プラスチック用表面加飾成型型の開発

野口 裕之*, 魏 杰*, 中川 威雄*
宮本 和彦**, 柳沢 章***, 今村 正人****

Development of Plastic Mold with Fine Surface Pattern for Polymer Forming

Hiroyuki NOGUCHI*, Jie WEI*, Takeo NAKAGAWA*
Kazuhiko MIYAMOTO**, Akira YANAGISAWA*** and Masato IMAMURA****

Key Words : Mold, Ceramic Mold, Permeable Mold

皮しばなど微細な表面加飾のためのプラスチック成型型は、これまで樹脂型、溶射型、鋳造型、電鋳型が使われてきた。筆者らはセラミックスの焼結による型やセラミックス鋳型を用いた精密鋳造による型の開発を行ってきたが、用途によっては従来型より優れた特徴をもつ型となり得る見通しを得た。

1. 転写による表面加飾型

プラスチック成形においては、表面を皮しばや布生地、木目等の仕上がりが要求される場合は少なくない。プラスチックは転写によって成形され

るため、型自体の表面には所要のパターンを反転した模様が彫られていなければならない。しかしながら天然模様を彫刻することは不可能であり、本物模様からの何らかの転写方法による他はない。プラスチック成形品の高度化と共に天然模様が採用される機会は増えており、さらに転写表面についても、その品質についてはますます高度なものが要求される。

転写による型製作法として簡便なものは、樹脂の流し込みによる樹脂型であるが、専ら真空成型型として用いられている。また厚めっきによる電鋳型も、真空成形やスラッシュ成形に用いられるものの、型製作に長時間を要し、射出成型型としては強度的にも問題があるとされる。溶射型についても溶射材料が軟質材に限られるため、耐久型には不適とされている。鋳造型としてはショウブプロセスや石こう型鋳造によるZn合金やAl合金があるが、表面加飾型としては転写性に問題があるとされている。鋳造型として精度と耐久性の面で満足ゆくものとしてベリリウム銅型がよく知られているが価格が高価で特殊な材料であるため誰でも製造できないのが難点とされている。

2. 真空成形用通気性セラミック型

2. 1 従来型

プラスチックシートの真空成型型ではしばしば

* 東京大学生産技術研究所 (〒106 東京都港区六本木7-22-1)

Inst. of Ind. Sic., Univ. of Tokyo (22-1, Roppongi 7-chome, Minato-ku, Tokyo 106)

** 三田工業(株) (〒540 大阪府大阪市東区玉造1-2-28)

Mita Industrial Co., Ltd. (2-28, Tamatsukuri 1-chome, Higashi-ku, Osaka 540)

*** 日本工業大学 (〒345 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1)

Nippon Inst. of Tech. (4-1, Gakuendai, Miyasiro-cho, Minamisaitama-gun, Saitama 345)

**** 新東工業(株) (〒338 埼玉県浦和市西堀4-6-10)

Shinto Kogyo Co., Ltd. (6-10, Nishibori 4-chome, Urawa-shi, Saitama 338)

図1 真空成形比較

加飾表面型が用いられ、かつその表面品質には高度の転写性が要求される。成型型に備えるべき特性は正確な反転模様を表面にもちかつ多数の空気抜き孔を有していることが必要である。従来は樹脂型、溶射型、電鋳型が使用されている。樹脂型は安価ではあるが熱伝導性が悪いのが問題であり、電鋳型は製造に長時間を要し、高価となる。いずれの型についても多数の空気抜き孔を配する必要がある。

2. 2 通気性セラミック型の製造法

微細な空気抜き孔を図1のように型の表面全体にもつ通気性の型で、かつ表面微細模様が転写されていれば真空成形用型としては理想的である。このような目的のもとに開発されたのが通気性セラミック型である。通気性セラミック型の製造法を図2に示す。あらかじめ製品モデルを準備しておき、これを転写して型をつくる点は、従来型と同じである。スラリー状にした原料粉末のスリップキャストリングを行い乾燥後焼結して型とする。原料粉末としてはムライト粉と鉄粉を用い、これをエチルシリケートに混ぜてスラリーとしている。

図3 通気性セラミック型の断面SEM写真

また乾燥体の強度を増すため無機または金属短繊維を体積で2%ほど混入している。

スラリー中のエチルシリケートはその後乾燥および焼結工程で除去され図3に示すような空孔として残存し型に通気性を与える。また焼結は空气中約900℃で行われるが、鉄粉は焼結中に酸化していわゆる酸化焼結が行われる。焼結による収縮と酸化焼結による膨張が互いに打ち消し合い、結果として0.4%以下の膨張に抑えた焼結体を得られる。この時酸化焼結による膨張により空孔は減るものの、全体として体積で20～30%の空孔が残存する。このようにこの型はスリップキャストリング法による粉体の焼結体できている。寸法変化が少なく結果として通気性が存在するにもかかわらず、かなりの圧縮強度を有する特徴を持つこととなる。この型の圧縮強度は約700kg/cm²で、真空成形や圧空成形に対しては十分な強度を有している。

図2 通気性セラミック型の製作工程

2. 3 真空成形用通気性セラミック型の特徴

このようにして製造できる通気性セラミック型の利点をまとめると以下になる。

(1) 天然表面模様

モデル型の表面に天然材を使用することにより、天然材の表面転写型が得られる。

(2) 微細模様

使用する粉末の粒度を微細化することにより、表面微細化模様の転写型が得られる。

(3) 高転写性

型全体に通気性を有し、全表面が通気孔に覆われているため、微細模様や深い凹部にわたっても良好な転写性をもつ。

(4) 高強度

酸化焼結のため多孔質材にもかかわらず、真空成形に必要とされる十分な強度を有している。

(5) 高寸法精度

焼結体にもかかわらず、寸法精度は高く、型としての使用に問題は少ない。

(6) 耐久性

耐摩耗性は高く耐久性は良好である。

(7) 低コスト・短納期

モデルが準備された後の製造工程は簡易であり、型製造は短納期、低コストがはかれる。

(8) 同一型の繰返し生産

転写型であるため多数個同時成型型や予備型、追加型の生産に適している。

一方開発後の問題点として以下の点が指摘されているが、そのうちいくつかは適切な対策が講じられている。

(1) 低熱伝導性

熱伝導率が低く成形サイクルが遅くなる問題点があった。これに対してはスリップキャスト時にあらかじめ冷却管を内部に配置することにより、金属成型型並の成形サイクルが得られている。

(2) 凸部破損

鋭く突った凸部に圧縮力がかかり成形時に破損する場合があることに対しては、型の凸部に局部的に金属を使った内部補強を行うことにより解決できている。乗用車用ドアトリム成形におけるきめ込みを伴う成型型がそれである。

(3) 通気性の劣化

煙が発生するような成形条件下では量産中に空孔のつまりが認められたが、洗浄または再加熱により付着物を容易に除去でき再利用できることが確認されている。

(4) 型の修正難

不注意による型の表面模様の破損に対しては、手作業で修正せざるを得ないが、大きな損傷に対しては困難である。この点は他の天然模様の転写型においても存在する共通問題点である。

(5) 高寸法精度型

焼結法による膨張をあらかじめ見込んでおいたとしても、寸法精度の著しく高い型の製作は困難である。

2. 4 通気性セラミック型の応用

本来この型は真空成形に開発されたものであり、応用例はプラスチックシートの真空成形、圧空成形が中心である。モデル表面が正確に転写されることが評価され、従来の樹脂型では満足できない主として転写品質の高級なものを中心として使用されるようになってきている。皮しばやステッチ模様が多いが、木目や布模様もある。応用例としては、大きなものはドアトリム、インパネなど車の内装成形型、電器OA機器のケース等多岐にわたっている。特に皮しばなどでは、型表面に微細粉末形

図4 通気性セラミック型による真空成形品例

図5 ゴムの圧縮成形品例

状が残っているためつや消し状の表面が得られ、一層の高級感が得られる点が評価されている。図4に実験的に試作した幾つかの真空成形品の例を示す。この他通気性が利用できる成形法としては、ゴム成形がある。図5に成形例を示すが、ゴムの圧縮成形では空気抜きが不可欠であり、この型では型内の空気は自然に抜け出すこととなる。実験によればゴム成形型としてはやや型強度が不足するため、型が破壊しない範囲内で適用可能であり、表面に微細形状の創生を必要とする成形においては最適な型であろう。

3. 吸引精密鑄造による表面加飾射出成形金型

3. 1 吸引精密鑄造による製造法

さて天然模様を表面にもつ表面加飾成形用射出成形型としては、専ら電鑄型、ベリリウム銅型が用いられている。いずれも高価な金型であり、同等な金型を早く安価に製造するプロセスの開発が望まれていた。前節で述べた通気性セラミック型の型材は金属複合材であり、ある程度の耐熱性を

もっている。この型を鑄型として用い、金属材料を鑄造することができれば表面加飾した射出成形用金型として利用できるはずである。もちろんその際鑄造により表面模様が微細に転写できる精密鑄造を行うことが前提である。精密鑄造法としては前述のように鑄型自体の表面の精密模様を確保すると共に、鑄造時の精密転写を可能とするため吸引鑄造を採用する。

金型の製造法を図6に示そう。先ずモデルをシリコンゴムに反転し、このゴム型に通気性セラミック型と同様のセラミックス粉（ムライト粉）と金属粉（鉄粉）をバインダー（エチルシリケート）で溶いたスラリーを流し込み成形固化する。この時の鑄型材の成分の一例を表1に示す。

3. 2 表面模様の転写状況

鑄造される型材としては亜鉛合金、Al合金、高力黄銅など鑄造性の良好な金属が適している。鑄造時の吸引により転写性は著しく向上し、微細模様も正確に転写される。図7に三角溝の転写状況を示すが、無吸引では微細溝がほとんど転写されていないのに対し、吸引鑄造では微細溝のほぼ完全な転写が実現している。この吸引鑄造ではショウプロセスのように鑄型の微細き裂の転写の問題や、石こう鑄型のような表面はく離や結晶粒の粗大化等の表面欠陥の問題も生じないことが確認さ

表1 鑄型材料

材 料 名	配 合 率
鉄 粉：平均粒径41 μm	39.4wt%
ムライト粉：平均粒径34 μm	39.4wt%
ガラス繊維：φ10×100 μm	4.0wt%
バインダー：エチルシリケート	17.2wt%

図6 通気性セラミック型によるプラスチック用表面加飾成形型の製作工程

表 2 各種金型材の硬さ

型 種 類	硬さ(HRB)
亜鉛合金 (ZAS-C)	66
アルミ合金 (AC 3 A)	75
アルミ合金 (AC 4 D)	116
高力黄銅 (CMS-3)	183

図 7 三角溝の転写状況 (材質 : AC 4 D)

図 8 鋳造型の皮しば転写状況

れている。

図 8 に鋳造型の皮しば表面の状況を示すように、天然の皮しばがほぼ完璧に近い状態で金型に転写されている。これまで鋳造に成功した金型材の硬さを表 2 に示すが、特に高力黄銅が鋳造できることにより、鋳造射出成型型の耐久性は大幅に向上し、さらに鏡面みがき面も量産可能となった。

3. 3 吸引精密鋳造金型の特徴

今のところこの型は実験的段階といえるが、モデルから精密転写鋳造によって製造する表面加飾成形型の特徴を以下に列挙しよう。

(1) 表面精密加飾

皮しばなど天然表面模様を精密に加飾した金型

が吸引鋳造により安価にかつ迅速に製造できる。

(2) 高耐久性

生産量の多少に応じ金型材質を選択できる。特に高力黄銅型を使用すれば大量生産も可能である。

(3) 型材として高力黄銅を使用すれば、亜鉛合金金型などで短いとされていた鏡面みがき面の耐久性の問題は解決する。

(4) 良被削性

これら金型材の被削性はいずれも良好であり、部分的な表面加工や取り付け部の面や穴加工も容易である。

これらの金型の用途としてはプラスチックの射出成形、スラッシュ成形、圧縮成形などが考えられているが、問題点としては以下のものがあげられよう。

(1) 大型型への適用

亜鉛合金型については問題は認められなかったものの、Al合金、高力黄銅型の大型で鋳造欠陥が生じないかどうかは未確認である。

(2) 寸法精度

鋳造における収縮が外径寸法で 1 ～ 3 % 生じ、これを見込んでモデルを製作しなければならない。また寸法のバラツキ等精度の問題も不明である。

(3) 鋳造ノウハウ

新しい鋳造法であり、鋳造法案など鋳造ノウハウの収集はこれからの課題である。

4. おわりに

粉末のスリップキャスティングを行い、これを利用してプラスチック成形用型を製造するというのは新しい試みである。このセラミック型はいわばファインセラミックブームに刺激されて生れたものと言える。開発当時はセラミックに金属粉を混入する試みや、従来は鋳型として考えられてい

たセラミック型を成形用本型として利用するなど
の試みに対し新鮮に受けとめられたものである。
通気性型はプラスチックの真空成形用に実用化さ
れているが、最初の目標は金属鑄造用耐久鑄型と
して開発を進めていたものであり、開発過程で偶
然のことから通気性がありこれを利用できること
がわかったものである。その意味で後半の射出成
形用の鑄造による金型は本来の鑄型の研究に戻る
と共に通気性を利用し吸引精密鑄造法を確認した
ものである。

この吸引精密鑄造法は今のところ精密表面を得
る最高の鑄造法であり、金型製造ばかりでなく一
般の鑄造法としての期待も大きい。これらの型製
造法においては、使用粉末を微細化することによ
り、より一層の微細表面をもつ型の製造が可能で
ある。型表面の微細化の研究成果の一例として図
9にレコード盤の表面を転写した型を示す。肉眼
では判別し得ない微細溝の転写もこの程度まで可
能になってきている。今後は鑄造による金型の実
用化をはかると共に、一般機械部品の精密鑄造の
分野への展開も考えてみたいと思っている。

(1990-3-7 受理)

参考文献

- 1) 柳沢 章, 野口裕之, 中川威雄; 精密工学会誌, 53, 91 (1987)
- 2) 野口裕之, 小山, 今村正人, 柳沢 章, 中川威雄; 型技術, 3, (7), p.146 (1988)

図9 表面微細化通気性セラミック型
(500℃焼成, マスター: レコード盤)

- 3) 魏 杰, 宮本和彦, 野口裕之, 中川威雄; 型技術, 4, (7), p.130 (1989)
- 4) 野口裕之, 魏 杰, 宮本和彦, 中川威雄; 型技術, 4, (7), p.132 (1989)
- 5) 魏 杰, 宮本和彦, 中川威雄, 野口裕之; 1989年度精密工学会春期大会学術講演会講演論文集, p.1017
- 6) 宮本和彦, 魏 杰, 中川威雄, 今村正人; 1989年度精密工学会春期大会学術講演会講演論文集, p.1019
- 7) 魏 杰, 宮本和彦, 野口裕之, 中川威雄; 1989年度精密工学会秋期講演会論文集, p.713
- 8) 宮本和彦, 魏 杰, 今村正人, 中川威雄; プラスチック成形加工学会第1回年次大会講演論文集, p.103 (1989)
- 9) 今村正人, 宮本和彦, 魏 杰, 中川威雄; 平成元年度粉体粉末冶金協会講演概要集, p.78
- 10) 野口裕之, 宮本和彦, 魏 杰, 中川威雄; プラスチック成形加工学会第1回年次大会講演論文集, p.107 (1989)