

研究ノート

射出成形用金型の試作と金属粉末射出成形法による人工股関節の作製

古澤秀雄*¹ 福田徳生*²Preparation of Injection Molding Die and Fabrication of Thighbone
by Metal Injection Molding

Hideo FURUZAWA and Norio FUKUDA

医療・福祉機器部品の開発を目的に、生体適合性材料であるチタンを用い、射出成形用試作金型作製装置による金型の試作と金属粉末射出成形法による人工股関節の作製を試み、次の結果を得た。

1) モデルステムをマスタモデルとし、金型の試作を行ったところ、良好な射出成形体を得ることができ、ニア・ネット・シェイプを可能とした。

2) 金属粉末射出成形法の対象部品としては比較的大きな形状のため、脱脂時に発生する膨れが予測されたが、アルミナパウダに埋没することで良好な脱脂体を得ることができた。

1. はじめに

高齢化社会、事故多発社会により股関節障害が起こり、歩行が困難になる人が増加している。股関節は両足起立時には体重の30%、片足起立時には体重の4倍の力が作用し¹⁾、歩行においては1年間に100~150万回の繰り返し荷重が作用する過酷な環境にある。股関節は立位歩行では歩行機能確保のための重要な器官である。人工骨を用いた人工関節置換術(Total Hip Arthroplasty:THA)は、1960年Sir John Charnleyが創作した²⁾。現在では変形性股関節症、大腿骨骨折等に対し人工股関節として、骨盤の骨蓋臼に超高密度ポリエチレン製ソケットを取り付け、金属ステムを大腿骨中に固定し、アルミナの骨頭で支持して使用している。金属ステムは生体適合性が良好であるチタンを用い、機械加工などにより作製されたものを使用している。

本研究では、射出成形用試作金型作製装置による金型の試作と金属粉末射出成形法による人工股関節の作製を試み、射出成形、脱脂及び焼結などの条件について検討した。

2. 実験方法

2.1 射出成形金型の試作

射出成形用試作金型作製装置を用い、人工股関節のモデルステム(Stryker社製)をマスタモデルとし、射出成形金型の試作を行った。そのモデルステムの形状を写真1と図1に示す。



写真1 モデルステム

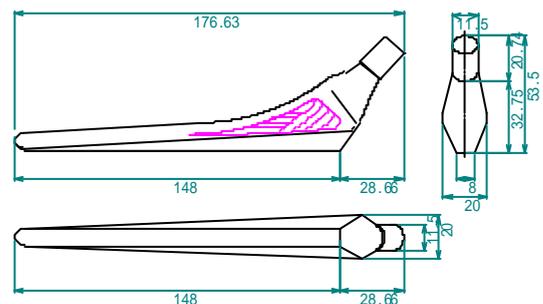


図1 モデルステムの形状

*1 加工技術部 *2 材料部

試作の手順として、マスタモデルからシリコン型を作製する。その際に金型の分割面を設定し、粘土で微調整をしながらハイトゲージで高さを合わせ、粘土を盛りつけた。

このようにして分割面を設定した後、写真2に示すようにマスタモデルに型枠を組み、シリコン樹脂を流し、シリコン型Aを作製した。つぎに、固化したシリコン型Aから粘土を除去し、同様の手順によりシリコン型Bを作製した。つぎに、得られたシリコン型から石膏型を作製する。それぞれのシリコン型に型枠を組み、シリコン型の上に水で溶いた石膏を流した。



写真2 マスタモデルと型枠

得られた石膏型からZAS(亜鉛合金)型を作製する。手順はシリコン型から石膏型を作製する場合と同様である。注意点として、熔融したZASは約450であるため、石膏型の乾燥を十分に行う必要がある。得られたZAS型に、スプル、ランナ及びオーバーフローをフライス盤により施し、モールドベースに組み込むことで射出成形金型となる。その状態を写真3に示す。

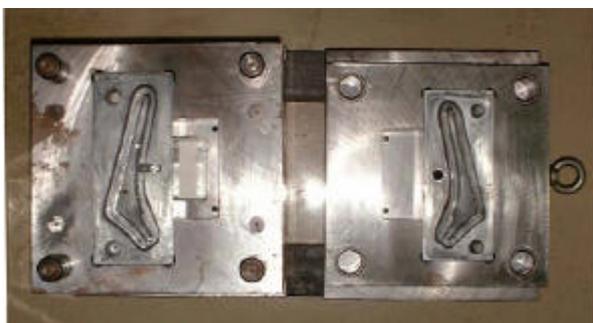


写真3 モールドベースに組み込んだ状態

2.2 原料粉末

原料として用いた金属粉末は、水素化-脱水素(HDH)法³⁾により得られた純チタン粉末(東邦チタニウム TC-459:平均粒径 16 μ m)である。その化

学組成を表1に、形状を写真4に示す。

表1 純チタン粉末(TC-459)の化学組成(wt%)

Fe	Si	Mn	Mg	Cl	N ₂	O ₂	C	H ₂	Ti
0.04	0.01	<0.01	<0.001	<0.002	0.01	0.33	0.01	0.04	Bal

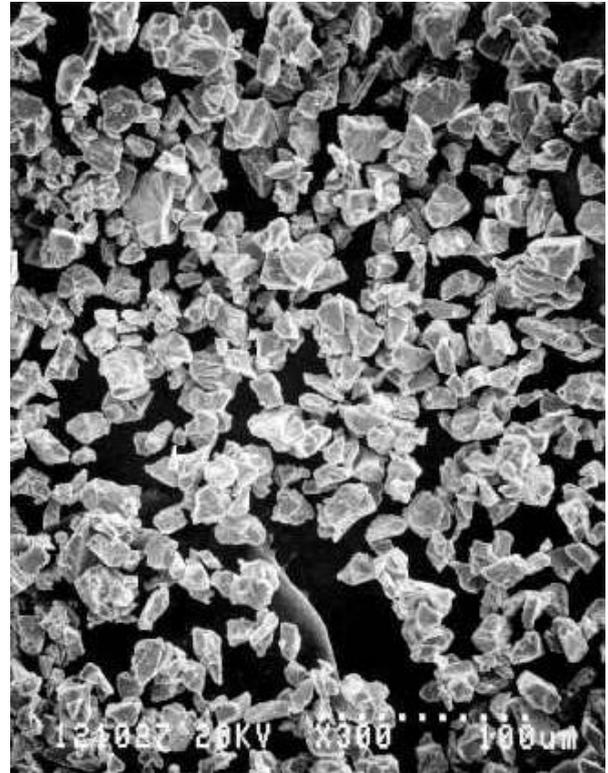


写真4 純チタン粉末

バインダは、従来から当センターで用いられている^{4),5)}ポリプロピレン-ポリスチレン-アクリル系とした。そのバインダ組成を表2に示す。

表2 バインダの配合比

バインダ	配合比(vol%)
ポリプロピレン(三洋化成工業 ビスコール660P)	11.4
ポリスチレン(三井東圧化学 トーポレックス500-51)	44.5
アクリル(三菱レイヨン ダイナールBR-105C)	24.1
滑剤(和光純薬工業 試薬1級ステアリン酸)	5.1
分散剤(味の素 フェイメックスA-12)	4.9
可塑剤(黒金化成 ジオクチルフタレート)	10.0

これらのバインダを純チタン粉末に44.9vol%添加し、連続混練押出装置により射出成形用ペレットを作製した。

2.3 射出成形

これまで作製した射出成形金型とペレットをもとに、型締力70tonfの射出成形機により行った。

2.4 脱脂及び焼結

得られた射出成形体の脱脂は、Arガス流中(3l/min)において、図2に示すプログラムにおいて行った。

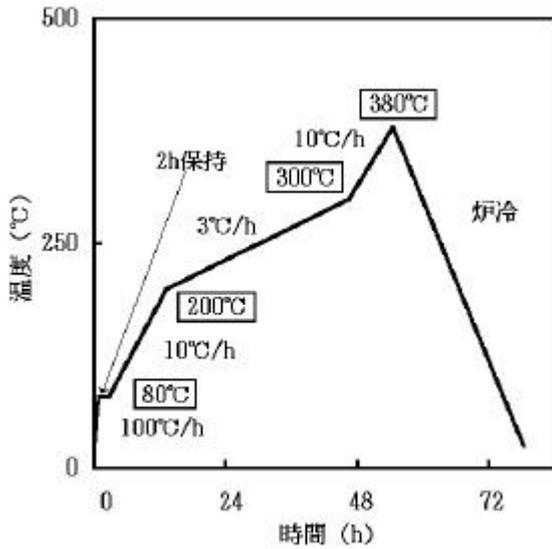


図2 脱脂プログラム

得られた脱脂体の焼結は、真空中(1×10^{-5} Torrオーダ)で、図3に示すプログラムにおいて行った。

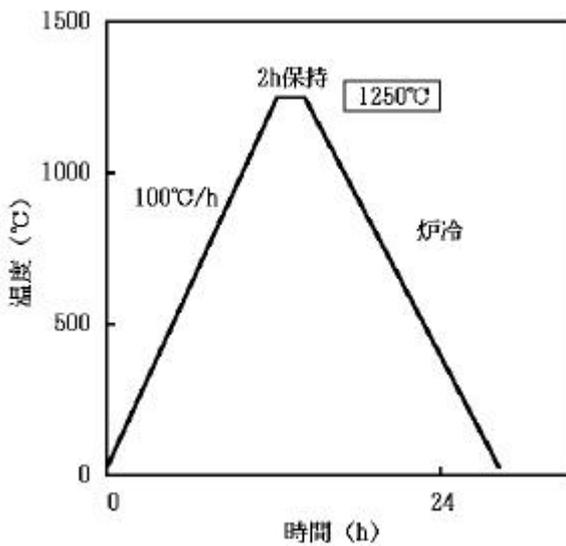


図3 焼結プログラム

3. 実験結果及び考察

3.1 ステムの射出成形

最適な射出成形条件を算出するため、ショートショット実験を行った。写真5にスラリーの充填過程を、図4に計量と成形体重量の関係を示す。



写真5 スラリーの充填過程

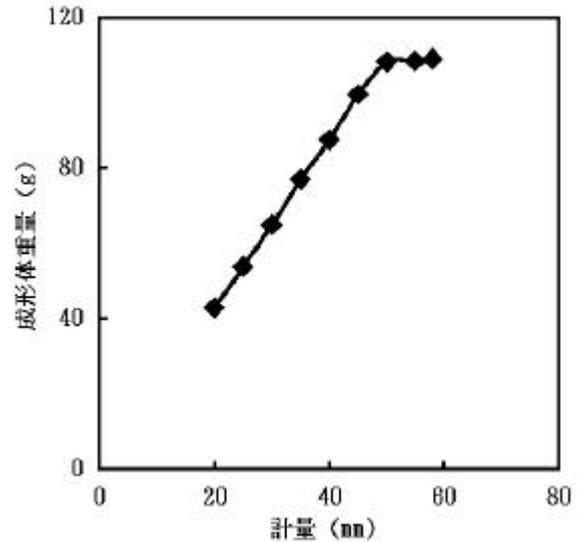


図4 計量と成形体重量の関係

これらの結果より、表3に示す条件とし、ステムの射出成形を行った。試作した射出成形金型により得られた射出成形体を写真6に示す。

表3 射出成形条件

射出一次圧	173.9	Mpa
射出一次圧	52.2	
射出速度 1	48.6	cm ³ /sec
射出速度 2	56.7	
射出速度 3	64.8	
射出速度 4	48.6	
シリンダ温度 1	175	
シリンダ温度 2	180	
シリンダ温度 3	180	
シリンダ温度 4	175	
冷却時間	35	sec
計量	58	mm



写真6 射出成形体(手前)

翼状部の角が欠落しているが、これは石膏型を作製する際にシリコン型に付着した気泡が残存し、そのままZAS型にあらわれたものであり、全体では良好な射出成形体を得ることができた。

3.2 射出成形体の脱脂

得られた脱脂体を写真7に示す。金属粉末射出成形法の対象部品としては比較的大きな形状のため、脱脂時に膨れが発生した。そこでアルミナパウダに埋没することで良好な脱脂体を得ることができた。



写真7 脱脂体

3.3 脱脂体の焼結

得られた焼結体を写真8に示す。若干の反りが観察され、焼結時に用いるセッタを工夫することで解決できるものと思われる。



写真8 焼結体

4. 結び

射出成形用試作金型作製装置による金型の試作と金属粉末射出成形法による人工股関節の作製について試み、射出成形、脱脂及び焼結などの条件について検討した。その結果、良好な人工股関節(ステム)の焼結体を得ることができ、ニア・ネット・シェイプを可能とした。しかし、本製品へ適応する場合、寸法制度の問題があり、射出成形金型の試作の際に用いるシリコン樹脂、石膏及びZASの収縮率などを十分に把握する必要がある。

参考文献

- 1) 寺田和雄ほか：標準整形科学，466(1999)。
- 2) 筏義人：バイオマテリアル，54(1997)。
- 3) V.S.Ustino,A.N.Petrunko,Yu.G.Olesov, R.K.Ognev：Titanium&Titanium Alloys,3(1993)2315。
- 4) 瀬野義隆，雲英恒雄，成瀬勉：愛知県工業技術センター報告，20,22(1984)。
- 5) 瀬野義隆，不二門義仁：愛知県工業技術センター報告，24,31(1988)。