

研究ノート

# 金属粉末射出成形法・燃焼合成法による形状記憶合金部品の開発

片岡泰弘\*<sup>1</sup> 黒沢和芳\*<sup>1</sup>

## Development of Shape Memory Alloy by Combustion Synthesis and Metal Injection Molding Process

Yasuhiro KATAOKA and Kazuyoshi KUROSAWA

金属粉末射出成形法と燃焼合成法を組み合わせ手法により、TiNi系形状記憶合金部品の作製を試み、原料粉末の性状が射出成形体及び燃焼合成品に与える影響について調べた。

また、仕上加工としてショットピーニング法を適用し、その効果について検討した結果、以下の知見を得た。

- 1) 原料粉末にTiNi合金粉末を用いた場合、脱脂時の保形性が悪かった。他方、Ti/Ni混合粉末を用いた場合、保形性が良かった。これは、原料粉末の形状と大きさによるものと考えられる。
- 2) Ti/Ni混合粉末は、44.9vol.%のバインダーを含むにもかかわらず、燃焼合成可能であり、合成後の生成相は、TiNi合金単相であることが判明した。
- 3) 仕上加工にショットピーニング法を用いた場合、表面圧縮残留応力の上昇、表面あらさの改善、表面の封孔効果を確認できた。

### 1. はじめに

燃焼合成法の医療・福祉機器部品への応用として義足等に用いられる形状記憶合金製継ぎ手を試作し、熱処理時間の短縮を試みた。また、ニア・ネット・シェイプが可能な金属粉末射出成形法を用いて燃焼合成前の成形体を作製した。これにより、仕上加工が最小で済む。

さらに、品質の向上を目的として、金属部品の表面改質法の一つであるショットピーニング法<sup>1)</sup>を採用した。

以上の目的により、形状記憶合金部品の製造方法を検討したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 原料粉末及び射出成形

実験に用いた原料粉末のSEM像を写真1に、バインダーとの配合比を表1に示す。原料粉末は、Ti/Niの混合粉末であり、変態温度が60になるように配合比を設定した。原料粉末は、燃焼合成したTiNi合金粉末である。これらの粉末にバインダーを44.9vol.%添加し、ラボプラストミルにより加熱混練し、射出成形機を用いて、リング状の試料(外径31mm、内径25mm、

幅18mm)を表2の条件にて射出成形した。

#### 2.2 脱脂

射出成形体は、雰囲気脱脂炉を用いて加熱分解法により脱脂した。脱脂パターンを図1に示す。なお、雰囲気は、工業用窒素を用い、流量は2500cm<sup>3</sup>/minとした。

#### 2.3 燃焼合成

脱脂体は、高温雰囲気炉を用いて1200で燃焼合成した。燃焼合成パターンを図2に示す。なお、雰囲気は、真空下(1~5×10<sup>-5</sup>Torr)で行った。

#### 2.4 仕上加工

燃焼合成品の表面に、粒度#300の硬質ビーズを噴射圧力0.4MPaでショットピーニングした。こうして得られた試料について、X線回折、SEM

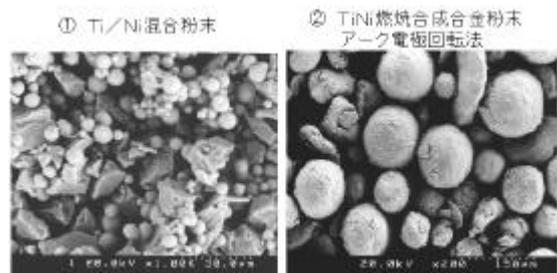


写真1 原料粉末のSEM画像

\*1 加工技術部

表1 原料粉末の配合比

種類	vol. %	
	混合粉末	合金粉末
金属粉末		
Ti	24.7	-
Ni	30.3	-
TiNi	-	55.1
バインダー		
低分子ポリプロピレン	5.1	5.1
ポリスチレン	20.0	20.0
アクリル樹脂	10.8	10.8
ステアリン酸	2.3	2.3
アミノ酸系機能性粉末	2.2	2.2
ジオクチルフタレート	4.5	4.5

表2 射出成形条件

射出圧力	射出2次圧		射出1次圧		
	35%(48.7MPa)		93%(67MPa)		
射出速度	2次圧速度		射出速度2		射出速度1
	35%		90%		95%
	9.45cm <sup>3</sup> /sec		24.3cm <sup>3</sup> /sec		25.65cm <sup>3</sup> /sec
スライ位置	カクシ	2次圧切換		射出速度1 計量	
	4.9mm	6.5mm	10mm	34mm	7mm
シリンダー温度	ノズル側	1	2	3	4 射口側
		175	170	170	165
スライ回転	10.4 rpm				
スライ背圧	3.1 MPa				

観察、X線残留応力測定、DSC測定を行い、原料粉末の影響、ショットピーニングの効果について検討した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 原料粉末と脱脂体形状

写真2は、脱脂後の試料形状を示す。この結果から、原料粉末の混合粉末においては、良好な脱脂体を得ることができた。他方、原料粉末の合金粉末においては、脱脂により大きく変形した。これは、原料粉末の場合、製法上、粒径が0.1~0.2mmと比較的大きく、かつ形状が球形に近い場合、脱脂時の保形性が悪いことが原因と考えられる<sup>2)</sup>。

#### 3.2 脱脂体の燃焼合成特性

写真3は、燃焼合成後の試料形状を示す。この結果から、原料粉末について、得られた脱脂体の燃焼合成を行ったところ、燃焼合成による試料形状の変化は認められなかった。また、図3は、X線回折装置により、生成相を分析した結果を示す。この結果、燃焼合成によりTiNi合金単相になっており、バインダ成分が燃焼合成の生成相に悪影響を及ぼさないことが分かった。

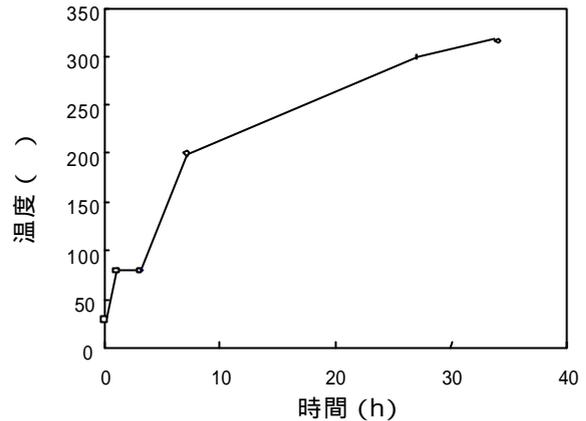


図1 脱脂パターン

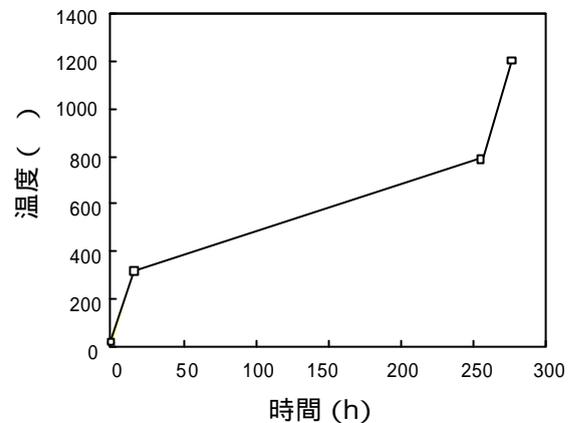


図2 燃焼合成パターン



写真2 脱脂体



写真3 燃焼合成品

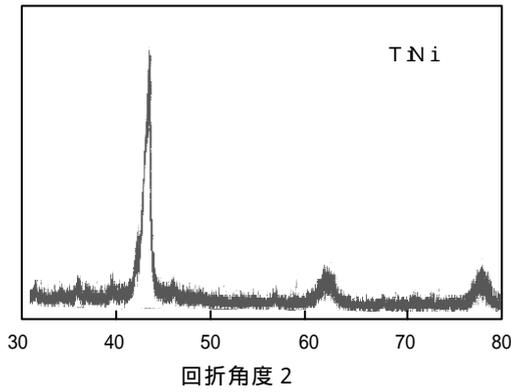


図3 焼成合成品のX線回折結果

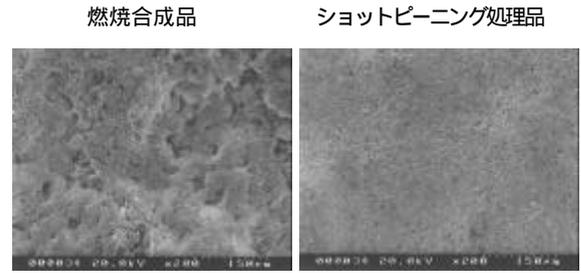


写真4 ショットピーニング処理品

### 3.4 仕上加工

写真4は、ショットピーニング処理した表面を電子顕微鏡により観察した結果を示す。この結果から、ショットピーニング処理により表面の脆弱な酸化膜が除去され、平滑になっている。また、ショットピーニング前に多く存在していた気孔が、ショットピーニング処理により減少していることが明らかになった。

表3に残留応力測定結果を示す。ショットピーニング処理により表面の圧縮応力が約一桁大きくなっている。

図4にDSC曲線を示す。この結果、60 付近に吸熱反応が現れており、相変態による形状記憶効果を有することが分かった。

### 4 結び

金属粉末射出成形法・焼成合成法により形状記憶合金部品の作製を試み、原料粉末の影響、仕上げとして行ったショットピーニングの効果について検討した。その結果、原料粉末の良否、ショットピーニングの有効性についてデータを得ることができた。今回、成形性を考えて肉厚が3mmの試験片を試作したが、今後の課題として、市販されている形状記憶合金製パイプの肉厚0.5~1mm程度に近づけることが、実用化のかぎとなると思われる。

### 参考文献

- 1) 飯田喜介ら：ショットピーニングの方法と効果，p13(1997)。
- 2) 下平賢一：MIMを用いた金属製品の現状と将来，p12(1999)。

	未処理品	ショットピーニング処理品
N = 1	+ 0.45K	- 1.11K
N = 2	- 0.19K	- 1.01K

測定条件 X線管球 CoK  
 回折面:(310)  
 回折角:141.3度  
 K:TiNi合金の応力定数の絶対値

表3 残留応力測定結果

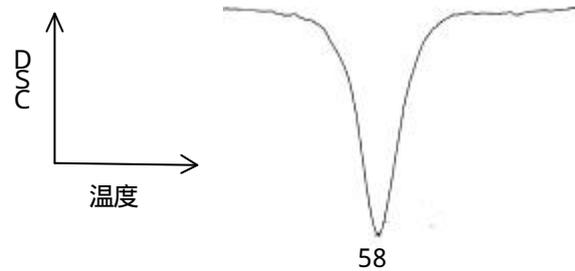


図4 DSC測定結果