高溶合金による鑄造床内面の粗さに 関する実験的研究

—鑄造体に至る因子の影響とサンドブラスト

処理の効果について—

山守 克哉

An Experimental Study on the Inner Surface Roughness of Cast Plates Made of High-Fusing Alloys

— On the Influence of Factors and the Effect of Sand Blasting
on the Attainment of the Cast Structures —

Katsuya Yamamori

I. 緒 言

鑄造床の適合性の良否について論ずる場合、その寸法精度は無論のこと、その表面粗さも重要な因子の一つとして考えられる¹⁾。

一般に歯冠修復物は、セメントを介在させた状態でその適合性の良否が判定されることが多いが²⁻⁴⁾、局部床義歯におけるクラスプ、パーおよび床などの義歯構成要素は、直接歯面および顎粘膜面に接するため、その適合精度を高めるには、鑄造体内面をできるだけ研磨せずに適合させることになる。そこで鑄造体の表面粗さは、各構成要素の適合性に大いに影響をおよぼすと同時に、う蝕の発生、あるいは顎粘膜の炎症などにも影響をおよぼすものと考えられる。

現在、局部床義歯においては、種々の歯科器材の開発および技術の進歩による高温鑄造法の発達にともない、コバルト・クロム合金のような高溶合金を使用した鑄造床が臨床で用いられることが多くなっている。このコバルト・クロム合金は、優れた耐蝕性を示し、機械的、化

学的にも強靱で、その比重は8.5と金合金の約半分であり、さらに生体組織に対する親和性にも優れ、価格も低廉であることなどから、歯科用金属材料として適切な条件を備えている^{5,6)}。

しかし、コバルト・クロム合金は、熔融温度が1,300～1,500°Cと高く、その鑄造には高温鑄造用埋没材が必要のため、リン酸塩系埋没材⁷⁻¹⁵⁾、ケイ酸コロイド系埋没材^{16,17)}、無結合材方式の純シリカ埋没材^{18,19)}、マグネシアを基材とする埋没材²⁰⁾などがあげられている。この中でもリン酸塩系埋没材は、優れた耐熱性、保存性があり、圧縮強度が大きく、使用法も簡便であることなどから最も多く使用されている。

しかし、この種の埋没材は、コバルト・クロム合金と反応し、緑色の反応生成物を形成^{21,22)}して表面が粗造になり、あるいは、埋没材が鑄造体に焼着する現象²³⁾が起るため、一般にはサンドブラスト処理が行われている。

これまで、中溶合金の鑄造体における表面粗さに関する種々の報告²⁴⁻³²⁾がみられるが、高溶合金の鑄造体における表面粗さに関する報告³³⁻³⁵⁾は少ない。

そこで著者は、コバルト・クロム合金による鑄造床の鉤内面および粘膜面を想定し、その製作過程における埋没材の表面粗さが鑄造体表面にどのように影響するかを検討し、さらに、サンドブラスト処理によって鑄造体の表面粗さにどのような効果が現れるかを検討した。

日本大学大学院歯学研究科歯科臨床系専攻（指導：大木一三教授）

Department of Prosthodontics, Nihon University
Graduate School of Dentistry (Director: Prof. Katsuzo Ohki)

昭和57年12月20日受付

II. 材料および方法

1. 材料

本実験に使用した各材料の製造社名、製品番号および混水（液）比は、表1に示した。

1) 印象材

本実験では、臨床における作業模型作製のための精密印象採得を想定したものを一次印象採得、埋没材模型作製のための印象採得を二次印象採得と称する。

一次印象材には、小川の方法³²⁾に準じ、シュールフレックスFレギュラータイプを使用した。また、鑄造体に至る操作過程の因子の影響を検討するため、二次印象材には、アルジネート印象材としてアルジエースパウダー、寒天印象材としてモデルゲル、タイゲルおよびサンコロイド、シリコーン印象材としてシラスコンの5種を使用した。なお、寒天印象材と埋没材との組合せはメーカー指示に従った。

2) 石こうおよび埋没材

石こうは、吉田らの報告³⁶⁾を参考にしてニュープラストーンを用い、また、埋没材はリン酸塩系埋没材の検討を行うため、ハイベストD、タイベストおよびデンチャーベストの3種を使用した。

3) 表面処理剤

表面処理剤は、著者らの報告³⁷⁾で表面粗さおよび表面硬さの改善に良好な結果を得たモデルコートを使用した。

4) 鑄造用合金

鑄造用合金は、コバルト・クロム系高温鑄造用合金（義歯床用）であるスマロイコバルトおよびスマロイチタンの2種を使用した。

2. 方法

1) 埋没材試験体の作製

本実験では、一次印象採得における被印象面としてガラス板を使用し、それにより得られた石こう模型面を二次印象採得における被印象面とした。また、対照としてガラス面も二次印象採得の被印象面とした。

印象採得は、ガラス面および石こう模型面に円型のゴム枠（内径 40 mm 高さ 10 mm）を載せ、各種印象材を適量練和（溶解）後、ゴム枠内に注入し、上面から他のガラス板にて圧接した。なお、石こう模型については、印象前に十分水に浸し、模型表面の水を除去した後、印象操作を行った。

以上の操作により得られた印象面に長方形のゴム枠（内径 25 mm×20 mm 高さ 10 mm）を載せ、真空練和器にて 30 秒間練和した各種埋没材泥を注入し、3 時間後に離型して、以下の 7 種の試験体を作製し測定用試験

表 1 材 料

	商 品 名	製造会社	製造番号	混液(水)比
印象材	シュールフレックスF レギュラータイプ	G - C	2F026	
	アルジエースパウダー	三 金	83-544	
	モデルゲル	松 風	098005	
	タイゲル	G - C	120615	
	サンコロイド	三 金	111-201	
	シラスコン	ダウコーニング	KK121125	
石こう	ニュープラストーン	G - C	170611	0.24
埋没材	ハイベストD	松 風	(粉)127803 (液)107510	0.16
	タイベスト	G - C	(粉)JM4 (液)281001	0.13
	デンチャーベスト	三 金	(粉)560413 (液)560311	0.13
表面処理剤	モデルコート	松 風	107705	
鑄造用金属	スマロイコバルト	松 風	126116	
	スマロイチタン	松 風	088121	

体とした。

(1) ガラス面に直接埋没材を注入した試験体 (以後Ⅰ試験体と略記)

(2) ガラス面をアルジネート印象材で印象採得し、埋没材を注入した試験体 (以後Ⅱ試験体と略記)

(3) ガラス面を寒天印象材で印象採得し、埋没材を注入した試験体 (以後Ⅲ試験体と略記)

(4) ガラス面をシリコン印象材で印象採得し、埋没材を注入した試験体 (以後Ⅳ試験体と略記)

(5) 石こう模型面をアルジネート印象材で印象採得し、埋没材を注入した試験体 (以後Ⅴ試験体と略記)

(6) 石こう模型面を寒天印象材で印象採得し、埋没材を注入した試験体 (以後Ⅵ試験体と略記)

(7) 石こう模型面をシリコン印象材で印象採得し、埋没材を注入した試験体 (以後Ⅶ試験体と略記)

さらに、表面処理による効果を検討するために、上記7種の埋没材試験体を 100°C 、30分間加熱した後、モデルコート内に1分間浸し、取り出した後、模型表面についた余剰液を除去し、その後、 100°C 、10分間乾燥し冷却後、測定用試験体 (以後MC処理と略記) とした。

また、埋没材試験体の加熱による影響を検討するため、3時間で 800°C まで昇温して1時間係留後、室温に放置し測定用試験体とした。

2) 鋳造試験体の作製

図1に示すように、埋没材試験体表面に縦20mm、横15mm、厚さ0.7mmのワックスパターンを作製し、パターンに平行に直径2.5mmのスプルーを植立した。これを水中に浸した後、一次埋没しリングレス埋没を行った。

埋没24時間後、鋳型を3時間で 800°C まで昇温して1時間係留後、アルゴンキャスターDX (松風社製) を使用し鋳造を行った。なお、鋳造条件は、合金を $1,350^{\circ}\text{C}$ で溶解し、5秒間係留後に鋳造する自動鋳造 (以後自動鋳造と略記) と、合金を $1,350^{\circ}\text{C}$ で溶解後、ただちに鋳造する手動鋳造 (以後手動鋳造と略記) との2種とした。

鋳造後、徐冷した鋳型から鋳造体を取り出し、付着した埋没材および酸化膜を除去するため、野手の方法³³⁾により鋳造体を50% NaOH沸騰溶液中に30分間浸し、次いで沸騰水中に30分間浸した後、さらに10分間超音波洗浄を行い鋳造試験体とした。

また、鋳造試験体は、7種の埋没材試験体のうち、Ⅰ、Ⅲ試験体により作製し、それぞれA、B試験体とした。なお、埋没材はハイベストDを用いた。

図1 ワックスパターンとその埋没方向

さらに、サンドブラスト処理による効果を検討するため、大型サンドブラスター (吉田製作所製クリーンサンディ) を使用し、ノズル先端より7cmの位置で試験体を直角に保持して、空気圧を 7 kg/cm^2 とし、1秒間隔で最高6秒まで処理を行った。なお、研磨材は、松風サンドブラスト研磨材 (アルミナ粉 220 mesh) を使用し、サンドブラスト処理後、研磨材を除去するため、5分間の超音波洗浄を行い測定用試験体とした。

3) 測定方法

測定は、触針式表面形状試験器 (東京精密社製サーフライザー 2000 A) を使用し、粗さ曲線、十点平均粗さ (JIS: 以後 R_z と略記)、最大粗さ (以後 R_{max} と略記) を測定し、これらより接触比 (tp) および負荷曲線を求めた。なお、測定用プローブは、先端半径 $5\text{ }\mu\text{m}$ 、先端角度 90° の円錐型ダイヤモンド針とし、測定荷重 0.4 g 以下、駆動速度 0.12 mm/sec 、測定距離 2.5 mm として測定を行った。

なお、測定用試験体は、各試験体につき5個ずつとし、1個につき2カ所、計10回の測定を行い、その平均値を求めた。

cf. 接触比 (tp) は、断面曲線からある測定長さ L を抜き取り、その平均線に平行で、かつ最高山頂からの切断レベル P だけ下側である直線で切断される表面の切断部分の長さを全長 L に対する100分率で表したもので、

$$\text{tp (P\%)} = \frac{100}{L} \sum_{i=1}^n b_i$$

で表される。

切断レベル P (以後 P と略記) は、最高山頂を0、最低の谷を100%とした時のパーセントで表される (ソビエト連邦、ユーゴスラビア、スウェーデン、ポーランド、西ドイツ、フランス、オーストリア規格)。

図 2 断面曲線と負荷曲線との関係

負荷曲線 (Bearing Area Curve) は、ある断面曲線から得られる P (%) と tp (%) との関係をグラフにして表したもので、表面形状の判定に有効な資料となり得るものである。なお、図 2 は、断面曲線と負荷曲線との関係を示したものである。

4) 表面性状の観察

観察に際しては、走査型電子顕微鏡 (堀場社製 EMAX 8700 : 以後 SEM と略記) を使用し、倍率は 100 倍とした。なお、埋没材試験体については金蒸着を行い、鋳造試験体については、そのまま観察に供した。

III. 結果および考察

1. 埋没材試験体の表面粗さについて

表 2 は、埋没材試験体の R_z 値および R_{max} 値を示したもので、モデルコート処理後の値も示した。

図 3 は、ハイベスト D における値をグラフにして示したものである。

I, IV, VII 試験体間では、 R_z 値がそれぞれ、 $8.0 \pm 0.6 \mu m$ 、 $8.3 \pm 0.9 \mu m$ 、 $8.9 \pm 1.1 \mu m$ を示しており、約 $1 \mu m$ 程度の差が認められるが、ほぼ同程度の値を示す傾向が認められた。また、 R_{max} 値では、それぞれ、 $10.3 \pm 1.1 \mu m$ 、 $10.6 \pm 1.6 \mu m$ 、 $10.7 \pm 1.1 \mu m$ を示し、 R_z 値と同様に約 $1 \mu m$ 程度の差が認められるが、ほぼ同程度の値を示した。ここで、 R_z 値と R_{max} 値との差は約 $2 \mu m$ 程度であり、このことより表面には極端な凹凸がないことが推察される。この結果、シリコーン印象材ではガラス面と同様に滑沢な面を再現していることが予測され、

また、埋没材の硬化反応を阻害しないものと思われる。この中で VII 試験体についていえば、石こう模型面の表面粗さ ($R_z 3.3 \pm 0.5 \mu m$)³²⁾ が I 試験体の値 (埋没材自体の表面粗さ) に比べ半分以下と小さいため、その粗さが相殺され、I, IV 試験体と同程度の値となったものと考えられる。

II, III, V, VI 試験体間では、 R_z 値がそれぞれ、 $13.6 \pm 0.9 \mu m$ 、 $15.2 \pm 1.6 \mu m$ 、 $14.4 \pm 0.9 \mu m$ 、 $14.9 \pm 1.8 \mu m$ を示し、約 $1.5 \mu m$ 程度の差が認められるが、ほぼ同程度の値を示した。また、 R_{max} 値では、それぞれ、 $19.5 \pm 2.5 \mu m$ 、 $20.8 \pm 2.4 \mu m$ 、 $21.2 \pm 2.8 \mu m$ 、 $19.5 \pm 1.8 \mu m$ を示し、約 $2 \mu m$ 程度の差があるものの、ほぼ同様の傾向を示した。ここで、 R_z 値と R_{max} 値との差は、約 $5 \sim 6 \mu m$ と大きくなっていることより、シリコーン印象によるものに比べ、表面に不規則に大きな凹凸があるものと考えられる。また、II, III 試験体と V, VI 試験体との間で差が認められないのは、VII 試験体での場合と同様の結果と考えられる。

ここで、アルジネート印象および寒天印象によるものが、シリコーン印象によるものより粗さが大きくなったのは、コロイドに共通した現象である離液現象により内部から水が浸出し、表面は常に水が存在している状態となり、埋没材の硬化反応の進行途上において水分が与えられることになって、これが埋没材中の結晶粒子の成長を助長することになったため³⁸⁾、その結晶粒子の不規則な成長が表面粗れとなって現れたものと考えられる。

このことについて、石こうおよび石こう系埋没材での報告³⁹⁻⁴²⁾ では、同様にアルジネート印象および寒天印

表 2 各種埋没材試験体の表面粗さ

Unit: μm () : S.D.

		I		II		III		IV		V		VI		VII	
			MC 処理		MC 処理		MC 処理		MC 処理		MC 処理		MC 処理		MC 処理
ハイベスト D	Rz	8.0 (0.6)	7.1 (0.3)	13.6 (0.9)	11.2 (1.4)	15.2 (1.6)	13.4 (2.1)	8.3 (0.9)	7.7 (0.6)	14.4 (0.9)	13.2 (0.9)	14.9 (1.8)	13.3 (1.1)	8.9 (1.1)	7.9 (0.7)
	Rmax	10.3 (1.1)	9.1 (0.8)	19.5 (2.5)	17.7 (2.4)	20.8 (2.4)	17.9 (2.8)	10.6 (1.6)	10.2 (1.4)	21.2 (2.8)	20.0 (2.4)	19.5 (1.8)	17.3 (2.1)	10.7 (1.1)	10.4 (1.6)
タイベスト	Rz	7.3 (0.8)	6.7 (0.5)	17.1 (0.9)	14.1 (2.9)	20.4 (2.6)	17.9 (2.3)	7.9 (0.9)	7.1 (0.9)	17.8 (1.9)	16.8 (1.8)	20.4 (2.2)	17.6 (2.3)	8.4 (0.8)	7.1 (0.8)
	Rmax	10.1 (1.2)	9.2 (1.8)	23.3 (2.9)	21.0 (2.4)	25.7 (2.4)	24.4 (2.1)	10.1 (1.5)	9.5 (1.5)	23.7 (2.8)	23.2 (2.5)	26.8 (1.9)	22.7 (2.6)	10.3 (1.1)	9.6 (1.5)
デンチャー ベスト	Rz	7.5 (0.6)	7.1 (0.5)	19.3 (2.1)	18.6 (1.3)	20.2 (1.8)	18.9 (1.5)	7.6 (1.0)	7.2 (0.7)	19.9 (1.5)	19.1 (2.5)	20.4 (2.8)	19.5 (2.1)	8.2 (0.9)	7.1 (0.7)
	Rmax	10.1 (1.5)	9.3 (1.5)	26.0 (2.6)	25.1 (2.7)	26.1 (2.8)	24.0 (2.7)	10.2 (1.4)	9.8 (1.4)	25.8 (1.7)	24.9 (2.5)	27.0 (2.7)	25.1 (2.3)	10.2 (1.4)	9.8 (1.2)

図 3 埋没材試験体の表面粗さ (ハイベスト D)

象して作製された模型面は、ガラス面上で硬化させたときよりも粗さが大きく、また、シリコン印象により作製された模型面は、前者よりも粗さが小さいと述べている。

モデルコート処理による表面粗さへの効果については、それぞれの試験体ともに、粗さ値が約 1~3 μm 程

度小さくなる傾向が認められているが著明な差は現れなかった。

図 4、5 は、タイベストおよびデンチャーベストにおける各試験体の粗さ値をグラフにして示したものである。I、IV、VII 試験体では、Rz 値および Rmax 値ともに、ハイベスト D と同程度の値を示した。また、II、

図 4 埋設材試験体の表面粗さ (タイプテスト)

図 5 埋設材試験体の表面粗さ (デンチャーテスト)

表 3 各種埋没材試験体加熱後の表面粗さ

		Unit: μm () : S.D.			
		I		III	
			MC処理		MC処理
ハイベスト D	Rz	10.8 (2.1)	10.7 (2.0)	18.6 (2.1)	19.0 (2.1)
	Rmax	13.3 (2.3)	13.7 (2.5)	26.5 (2.4)	24.4 (2.5)
タイベスト	Rz	10.3 (1.4)	9.9 (1.0)	21.0 (2.7)	20.5 (2.7)
	Rmax	14.7 (1.4)	15.2 (2.6)	26.3 (2.5)	26.7 (2.7)
デンチャー ベスト	Rz	8.6 (1.0)	8.8 (0.8)	22.4 (2.6)	22.2 (2.7)
	Rmax	12.8 (2.5)	12.6 (2.6)	29.4 (2.9)	29.0 (2.5)

III, V, VI試験体では, Rz 値および Rmax 値が 5~6 μm 程度大きくなる傾向が認められた。しかし, 各々の試験体間での関係は, ハイベスト D と同様の傾向を示し, また, モデルコート処理による効果も, ハイベスト D と同様の結果が認められた。

次に, 各々の試験体間で検定を行った結果 ($\alpha=0.05$), I, IV, VII試験体と II, III, V, VI試験体との間で有意差が認められたが, それぞれの群中での有意差は認められなかった。

2. 埋没材試験体の加熱による影響について

表 3 は, 各々の埋没材試験体を 3 時間で 800°C まで昇温し, 1 時間係留した後の粗さ値を示したものである。なお, 試験体は有意差の認められない I, IV, VII試験体の中から, I 試験体を選択し, さらに II, III, V, VI試験体の中から一般に複模型作製の際, 主として用いられている寒天印象による III 試験体を選択した。

図 6 は, 各々の値をグラフにして示したものである。ハイベスト D では, I 試験体で加熱前と比べ, Rz 値では約 2 μm 程度, Rmax 値では約 3 μm 程度大きくなった。また, III 試験体では加熱前と比べ, Rz 値では約 3 μm 程度, Rmax 値では約 5 μm 程度大きくなった。このことは, 加熱による埋没材表面の硬さの低下, あるいは, ヒビ割れなどの影響と考えられる。

また, タイベストおよびデンチャーベストにおいても, ハイベスト D と同様に, 各々様に粗さが大きくなる傾向が認められた。

モデルコート処理を施した試験体では, モデルコート未処理の試験体と比べ, 粗さに変化は認められなかった。これについて玉置⁴³⁾らは, モデルコートは加熱により完全に消失し, このことより, パターン作製時のワックス操作時における操作性にのみ関与していると報告している。

3. 埋没材試験体表面性状の SEM および負荷曲線による観察

SEM での観察は, 3 種埋没材のうちハイベスト D を選択して行い, また, 負荷曲線は, その代表的 1 例を示した。

図 7 は, I, III試験体の加熱前, 加熱後の SEM 像である。

加熱前のものでは, I 試験体で比較的均一な状態の粒状結晶の集合が認められ, 極端な凹凸は認められないのに対し, III試験体では, 模型面全体に粒状結晶の集合と思われるような大きな固りが点在しており, 不規則な表面粗れが認められた。これは, 寒天の離液により水分を吸収した結果, 粒状結晶の不規則な成長が起こったものと考えられる。

加熱後のものでは, I 試験体で加熱前とほぼ同様な表面性状が認められるのに対し, III試験体では, 所々にヒビ割れが認められ, 明らかな表面粗れが認められた。

図 8 は, I, III試験体の加熱前, 加熱後の負荷曲線および粗さ曲線を示したものである。

加熱前のものでは, I 試験体で P (30%) で 50%, P (60%) で 100% 近い値を示し, 凸状の曲線部が多いのに対し, III試験体では, P (40%) までは 10% 以内の値を示しており, 凹状の曲線部が多く, 極端な突出部が多いために表面粗れが大きくなっていると推察される。

加熱後のものでは, I, III試験体ともに, 加熱前とほぼ同じような曲線を示しており, 表面形状には大きな変化がないものと推察される。

4. 鋳造直後の鋳造体表面粗さについて

表 4, 5 は, スマロイコバルト, スマロイチタンの鋳造直後およびサンドブラスト処理後の Rz 値, Rmax 値を示したものである。なお, 測定に際してはスプルー遠隔部鋳造面の比較的良好と思われた 2 カ所について行った。

スマロイコバルトでは, 手動鋳造のものは, A 試験体で Rz 値が $13.1 \pm 1.4 \mu\text{m}$, Rmax 値が $19.4 \pm 3.1 \mu\text{m}$, B 試験体で Rz 値が $17.7 \pm 2.0 \mu\text{m}$, Rmax 値が 28.4 ± 3.0

図 6 各種埋没材試験体加熱後の表面粗さ

図 7 埋没材試験体の SEM 像 (ハイベストD)

図 8 埋没材試験体の負荷曲線および粗さ曲線 (ハイベストD)

μm を示した。また、自動鋳造のものは、A 試験体で、 R_z 値が $15.9 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 、 R_{max} 値が $26.6 \pm 2.8 \mu\text{m}$ 、B 試験体で、 R_z 値が $18.1 \pm 2.3 \mu\text{m}$ 、 R_{max} 値が $28.8 \pm 3.1 \mu\text{m}$ を示した。

ここで、手動鋳造によるものでは、A 試験体は鋳型面に比べ、 R_z 値、 R_{max} 値ともに、若干粗さが大きくなる傾向が認められ、このことは、鋳造による溶湯の鋳型壁の凹みへの浸透現象および溶湯と鋳型との焼着による影響と思われる。また、B 試験体では、 R_z 値、 R_{max} 値ともに、鋳型面とほぼ同程度の粗さを示す傾向が認められ、このことより浸透現象あるいは焼着による鋳肌あれより

も、鋳型面の粗さに影響を受けるものと考えられる。

自動鋳造によるものでは、手動鋳造したものとは比べ、A 試験体では、 R_z 値が若干大きくなっているのに対し、 R_{max} 値では、極端に粗さが大きくなった。このことは過熱による鋳肌あれによるものと考えられる。また、B 試験体では、 R_z 値、 R_{max} 値ともに同程度の粗さを示したことから、過熱による影響よりも、鋳型面の粗さによる影響の方が大きいと考えられるが、A 試験体とほぼ同程度の値を示したことより、過熱による鋳肌あれと、寒天印象による鋳型面への影響とが、ほぼ同じ程度であると考えられる。

表 4 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理後の表面粗さ (スマロイコバルト)

Unit : μm () : S.D.

手動鋳造		0 Sec.	1 Sec.	2 Sec.	3 Sec.	4 Sec.	5 Sec.	6 Sec.
A	Rz	13.1 (1.4)	13.2 (1.2)	12.5 (1.5)	11.9 (1.3)	12.1 (1.1)		
	Rmax	19.4 (3.1)	18.5 (3.2)	17.0 (3.1)	17.3 (2.4)	17.1 (2.4)		
B	Rz	17.7 (2.0)	16.5 (2.2)	14.3 (1.4)	13.8 (1.5)	12.8 (1.1)	12.5 (1.4)	12.7 (1.4)
	Rmax	28.4 (3.0)	24.2 (3.3)	20.4 (2.7)	18.1 (2.1)	17.3 (1.9)	17.7 (2.2)	17.6 (2.4)
自動鋳造								
A	Rz	15.9 (1.7)	14.7 (1.4)	13.8 (1.4)	12.6 (1.4)	12.7 (1.2)		
	Rmax	26.6 (2.8)	22.5 (3.3)	18.8 (2.4)	17.7 (2.6)	17.9 (2.3)		
B	Rz	18.1 (2.3)	16.9 (1.8)	15.1 (1.4)	14.0 (1.5)	12.9 (1.3)	12.6 (1.5)	12.8 (1.5)
	Rmax	28.8 (3.1)	25.1 (3.1)	21.0 (3.3)	18.6 (2.0)	17.9 (2.1)	17.7 (2.1)	17.2 (2.4)

表 5 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理後の表面粗さ (スマロイチタン)

Unit : μm () : S.D.

手動鋳造		0 Sec.	1 Sec.	2 Sec.	3 Sec.	4 Sec.	5 Sec.	6 Sec.
A	Rz	9.2 (1.1)	11.0 (1.2)	11.6 (1.3)	12.1 (1.3)	11.9 (1.5)		
	Rmax	14.7 (1.4)	16.2 (2.8)	16.6 (1.6)	16.8 (2.2)	16.5 (2.0)		
B	Rz	13.2 (1.7)	12.6 (1.3)	12.8 (1.3)	12.6 (1.2)	12.1 (1.4)	12.5 (1.4)	12.4 (1.2)
	Rmax	19.8 (3.5)	19.2 (2.3)	18.3 (1.3)	17.9 (2.1)	17.7 (2.7)	17.7 (2.1)	17.6 (2.1)
自動鋳造								
A	Rz	14.7 (1.1)	13.5 (1.4)	11.9 (1.5)	12.2 (1.2)	12.4 (1.2)		
	Rmax	23.6 (2.5)	20.8 (2.3)	17.5 (2.1)	17.0 (2.4)	17.2 (2.2)		
B	Rz	16.0 (1.5)	15.2 (1.7)	14.0 (1.2)	13.5 (1.7)	12.5 (1.1)	12.1 (1.3)	12.5 (1.2)
	Rmax	27.2 (3.4)	22.9 (3.5)	19.2 (2.8)	17.6 (2.2)	17.4 (2.6)	17.3 (2.4)	16.9 (2.1)

スマロイチタンでは、手動鋳造のものは、A 試験体で、Rz 値が $9.2 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、Rmax 値で $14.7 \pm 1.4 \mu\text{m}$ 、B 試験体で、Rz 値が $13.2 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が 19.8 ± 3.5

μm を示した。また、自動鋳造のものは、A 試験体で、Rz 値が $14.7 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $23.6 \pm 2.5 \mu\text{m}$ 、B 試験体で、Rz 値が $16.0 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が 27.2 ± 3.4

図 9 鑄造体の鑄造直後およびサンドブラスト処理後の表面粗さ
(スマロイコバルト手動鑄造)

μm を示した。

ここで、手動鑄造によるものでは、A 試験体で、Rz 値、Rmax 値ともに鑄型面と同程度の粗さとなっているのに対し、B 試験体では、Rz 値、Rmax 値ともに鑄型面よりも若干粗さが小さくなる傾向が認められた。このことよりスマロイコバルトに比べスマロイチタンでは、鑄造体に対する埋没材の砂離れが良いため、溶湯の鑄型壁への浸透による抱き込みが小さいものと推察され、それにより粗さが小さくなったものと考えられる。

また、自動鑄造によるものでは、手動鑄造のものに比べ A、B 試験体ともに粗さが大きくなっており、Rmax 値でそれが著明である。また A、B 試験体間での差もほとんどなく、このことより、過熱によって溶湯の鑄型壁への浸透あるいは焼着が大きくなり、鑄肌あれが大きくなったものと考えられる。

次に、A、B 試験体間で検定を行った結果 ($\alpha=0.05$)、手動鑄造による試験体間で有意差が認められた。

一般に、鑄造体の表面粗さに影響をおよぼす因子として、印象材、石こう、埋没材などの材料およびその操作

条件、スプルーの太さ、植立方向などの埋没条件、鑄型の加熱条件、金属材料、鑄造条件、洗浄方法などがあげられる。この中で金属材料では、熔融温度が $1,000^{\circ}\text{C}$ 前後の中溶合金に対し、熔融温度が $1,300\sim 1,500^{\circ}\text{C}$ の高溶合金は、鑄造収縮が大きいこと^{44~46}、および高温において金属と埋没材が反応して表面をあらしやすいう点で異なっている。この表面粗れについては、高溶合金では、主にリン酸塩系埋没材を使用するため、埋没材と鑄込まれた金属との間で、化学的および物理的焼着が起こり、鑄造体表面に肌あれが起こるといわれている。これに関して福井らは^{22,23}、鑄型温度が高いほど埋没材中の遊離の MgO と、合金中の Cr_2O_3 との反応を促進し、化学的焼着物である Picrochromite s.s. が生成され、物理的焼着とも合わせて表面粗れが大きくなると報告している。

また、高溶合金は、空気とガスとのブローパイプでは融解が困難であり、酸素とアセチレン、酸素と水素、酸素とプロパンによるフレイム融解や、高周波誘導加熱などが用いられている。フレイム融解では、その際の炭化

図 10 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理後の表面粗さ
(スマロイコバルト自動鋳造)

が金属に与える影響が大きいといわれ、また、高周波誘導加熱でも空気中での酸化により材質の劣化が起こるといわれている^{47,48)}。しかし、高周波誘導加熱は、融解が迅速で取り扱いが簡便であるため^{49,50)}、アルゴンなどの保護雰囲気中での融解が行われている。

そこで本実験では、高周波融解、吸引アルゴン加圧方式のアルゴンキャスター DX を使用した。

5. サンドブラスト処理による効果について

図 9～12 は、表 4、5 の値をグラフにして示したものである。

スマロイコバルトの手動鋳造によるものでは、A 試験体で鋳造直後に Rz 値が $13.1 \pm 1.4 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $19.4 \pm 3.1 \mu\text{m}$ であったものが、2 秒後にはその粗さが減少し、Rz 値が $12.5 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $17.0 \pm 3.1 \mu\text{m}$ を示し、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。B 試験体では、鋳造直後に Rz 値が $17.7 \pm 2.0 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $28.4 \pm 3.0 \mu\text{m}$ であったものが、4 秒後にはその粗さが減少し、Rz 値が $12.8 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が

$17.3 \pm 1.9 \mu\text{m}$ を示し、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。

自動鋳造によるものでは、A 試験体で鋳造直後に Rz 値が $15.9 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $26.6 \pm 2.8 \mu\text{m}$ であったものが、3 秒後にはその粗さが減少し、Rz 値が $12.6 \pm 1.4 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $17.7 \pm 2.6 \mu\text{m}$ を示し、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。B 試験体では、鋳造直後に Rz 値が $18.1 \pm 2.3 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $28.8 \pm 3.1 \mu\text{m}$ であったものが、4 秒後にはその粗さが減少し、Rz 値が $12.9 \pm 1.3 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $17.9 \pm 2.1 \mu\text{m}$ を示し、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。

次に、スマロイチタンの手動鋳造によるものでは、A 試験体で鋳造直後に Rz 値が $9.2 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $14.7 \pm 1.4 \mu\text{m}$ であったものが、逆にその粗さが大きくなり、2 秒後には Rz 値が $11.6 \pm 1.3 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $16.6 \pm 1.6 \mu\text{m}$ を示し、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。B 試験体では、鋳造直後に Rz 値が $13.2 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $19.8 \pm 3.5 \mu\text{m}$ であったものが、Rz 値では 1 秒後に $12.6 \pm 1.3 \mu\text{m}$ を示し、Rmax 値

図 11 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理後の表面粗さ
(スマロイチタン手動鋳造)

では 2 秒後に $18.3 \pm 1.3 \mu\text{m}$ となり、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。

自動鋳造によるものでは、A 試験体で鋳造直後に Rz 値が $14.7 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $23.6 \pm 2.5 \mu\text{m}$ であったものが、2 秒後にはその粗さが減少し、Rz 値が $11.9 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $17.5 \pm 2.1 \mu\text{m}$ を示し、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。B 試験体では、鋳造直後に Rz 値が $16.0 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 、Rmax 値が $27.2 \pm 3.4 \mu\text{m}$ であったものが、Rz 値では 4 秒後にはその粗さが減少して $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ を示し、Rmax 値では 3 秒後にはその粗さが減少して $17.6 \pm 2.2 \mu\text{m}$ となり、以後はその粗さに大きな変化は認められなかった。

以上により、サンドブラスト処理では、Rz 値の変化量よりも Rmax 値の変化量の方が多いことから、鋳造体表面の突出部を主に削除することにより、その表面を均質にすると考えられ、また、2~4 秒の噴射で粗さが減少して、それ以後粗さが変化しないのは、鋳造体表面が一層削除されて新しい面が露出するためと考えられる。

一般にサンドブラストは、小型のものでは石こう系埋

没材の除去あるいは鋳造体の表面研磨に使用され、大型のものではコバルト・クロム系合金鋳造体の埋没材の除去やバリ取りに使用されている。このサンドブラストの効果に影響をおよぼす因子として、噴射圧力、噴射時間、距離、研磨材の種類および大きさなどがあげられるが⁵¹⁾、本実験では大型サンドブラストを使用し、本学技工室で日常行われている方法に従った。その結果、大型サンドブラストでは、最終的な鋳造体表面の粗さは、Rz 値で約 $12 \sim 13 \mu\text{m}$ 、Rmax 値で約 $17 \sim 18 \mu\text{m}$ を示し、それよりも粗さの小さな鋳造体では逆に粗さが大きくなってしまいう結果となり、その使用に際しては、手動鋳造による鋳造体では主に埋没材の除去にとどめ、可及的に噴射時間を短くし、表面に必要以上に噴射するべきではないことが示唆された。

6. 鋳造体表面性状の SEM および負荷曲線による観察

図 13~16 は、鋳造直後およびサンドブラスト処理による 2 秒、4 秒後の SEM 像である。

図 12 鑄造体の鑄造直後およびサンドブラスト処理後の表面粗さ
(スマロイチタン自動鑄造)

スマロイコバルトでは (図 13, 14) 鑄造直後の像は、手動鑄造によるものでは A 試験体は凹凸が比較的均一化しているのに対し、B 試験体は、ややその凹凸が不規則な面を呈している。また、自動鑄造によるものでは手動鑄造に比べ、A, B 試験体ともに、凹凸部が多く粗造な面を呈している。

サンドブラスト処理後の像では、2 秒、4 秒と時間の経過につれて凸部が削除され、細糸状の面を呈すようになり、4 秒後のものではほぼ平坦に近い面を呈している。

スマロイチタンでは (図 15, 16) スマロイコバルトと同様に、鑄造直後の像では、A 試験体に比べ B 試験体の方が粗造な面を呈し、また、手動鑄造によるものよりも自動鑄造によるものの方が粗造な面を呈している。

サンドブラスト処理後の像では、スマロイコバルトと同様な像を呈しており、細糸状の面が観察される。

以上のことより、鑄造直後の大きな突出部がサンドブラスト処理により削除され、細かくかつ小さな凸状部となって、細糸状を呈したものと考えられる。また、サン

ドブラスト処理の 4 秒後の像で、それぞれの試験体が同じような像を呈していることより、サンドブラスト処理によって表面が一層削除され、新しい面が露出したものと考えられる。

図 17~20 は、各試験体の鑄造直後と、サンドブラスト処理の 4 秒後の負荷曲線および粗さ曲線の代表的 1 例を示したものである。

鑄造直後のものでは、手動鑄造によるスマロイチタンの A 試験体で P (40%) で 30% を示し、凸状の負荷曲線を示している以外は、それぞれ、P (50%) で 50% 以下のほぼ凹状に近い曲線を示している。これがサンドブラスト処理の 4 秒後のものでは、それぞれ、P (50%) で 50% 以上のほぼ凸状に近い曲線を示している。

このことより、サンドブラスト処理によって鑄造面の突出部が削除されて R_{max} 値が小さくなることから、凹凸の小さな面が得られるものと推察される。また、スマロイチタンの手動鑄造による A 試験体では、鑄造直後でも極端な突出部がなく、比較的凹凸の小さな面が得られているものと思われる。

図 13 鋳造試験体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 2 秒後、4 秒後の SEM 像
(スマロイコバルト手動鋳造)

図 14 鋳造試験体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 2 秒後、4 秒後の SEM 像
(スマロイコバルト自動鋳造)

図 15 鑄造試験体の鑄造直後およびサンドブラスト処理の 2 秒後、4 秒後の SEM 像
(スマロイチタン手動鑄造)

図 16 鋳造試験体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 2 秒後、4 秒後の SEM 像
(スマロイチタン自動鋳造)

図 17 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 4 秒後の負荷曲線および粗さ曲線
(スマロイコバルト手動鋳造)

図 18 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 4 秒後の負荷曲線および粗さ曲線 (スマロイコバルト自動鋳造)

図 19 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 4 秒後の負荷曲線および粗さ曲線
(スマロイチタン手動鋳造)

図 20 鋳造体の鋳造直後およびサンドブラスト処理の 4 秒後の負荷曲線および粗さ曲線 (スマロイチタン自動鋳造)

IV. 結 論

高溶合金による鑄造床の鉤内面および粘膜面を想定し、その製作過程における因子が、埋没材および鑄造体の表面粗さにどのように影響するか、さらに、サンドブラスト処理による効果を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 3種の二次印象材間では、アルジネート印象材および寒天印象材と、シリコン印象材との間で埋没材の表面粗さに有意差が認められ、シリコン印象材で最も小さな値を示した。
2. 二次印象材による影響は、3種の埋没材ともに同様の傾向を示した。
3. 手動鑄造により得られた鑄造体の表面粗さは、埋没材模型面の粗さと同程度であったが、自動鑄造により得られた鑄造体では、二次印象操作による影響よりも焼着あるいは鑄肌あれによる影響が大きかった。
4. サンドブラスト処理では、粗さの大きな面ではその粗さが減少したが、粗さの小さな面では逆にその粗さが大きくなった。
5. サンドブラスト処理では、2～4秒の噴射で鑄造体の表面粗さがほぼ一定となり、十点平均粗さで12～13 μm を示した。
6. 本実験における最適条件は、二次印象材としてシリコン印象材を使用し、鑄造は手動鑄造により行い、サンドブラスト処理は2～4秒間行う方法であった。

本研究の一部は、昭和56年度日本補綴歯科学会（第68回日本補綴歯科学会学術大会）総会において発表し、その会誌に抄録を掲載した。

稿を終わるにあたり、本研究に際して終始ご懇篤なるご指導および校閲を賜わった日本大学大木一三教授に深甚なる感謝の意を表するとともに、ご専門の立場からご指導賜わった日本大学歯科理工学教室 西山實助教授に深く感謝の意を表します。併せて、本実験にご助言とご援助いただいた本学補綴学教室員各位および補綴学専攻大学院生各位に対し、謝意を表します。

Summary

In recent years cast plates using high-fusing alloys like cobalt-chromium alloys are being used widely in clinical work for making removable partial dentures. This has been made possible though the development of high-melting dental casting method sustained by the develop-

ment and progress of dental equipment. The author, therefore, assuming the state of the inner surface of the clasps of the cast plates made of cobalt-chromium alloys and the surface of the mucous membrane, examined how the surface roughness of the investment materials will affect the surface of the cast plates in the process of its manufacture. The author further examined how sand blasting will affect the surface roughness of the cast structures.

As a result, the author has obtained the following information :

1. Among the three types of duplicating materials, a significant difference was found between the alginate impression material and the silicone base impression material, and also between the agar-agar impression material and the silicone base impression material. The silicone base impression material showed the lowest value.
2. The effect of the duplicating materials showed a similar trend on all of the three investment materials.
3. The surface roughness of the cast structures obtained by manual casting was about the same as that of the surface of the investment material models, but with the cast structures obtained by auto casting, the effect of the penetration phenomenon was stronger than that of the duplicating operation.
4. Where the roughness was marked, sand blasting treatment reduced the roughness, but with the surface having slight roughness, it increased on the contrary.
5. In the sand blasting treatment, the surface roughness of the cast structures became almost uniform after 2 to 4 seconds of blasting, showing 12~13 μm under the ten-point height roughness scale.
6. The optimum conditions in the present experiment consisted of the use of silicone base impression material as the duplicating material, manual casting and 2-4 seconds of sand blasting treatment.

文 献

- 1) 森 淑子, 太田道雄, 山根正次: 銀パラジウム合金の精密鑄造法に関する基礎的研究 第一報 鑄造体の表面微細構造, 歯理工誌, 13, 27: 117~126, 1972.
- 2) 金竹哲也, 中村健吾, 真坂信夫, 高橋重雄: 鑄造体の適合精度について (上), DE, 36: 1~13, 1976.
- 3) 金竹哲也, 中村健吾, 真坂信夫, 高橋重雄: 鑄造体の適合精度について (下), DE, 37: 1~7, 1976.
- 4) 高橋重雄: 鑄造精度の考え方, 歯科ジャーナル, 8: 159~165, 1978.

- 5) 中村健吾：鑄造用コバルト・クロム合金をテストする，DE, 31：28～35, 1974.
- 6) 中村健吾，仲谷 明：鑄造用コバルト・クロム合金について，歯界展望，47(1)：40～48, 1976.
- 7) R.J. Schnell, G. Mumford and R.W. Phillips：An evaluation of phosphate bonded investments used with a high fusing gold alloy, J. Pros. Dent., 324～336, 1963.
- 8) 宗近日出男：歯科における精密鑄造用埋没材の新しい組成に関する研究，歯材器誌，15：1～14, 1966.
- 9) 福持貞孝：歯科高温鑄造用埋没材の新しい組成に関する研究，歯材器誌，14：85～105, 1966.
- 10) 渡辺三雄：リン酸塩を結合材とする鑄造用埋没材に関する研究 第1報 ケイ砂粒度と加熱膨張との関係，歯材器誌，18：12～15, 1968.
- 11) 渡辺三雄：リン酸塩を結合材とする鑄造用埋没材に関する研究 第2報 基材および結合材単味の温度膨縮変化とX線回折および顕微鏡的観察，口病誌，36(3)：147～156, 1969.
- 12) 渡辺三雄：リン酸塩を結合材とする鑄造用埋没材に関する研究 第3報 結合材配合比と埋没材の圧縮強さとの関係および試作埋没材の諸性能について，口病誌，36(4)：215～222, 1969.
- 13) 上新和彦，鹽 淳三：リン酸塩を結合材とした埋没材の諸性質とその適合性について，歯理工誌，11，21：124～133, 1970.
- 14) 芳賀晃昭：模型材兼用埋没材の研究，歯材器誌，25：105～117, 1971.
- 15) 川原春幸：高融金属鑄造床用リン酸系埋没材をテストする，DE, 16：20～27, 1971.
- 16) 野本 直：コロイド状珪酸を用いた歯科鑄造用埋没材の研究，歯材器誌，3：78～97, 1959.
- 17) 中野 毅：エテルシリケートアミン法の歯科高温鑄造への応用，歯材器誌，26：13～26, 1972.
- 18) 野本 直，酒井 勲，中野 毅，森田育宏：結合材不要の新埋没材について，歯材器誌，20：98～100, 1969.
- 19) 酒井 勲：結合材不要の歯科鑄造用高純度シリカ埋没材の研究，歯材器誌，26：1～12, 1972.
- 20) 奥 征男，野本 直：MgO-MgCl₂ 系新埋没材の試作，歯材器誌，30，3：179～182, 1973.
- 21) F.C. Allan and K. Asgar：Reaction of Cobalt-Chromium Casting Alloy with Investment, J. dent. Res.：1516～1528, 1966.
- 22) 福井寿男：鑄造用コバルト・クロム合金とリン酸塩系鑄造型材との界面反応物に関する研究，愛院大歯誌，12(1)：31～51, 1974.
- 23) 福井寿男，野村順雄，小山 肇，新妻 勤，磯村和直，青木郁夫，長谷川二郎：コバルト・クロム合金鑄造体の焼着現象について 第一報 とくに物理的焼着におよぼす影響について，愛院大歯誌，12(2)：120～128, 1974.
- 24) 吉田敏宏：歯科用埋没材に関する理化学的試験および金属鑄造体の表面粗さ試験，歯科月報，34(4)：301～329, 1960.
- 25) 小貫伸一：歯科補綴物の仕上加工に関する研究 歯科用金属の仕上加工，補綴誌，12(2)：215～239, 1968.
- 26) 奥田礼一：鑄型温の鑄造体面アラサに及ぼす影響，口病誌，35(3)：465～477, 1968.
- 27) 山根通裕：各種鑄造機による合金金鑄造体の面アラサ，歯材器誌，23：23～28, 1970.
- 28) 森 淑子，稲井 徹，久保光弘，自見 忠：歯科鑄造体の表面あらさに関する研究 第1報 鑄造体の清掃効果について，補綴誌，15：107～116, 1971.
- 29) 臼井久雄：鑄造体の表面あらさと適合性に関する研究，歯理工誌，15，31：6～24, 1974.
- 30) 佐野敬一，野首孝祠，奥野善彦：型ごと埋没法による鑄造体の表面あらさについて，補綴誌，19：627～632, 1976.
- 31) 氏家實明：型ごと埋没法における模型および鑄造体の表面アラサと細部再現性に関する研究，補綴誌，23：340～350, 1979.
- 32) 小川清一：鑄造体の再現性に関する研究 歯面から鑄造体に至る過程の表面粗さについて，補綴誌，26(3)：472～489, 1982.
- 33) 野手久史：歯科用ニッケルクロム合金の埋没法と鑄造体の表面アラサについて，口病誌，40(4)：316～337, 1973.
- 34) 林 弘之：アルゴンアーク鑄造機による歯科用ニッケルクロム合金の鑄造について 第1報 鑄造体の表面粗さ，口病誌，44(4)：293～302, 1977.
- 35) 野首孝祠，川畑直嗣，山田隆司，奥野善彦：コバルト・クロム合金鑄造体の表面あらさに関する研究，補綴誌，22(4)：777～789, 1978.
- 36) 吉田隆一，岡村弘行，貴美島治：表面あれからみたアルジネート印象材とせっこうの組み合わせ，DE, 29：32～40, 1974.
- 37) 小川清一，田中 淳，橘 俊光，山守克哉，米沢明成，大木一三，西山 実：表面処理法の相違が模型一埋没材の圧縮強さ，引掻硬さおよび表面粗さにおよぼす影響について，日大歯学，53(6)：1107～1111, 1979.
- 38) 太田克子：リン酸塩埋没材と水との微妙な関係，DE, 22：30～33, 1972.
- 39) 和田 透：弾性印象材による模型表面のアラサに関する実験的研究，歯科医学，33(6)：953～1021, 1970.
- 40) 大沢 誠，近藤豊一，石岡 靖：寒天印象材に関する研究 第3報 寒天印象材による石膏表面への影響について，補綴誌，19(2)：266～276, 1975.

- 41) 越中 優, 柳田千恵子, 引地弘子, 野口八九重: 寒天印
象材をテストする, DE, 36: 16~27, 1976.
- 42) 小川清一, 山守克哉, 米沢明成, 岡田信夫, 松津雅道,
矢代 譲治, 龍 昭一郎, 中村 昭久, 伊保内 利一, 大木一
三, 西山 実: 鑄造体表面の再現性に関する研究 第1
報 鑄造体製作過程とくに印象採得から耐火模型作製ま
での基礎的検討, 日大歯学, 55(6): 1064~1071, 1981.
- 43) 玉置敏夫, 杉上圭三, 斎藤俊司: リン酸塩系耐火模型の
表面処理について 第1報 処理後の耐火模型表面の観
察所見, 歯科技工, 5, 3: 77~82, 1977.
- 44) R. Earnshaw: The casting shrinkage of cobalt-
chromium alloys, Aust. dent. J., 3: 159~170, 1958.
- 45) R. Earnshaw: Further Measurements of the Cas-
ting Shrinkage of Dental Cobalt-Chromium Alloys,
B.D.J., 109: 238~242, 1960.
- 46) 野本 直: 国産コバルトクロム合金の鑄造収縮, 歯材器
誌, 6: 37~39, 1961.
- 47) 谷口正雄: 高溶合金の齒科 鑄造 に関する研究, 歯材器
誌, 4: 46~57, 1959.
- 48) H.J. Harcourt: An Investigation into Oxy-acety-
lene Melting of Chrome-cobalt Alloys and its Effect
on Surface Texture and Homogeneity in Castings,
B.D.J., 108, 4: 139~146, 1960.
- 49) 中田裕康: 高周波遠心鑄造法によるコバルトクロム合金
鑄造体に関する研究, 補綴誌, 8, 2: 218~249, 1964.
- 50) H.J. Harcourt, W.F. Cotterill: Induction Melting
of Cobalt-chromium Alloys, B.D.J., 118, 8: 323~
329, 1965.
- 51) 吉田隆一, 荒井敏夫: サンドブラスト, DE, 32: 30~
40, 1975.