

特 集 10
研 究 速 報

光造形モデル転写によるステンレス溶射金型

Stainless Steel Spray Tool Transferred from the Original Model of Laser Stereolithography

張 海 鷗*・中 川 威 雄*

Hai-Ou ZHANG and Takeo NAKAGAWA

1. はじめに

光造形法のような画期的なプロトタイプング技術が出現して以来、迅速簡易型への応用としてソフトツーリングを中心とした研究開発が行われてきた¹⁾。最近粉末焼結等の直接法が実用化され、ハードツーリングへの期待が高まってきた²⁾。一方、従来より積層造形モデル転写による間接法もあるが、その中で溶射を利用した金属型が溶射法そのものの使用材料に制約されず、しかも迅速に製作が可能のためハードツーリングの有望な手段として大きく期待されている³⁾。

しかしながら、通常の溶射法では光造形法等による積層モデルの耐熱性が不足するため、亜鉛等の低融点金属の溶射しか適用できないとされ、耐磨耗性の面で少量生産型しか適用できないのが問題であった。一般の溶射金型の製作においてはこれまで耐久性のある射出成形型への適用が課題とされ、筆者らは、表面に天然シボ模様を持つ射出成形金型製作を溶射で行い、しかも耐磨耗性を有するステンレスやタンダステンカーバイド表面を持つ溶射金型の研究を行い、すでにその可能性を確認している^{4,5)}。本報ではこの新開発技術を応用し、光造形モデルから量産射出成形のためのステンレス溶射金型を試作したのでその結果を報告する。

2. ステンレス溶射金型の製法

ステンレスのような高融点金属材料を通常の樹脂モデルに溶射することは、モデルを損傷するため不可能とされている。そこで、図1のように積層造形により製作したマスターモデルから、2回の転写工程を経て耐熱性の高いセラミック系被溶射原型を準備する。

この原型は溶射金属の附着性を向上させるため、金属

*東京大学生産技術研究所 第2部

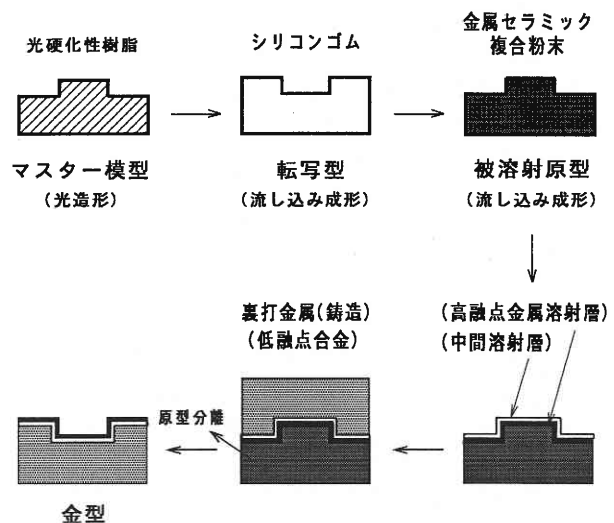


図1 製作プロセス概要

粉を適量混合したセラミック・金属複合材料を用い、粉末スラリーキャストによりシリコンゴム型より反転し製作する。溶射層はプラズマ溶射でステンレス表層を、さらに中間材としてガス溶射でスズ溶射中間層を形成する。その後熱変形の少ないピスマス合金を鑄造してバックアップ材とする。最後にセラミック系原型を破壊除去し金型は完成する。

3. 金 型 製 作

(1) 被溶射原型の作製

原型材料は鉄粉とムライト粉の複合粉末を主成分とした。

製作過程はアルコールを主成分とする消失性バインダを用いた混合粉末の流し込みによる成形、さらに乾燥、焼成からなっている。この工程は通気性セラミック型の製法⁶⁾と同じである。高融点材料の溶射を可能とする

研究速報

耐熱性、溶射材料が付着しやすい親和性、溶射層から分離しやすい分離性、高い寸法精度等の諸性質を合せ持つ原型は、適切な粉末混合比と焼成条件を用いることにより得られた。表1に使用した原型材料とバインダ及び焼成条件を示す。

表1 被溶射原型の製作条件

原型材料(wt%)	鉄粉5 [*] /ムライト粉5(-75 μ m)
バインダ	エチルシリケート
乾燥温度(°C)	180
焼成温度(°C)	500(0.5hr)

(2) 溶射層の創製

①溶射材料 広範囲のプラスチック材料の射出成型型材に適切なものとして、耐食性及び耐磨耗性の良好なマルテンサイト系 SUS431 (16% Cr - 2% Ni - 0.2% C - Fe 残) ステンレス鋼粉末を選択した。

②溶射装置 溶射因子の組合せが広範囲に調整できるため、溶射層の付着可能な条件を見付けやすく、しかも高品質の皮膜が得られるプラズマ溶射装置 (メテコ製 9MB 溶射ガン) を使用する。

③溶射条件 溶射条件としては剥離しない条件の選択は最も重要である。溶射層の剥離現象は溶射層の温度上昇を極力抑制することによって回避することが可能である。適正溶射条件としては、剥離発生の防止を第1に考慮し、さらに溶射層の品質を考慮し表2のような条件を選択した。

表2 試作に用いた溶射条件

入力パワー(kw)	24
溶射距離(mm)	32
粉末供給速度(g/min)	150
溶射ガン移動速度(mm/s)	700
冷却圧力(kgf/cm ²)	4

(3) バックアップ

①バックアップ材料 射出成型金型用バックアップ材料として、機械的性質と熱伝導性の良い金属が適切である。これを前提に溶射層との親和性が良く、かつ熱膨張係数の値が小さいことも必要であり、熱変形が小さいので高精度の鋳造品が得られるビスマス合金 (50% Bi - 45% Sn - 5% Sb) を使用することとした。

②バックアップ 一般に溶射金属の表面酸化のため溶射層と鋳造バックアップ合金間の強い接合が妨げられる。しかも高融点金属溶射層では、低融点溶射層の場合に比

べ接合は一層難しくなる。この接合性の向上のため、鋳造バックアップ材との親和性の良好な中間材を介在させることとした。

つまり、両者の間にビスマス合金と親和性の良好なスズを溶射し、このスズ中間溶射層を介してステンレス溶射層を鋳造によって合金と接合する方法を採用した。

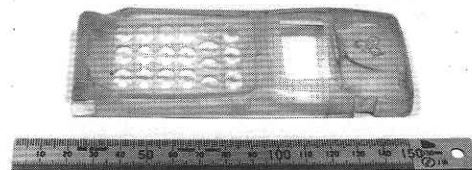
(4) 被溶射原型の分離

バックアップした後、被溶射原型を溶射層より分離して、金型が得られる。バックアップした後の原型を不要なものとして破壊したが、原型の表面材が部分的に溶射材と付着している場合もある。そのためソフト投射材を用いるブラスト法により表面仕上げを行った。

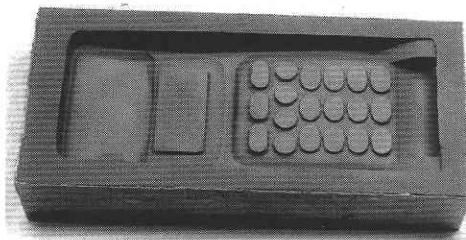
(5) 金型試作例

これまでに述べてきた製造法により携帯電話ボックスのステンレス溶射金型を試作した。その光造形モデル及びモデルを転写した溶射金型の試作品を写真1に示す。

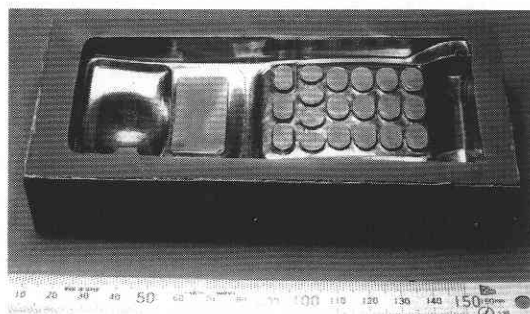
金型の溶射表層硬さは約 Hv350 である。モデルに比較し



光造形モデル



原型分離後

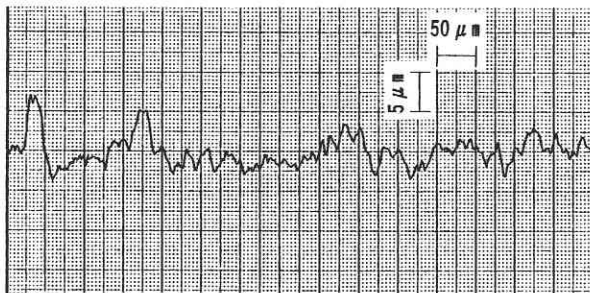


研磨後の金型

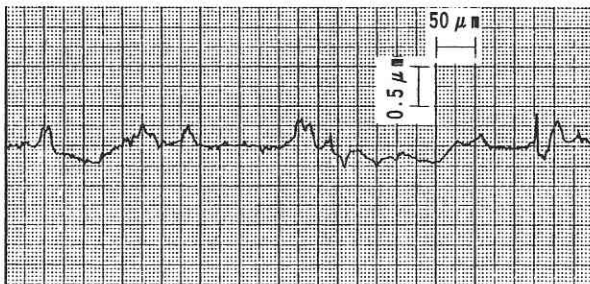
写真1 光造形モデルと金型試作品

表3 研磨前後の表面粗さ (μm)

入力パワー(kw)	24
溶射距離(mm)	32
粉末供給速度(g/min)	150
溶射ガン移動速度(mm/s)	700
冷却圧力(kgf/cm ²)	4



(a)研磨前



(b)研磨後

図2 研磨前後の型表面粗さ曲線

て寸法は約0.3%収縮したが、そのほとんどは粉末スラリーの硬化および乾燥工程で生じた。また、溶射層表面を240 # ~ 1500 # までのエメリペーパーで粗研磨、バフでポリシングした後層の表面粗さを測定し金型の鏡面仕上げ可能性を調べた。

表3は各表面粗さで、図2は研磨前後の表面粗さ曲線である。型表面をRaで0.2 μm まで鏡面仕上げできる。

一方、本研究では、金型の射出成形実験を行わなかったが、天然シボ加飾溶射金型を用いた射出成形実験結果によれば4)、400 kgf/cm² ~ 1000 kgf/cm² の射出成

形圧力の条件下に型溶射層の剥離や破壊が発生せず問題なく射出成形が行えている。

4. 結 論

新しく開発したステンレス溶射金型製作法を光造形モデルからのラピッドハードツーリングに応用し以下の結果を得た。

(1) 積層造形モデルからステンレス表面を持つ射出成形用溶射金型が製造可能であった。

(2) その寸法は、0.3%の収縮が見られたが、この値は原型の乾燥収縮によるものであり、あらかじめこれを見込んだモデルを準備すればこの収縮誤差をもっと減らすことはできる。

(3) 表面微細形状転写能力は、既にシボ型で確認されているが、鏡面を必要とする溶射金型の表面粗さは仕上げ前でRaで1.4 μm 、研磨後は0.2 μm であり、射出成形用金型として使用できる範囲に達している。

以上のように積層モデルが急速に一般化しつつある中で、転写法による耐久性のある溶射金型が製作できることが確認された。他のラピッドツーリングに比べて多くの利点を持つ溶射金型がであるため、今後この成果が広く活用されることを期待している。

(1997年6月17日受理)

参 考 文 献

- 1) 中川威雄, 丸谷洋二: 積層造形システム—三次元コピー技術の新展開, 工業調査会, P.15, 1996年11月.
- 1) 中川威雄: 型技術, Vol.12, No.7, 1997.6.
- 3) UK & International Press: Prototyping Technology International'97.
- 4) 張海鷗, 中川威雄: 生産研究, 48-4 (1996), 46.
- 5) H, O. Zhang, T. Nakagawa: The Third Asia Pacific Conference on Materials Processing, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 12-14 November 1996. Journal of Materials Processing Technology, Vol.63, No. 1-3, PP. 899-901, Jan. 1997.
- 6) 柳沢 章, 野口裕之, 中川威雄: セラミック・金属粉末焼結による通気性成形型—型特性とプラスチック真空成形への適用—, 精密工学会誌, 53 (1987) 1, 91.