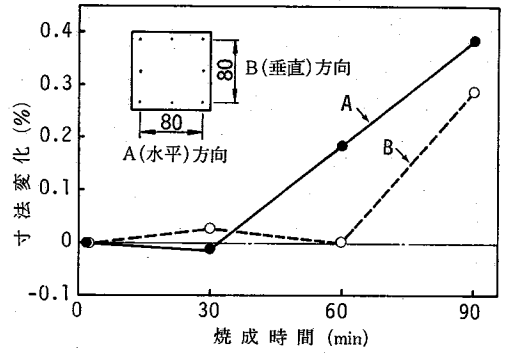
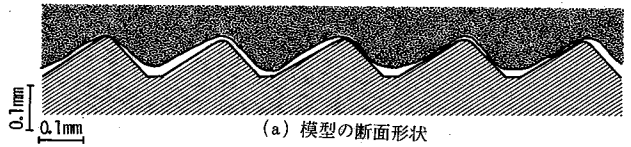


図11 焼成時間と寸法変化

(b) 型の断面形状



(a) 模型の断面形状

図12 形状転写性

表2 熱伝導率

鉄粉:セラミック粉	熱伝導率 (Kcal/m·h·°C)
4:6	0.789
5:5	0.976
6:4	0.733
7:3	0.822

る。

図11に焼成による寸法変化の測定結果を示す。前述のように酸化鉄の生成による体積膨張のためわずかに, 焼成によって伸びを示す。寸法増加量は当然焼成時間とともに大きくなり, 1.5時間焼成で  $0.3 \sim 0.4$  %程度の伸びを示す。伸びは焼成時の姿勢の影響を若干受け, 垂直方向 (B方向) より, 水平方向 (A方向) がやや大きな値を示す。

図12に型の形状転写性の実験結果を示す。(a)は模型の断面形状, (b)は型の断面形状である。0.1mm以下の微細な凹凸を忠実に再現することが確認された。なお, 模型形状とのわずかな差異は主に離型剤による影響と思われる。また, 表2に熱伝導率の測定結果を示す。熱伝導率は本型が多孔質体であるため, 金属に比較してかなり低い値を示すが, 金属フィラー入り樹脂とほぼ同程度の値を示している。

4. 成形実験

図13に示すような種々の形状を有するモデルを用い

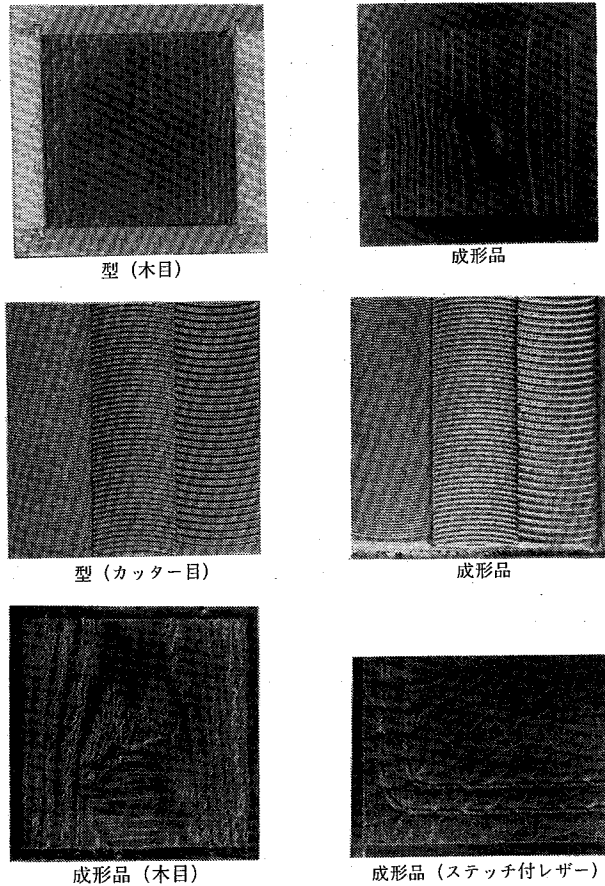


図 13 真空成形型と成形品

てセラミック型を試作し、成形実験を行った。モデル材質は金属、樹脂、木材などを用いたが、型製作時の離型に特に困難は生じなかった。試作型はいずれも 30~60 分焼成を行った後、背面の硬化層を取り除いて成形を行ったが、形状の再現性にすぐれた成形が可能であった。特に皮革製品のステッチ部、木目等の微細形状の成形再現性に優れていることが確認された。V ミゾ、皮革成形品の形状測定を行ったが、モデルと同一の表面凹凸深さを有していた。

## 5. 結 言

セラミック粉、鉄粉の粉末系材料を用い、これを消失性バインダーにより成形し、焼成することによって、通気性、形状転写性にすぐれ、かつ簡易に製作できる型を開発した。この型はその特性から真空成形型として最も

適すると考えられ、特に微細な形状を有する成形品に適用した場合、型製作の簡易さと形状再現性のすぐれた成形が可能であることの 2 つの利点を持つものと思われる。その他、この型はガス、水などの透過性を利用した種々の成形および成形法の改善に用いることが可能であろう。また、この型はセラミック系材料が主体であるため、800°C 程度の耐熱性を有しているため、アルミニウム鑄造用の耐久鑄型としても使用可能である。この場合でも通気性を利用した吸引鑄造を行うことによって、湯流れ、形状転写性の改善を行うことができる。<sup>1)</sup>

(1983 年 12 月 2 日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 柳沢, 野口, 中川: 鋼鉄維強耐久鑄型による吸引鑄造, 日本鑄物協会第 104 回講演概要集