

## 微小構造体創製のための鑄造技術の開発

矢澤貞春\*<sup>1</sup> 岡田健司\*<sup>2</sup> 安田 広\*\* 神田雄一\*\*\*

### Study of Micro-Fabrication by Casting and Sintering Process

YAZAWA Sadaharu\*<sup>1</sup>, OKADA Kenji\*<sup>2</sup>, YASUDA Hiroshi\*\*, KANDA Yuichi\*\*\*

#### 抄録

微小な樹脂模型等をもとに鑄造部品・粉末焼結部品を作製することを試みた。粉末焼結の場合、より平均粒径の小さい金属粉末を用いることにより、形状の転写性が良くなり、また鑄造品の場合は、鑄型温度・注湯温度を高い状態で注湯することにより、微小な部分にも注湯可能なことが分かった。

キーワード：鑄造，粉末冶金，粉末焼結

#### 1 はじめに

近年、微細加工技術の進展により、ミクロンオーダーの形状の加工(切削、研削、ビーム加工等)が可能になってきている。現在の研究では、Si(シリコン)をベースとした素材で半導体技術を応用して作製されたものが多いが、今後は、平面的な形状だけでなく、より自由度の高い形状を作製できる鑄造的手法の開発が求められることが考えられる。そこで、本研究においては、微細な形状を鑄造的手法(粉末冶金的手法も含めて)により創製する技術を開発しようとするものである。

#### 2 研究内容・実験方法

##### 2.1 粉末冶金的手法を用いた金属微小構造体の創製

###### 2.1.1 粉末冶金的手法について

粉末冶金的手法は、鑄型(または金型)に、金

属粉末とバインダーを混練したスラリーを流し込み、焼結炉中で焼結を行い、金属構造体を作製する手法である。

今回は、微小な光造形模型・樹脂成形模型をもとに、鑄型を作製し、鑄型の空洞部に金属粉を充填し粉末焼結品を作製することを試みた。

###### 2.1.2 光造形模型の作製

本研究で用いた光造形模型は、光造形装置(3D Systems 社製, SLA3500)で造形した。使用した樹脂は、エポキシ樹脂(ハンツマンアドバンスドマテリアルズ製, SL7560)である。造形の積層ピッチは0.15mmで、造形後、表裏合計1時間ポ



ストキュアを行った。 **図1 試験用光造形模型**  
(図1の円柱(最下段は円錐台形状)の底面の直径は上段から 0.5,1.0,2.0,3.0,4.0mm)

###### 2.1.3 鑄型の作製

内部を八ニカム構造にした光造形模型(図1)にワックスで作製した湯道等を取り付け、ポリプロピレン製容器(25×45mm)中にセットし、

\*<sup>1</sup> 材料技術部

\*<sup>2</sup> 材料技術部(現 新三郷浄水場)

\*\* (株)田口型範

\*\*\* 東洋大学工学部

耐火材スラリー(表1)を流し込んだ。約12時間後、焼成炉に入れ、650℃、1時間焼成を行い、模型を消失させた。

表1 耐火材スラリーの組成

	スラリー1	スラリー2
耐火材	ジルコニア	アルミナ
粘結剤	エポキシ樹脂加水分解液	
硬化剤	アルカリ性硬化剤	

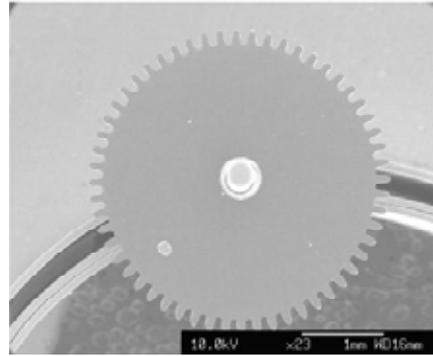


図3 微細な樹脂模型

2.1.4 金属粉スラリーの作製・充填

各種金属粉(Cu粉:平均粒径2.5μm, Cu粉:平均粒径1.5μm, SUS316L粉:平均粒径4.0μm)に流動性を付与させるために、エタノール等有機溶媒を加えた後、振とうして一時的に分散状態になった金属スラリー(図2参照)を、2.1.3で作製した鑄型中に流し込み、鑄型の下部から真空ポンプで吸引しながら充填を行った。

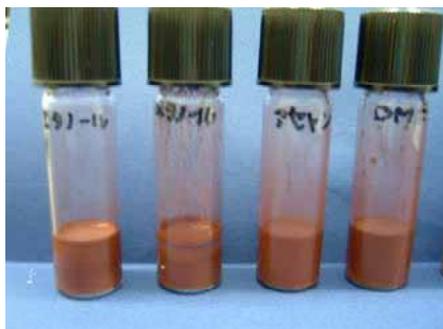


図2 金属粉(Cu:平均粒径1.5μm)の分散状況(溶媒エタノール)

ロストワックス鑄造法的手法を用い、微細な樹脂模型等をもとに、主に石こうで鑄型を作製し、鑄型の空洞部に金属溶湯を流し込み鑄造品を作製することを試みた。

2.2.2 鑄型の作製

微細な形状を含む鑄型の湯流れを調べるために、格子状(20×20mm)の光造形模型を作製した(図4)。この模型を、円錐状のゴム台に取り付け、フラスコリング(60×70mm)をかぶせた後、耐火材スラリー(石こう)を流し込んだ。約12時間後、焼成炉に入れ、図5の焼成パターン<sup>1)</sup>で焼成し、模型を消失させた。

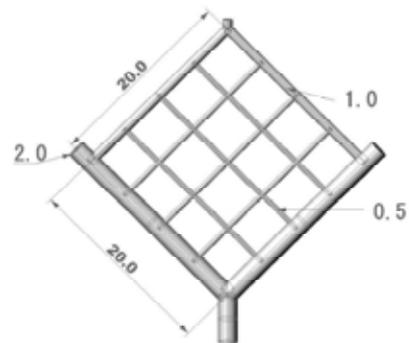


図4 湯流れ試験用光造形模型

2.1.5 金属の焼結

2.1.4で作製した鑄型を、高温雰囲気炉(株モトヤマ,SHA-3045F-SP)に入れ、窒素気流下にて、金属粉が銅粉の場合は1000℃、SUS316L粉の場合は1200℃で、1.5時間焼結した。

2.1.6 微小模型用鑄型の作製

微細な形状の樹脂模型(図3)を転写するため、鑄型内の空洞部に、銀スラリーを注入し、電気炉中にて、加熱した。

2.2 鑄造による金属微小構造体の創製

2.2.1 鑄造による手法について

2.2.3 溶解実験

2.2.2で作製した鑄型を用いて、亜鉛合金(Zn-Cu)を、鉄製とりべで溶解し注湯を行った。また、アルミニウム合金(AC2B)を黒鉛るつぼ中で溶解し、注湯を行った。

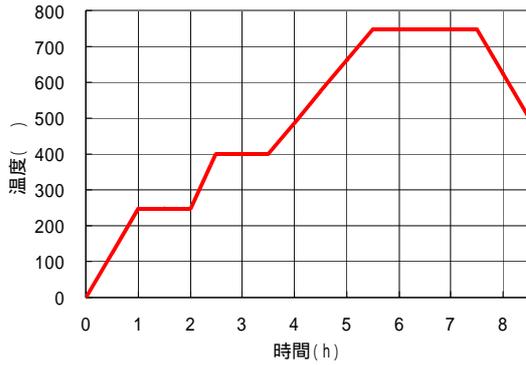


図5 焼成パターン

2.2.4 微小模型

図3に示す微細な模型樹脂模型等を用いて、2.2と同様な方法で鋳型を作製し、亜鉛合金(ZDC2)を注湯した。

3 研究結果

3.1 粉末冶金的手法を用いた金属微小構造体の創製

3.1.1 銅粉の焼結

銅粉末の平均粒径が 2.5 μmの焼結品(図6)と 1.5 μmの焼結品(図7)の場合を比較すると、平均粒径の小さい方が形状の転写性が良好であった。また、SUS316L 粉末(平均粒径 4.0 μm)の焼結温度・焼結時間による影響比較すると、図8のとおり、焼結温度の高い場合の方が、また、焼結時間の長い方が転写性が良好であった。



図6 銅粉(2.5μm)焼結品



図7 銅粉(1.5μm)焼結品

また、表1に示すスラリー1、スラリー2に示す耐火材等で、鋳型を作製した場合、図1の光造形模型の、転写性はほぼ同等であった。

焼結温度 焼結保持時間	焼結温度	
	1100	1250
0.5時間	1100°C 0.5h	1250°C 0.5h
1時間	1100°C 1h	1250°C 1h

図8 焼結品(SUS316L)の焼結温度・焼結時間による影響

3.1.2 金属の焼結(微小模型)

微小な形状の焼結品は、図9のとおり、形状をほぼ正確に転写していたが、模型を取り出す際に焼結品が一部崩れる場合があった。



図9 微小焼結品

3.2 鋳造による金属微小構造体の創製

3.2.1 溶解実験結果

鋳型温度を変化させて、亜鉛合金を 600 で注湯した充填率の状況を図10(鋳造品は、図12)に示す。鋳型温度が亜鉛合金の融点より高い場合には、湯回り率の高いほぼ完全な鋳造品が得られるが、鋳型温度が低い場合には、ばらつきが多く、充填率は低くなっている。

また、注湯温度、鋳型温度を変化させて、アルミニウム合金(AC2B)を注湯した充填率の状況を図11(鋳造品は、図13)に示す。亜鉛合金(ZDC2)と同様、鋳型温度がアルミニウム合金の融点より高い場合には、湯回り率の高いほぼ完全な鋳造品が得られるが、鋳型温度が低い場合でも、溶湯温度が高い(850)場合には、鋳型温度がアルミ

ニウム合金の融点より低くても、湯回り率は高くなっている。

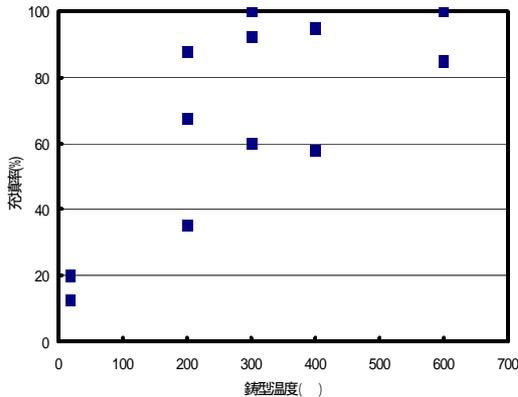


図10 亜鉛合金 ( Z D C 2 ) の鑄型温度と充填率

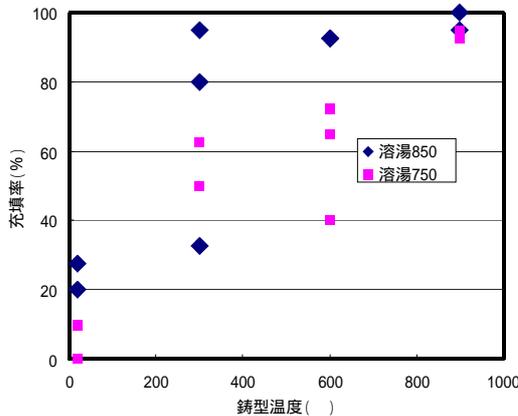


図11 A 1 合金 ( A C 2 B ) の鑄型温度と充填率

このことから、鑄型温度を注湯する金属の融点より高くし、かつ、注湯温度を高くすれば、微細な形状部分にも溶融金属を充填することが可能であると思われる。



図12 Zn合金鑄造品

( 型温度 6 0 0 )



図13 A 1 合金鑄造品

( 型温度 8 0 0 )

### 3.2.2 微細模型鑄造品

微細な樹脂模型を用いて、作製した鑄造品の状況を図 12 に示す。高温で注湯しているため、ガスが発生したためか、鑄肌がやや悪い傾向にあるが、形状はほぼ転写していた。

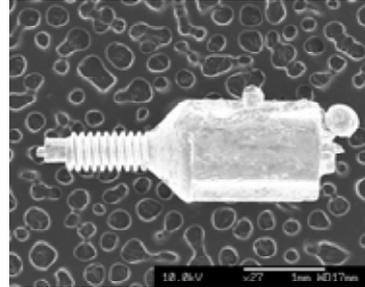


図14 微細形状模型をモデルにした鑄造品

## 4 まとめ

(1) 微細な樹脂模型等を用いて作製した鑄型に、金属粉末のスラリーを流し込んで、焼結品を作製したところ、金属粉が微細であるほど、転写性が良好であることが分かった。

(2) 微細な樹脂模型を用いて石こう等で鑄型を作製し、鑄型・溶湯ともに融点より高い温度で注湯すれば、微細な形状の場合でも、鑄造品を作製可能であることが分かった。

## 謝 辞

本研究にあたり、貴重な微細な模型の提供をいただきました(株)樹研工業様、また、金属スラリーの検討過程において、溶剤等の御提供をいただきましたヤスハラケミカル(株)様に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 諏訪小丸:ジュエリーキャストイングの基本と実際, 柏書店, (2001)57