

Co-Cr 合金の鑄造に関する研究 —各種リン酸塩系埋没材による比較—

宇田 剛, 黒岩 昭弘, 海田 健彦, 酒匂 充夫, 五十嵐順正

松本歯科大学 歯科補綴学第一講座

Study on Co-Cr Alloy Casting Comparison of Phosphate Bonded Investment

GO UDA, AKIHIRO KUROIWA, TAKEHIKO KAIDA, MITSUO SAKOH and YOSHIMASA IGARASHI

Department of Removable Prosthodontics, Matsumoto Dental University

Summary

Chromium Cobalt alloy exhibits excellent corrosion resistant and mechanical properties, with half of a specific gravity than that of gold alloy. Since, Co-Cr alloy has high melting temperature, casting is usually done with phosphate bonded investment. There arise problems with the handling of phosphate bonded investment in investing procedure and, fusing of the investment to castings, resulting to surface roughness and, final fitness of the casting. Three kinds of phosphate bonded investment, VELVETY, UNIVEST Silky, and CERAMIGOLD, were examined with several points of interests. In conclusion, VELVETY exhibited excellent handling ease, suitable mold strength, and good fitness of casting among the three investments tested.

緒 言

Co-Cr 合金は軽くて強度があり、クロムが不動態化する事により金合金と同程度の耐蝕性を示し、安価で、物理、化学、生物的に為害作用が少なく、キャストパーシャルやロングスパンブリッジの製作にあたって適切な物性値を有しているため、しばしば臨床で金属床や補綴物に用いられている¹⁾。しかしながら、研磨が金合金と比べ非常に繁雑であることや、融点が高いため、リン酸塩系埋没材を用いて鑄造を行う必要がある。埋没材は良好な鑄造体を得るために適切な機械的性質を

有する事が望まれている。特にリン酸塩系埋没材は周囲の環境によって諸性質が変化するとされている²⁾。リン酸塩系埋没材は埋没時の操作や鑄造体の掘り出しが繁雑なこと³⁾や得られた鑄造体の表面性状や適合について未だ問題を残すところがある。また、リン酸塩系埋没材の性質は膨張等に限局して報告されている²⁻⁸⁾が、表面性状や操作性についての報告は少ない⁹⁾。以上のことから良好な適合が得られ更に表面性状の良い埋没材を探索する必要がある。本研究はこの様な背景から良好な鑄造体を得られる埋没材を検討するためにこれらの問題点について3種類のリン酸塩系埋没

材を用いて比較検討を行ったので報告する。

材料および方法

1. 実験材料

実験に用いたリン酸塩系埋没材は VELVETY (松風), UNIVEST Silky (松風:以下 Silky と略す), CERAMIGOLD (Whip Mix) を使用した。

鑄造には Co-Cr 合金 (コバルタン®:松風) を使用し, 鑄造機には加圧鑄造機 (アルゴンキャスター®:松風) を用い, 以下の実験を行った (Table)。

2. 実験方法

1) 圧縮強さ

各埋没材とも, 直径20 mm, 高さ40 mm の円柱状の試料体を製作し, メーカー指定の焼却条件に従い, 大気中にて放冷した後, 万能試験機 (AUTOGRAPH® AG 5000 D:鳥津) を用いて, クロスヘッドスピード1 mm/min の条件で

測定した (Fig.1)。

2) 鑄造体の表面あらさ

各条件において製作した鑄造体 (15×15×1.4 mm) を表面あらさ計 (Surftest 501®:ミットヨ) を用い, 中心線平均あらさを測定した (Fig.2)。

3) 鑄造冠の適合性

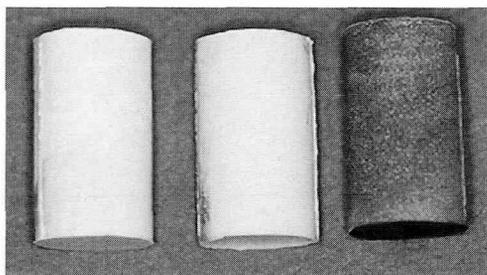
ADA 規格の金型を基準にして製作した全部鑄造冠形態の金型 (歯頸部の幅, 咬合面の厚さ1.0 mm, Fig.3) を用いて, ワックスパターンを製作し, 各埋没材にて埋没後, 鑄造冠を製作し, 鑄造冠の適合性を万能投影機 (PROFILE PROJECTOR® PJ 311:ミットヨ) を用いて測定した。

4) 各埋没材における硬化膨張, 加熱膨張の測定

埋没材の硬化膨張は, 幅20 mm, 高さ20 mm, 長さ100 mm の測定用金属金型に, 各埋没材をメーカー指示の混水比で練和した練和泥を填入し, 填入後4時間までダイヤルゲージ (DIGI-

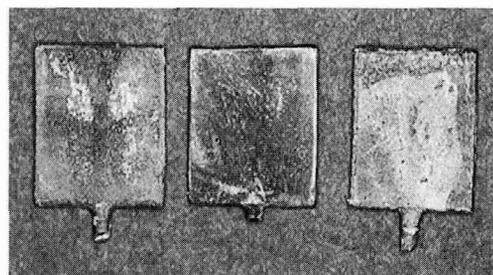
Table : Materials and Methods

Investment	VELVETY	SHOFU
	UNIVEST Silky	SHOFU
	CERAMIGOLD	Whip Mix
Cast Alloy	COBALTAN (Co-Cr alloy)	SHOFU
Wax pattern	Paraffin wax (15 × 15 mm) (for Surface roughness)	GC
	Blue Inlay Casting Wax (HARD-Type 1, Class 1) (for Fitness test)	Kerr
Master die	Full cast crown type Modifide A. D. A. S.	Itou engineering
Casting machine	Argoncaster-C	SHOFU



VELVETY Silky CERAMIGOLD

Fig.1 : Specimens for compressive strength test



VELVETY Silky CERAMIGOLD

Fig.2 : Cast specimens for surface roughness measurement

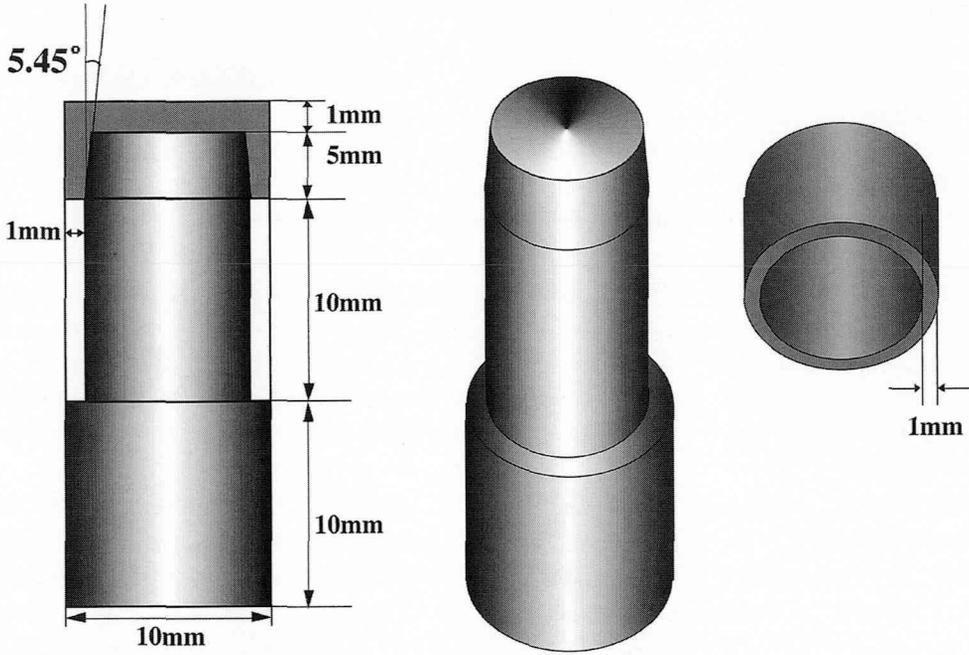


Fig.3 : Schematic drawing of the master die and wax pattern

MATIC INDICATOR[®]：ミットヨ）を用いて膨張量を測定した。

熱膨張曲線測定には、直径 5 mm、長さ 10 mm の金型に各埋没材をメーカー指示の混水比で練和した練和泥を填入し、硬化後、熱膨張計（TMA 400 S[®]：マック・サイエンス）にて加熱膨張を鑄造時の鑄型温度と同一になるまで測定した。

なお、このときの昇温速度、係留時間については各社メーカー指示に従った。

5) 埋没材表面の観察

焼却後の埋没材を走査電子顕微鏡（JXA 8200[®]：日本電子）にて表面の SEM 像の観察を

行った。

6) 統計処理方法

硬化膨張と加熱膨張を除く全ての実験で得られた計測値を統計ソフトウェア（Stat Mate III[®]：アトムス）を用いて Student t 検定を行い検討した。なお、実験の施行回数は各条件ともに 5 回とした。

結 果

圧縮試験を行ったところ、VELVETY<CE-RAMIGOLD<Silky の順に大きな値を示した（ $p < 0.05$, Fig.4）。また、Fig.5, 6 に鑄造体の外

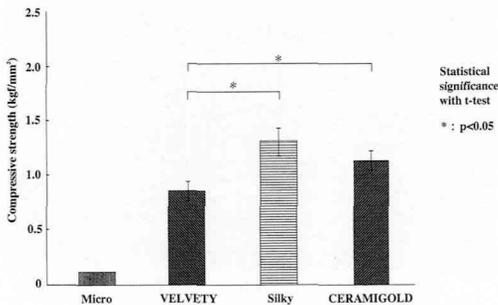
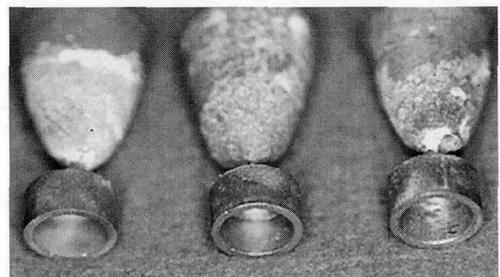


Fig.4 : Compressive strength of different casting molds



VELVETY Silky CERAMIGOLD

Fig.5 : External view of cast specimens

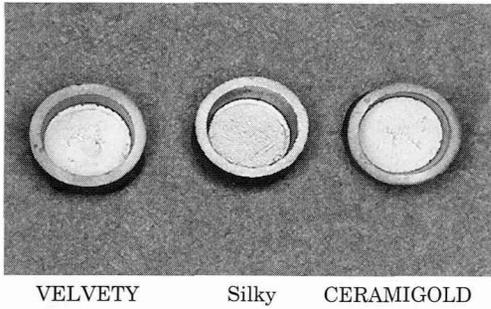


Fig.6 : Internal view of cast specimens

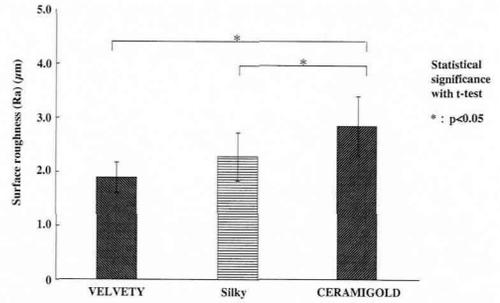


Fig.7 : Surface roughness of Co-Cr made with different casting molds

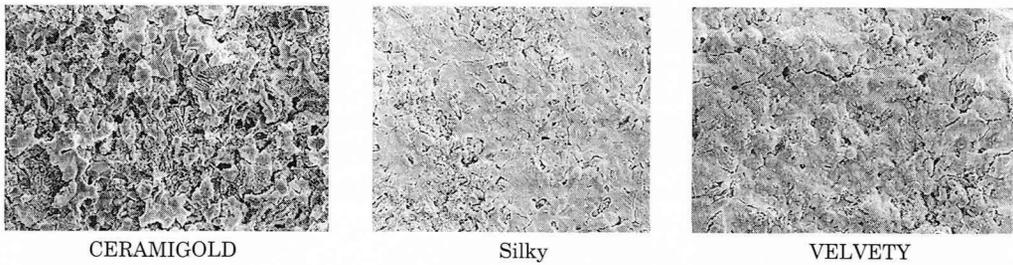


Fig.8 : SEM observations of casting mold (after burnout)

冠, 内面を示すが特に著しい鑄造欠陥は認められなかった。

一方、鑄造体の表面あらさにおいては、VELVETY < Silky < CERAMIGOLD の順となり、CERAMIGOLD と VELVETY, CERAMIGOLD と Silky の間に有意差が確認された ($p < 0.05$, Fig. 7)。さらに焼却後の埋没材の表面を SEM にて観察したところ、VELVETY と Silky は近似した様相を示し、CERAMIGOLD はややあれた表面を呈していた (Fig. 8)。

鑄造体の適合性については、VELVETY < Silky < CERAMIGOLD の順に間隙量が大きくな

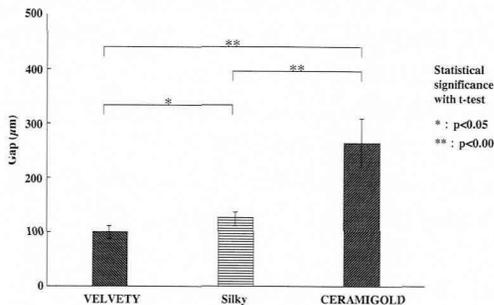


Fig.9 : Fitness of cast crowns made with different casting molds

る傾向を示し、それぞれの間に統計学的な差が生じた ($p < 0.05$, Fig. 9)。

さらに、硬化膨張の測定結果に関しては、CERAMIGOLD < Silky < VELVETY の順に大きい値を示した (Fig. 10)。

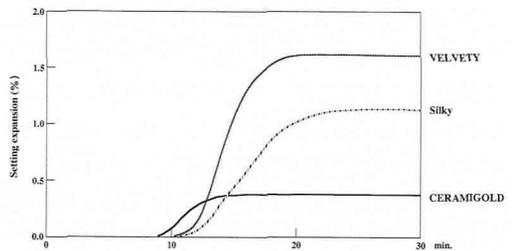


Fig.10 : Setting expansions curves of Investments

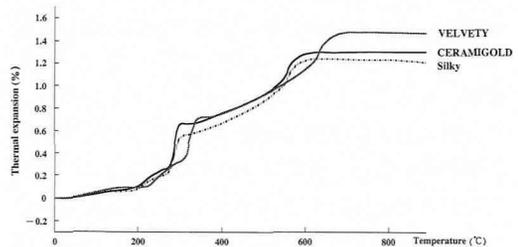


Fig.11 : Thermal expansions curves of investments

各埋没材の加熱膨張曲線の結果を示す (Fig. 11). 膨張量は Silky < CERAMIGOLD < VELVETY の順になった.

考 察

1. 鑄型の強さについて

鑄型の強さは中子の強さと結びつけられ¹⁰⁾, 鑄造体の良好な適合を得るための条件であると言われている. また鑄造時のすくわれ等を防止するためにもある程度の強さを確保する必要がある. 今回比較検討を行った3種類の埋没材は VELVETY < CERAMIGOLD < Silky の順に大きな強さを示したが, Fig. 4に示した石膏系の Micro と比較して最大で1108%硬く, リン酸塩系埋没材の特徴である機械的性質に優れた面が確認できた. リン酸塩系埋没材中での各埋没材の比較は, これまで数多くの研究者によってコントロールとされた CERAMIGOLD^{11,12)}より VELVETY は24%減少し, Silky は16%増加する結果となった. 臨床で実際, リン酸塩系埋没材の運用を考えた場合, 鑄造時には, ある程度の強さが望まれても, 鑄造終了時鑄造体の掘り出しの際には粉碎しやすい方が望ましい性質であると考えられる. この観点から考えると, 特に鑄込み時に問題が生じなければ掘り出ししやすい VELVETY が優れた操作性を持つと判断できる.

2. 鑄造体の表面あらさについて

鑄造体の表面あらさにおいては, VELVETY < Silky < CERAMIGOLD の順となり, CERAMIGOLD と VELVETY, CERAMIGOLD と Silky の間に有意差が確認され ($p < 0.05$, Fig. 7), SEM 像からは VELVETY は近似した様相を示し, CERAMIGOLD は荒れた表面を呈した. 表面性状については埋没材の耐火材ならびに結合材の粒径, また, 結合材の配合率が関与すると考えられ, 結合材の粒子が粗ければ, コロイダルシリカ溶液に対する溶解が悪くなり, 硬化反応も遅延するため, 反応生成物の結晶が大きくなり, 表面が粗くなる¹³⁾. また, 耐火材のシリカと結合材のリン酸塩および金属化合物については, シリカ粉末が細かいほど, またリン酸アンモニウムの量が少ないほど表面あらさは小さくなる¹³⁾と報告されている. 今回統計学的に有意差のあった埋没材間では SEM で認められた様に鑄型の表面性状が影

響を及ぼし, わずかながら Silky よりも低い値を示した. VELVETY とでは実際に溶湯が接触した際の反応 (熱分解や焼結) によって差が生じたものと思われるが, 更に埋没材の粒度分布を含めた検討を加える必要がある. 今回の実験に用いた3種類の埋没材はこの様な因子によって差が発生したのではないかと考えられる.

3. 鑄造体の適合性について

鑄造体の適合性については, VELVETY < Silky < CERAMIGOLD の順に間隙量が大きくなる傾向を示し, それぞれの間に統計学的な差が生じた ($p < 0.05$, Fig. 9). 鑄造体の適合性に関与する因子としては埋没材の膨張および強度, 鑄肌あれ等が考えられる. これらの埋没材の硬化膨張は, CERAMIGOLD < Silky < VELVETY の順に大きい値を示し (Fig. 10), 加熱膨張は Silky < CERAMIGOLD < VELVETY であった (Fig. 11). これらの膨張から VELVETY は良好な適合性を示したと考えられる. しかしながら今回の実験では臨床形態での検討を行っていないため更に検討を行う必要がある.

以上の結果より, 3種類のリン酸塩系埋没材の中でも VELVETY は適度な鑄型強度を持ち, また製作した鑄造体の表面あらさ, 鑄造冠の適合性, 硬化膨張, 熱膨張の結果から良好な鑄造体が得られる埋没材の1つであることが確認できた.

結 論

リン酸塩系埋没材が抱える埋没時の操作や鑄造体の掘り出しの複雑さや鑄造体の表面性状や適合性等の問題点について3種類のリン酸塩系埋没材を用いて検討を行ったところ, 以下の様な結論が得られた.

1. 圧縮強さは石膏系埋没材と比較してどの埋没材でも700%以上高い値を示し, 特に VELVETY が操作性に優れる傾向を示した.
2. SEM 像から鑄型は鑄造体の表面あらさに影響を及ぼす傾向が認められた.
3. どの埋没材も石英とクリストパライトによる変態膨張が確認され, 加熱膨張はほぼ近似していた.
4. 埋没材の硬化膨張率は最大と最小値の間に約4倍の差が認められた.

謝 辞

本研究を行うにあたって快く試料を提供して頂きました株式会社松風、ならびに種々の御助言、御協力を頂きました株式会社松風研究開発部宮井皓三氏、北村敏夫氏に深謝致します。

文 献

- 1) 小森一大 (1988) リン酸鋳型材と鋳造応力について. 歯材器 **7**: 62-78.
- 2) 渡辺孝一, 大川成剛, 宮川 修, 中野周二, 塩川延洋 (1982) リン酸塩系埋没材の硬化挙動の基礎的研究. 歯材器 **1**: 39-46.
- 3) Neiman R and Sarma A (1980) Setting and thermal reaction of phosphate investments. *J Dent Res* **59**: 1478-85.
- 4) 久賀嘉代子, 鈴木 暎, 守屋圭子, 清水 友, 宮治俊幸 (1982) リン酸塩系埋没材の吸湿変化について. 歯材器 **1**: 417-22.
- 5) 鈴木 暎, 内海嘉代子, 難波圭子, 宮治俊幸 (1980) 現用リン酸塩系埋没材の熱的挙動について. 歯材器 **37**: 309-21.
- 6) 樋口弘幸, 松家茂樹, 山根正次 (1982) リン酸塩埋没材の熱的挙動第1報 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ の熱的挙動. 歯理工誌 **23**: 1-5.
- 7) 樋口弘幸, 松家茂樹, 山根正次 (1982) リン酸塩埋没材の熱的挙動第2報 $MgO-MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ 系および $MgO-NH_4H_2PO_4$ 系反応. 歯理工誌 **23**: 6-11.
- 8) 樋口弘幸, 松家茂樹, 山根正次 (1985) リン酸塩埋没材の熱的挙動第3報 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O-NH_4H_2PO_4$ 系反応について. 歯材器 **4**: 724-9.
- 9) 久保文信, 高橋純造 (1977) 埋没材について考える. *DE* **149**: 33-6.
- 10) 引地弘子, 那須稔雄, 松本信彦, 野口八九重 (1977) 鋳造収縮に関する研究(II) 中子の影響. 歯材器 **18**: 103-9.
- 11) 伊藤充雄, 永沢 栄, 宮沢てる子 (1981) 鋳造精度に関する研究(第10報) リン酸塩系埋没材鋳型の加熱開始時間の影響について. 歯材器 **22**: 202-12.
- 12) 燕 敏, 高橋英和, 西村文夫, 土生夏史, 中村英雄, 本村一朗 (1997) 各種急速加熱型リン酸塩系埋没材の特性値の比較. 歯材器 **16**: 405-14.
- 13) 田口博康 (1994) リン酸塩系高温埋没材の試作と理工学的諸性質について. 歯材器 **13**: 91-100.