

金属粉末射出成形法によるチタンの接合

古澤 秀雄^{*1} 片岡 泰弘^{*1} 長田 貢一^{*1}

Bonding of Titanium Metal Injection Molding

Hideo FURUZAWA, Yasuhiro KATAOKA and Koichi OSADA

Technical Consulting Division, AITEC^{*1}

焼結金属部品の用途拡大及び高機能化を目的に、生体適合性材料であるチタン(Ti)とハイドロキシアパタイト(HAP)を用い、金属粉末射出成形法によりTiとTi-HAPの人工歯根部品を作製し、次の結果を得た。

- 1) 歯根部と歯冠部を組み合わせた状態で脱脂し、割れや膨れのない良好な脱脂体を得ることができた。
- 2) 焼結体の接合界面の断面を状態を光学顕微鏡で観察し、いずれも接合状態にあることが確認された。

1. はじめに

金属粉末射出成形法(Metal Injection Molding: MIM)は、複雑な形状の金属部品を精度良く量産できることから、新しい金属加工法として幅広い分野で実用化が進んでいる。その対象材料としてチタンがあり、比強度が大きいことや高靱性、高耐食性など優れた特性を有することから、機械部品や医療・生体材料など様々な分野に用いられている。しかし、チタンは他の工業用材料に比べ機械加工性や溶接性に劣るなど、種々の問題があり難加工性材料とされている。

ハイドロキシアパタイト[$\text{HAP} : \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$]は、人体の骨と類似した組成を持ち、人体の骨と適合性が良く、人工骨・人工歯根などの生体材料、骨充填剤として広く用いられている。

本研究では、焼結金属部品の用途拡大及び高機能化を目的に、純チタン粉末とHAP1.0wt%添加チタンを用い、人工歯根を射出成形し、歯根部と歯冠部を組み合わせた状態で脱脂・焼結を行い、脱脂特性(保形性、割れ、膨れなど)や焼結特性(接合性など)について検討をした。

2. 実験方法

2.1 Ti及びTi-HAP接合体の作製

原料として、水素化-脱水素法(HDH)により得られた純チタン粉末とハイドロキシアパタイト粉末(HAP)を用いた。これら原料の各種性質を表1、2、写真1、2に示す。この純チタン粉末に表3に示すバインダを44.9 vol%添加し、射出成形用コンパウンドを作製した。また、

純チタン粉末に1.0wt%のHAP粉末を添加したTi-HAP複合材料についても同様に行った。

つぎに、人工歯根の射出成形を行い、得られた射出成形体について、写真3に示すように歯根部と歯冠部を組み合わせ、歯根部/歯冠部の材質を表4に示す3種類とした。これらの脱脂は、N₂ガス雰囲気において図1に示す条件により行った。焼結は、真空雰囲気において図2に示す条件により行った。

2.2 Ti及びTi-HAP接合体の評価

得られたTi及びTi-HAP接合体について、光学顕微鏡を用い、接合界面の状態について評価した。

表1 純チタン粉末の化学組成

成分比率 (wt%)	O ₂	H ₂	N ₂	C	Fe	Si	Ti
	0.33	0.04	0.01	0.01	0.04	0.01	99.56

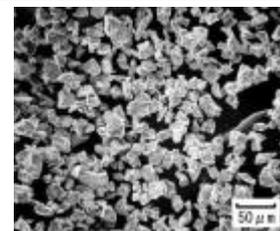


写真1 純チタン粉末の形状

表2 ハイドロキシアパタイト粉末の性状

化学式	分子量	比重	形状	粒径
$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	1004.64	2.70	球形	20~30 μm

*1技術支援部加工技術室

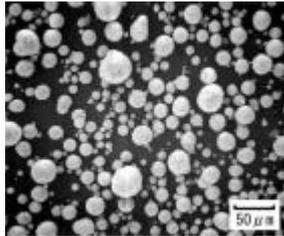


写真2 ハイドロキシアパタイト粉末の形状

表3 バインダの配合組成

	成分	分類	比重	vol%
バインダ	低分子量ポリプロピレン	結合剤	0.89	11.4
	ポリスチレン	結合剤	1.05	44.5
	アクリル樹脂	結合剤	1.05	24.1
	ステアリン酸	滑剤	0.94	5.1
	アミノ酸系機能粉末	分散剤	1.02	4.9
	ジオクチルフタレート	可塑剤	0.99	10.0



写真3 射出成形体

表4 歯根部と歯冠部の成形体の組み合わせ

歯根部	Ti	Ti-HAP	Ti
歯冠部	Ti	Ti	Ti-HAP

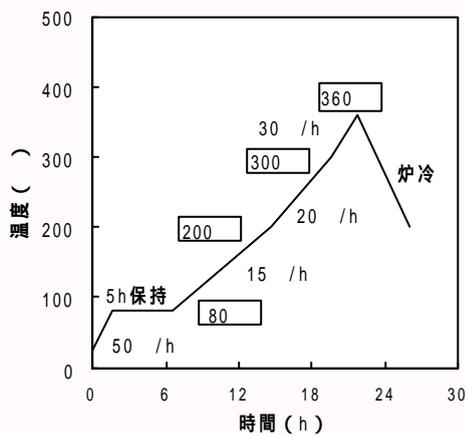


図1 脱脂プロセス

3. 結果及び考察

3.1 脱脂特性

人工歯根の歯根部と歯冠部を組み合わせた状態で脱脂を行い、写真4に示すように割れや膨れのない良好な脱脂体を得ることができた。また保形性についても、著し

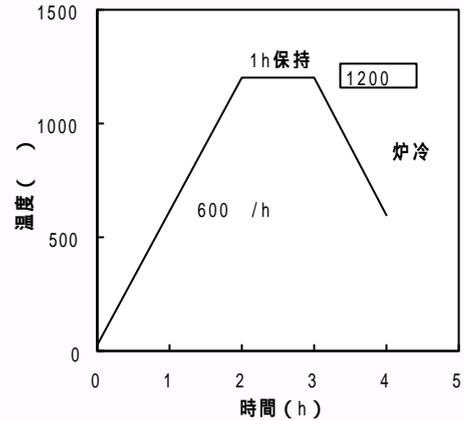


図2 焼結プロセス

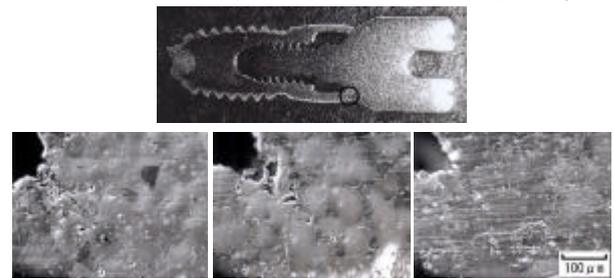
い変形は観察されなかった。これは、Ti-HAPも主たる組成が純チタンであることから、熱挙動がほぼ同じであったためと考えられる。



写真4 脱脂体

3.2 焼結特性

得られたTi及びTi-HAP接合体の接合界面を光学顕微鏡により観察した。その状態を写真5に示す。いずれの接合体についても接合状態にあることが確認された。しかし、端部において接合が完全ではない状態が観察された。これは、歯根部と歯冠部のテーパ角が異なることから、接触面積が小さく接合に至らなかったと考えられる。



(a)Ti/Ti (b)Ti-HAP/Ti (c)Ti/Ti-HAP

写真5 接合界面の状態

4. 結び

脱脂については、割れや膨れなど欠陥のない良好な脱脂体を得ることができた。また、焼結においても良好な焼結体を得られ、歯根部と歯冠部の接合を確認した。金属粉末射出成形法によるTiとTi-HAP複合材料の製造及び接合が可能であることが明らかとなった。