

Title	チタン鑄造体の鑄巣発生に及ぼす鑄造条件の影響について
Author(s)	小田, 豊; 吉田, 英貴; 孫, 賢宣
Journal	歯科学報, 95(2): 149-152
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10130/2519">http://hdl.handle.net/10130/2519</a>
Right	

## チタン鑄造体の鑄巣発生に及ぼす鑄造条件の影響について\*

小 田 豊 吉 田 英 貴 孫 賢 宣

東京歯科大学歯科理工学講座  
(指導：住井俊夫教授)

(1994年11月1日受付)

(1994年11月8日受理)

## The Influence of Casting Conditions over the Incidence of Porosity in Cast Titanium

Yutaka ODA, Hideki YOSHIDA, and Son HYUNSAN

Department of Dental Materials Science, Tokyo Dental College  
(Director : Prof. Toshio Sumii)

## 緒 言

チタンは耐食性や生体適合性に優れ、歯科用材料としての十分な機械的性質も備えている<sup>1)</sup>ものの、融点が高く、高温で活性な金属であることから、従来の歯科鑄造法では鑄造が不可能である。従って、チタン専用の鑄型材ならびに鑄造機あるいは鑄造方法が開発され、今日チタンを用いた修復物や補綴物が次第に普及しつつある。しかし、チタン鑄造体の場合、形態的に良好な鑄造体が得られたとしても内部にチタン特有の鑄巣が発生し易く<sup>2)3)4)5)</sup>、未だこの原因や対策について明確にされていない。一般に鑄巣の発生原因としては、凝固時の収縮孔、金属からのガスの放出、鑄込み時の空気あるいはガスの巻き込みなどが考えられ、その対策としてスプルー形態、鑄型温度、ベントの付与などが考えられている。そこで、チタン鑄造体の鑄巣の発生率とこれら3つの要因の関係を調べ、鑄巣の発生率との関係について検討した。

## 方 法

## 1. 鑄造体の作製

直径20mm、厚さ1mmの円板状ワックスパターンをブルーインレーワックス(GC)を用いて作製した。次にFig. 1に示す3種のスプルー形態をビニールライン

ワックスを用いて付与した。即ち、湯流れが異なると考えられる、スプルー径が2mmと4mmの場合およびワックスパターン接続部が2mm×4mmの平板状の場合である。また、ベントの影響を調べるためにスプルーと反対部位に直径1mm、長さ5mmの間接ベントを付与したパターンも作製した。ゲートフォーマーにスプルーを接続した後、チタン鑄造用埋没材(チタベストP S : モリタ)をメーカー指示の方法で練和し、内径45mm、高さ58mmの金属リングに埋没した。埋没材が硬化した後、メーカー指示の予備焼却とリングの加熱(900℃、30分係留)を行い、チタン用鑄造機サイクラーク(モリタ)によって鑄造を行った。尚、チタンは歯科用純チタンA(モリタ)を用い、溶解電流190A、溶解時間60sec、アルゴン圧1.5kg/cm<sup>2</sup>で鑄造を行った。鑄造時の条件として鑄型温度を100℃の低温と900℃の高温鑄型とした。同一条件における鑄造体は10個作製した。

## 2. 鑄巣発生率の測定

円板状パターンの鑄造体を鑄型から取り出した後、サンドブラストによって清掃した。次に、歯科用X線装置(管電圧60kvp、管電流7mAで1sec X線照射)とX線フィルム(コダックE P 21)を用いX線写真を撮影することによって鑄巣の発生状況を観察した。Fig. 2に鑄巣の発生状況の一例を示した。更に、X線フィルム上の鑄巣の面積を多目的画像解析装置SPICCA II(日本アビオニクス社)によって測定した。鑄巣の発生率はX線

\*本論文の要旨は、第247回東京歯科大学学会例会(平成4年3月5日、千葉)において発表した。

フィルムに撮影された鑄造体の面積と鑄巣の面積の比で表した。

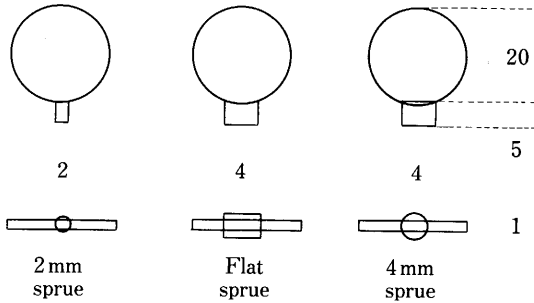


Fig. 1 Wax pattern and sprue design (unit : mm)

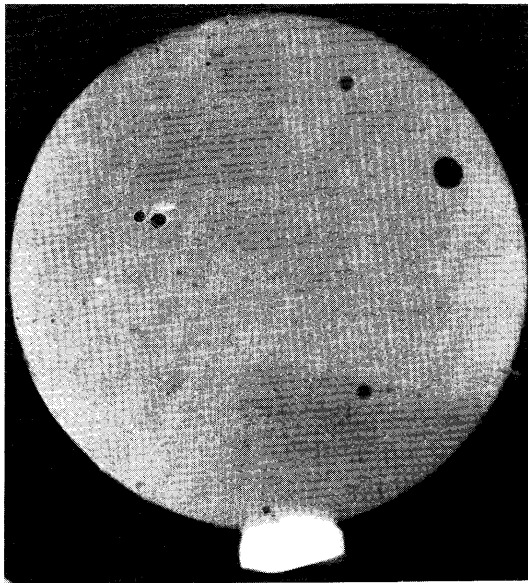


Fig. 2 Representative X-Ray radiograph of pure titanium casting

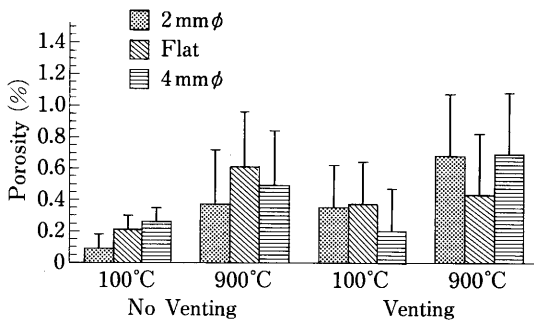


Fig. 3 Porosity in cast Titanium

Table 1 Analysis of variance procedure : dependent variable and porosity

Source	Sum of squares	df	Mean square	F value
A : Shape of sprue	0.40	2	0.20	2.79
B : Vent	0.01	1	0.01	0.10
C : Mold temperature	2.22	1	2.22	31.26#
AxB	0.07	2	0.04	0.50
AxC	0.31	2	0.16	2.19
BxC	0.16	1	0.16	2.31
AxBxC	0.02	2	0.01	0.12
Error	7.68	108	0.07	
Total	10.87	119		

\* Degrees of freedom  
# significant at  $p < 0.001$

実験結果

鑄巣発生率の測定結果を Fig. 3 に示した。直径 4 mm のスプルーで鑄型温度 900°C、ベント有りの場合が最も大きな鑄巣発生率 0.69% を示し、直径 2 mm のスプルーで鑄型温度 100°C、ベント無しの場合が最小値 0.09% を示した。鑄巣の発生率を、スプルー形態、鑄型温度、ベントの有無を要因として三元配置分散分析を行った結果を Table 1 に示した。鑄型温度の要因が 0.1% の危険率で有意差を示し、鑄型温度が高温の 900°C で鑄巣が発生し易いことを示した。更に、ベントの有無ではベントを付与した場合に鑄巣の発生が大きくなる傾向にあるものの有意差は認められなかった。スプルー形態については有意差は認められなかった。

考察

一般に鑄造体に発生する鑄巣の成因には、鑄型内の空気の排出不十分、鑄込み時の空気の巻き込み、液相と固相の溶解度の差に起因するガス、凝固収縮による収縮孔が考えられる。チタン鑄造においては溶解雰囲気として不活性のアルゴンガスが利用され、加圧ガスとしても用いられる。従って、奥野<sup>6)</sup>はチタン鑄造に多発する鑄巣はアルゴンガスの排出不十分や巻き込みが主な原因とし、通気性が大きすぎたり、鑄型とのぬれが良すぎる場合は溶湯の供給が間に合わず空洞になり、鑄造圧が大きすぎた場合は湯流れが乱流となりアルゴンガスの巻き込みが生じる、と述べている。また、宮川<sup>3)</sup>埋没材との反応による欠陥が生じると報告しており、都賀谷<sup>4)</sup>、Her $\phi$ <sup>5)</sup>らも球状あるいはパイプ状の鑄巣の発生について報告している。これらの報告から、従来の歯科用合金の鑄造体に比較してチタン鑄造の場合は特有の鑄巣が発

生すると考えられる。

本実験の結果では、鑄型温度の要因のみが有意差を示し、鑄型温度が高温の900℃で鑄巣の発生が増加した。この理由として、鑄型温度が高温になることによってチタン溶湯の湯流れが良好になったためアルゴンガスの巻き込みが増加したこと、鑄型材とチタン溶湯との反応によってガスが発生し易くなったことの両者が考えられる。チタン鑄造ではチタン溶湯と埋没材の反応を少なくするためや、鑄造体の結晶粒の微細化を意図して鑄型温度を室温とする場合が多いが、鑄巣の発生を減少させる二次的な効果もあることをこの結果は示している。

スプルー形態を比較した場合、スプルー直径2mmの場合で断面積が3.14mm<sup>2</sup>、平板状スプルーの場合で断面積が8mm<sup>2</sup>、スプルー直径4mmの場合で断面積が12.56mm<sup>2</sup>、となり断面積が大きいほど鑄型空洞の鑄込み速度が大きくなるだけでなく、溶湯の供給量も増加するため金属の凝固収縮によって生ずるマイクロシュリンクや引け巣が減少するものと考えられる。しかし、ベントの有無、鑄型温度100℃、900℃のいずれの条件においてもスプルー形態の違いによる有為差は認められなかった。このことは、チタン鑄造ではマイクロシュリンクや収縮孔が発生しないことを意味するのではなく、X線撮影による鑄巣の測定では、0.2mm以下の鑄巣が存在したとしても濃淡の差異が明確に識別できず、鑄巣のサイズの小さなマイクロシュリンクはカウントされないためと想われる。

ベントの有無については、都賀谷<sup>4)</sup>、佐藤<sup>7)</sup>はベントの付与が鑄型内の溶湯の圧力を減少させる結果として、鑄巣が発生しやすくなるとしている。本実験の結果では有意差は認められなかったもののベントを付与した条件でやや鑄巣の発生量が増加する傾向にあった。本実験では、鑄造機の特長から間接ベントとしたために明確な差異が表れなかったものと考えられるが、吸引加圧方式のチタン鑄造機では鑄型内ガスの排出の為の通気性と鑄造圧のバランスが鑄巣の発生量に影響していることは明らかと言えよう。

以上の実験結果から、チタン鑄造における鑄巣の発生は、チタン溶湯の湯流れ、鑄型材とチタンの反応、鑄型材の通気性などが大きく関与しているものと推察される

が、更にマイクロシュリンクなどについても詳細な検討が必要と思われる。

## 結 論

チタン鑄造体の鑄巣の発生原因とその対策を明らかにすることを目的として、スプルー形態、鑄型温度、ベントの付与の各要因と鑄巣の発生量の関係について検討した結果、

- (1) チタン鑄造体にはガスが関与する鑄巣が発生し易いと考えられた。
- (2) 鑄巣の発生率を、スプルー形態、鑄型温度、ベントの有無を要因として三元配置分散分析を行ったところ、鑄型温度の要因のみが有意差を示し、鑄型温度が高い場合に鑄巣ができ易いことを示した。また、ベントの有無ではベントを付与した場合に鑄巣の発生率が多くなる傾向を示したが有意差は認められなかった。
- (3) スプルー直径の違いおよび形状の違いでは鑄巣の発生率に差異が認められなかった。

従って、チタン鑄造における鑄巣の発生率はチタン溶湯の湯流れ、鑄型材とチタンの反応、鑄型材の通気性などが大きく関与しているものと推察されるが、更に詳細な検討が必要と思われる

## 文 献

- 1) 井田一夫, 都賀谷紀宏, 鈴木政司(1983)純チタンおよびチタン合金の機械的性質—歯科鑄造用金属としての評価—, 歯材器, 2(6): 765~771
- 2) 牧野 新(1993): どうすれば鑄巣ができないか, 歯科技工, 21(9): 898~903
- 3) 宮川 修, 渡辺孝一, 大川成剛, 他(1991): 巻き込まれた埋没材との反応によってできるチタン鑄造体の内部欠陥, 歯材器, 10(3): 393~403
- 4) 三浦維四, 井田一夫編, (1988): チタンの歯科利用, 第1版, 84~93, クインテッセンス出版, 東京
- 5) H. Herø, M. Syverud, M. Waarli(1993): Mold filling and porosity in castings of titanium, Dental Materials, 9(1): 15~18
- 6) 奥野 攻(1991)チタン鑄造における解決すべき諸問題, 歯科技工, 19(1): 79~85
- 7) 佐藤秀樹(1988): アーク融解・加圧吸引鑄造機の試作4. 純チタン鑄造体内部の鑄巣, 日歯保誌, 31(5): 1342~1357

Yutaka ODA, Hideki YOSHIDA, Son HYUNSAN : **The Influence of Casting Conditions over the Incidence of Porosity in Cast Titanium**, *Shikwa Gakuho*, 95 : 149~152, 1995.

(Department of Dental Materials Science, Tokyo Dental College, Chiba 261, Japan)

**Key Words** : *Titanium—Casting—Porosity—Mold temperature*

To determine the causes of porosity in titanium casting, this study focused on the various factors surrounding a sprue shape (diameter /2 mm and 4 mm, and flat), molded at temperatures (between 100°C and 900°C) and the presence of a given vent of (diameter 1 mm and length 5 mm) with the degree of porosity. The castings were observed under x-ray for the quantitative evaluation of internal porosity. The result of the observation revealed that gas affected porosity in titanium castings were easily formed. Upon tridimensional analysis of variance of the degree of porosity with the main factors being the usage of the sprue shape, the mold temperature, and presence of the vent, only the mold temperature factor showed significant difference with porosity forming more easily when the mold temperature was higher. Also, there was a higher incidence of porosity when vented but this was not considered to be a significant difference. The sprue diameter and shape did not affect the occurrence of porosity. It therefore concluded that the incidence of porosity in titanium casting was largely linked to the flow of molten titanium, the reaction of titanium against mold materials and the balance between casting pressure and the permeability of mold materials.