鑄造冠用 Ni-Cr 合金の適合性に関する実験

その 1. 焼却温度の差異について

紀田 樹介 小松 貴 伊藤 仁 坂口 邦彦

An Experimental Study on Fitting Condition of Non-Precious Cast Crown Alloys

Part 1. A Comparison of Burnout Temperature

Shigeyuki Kida, Takashi Komatsu, Hitoshi Ito and Kunihiko Sakaguchi

Abstract : There are many problems centered around the use of Ni-Cr alloy, fitting, casting flow and casting shrinkage to name but a few are areas that must be deal with. Ni-Cr alloy does possess some very good physical and mechanical qualities, specifically; an ability to withstand wearing, hardness, heat conductivity, specific gravity plus many other points.

The object of this study is to explore the many positive points of Ni-Cr alloy.

Three kinds of investments and alloys were used in this study. And 5 temperatures were used as a base to determine the better burn out temperature of the wax patterns, 500, 600, 700, 800 and 900°C.

The difference of fitting conditions, casting shrinkage and roughness on the surface was measured.

Conclusion :

1. At all temperatures, the casted alloy only expanded, no shrinkage occurred.
2. Fitting conditions corresponded proportionally to the size of the metal mold, the larger the mold the better the fit.
3. The texture of Fitloy 50 type II was found to be finer than that of Summalloy Soft and Summalloy Regular casted alloy.

In addition, the casted alloy which was buried in Crown-vest was rougher than either Cera-vest and Summa-vest.

4. In addition, it was found that the finer the texture the better the fit.

Key words : non-precious alloy, fitting condition, casting flow, casting shrinkage, roughness

I. 緒 言

Ni-Cr 合金は、比較的安価ということで近年鑄造冠用

材料としても急激に注目をあびているが、金合金に比べると、その適合精度、鑄流れ性、鑄造収縮などまだまだ種々の問題が残されているように思われる。しかし、真空鑄造機、アーク鑄造機、さらにアルゴン鑄造機などの

東日本学園大学歯学部歯科補綴学第2講座（主任：坂口邦彦教授）

Higashi Nippon Gakuen University Faculty of Dentistry,

2nd Department of Prosthetic Dentistry (Chief: Prof. Kunihiko Sakaguchi)

昭和60年7月15日受付

Table 1 Components of alloys

Alloys	Element (Wt%)						Melting Point (°C)
	Ni	Cr	Mn	Mo	Cu	others	
Fitlloy 50 TYPE II	51.5	15.0	20.0	0	10.0	3.5	1,150
Summalloy (soft)	84.0	9.0	0	0	0	7.0	1,310
Summalloy (reguler)	78.0	12.0	0	7.0	0	3.0	1,330

Fig. 1 An apparatus of measuring thermal expansion (A) and setting expansion (B)

鑄造機具の開発, そしてリン酸塩を結合材とする高温埋没材が改善されたことによって一段と Ni-Cr 合金の応用を促進することになってきている。

そこで, われわれは Ni-Cr 合金のその耐摩耗性, 耐蝕性, 硬度, 熱伝導率, 比重など, 物理的・機械的性状の優れた利点に着目し, 従来より陶材溶着用 Ni-Cr 合金の適合精度, 陶材溶着強度などの実験¹⁻⁹⁾を行ってきたが, 今回鑄造冠用 Ni-Cr 合金を広く臨床に応用する目的をもって, このものがもつ種々の利点を見いだすべく, ワックス・パターン¹⁰⁾の焼却温度の差異, 埋没材および合金の種類について実験を行った結果をここに報告する。

II. 実験材料および実験方法

1. 実験材料

実験材料として, 鑄造冠用 Ni-Cr 合金 3 種類, リン酸塩系高温埋没材 3 種類を用いた。

Metal Alloys

Fitlloy 50 Type II	(# E 90029, S 社)
Summalloy Soft	(# E 018421, S 社)
Summalloy Regular	(# 038436, S 社)

Investments

Cera-vest	powder	(# 210842, G 社)
	liquid	(# 140642)
Summa-vest	powder	(# 038435, S 社)
	liquid	(# 038461)
Crown-vest	powder	(# 580207, S 社)
	liquid	(# 571225)

Table 1 は, 使用合金のコンポーネントおよび溶融点を示し, Fig. 1 の A, B および Fig. 2 は, 埋没材の硬化膨脹, 熱膨脹測定に用いた機具および測定結果である。いずれもメーカー指示の標準混液比のものである。

2. ワックス・コーピングおよび円柱ロッドの作製

鑄造収縮を測定するべく直径 6 mm, 長径 25 mm の円柱ロッドを作製する金型および歯冠形態ワックス・パターン作製の支台歯金型を Fig. 3, ならびにその寸法を Fig. 4 に示す。

G 社製 Violet Inlay Wax を 55°C で軟化し, Fig. 3 に示す金型に流し入れたあと, JM 油圧フラスコ・プレス (M 社) を使い, 10 kg の加圧下で 2 時間室温中に放置し, スプルーは G 社製 Ready Casting Wax R₃ 直径 3.2 mm, 長さ 5 mm とし, ワックス・コーピングでは咬合面中央部に, 円柱ロッドでは長径の中央部に垂直に植立した。

Fig. 2 Setting and thermal expansion

Fig. 3 Metal mold for wax coping and rod

Fig. 4 Metal mold for wax coping

Fig. 5 Auto-Furnace FK-VII

埋没は、リング埋没、リングレス埋没における埋没材の総合膨張の変化も適合精度および鑄造収縮に多大の影響をあたえるものと予測されるため、リングはH社製鑄造用ステンレス・リング #5 および A 社製ペーパー・スリーブを用いた。ステンレス・リングは内面に 0.9 mm の厚さの乾アスベスト・リボンを一重に巻き、ワセリンを一層塗布した。埋没材の混和は 10 秒間手ねりしたあと W 社製真空攪拌機を用い 50 秒間真空攪拌、合計 1 分間の攪拌後大気中にて埋没した。埋没後室温中で 1 時間放置したのち、G 社製 Auto-Furnace FK・VII に入れた (Fig. 5)。

Fig. 6 は今回鑄造に用いた M 社製高周波遠心鑄造機 TMC・102 で、鑄造条件は、HF・Power-Regulator 4, Torque-Regulator 4, Manual で、目視下で行った。鑄造後室温中で放冷し、D 社製マイクロ・ブラスタ-IIA で 5~7 kg/cm² で 10 秒間埋没材および酸化膜の除去後、1 分間超音波洗浄を行った。

Fig. 6 High frequency casting machine
T.M.C.-102

Fig. 7 Profile projector V-16

3. 適合精度および鑄造収縮、表面あらさの測定

Fig. 7 は、適合精度および鑄造収縮の測定に用いた N 社製万能投影機 V・16 型である。

ワックス・コーピングの浮き上がりを測定するべく、100 倍にトレースし、金型上に定めた基準点からワックス・コーピングの辺縁までの距離を測定した結果 7±

Fig. 8 An apparatus of measuring roughness SE-3C

Table 2 Casting terms of alloys and investments

Alloys	Investments	Ring	Ringless
Fitilloy 50 TYPE II	Cera vest	A	J
	Summa vest	B	K
	Crown vest	C	L
Summalloy (soft)	Cera vest	D	M
	Summa vest	E	N
	Crown vest	F	O
Summalloy (regular)	Cera vest	G	P
	Summa vest	H	Q
	Crown vest	I	R

0.5 μm の精度であった。これを 0 点とし鑄造後の試料と金型上の基準点との距離を測定した。鑄造収縮の測定も同じく、さきに述べた円柱ロッドのワックス・パターン上にもうけた基準点の距離を測定し、鑄造後の合金ロッドの基準点との差異を算出する Sipp の収縮測定法¹⁰⁾に準ずるその縮小型として求めた。いずれも同一部位を 5 回ずつ計測しその平均値を算出した。

Fig. 8 は、K 社製表面あらさ測定機 SE-3C である。測定は縦軸 1,000 倍、横軸 100 倍の測定倍率で、測定速度 0.1 mm/sec で、測定距離 0.8 mm、触針先端半径 3 μm 、測定力 0.5 g で、10 点平均あらさ法に基づいて行った。

Table 2 は、本実験の組合せ因子である。Fitilloy 50 type II を Cera-vest で埋没し、リング鑄造を行ったものを A とし、そのリングレス鑄造のものを J、すなわち A から R まで 18 の組合せにおいて、適合精度、鑄造収縮および表面あらさの実験を行った。さらに前記因子に、焼却温度による差異を究明するべく室温から 1 時間 30 分で 500, 600, 700, 800, 900°C に昇温させた 5 段階の因子とし、それぞれ 20 分間係留した。なお各因子と

Table 3 Fitting codition and casting shrinkage

Temp	500		600		700		800		900°C	
T.P.	F.C. (μm)	C.E. (%)	F.C. (μm)	C.E. (%)	F.C. (μm)	C.E. (%)	F.C. (μm)	C.E. (%)	F.C. (μm)	C.E. (%)
A	98(¹²⁵ ₇₀)	0.19	63(⁹⁵ ₂₆)	0.33	106(¹⁵⁹ ₆₀)	0.60	95(¹³⁰ ₆₀)	0.67	92(¹⁰⁸ ₅₄)	0.66
J	88(¹³⁵ ₆₂)	0.24	73(¹¹¹ ₅₄)	0.40	94(¹¹⁶ ₅₀)	0.66	75(¹³⁰ ₂₈)	0.68	106(¹⁴⁰ ₇₀)	0.68
B	152(¹⁹⁰ ₁₁₄)	0.17	61(⁹⁰ ₃₄)	0.24	65(⁸⁹ ₂₆)	0.40	87(⁹⁰ ₈₄)	0.40	92(¹²⁴ ₆₀)	0.40
K	100(¹²⁰ ₄₅)	0.21	84(¹²⁹ ₅₀)	0.23	84(¹³⁷ ₈₀)	0.46	98(¹¹⁶ ₇₈)	0.53	99(¹²⁷ ₈₄)	0.49
C	85(¹⁴⁵ ₄₀)	0.07	85(¹⁰⁸ ₁₅)	0.20	70(¹⁸⁶ ₂₁)	0.33	72(¹⁰⁰ ₃₅)	0.30	109(¹⁵⁸ ₇₃)	0.30
L	126(¹⁷³ ₉₃)	0.10	106(¹⁸³ ₆₁)	0.24	133(¹⁷² ₈₈)	0.42	135(¹⁶⁷ ₈₂)	0.36	173(²¹³ ₁₀₂)	0.32
D	132(¹⁶⁵ ₉₆)	0.02	91(¹¹² ₇₅)	0.24	99(¹¹⁴ ₉₀)	0.35	92(¹²⁵ ₅₀)	0.40	74(¹⁰⁸ ₄₅)	0.40
M	95(¹³⁰ ₇₅)	0.25	119(²⁰⁰ ₆₅)	0.26	58(⁷² ₃₇)	0.39	86(⁹² ₈₀)	0.42	90(¹⁰⁷ ₇₂)	0.41
E	137(¹⁷⁵ ₁₀₀)	0.15	153(¹⁸⁰ ₁₂₇)	0.19	79(⁹⁰ ₅₈)	0.29	82(¹⁰⁶ ₃₄)	0.29	88(¹²¹ ₈₀)	0.29
N	142(²⁰⁰ ₁₀₈)	0.14	131(¹⁵⁶ ₁₁₃)	0.17	88(¹¹⁴ ₃₁)	0.39	130(²⁰⁰ ₃₈)	0.37	104(¹³⁸ ₇₀)	0.39
F	165(¹⁸¹ ₉₉)	0.08	199(²²² ₈₇)	0.09	122(¹³⁰ ₁₁₅)	0.30	150(¹⁷² ₁₁₄)	0.30	140(¹⁶⁰ ₁₀₆)	0.30
O	148(¹⁶⁹ ₁₂₉)	0.11	95(¹²⁹ ₇₁)	0.13	128(¹⁷⁰ ₁₀₃)	0.34	161(¹⁸⁹ ₁₃₄)	0.33	165(¹⁷¹ ₁₅₉)	0.28
G	268(³⁵¹ ₂₀₅)	0.16	290(³⁴⁶ ₂₀₀)	0.16	269(³³⁰ ₂₂₅)	0.23	238(²⁵⁵ ₂₂₀)	0.28	245(²⁸⁷ ₂₁₈)	0.41
P	203(²⁶⁸ ₁₄₃)	0.15	194(²⁹¹ ₁₂₅)	0.16	190(²³⁸ ₁₄₄)	0.26	216(³⁸² ₁₄₄)	0.30	271(³⁶⁰ ₁₅₄)	0.46
H	230(³⁸⁶ ₁₆₉)	0.09	171(²²³ ₁₁₉)	0.09	146(¹⁹¹ ₁₀₂)	0.26	160(²⁰⁶ ₁₁₃)	0.21	190(²¹² ₁₆₈)	0.20
Q	269(³⁶⁷ ₂₁₇)	0.09	232(³⁰⁸ ₁₆₃)	0.13	214(²⁴¹ ₁₉₀)	0.25	197(²²⁷ ₁₃₇)	0.20	225(²⁴⁰ ₂₁₃)	0.25
I	331(³⁸⁰ ₂₃₆)	0.09	238(²⁰⁸ ₁₀₃)	0.08	191(²³³ ₁₂₄)	0.18	151(¹⁶⁵ ₁₃₅)	0.20	129(¹³⁵ ₁₁₈)	0.20
R	187(²¹⁹ ₁₄₆)	0.10	149(¹⁹⁵ ₁₁₅)	0.14	160(¹⁹⁶ ₁₂₂)	0.22	138(¹⁷⁵ ₉₇)	0.25	196(²⁰⁹ ₁₈₈)	0.23

*F.C. : Fitting Condition C.E. : Casting Expansion

もに 5 個ずつ総計 450 個の試料を作製した。

III. 実験結果

1. 適合精度および鋳造収縮

Table 3 は、適合精度および鋳造収縮の数値であり、Fig. 9~17 はそれぞれの結果をまとめたものである。すなわち Table 3 の A は、Fitilloy 50 type II を Cera-vest で埋没し、500, 600, 700, 800, 900°C における適合

精度 (F.C.) は最大が 125 μm, 最小が 70 μm で平均値 98 μm を示し、鋳造収縮 (C.E.) を % で表示したものである。Fig. 9~17 の左の棒グラフは、Casting Expansion, 右のグラフは Fitting Condition を表し、白ぬきで示したものはリング鋳造、斜線で示したものはリングレス鋳造であるが、全体に膨張の傾向を示した。またリング鋳造より、リングレス鋳造の方が若干大きな膨張の傾向にあった。700°C では、それ以下に比べ大きく膨張している。そして、大きく膨張しているもの程浮き上がり量

Fig. 9 Fitlloy-Cera vest

Fig. 10 Fitlloy-Summa vest

Fig. 11 Fitlloy-Crown vest

Fig. 12 Summalloy-Cera vest (soft)

Fig. 13 Summalloy-Suma vest (soft)

Fig. 14 Summalloy-Crown vest (soft)

Fig. 15 Summalloy-Cera vest (Regular)

Fig. 16 Summalloy-Summa vest (Regular)

Fig. 17 Summalloy-Crown vest (Regular)

Table 4 Roughness on the surface

Test Piece \ Temp.	500	600	700	800	900°C
A (J) Cera vest	5.0(3.5)	4.0(3.0)	4.0(5.0)	4.5(5.0)	4.5(4.0)
B (K) Summa vest	4.0(3.5)	3.5(3.5)	4.5(3.0)	4.0(3.5)	4.0(4.0)
C (L) Crown vest	8.0(3.0)	4.0(3.0)	4.0(3.5)	4.0(3.0)	4.0(2.5)
D (M) Cera vest	5.0(6.0)	6.0(6.0)	6.0(6.0)	5.5(5.0)	5.5(6.0)
E (N) Summa vest	5.0(7.0)	6.5(5.0)	6.0(5.0)	4.5(6.0)	3.5(3.0)
F (O) Crown vest	4.0(7.0)	5.0(8.0)	4.0(4.0)	6.0(6.0)	6.0(8.0)
G (P) Cera vest	7.0(5.0)	5.0(5.0)	3.0(5.0)	5.0(4.5)	5.0(4.0)
H (Q) Summa vest	4.0(4.0)	3.0(5.0)	4.5(5.0)	3.0(3.0)	5.5(4.0)
I (R) Crown vest	8.0(5.0)	7.0(4.0)	5.0(5.0)	6.5(7.0)	6.5(6.0)

 Roughness of 10 points average (L 0.8 mm) Unit : μm

は、少ない結果となっている。

2. 表面あらさ

Table 4 は表面あらさを示す数値表である。温度別にみて：500～900°C までほとんど大差はみられないが、Total では 700°C を境にそれより温度が高くて低くても表面あらさは大きい傾向を示した。

埋没材別にみて：3 種埋没材ではほとんど大差はみられないが、Summa-vest の表面あらさが若干小さい傾向であった。

合金別にみて：3 種合金ではほとんど大差はみられないが、Fitlloy 50 Type II での表面あらさは、Summalloy Soft, Summalloy Regular に比べ若干小さい傾向であった。

IV. 考 察

従来より、リング鋳造、リングレス鋳造ともに鋳造物が Over-Size であるにもかかわらず、冠縁の浮き上がり大きいとの報告¹¹⁻¹³⁾はあるが、今回われわれが行った実験においても 500～900°C まですべての温度において、このことが認められた。これは、特に Cera-vest では硬化膨張が大きく、また 500°C ですでに総合膨張のほとんどが得られるためだと思われる。

一般に Ni-Cr 合金は、その溶融点が 1,300°C 以上で 2.3%、1,300°C 以下で 2.1%¹⁴⁾と大きく鋳造収縮をおこし、これを補償するため総合膨張の大きな埋没材が必要であるが、これに伴う開脚変形¹⁵⁾も著しいものである。これに対応するため Wax Ring により埋没するという報告¹¹⁾もあるが、他に鋳造精度に影響する因子として鋳型の加熱開始時期¹⁶⁾、そして、埋没材の L/P 比、コロイダルシリカ液中の水分、練和方法などがあげられ

Table 5 Grain size in investment

Grain size (μm)	Cera-vest	Summa-vest	Crown-vest
210～	1	14	27
150～209	1	15	11
105～149	7	21	4
75～104	3	6	2
63～74	3	1	1
0～62	85	43	55

(wt%)

るが、これらにもまして、埋没材ならびにコロイダルシリカ液のバッチナンバーの違いによる差の方が大きい¹⁷⁾等の因子が加味されることに問題点があると思われる。

口腔内の印象採得から得られる超硬石膏の寸法変化量は、おおむね +10 μm ¹⁸⁾程度であり、セメント合着に必要な 30 μm 程度のスペース¹⁹⁾を得るには、やはり Die spacer 法²⁰⁾のような手段を講じることが望ましい。

表面あらさによる適合への影響²¹⁾は、当然考慮にいれなければならない。今回の実験においても、Fitlloy 50 Type II における適合度が最も良かったのは、Casting Expansion が大きかったのに加え、3 種合金中表面あらさが最も小さかったという結果にもむすびつくと思われる。そして、鋳型の温度が 700°C で、3 種合金の中では溶融点の低い Fitlloy 50 Type II が、また埋没材では、Summa-vest での表面あらさが小さいという結果は、従来より報告²²⁻²⁶⁾されている埋没材の種類、鋳込温度、鋳造温度、金属固有の性質により表面あらさが影響をうけるということに一致する。特に Grain Size のあらい傾向にある Crown-vest (Table 5) において、表面あらさが大きい結果となったことは、埋没材の細部再現性の困難性による表面あれ²⁷⁾に関係するものであると思われる。

リン酸塩系埋没材は、加熱時の 200°C ぐらいまでは

ほとんど通気性を示さないが、その後は混液比に応じた通気率を示すようになる²⁸⁾。これは、耐火材の粒度分布^{29,30)}の違いが貫通気孔の多少を決定し、250°C まで続くといわれているリン酸塩反応生成物中の脱水と分解³¹⁾による影響²⁸⁾のものである。

一方埋没材中のカーボンは、600~700°C で二酸化炭素³²⁾となり、埋没材の空隙率を高める結果³³⁾となる。

また遠心鑄造機では、通気性のない鑄型でも鑄型内空気はスプルーから容易に排出され、ほぼ完全に鑄込³⁴⁾まれる。

これらのことは、本実験において、500~900°C までの鑄造が可能であったことと一致している。

また、アルゴン雰囲気融解、吸引、加圧型鑄造機である Arvatron PC-105 では、鑄込み率 86~92% であり遠心鑄造機に比べると、はるかに良好であるという報告³⁵⁾がある。一方、遠心鑄造機の鑄造圧は大きく見積っても 0.7 kg/cm²³⁶⁾であるにもかかわらず、鑄造圧 2.5 kg/cm² の加圧鑄造機に比べ、鑄造欠陥が生じなかったという報告³⁷⁾もある。いずれにしてもインゴットの溶融のみきわめが非常に難しく、『たなつり現象³⁸⁾』など鑄込時間の判断に熟練が要求されることも、この種の実験の難しさが感じられた。

高融点合金を鑄造した際の鑄造体表面の埋没材を除去するため、今回は全試料を通じて 10 秒間マイクロブラスター処理を行った。それに関する研究によれば、金属表面のごく一層のみが削除される³⁹⁾とあるが、本実験においては全試料同条件であるためこれによる影響は少ないものと思われる。

V. 結 論

今回鑄造冠用 Ni-Cr 合金の適合精度について、3 種類の埋没材および 3 種類の Ni-Cr 合金を用いて焼却温度をかえて、鑄造収縮、Metal Coping の浮き上がりおよび表面あらさについて実験を行った結果は、

鑄造収縮実験および適合精度

1) 全試験を通じて膨張の傾向を示し、特に 700°C 以上では高い値を示した。

2) 浮き上がりは膨張の程度が大きい程少ない結果となった。

表面あらさ実験

1) 温度別では 700°C が最少であり、それより高くても、低くてもややあら傾向を示した。

2) 合金別では、Fitilloy 50 Type II が最少で、Sum-

malloy Soft, Summalloy Regular がそれよりあら傾向を示した。

3) 埋没材別では Summa-Vest が最少であった。

4) 表面あらさが小さい程、適合も良くなる傾向を示した。

なお、本研究の一部は日本補綴歯科学会東北・北海道支部学術大会 (1984 年 5 月 19 日、盛岡市) にて発表した。

文 献

- 1) 小森富夫, 北上徹也, 坂口邦彦, 澤村直明, 他: 非貴金属系合金による陶材溶着鑄造冠についての研究補遺, その 1, 埋没材の硬化および熱膨張と鑄造体の適合精度, 歯科医学, 40(4): 572~578, 1977.
- 2) 北上徹也, 坂口邦彦, 澤村直明, 久保一慶, 他: 非貴金属系合金による陶材溶着鑄造冠についての研究補遺, その 2, 蠟型採得時のプラスチックペーサーと鑄造体の適合精度, 歯科医学, 41(2): 366~372, 1978.
- 3) 坂口邦彦, 伊藤 仁, 武井栄芽, 北村修一, 他: 非貴金属系合金による陶材溶着鑄造冠についての研究補遺, とくに陶材溶着過程における変形について, 北海道歯科医師会誌, 36: 1~5, 1981
- 4) 坂口邦彦, 伊藤 仁: 陶材溶着用 Ni-Cr 合金, その鑄造精度および陶材溶着について, 歯科技工別冊, 26~40, 1980.
- 5) 坂口邦彦: ニッケル・クローム合金による陶材溶着鑄造冠の臨床, 特にプラズマ溶射を中心に, 歯界展望, 53(1): 101~116, 1979.
- 6) 川原春幸: 金属焼付陶材について, 歯界展望, 38(5): 745~755, 1971.
- 7) 坂口邦彦, 伊藤 仁, 北村修一: メタルボンド用非貴金属合金の功罪, 歯界展望, 58(1): 77~91, 1981.
- 8) 伊藤 仁, 北村修一, 大野 学, 紀田樹介, 小松 貴, 坂口邦彦: Bonding agent 材が陶材溶着強度に及ぼす影響について, 補綴誌, 28(2): 31~38, 1984.
- 9) 伊藤 仁, 北村修一, 大野 学, 小松 貴, 紀田樹介, 杉村昌彦, 坂口邦彦: 火炎溶射法による陶材溶着鑄造冠の臨床への応用, 北海道歯科医師会誌, 39: 173~179, 1984.
- 10) 橋口隆吉編: 金属学ハンドブック, 370~373, 朝倉書店, 東京, 1965.
- 11) 大澤雅博, 渡辺清志, 岩久正明: Ni 系合金による鑄造体の適合度に関する研究, 歯材器誌, 2(6): 735~742, 1983.
- 12) 松野 洸, 片桐保昭, 羽成 基, 細田裕康: 型ごと埋没材による全部鑄造冠の適合度について, 歯材器誌, 23: 124~129, 1970.

- 13) 安部栄一郎, 佐藤幸司: ニッケル・クロム系合金を用いた補綴臨床の実験 3, 生物学的評価, 臨床的評価, その 2, 補綴臨床, 15 (2): 153~165, 1982.
- 14) 五十嵐正晴: 高温鑄造修復に関する研究, 第 2 報, 臨床的な形態の鑄造体の変形について, 口 病 誌, 44 (3): 187~195, 1977.
- 15) Fusayama, T.: Factor and Technique of Precision Castings (Part 1, Part 2), J. Pros. Dent., 9: 468~485, 486~497, 1959.
- 16) 伊藤充雄, 永沢 栄, 宮沢ての子: 鑄造精度に関する研究 (第 10 報) リン酸塩系埋没材鑄型の加熱開始時間の影響について, 歯理工誌, 22 (59): 202~212, 1981.
- 17) 小園凱夫, 田島清司, 柿川 宏, 林 一郎: リン酸塩系埋没材の膨張と鑄造精度 (第 1 報) リン酸塩系埋没材の膨張変化, 歯材器誌, 3 (2): 295~302, 1984.
- 18) 大澤雅博, 松野 澁, 細田裕康: 付加重合型 Vinyl Silicone Rubber 印象材による歯型の寸法精度に関する研究, 歯材器誌, 36 (3): 398~409, 1979.
- 19) Jørgensen, K.D.: セメント合着された修復物の精度に関する要求, 歯材器誌, 30 (2): 65~71, 1973.
- 20) Jørgensen, K.D. and Finger, W.: Die Spacing Technique by Diffusion Precipitation, Scand. J. Dent. Res., 87: 73~78, 1979.
- 21) 森 淑子, 他: 銀パラジウム合金の精密鑄造法に関する基礎的研究, 第 1 報, 鑄造体の表面微細構造, 歯理工誌, 13: 117~126, 1972.
- 22) 白井久雄: 鑄造体の表面あらさと適合性に関する研究, 歯理工誌, 15: 6~24, 1974.
- 23) 西岡二二夫: 歯科鑄造用埋没材に関する基礎的研究, 第 1 報, 走査電顕による表面構造の観察, 歯材器誌, 23: 108~123, 1970.
- 24) 西岡二二夫: 歯科鑄造用埋没材に関する基礎的研究, 第 2 報, 加熱温度と係留時間が埋没材表面構造に及ぼす影響について, 歯材器誌, 24: 10~15, 1971.
- 25) Pome's C.E., Slack, G.L. and Wise, M.W.: Surface roughness of dental castings, J. Amer. Dent. Ass, 41: 545~556, 1950.
- 26) 稗田豊治, 鈴江青磁郎, 初山光男, 池田克己, 坂 光市, 三木義樹: 金属 Inlay 体表面アラサの触針法による定量的観察, 日歯保誌, 2: 115~121, 1959.
- 27) 松延彰友: 歯科鑄造過程における表面あらさの変化, 九州歯会誌, 36 (3): 531~548, 1982.
- 28) 竹内正敏, 森脇 豊, 都賀谷紀夫, 堤 定美, 井田一夫: 埋没材の通気性に関する研究, 第 3 報, 埋没材の高温時通気性と熱膨張率について, 歯材器誌, 3 (1): 44~50, 1984.
- 29) 歯科理工学会編: 歯科理工学, 326, 医歯薬出版, 東京, 1971.
- 30) 川原春幸, 他 5 名: 歯科用コバルト・クロム合金鑄造法, 113, 医歯薬出版, 東京, 1979.
- 31) Derek, W.J.: Thermal analysis and stability of refractory investments, J. Pros. Dent., 18 (3): 234~241, 1967.
- 32) 理化学辞典, 806, 岩波書店, 東京, 1935.
- 33) 伊藤充雄: 高溶融合金の鑄造における低温鑄型用埋没材の研究, 歯理工誌, 19 (47): 200~208, 1978.
- 34) 高橋純造, 岡崎正之, 木村 博, 上新和彦: 通気性のない鑄型への鑄造, 歯材器誌, 2 (4): 479~485, 1983.
- 35) 紀藤政司, 本多佳雅, 河村訓隆, 岩井主宏, 長谷川二良: 鑄造冠用 Ni-Cr 系合金の鑄込み率について, 鑄造方法の差異による検討, 歯材器誌, 3 (4): 508~514, 1984.
- 36) 井田一夫: 歯科鑄造用機械器具, 107~110, 医歯薬出版, 東京, 1978.
- 37) 高橋純造, 寺岡文雄, 岡崎正之, 木村 博: Ni-Cr 合金鑄造冠の外部鑄造欠陥, 歯材器誌, 1 (3): 265~271, 1982.
- 38) 小園江芳之, 菊地敬成, 越中 優, 野口八九重: Ni-Cr 合金の鑄造条件と機械的性質との関係について, 歯材器誌, 3 (4): 490~499, 1984.
- 39) 西村文夫, 高橋英和, 久保寺理夫, 山口重雄, 宮崎 隆, 野本 直: 小型鑄造体のサンドブラスト研磨に関する基礎的研究, 歯材器誌, 38 (2): 320~328, 1981.