

## CM歯科用貴金属合金 良好な鋳造体製作のための注意点

### ワックスパターンの厚み

ワックスパターンの厚さは0.4mm以上にしてください(図1)。



図1  
ワックスアップの厚み不足によって、湯まわりが悪くなつて鋳造欠陥が発生

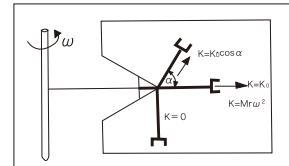


図2  
遠心鋳造器の場合、鋳造圧は金属の重量と回転スピードとアームの長さに比例する  
■鋳造圧  $K = Mr\omega^2$   
M: 金属の質量  
r: アームの長さ  
 $\omega$ : 角速度(スピード)  
※鋳造圧を上げるためにスプルーの長さを長くすればよい



図3  
スプルーの直径が小さいために発生した鋳巣

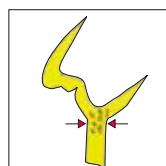
### 鋳造温度

鋳造用合金(P3、N3など)は液相点よりも80°C~150°C高い鋳造温度でメタルボンド用合金は液相点よりも100°C~150°C高い温度で鋳造してください。

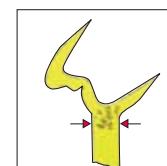
### 鋳造リング焼却

鋳造リングは埋没終了後は乾燥しすぎないようにしてください。

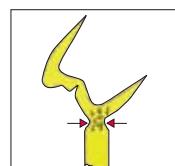
リング内の埋没材の水分がなくなると焼却時にワックスが埋没材の中に浸透し、ワックスの焼却が十分にできなくなります。その結果残留ワックスが焼成時に残留炭素になって、鋳造時にガスを発生させたり通気性などを妨げる原因となり、湯周り不足やなめられの原因となります。鋳造を翌日に持ち越す場合は鋳造リングを湿箱か濡れたタオル等で包んで保存してください。



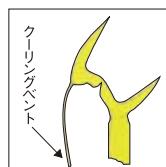
スプルーの直径が小さいと鋳巣が発生する



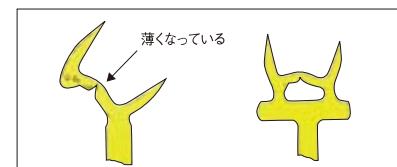
スプルーと鋳造体の取り付け部の絞りがないと鋳巣が発生しやすい



スプルーと鋳造体取り付け部の絞りが大きすぎるとき鋳巣が発生しやすい



肉厚な鋳造体部分にはクーリングベントを取り付ける



鋳造体が部分的に薄すぎた場合、湯まわりが不完全になる  
この場合はスプルーを複数、肉厚部分に取り付けることで解決をはかる

### 合金の再使用

いったん鋳造したボタンやスプルーを再使用する場合は、丁寧にサンドブラスト、またはピックリングを行い、新しい合金を三分の一以上追加して鋳造するようにしてください。ボラックスのような合金精錬剤を使用するのも有効な方法です。

### 鋳造器の鋳造力

溶解された金属の表面張力は非常に大きく、水銀の表面張力が0.483N/mに比べてほとんど2倍の0.907N/mあることが知られています。

(Lane 1909, G.Henning, British Dental Journal 1972)

この表面張力を打ち勝つ鋳造力を鋳造時に溶融した金属に加える必要があります。鋳造力を上げるために、遠心鋳造器の場合は十分な量の合金を使用し、十分な長さのある鋳造リングを使用するようにしてください。スプルーの直径は3mm以上のものを使用してください(図2)。

### 鋳造巣の原因と対策

金属は凝固時に収縮し、体積が減少します。したがって、減少分をスプルーから補わないで鋳造体に鋳巣(図3)が発生します。鋳造時の体積減少分を補うためにスプルーやクロスバーの体積は、溶解した金属から減少分を補なえるよう鋳造体の体積より大きくしなければなりません。

①スプルーの直径は少なくとも3mmより大きいこと

②スプルーとクラウンの取り付け部分はしぼること

※スプルーの直径の三分の一以上まで小さく絞らない

③スプルーは鋳造体のもっとも肉厚の部分に取り付ける

④鋳造体の肉厚な部分が先に冷却されるようクーリングベントを取り付ける。クーリングベントは直径1mm以下のワックスワイヤーで製作する。肉厚な部分やポンティック部分に取り付け早く冷却されるよう工夫する。

### 正しいスプールの取り付けとスプールの直径

右図(図4)はブリッジに正しく取り付けられたスプール。

1のスプール部分の直径=  $\phi$  2.5~3mm

2のスプール部分の直径=  $\phi$  5 mm

3のスプール部分の直径=  $\phi$  4 mm

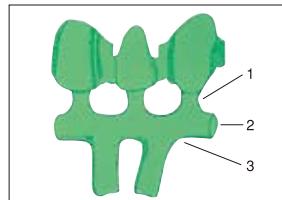


図4 正しくスプールが設置された状態

### 鋳造リング内のワックスパターンの 正しい取り付け方法

ワックスアップされたブリッジやクラウンはリングの中心から離れた位置に設置しなければなりません。リングの中心の温度低下がもっとも少ないサーマルセンターの部分にスプールが位置するよう設置することによって溶解された金属が鋳造体の冷却による体積減少を補えるようにしてください。(図5は誤り、図6が正しい)

リングの中心から均等に位置するよう植立してください。

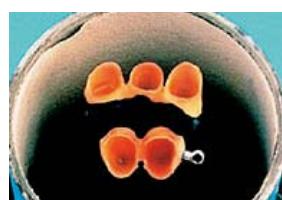


図5（誤）  
正しくない位置にワックスパターンが位置している

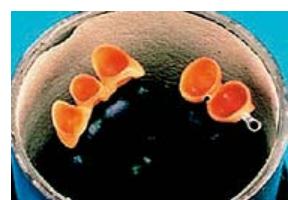


図6（正）  
正しい位置にワックスパターンが位置している

### 遠心铸造器の場合

鋳造リング内に正しく設置された鋳造物(図7)。鋳造物は最も温度低下の少ない中心(サーマルセンター)から上方に位置させる。

右図(図7)の説明

〈1〉サーマルセンター

〈2〉クーリングベント(遠心铸造器の場合は、リング上方まで伸ばし外部と交通さす)

〈3〉エアーベント(遠心铸造器の場合は、リング上方まで伸ばし外部と交通さす)

〈4〉鋳造体は4の場所ではなく、5の場所に設置する

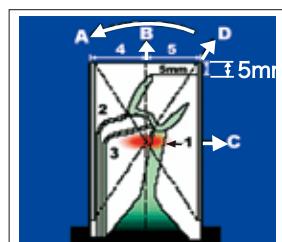


図7  
遠心铸造器の場合の鋳造物の正しい設置方法

A:遠心铸造器の回転方向      B:遠心力が働く方向

C:慣性力が働く方向      D:溶融金属が流れる方向

※リン酸塩系埋没材は密度が高く通気性が悪いため鋳型内の空気が抜けにくくなります。このため埋没後、エアーベントが外部に交通している部分のリング上面はリング焼却の前に削りとつておく必要があります。エアーベントは鋳型内で溶融金属が流れる際、スプールと鋳造体の接合部でガスが発生しやすくなります。したがって、この場所にエアーベントを植立することで防止することができます。

## 金属の溶解

プロパン／酸素炎で合金を溶かす場合は、ガスや酸素の過不足がないことを確かめ、溶解は還元炎で行ってください。

プロパンは0.5bar、酸素は1.5bar～2.0barに圧力調整します。

プレシャス合金の溶解に酸素／アセチレン炎を使用しないでください。この炎は温度が高すぎるため、水素や炭素が合金に取り込まれる恐れがあります。オーバーヒートをすると、合金内部に大量のガスが取り込まれる可能性があります。金属凝固の際にガスが放出されて鉄巣(図8)ができます。

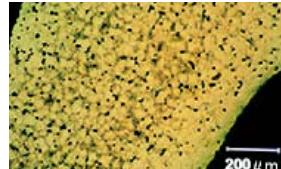
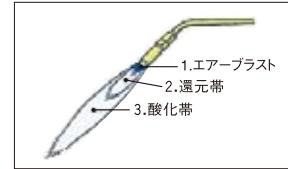


図8 炎の調整不備による鉄巣



フレーム調整



図9



図10  
鋳造体表面に気泡がある  
埋没材練和時に真空攪拌が完全でない

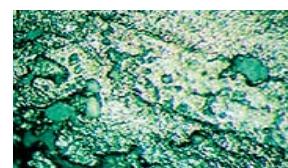


図11  
鋳造リングの焼却が適切でなかったため鋳造物の中に埋没材が混入



図12

## 鋳造体のバリ

右図(図9)はクリストバライト系の埋没材を使用してリング焼却の上昇スピードを急激におこなったために埋没材に亀裂があり、バリができる鋳造体の例です。埋没リングの焼却は使用埋没材の焼却スケジュールにしたがって昇温スピードを設定してください。昇温スピードが早すぎるとき蒸気が爆発的に放出され埋没材に亀裂を生じることがあります。

鋳造リングはリングファーネスの中心部においてください。

リングファーネスの壁側のほうが温度が高くなり、壁側に置かれたリングが均一に加熱されないために亀裂が発生する可能性があります。

埋没の際に鋳造物から埋没材外側までの距離は、溶解された金属が鉄込まれたとき、埋没材が破壊されないよう十分な距離をとってください。

## 鋳肌荒れ

表面活性剤は埋没前に余剰分を丁寧にふきとばしてください。

真空埋没器のフィルターが詰まっていると気泡が埋没材内に含まれて表面の気泡発生(図10)につながります。

埋没後のリングが乾燥しすぎていると、焼却の際、鋳造リング内の水蒸気がないためにワックスの一部が炭化し鋳型内に残留します。

したがって、埋没後、鋳造まで時間がかかるときは湿った状態で保管してください。

プラスチックパーツ(アタッチメントなど)をワックスパターンと一緒に埋没したときは、焼却中にプラスチックが溶けて流れだしやすくなるような角度でフォーマーに植立してください。溶けたプラスチックが鋳型内壁に残留していると、炭化物となり、鋳造物の面荒れ(図11)を起こします。

## 鋳造体の破折

パラジウム含有量の多い合金は凝固収縮が大きくなります。鋳造リングにショックを与えると、埋没材の急冷を行うと鋳造体とスプレーの間にクラック(図12)が発生する可能性があります。したがって、パラジウムを多く含有する金属の場合は鋳造後リングが室温まで下がるまで徐冷してください。

石膏系埋没材は決して700°C以上で焼却しないでください。

700°Cを超えると埋没材は分解され、硫黄が放出されます。分解過程で白金やパラジウムと結合し鋳造体の劣化がおこり、破折の原因となります。誤って急冷した場合は、再度適切な熱処理(硬化)を行って必要な機械強度ができるようにしてください。

## ろう着の注意点

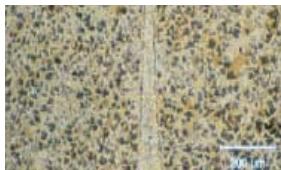


図1



図2 ろう着用フラックス:CMソルダリングベース



図3



図4



図5



図6

## ろう着面の処理

ろう着面の酸化膜は完全に削合ポイントによって完全に除去しソルダーが母材に完全に流れるようにしてください。

## フラックスの適用

金属メーカーの推奨するそれぞれの金属にあったフラックス(図2)を使用してください。ワックスを完全に取り去ったあと、メタルフレームに適切な量のフラックスを塗布してください。ほとんどの合金や、ソルダーはノンプレシャスマタルを含有しているので、予備加熱中に酸化します。フラックスを使用することによって酸化が防止され、母材金属表面は酸化膜が付かない状態になります。また、ソルダーと母材は親和性がなければなりません。このような条件が揃うことによって図1のようにソルダーが母材に完全に浸透し、強固な機械的結合強度が得られることになります。

## ろう着接合部のデザイン

ろう着接合部分は図3のように平行になっていなければなりません。不規則な形態は、ソルダー部分において収縮による空洞が形成される危険性があります。空洞はろう着部分の強度を弱めたり、口腔内において変色の原因となります。

ろう着部分の理想的な幅は0.05~0.2mmで、この幅は毛細管現象によってソルダーがろう着面を流れる理想的な幅となります。

もし、幅が広すぎるような場合は、同じ金属をカットしてその幅のなかにはさみ込んでろうを流すようにしてください。ろう着部の面積は6~9mm<sup>2</sup>の面積が必要で、その接合面は横幅よりも縦の長さが長くなるようなデザインにしてください。

## ろう着用埋没材

ろう着用の埋没材は熱を素早く伝えることができるよう、ポーラスなどのを使用してください。そしてろう着ブロックは可能な限り小さくして均一に熱が伝わるようしてください。

ろう着用埋没材は熱が加わっても膨張や収縮しないものを使用してください。そのような埋没材を使用しないとパーツやろう部分が変形する可能性があります。精度のよいろう着をするためには熱による線膨張がろう着されるパーツと同じものを使用する必要があります。

## 火炎によるろう着

歯科では火炎によるろう着とファーネス内ろう着が一般的によく知られたろう着方法です。

火炎によるろう着は貴金属のメタルフレームの前ろう着やアタッチメントのろう着に用いられます。金属を火炎によって溶解して鋳造する場合と同じガス溶解プローパイプによってろう着することができます。

最もよい精度を獲得するための方法は図4のように石膏でキーをとる方法です。

その後、キーを取り外して図5のようにワックスで固定します。接合部は特に正確にワックスによって充填し、ろう着用埋没材に埋没します(図6)。もし咬合面をワックスのみで固定すると、ワックスの凝固時の収縮で位置が狂ってしまいます。



図7



図8



図9 後ろ着用フラックス: フラックスC



図10

## ろう着ブロックの作製

ろう着接合部を注意深くワックスアップし、ろう着用ブロックを作製します。ワックスを取り去ったあとフラックスを十分塗布します。

ろう着用ブロックは、できるだけ熱伝導が良好になるよう、できるだけ小さくしてください。大きなブロックは素早く熱することができにくくし、均一に温度を上げることもむつかしくなります。その結果、ろう着部が酸化したり、ブロックのほうに熱がうばわれろう着不良が発生します。

## ブロックの加熱

ろう着前にろう着ブロックはファーネスで500°Cで10分間～15分間予備加熱を行います。このことによって埋没材内に残留している水分が蒸発するので、クラックの発生を抑えることができます。火炎(フレーム)によるろう着の場合、ろう材が流れると、ブロック全体が均一に冷却されるようブロック全体を均一に再加熱しなければなりません。

ろう着中は火炎をろう着ブロックから放さないでください。

ソルダーに十分フラックスを塗布しソルダー接合部にセットし、そして火炎を乗せたろう材の反対側から炎をあてるようにします。これはろうは熱源の方に向かって流れるからです。

ろうが流れた(図7)後、ろう着ブロック全体を均一にあたためた後、室温まで徐冷します。

自己硬化タイプでないメタルを使用した場合や、間違って水中で急冷した場合は、定められたスケジュールで熱処理をしてください。

熱処理のスケジュールは本カタログの表を参照してください。

## ポーセレンファーネスによるろう着

ポーセレンファーネスによるろう着はポーセレンを焼成した補綴物や、鋳造用合金(白金加金合金、金合金等)の場合に行われます。火炎によるろう着と比較して温度管理はより正確に行うことができるので、ポーセレンにダメージを与えないで作業を行なうことができます。火炎によるろう着と同じようにろう着ブロックは可能な限り小さくする必要があります。

模型の咬合面上で石膏キーをつくります。

ろう着接合部をワックスアップし、ポーセレンがろう着用埋没材と接触しないようにポーセレン部をワックスでカバーします。

ワックスをすべて除去しろう着部分が暖かいあいだはろう着部位にフラックスC(CM社製)を数滴適用します。ろう着ブロックを500°C(低温陶材では400°C)まで予備加熱用ファーネスであげて10分間係留します。

その後、ソルダーをフラックスに浸して、素早く接合部にセット(図10)します。フラックスは熱によって結晶化します。

その後、ソルダーブロックをポーセレンファーネスにセットし直して、ヒートレートを60～80°Cでおこなって全体的に温度を上昇させます。最終温度はろう材の液相点よりも50～70°C高く設定します。

そして、ろう材が母材に浸透するよう1分間継留します。

冷却についてはそれぞれのメタルにあわせて行ってください。



図11 破折したろう着面  
表面の一部しかろうが流れていない



図12 フッ化水素によってポーセレンを除去したところ、  
表面に大きなソルダーの残留物が見られる



図13

## ろう着部のデザイン

ろう着部分の間隙が広すぎると、これを満たすのに大量のソルダーが必要になります。凝固収縮により、ソルダー内に収縮孔が発生します。その結果ろう着部の強度が低下し、補綴物の強度不足のため口腔内で連続的に加わる負荷を受けて疲労破折(図11)が発生します。

## 銀を含まないパラジウム系合金の ファーネス内ろう着

銀を含まないパラジウム系合金は、ポーセレン焼成前にろう着することが重要です。これらの合金は熱伝導性が悪く、酸化しやすいため、ポーセレンファーネス内でのろう着の場合に、母材へのろう材の拡散が不十分になります。

ポーセレン焼成前のろう着(前ろう)は、後ろよりも溶解温度の高いソルダーを使用するので、ソルダーの拡散部が深くなり、より強固な連結が可能となります。

## ろう着面の酸化

母材のろう着面には、十分な量のフラックスを適用してください。オイルの汚れ、ワックスの残留物、研磨時の汚れは完全に除去してください。ソルダーは汚れがあってもその汚れの周囲にソルダーは流れることがあり、このミスに気が付かないことがあります。このため、ろう着前に鋳造物をエチルアセテート等で清掃してください。

特に、口腔内での試適、ボリッシングやミリングを行った後の清掃は重要です。ろう着面を削合しただけでは、さらに汚染が広がることになります。

## 後ろう着

後ろ着する場合は完全にポーセレン部分はワックスでカバーしてください。特に、ポンティックの歯肉部分はろう着用埋没材と接触しないようにしてください。この空隙(ポーセレンと埋没材のスペース)が少ないと、熱が蓄積されてポーセレン側にクラック発生の可能性があります。

## メタルボンド用合金と陶材

### メタルボンド用合金の取り扱い

合金に適したセラミックポイントを使用してください。  
 合金の種類別に使用ポイントをかえて使用してください。  
 また、ポイントが汚染されていないか注意してください。  
 合金の表面が汚染されると酸化熱処理後、金属の表面の変色(図1)が発生する可能性があります。  
 金属は混ぜないでください。

鋳造物は酸化アルミナ(110ミクロン／再使用はしないでください)でサンドブラストした後、スチームジェットまたはエチルアセテート( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ )で超音波洗浄器を使用して洗浄してください。ポーセレンを築盛する表面は触ってはいけません。またコンプレッサーによるエアーはオイルが含まれている可能性があるので使用しないでください。技工物はポーセレン焼成を完了してから研磨してください。

ゴールドの含有量の多い合金をメタル調整する場合、とくにフレームの形態修正には注意を払ってください。あまり強く削合すると金属の折り重なりが発生し、折り重なった金属表面に巻き込まれた空気が放出されずに、ポーセレン焼成中に放出され、ポーセレンに気泡(図2)が発生することがあります。形態修正後は110ミクロンの酸化アルミナでサンドブラストしてください。  
 鋳造しただけでは、最大機械強度に達しないメタル(高カラット、E-H、E-IHなど)は、ポーセレンファーネス内で950°Cで10分間、熱処理(フレームはスプレーをつけたままにする)すれば、フレームは硬度が増し、メタル表面のメタルの折り重なりがなく素早く削合できます。

ポーセレン築盛面のメタル表面の削合は、完全に表面全体を一方向に削合するようにし、鋳造時の酸化膜や表面の凸凹を完全に除去し、埋没材の残留物も完全に取り除かなければなりません。

プレシャス合金の溶解にアセチレン／酸素炎を使用しないでください。

パラジウム含有量の多い合金には、セラミックルツボまたはコーティングカーボンルツボを使用してください。  
 パラジウム系合金をカーボンルツボで溶解すると、溶解中に炭素ガスを吸収します。この炭素はポーセレン焼成中に大気中の酸素と結びついて炭酸ガスとして放出され、ポーセレン内の気泡(図3)となります。

オペークの練和液には、作業時間を長くする目的で、グリセリンなどの有機物を含有していることがあります。グリセリンは400°C近くで揮発します。乾燥時間が短すぎる場合や予備乾燥温度が400°Cを超える場合、グリセリンの残留物が残ったり、爆発的に放出されたりして、オペーク部のハガレや陶材中の気泡の原因となります。

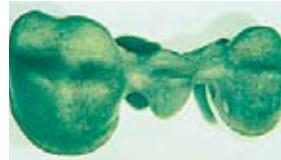


図1  
酸化熱処理後フレーム表面の汚染状態が色むらによって確認できる

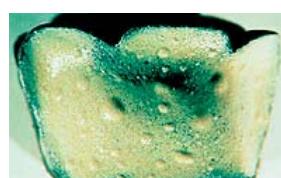


図2 オペーク焼成後の気泡：  
酸化熱処理後にメーカーの支持通りのピッキング処理を行わなかったことが原因



図3  
ゴールドパラジウム系のメタルをカーボンルツボを使用したためにポーセレン焼成中に気泡発生

## ポーセレン焼成について

一度に多くの陶材を築盛すると、空気の巻き込みが発生します。築盛された陶材中の空気は真空焼成を行っても取り除くことはできません。また、バキュームが完全でないと気泡発生の原因となりますのでポーセレンファーネスの真空状態は十分チェックしてください。ポーセレンファーネスの温度はしばしば、不正確な場合があります。純金を使用してファーネス温度をチェックしてください。純金の融点は1064°Cです。

着色用陶材(ステイン)はデンチン陶材やインサイザル陶材とは熱膨張係数が異なります。したがって、内部に使用する場合はクラックの発生の危険性があります。

メタルフレームはオリジナルの補綴物の形態からクラウンであれば2mm、ブリッジの場合は1.5mmポーセレンを築盛するために小さくしたフレームの形態(図6)を基本として、それがポーセレン層の厚みの限界となるように設計してください。

メタルフレームの形態修正を行う場合は、すべての角は丸く形態を整え、セラミックに応力が加わらないようにしてください。

メタルとセラミック間の強固な結合により、冷却の際にこの2つの材料の間に応力が発生します。セラミックは圧縮力よりも引張力に対してより敏感です。

セラミックの熱膨張係数はある程度、急冷と徐冷によって影響を受けます。また焼成回数が増えるとセラミックの熱膨張係数は増加します。その結果、セラミック内部にクラックが発生(図4)することがあります。



図4  
メタルと陶材の熱膨張係数(CTE)の違いによるクラック



図5  
セラミックの厚みが不均一なためクラック発生



図6  
メタルフレームワークの形態は最終の歯冠形態から均一に陶材の厚みを取り除いた形態が望ましい

## フレームのデザイン

フレームの角ばった部分は丸くしてください。  
フレームの厚みは最低でも0.3~0.4mm必要です

メタルフレームの鋳巢やフレーム表面の汚れはメタルと陶材のボンディング力の低下につながります。数種のメタルについてはメーカーが勧めているように酸化熱処理後フレームはピックリングしなければなりません。ピックリングすることによってセラミックとメタルの結合力にとって好ましくない酸化膜を除去することができます。

このメーカーの勧めは重要で、ピックリングしないことによってメタルとセラミックの結合力が弱まる、セラミック内に発生する引張力と圧縮力によって部分的にクラックがはいることがあります。

酸化熱処理後の処理はメタルによって異なります。CMメタルパッケージ内の添付文書もしくは、カタログ内の歯科用合金物性データ(19ページ)を参照してください。

銀の含有量が5%以上の合金を使用する場合は、銀酸化物の影響によって変色しない陶材を使用してください。

既成アタッチメントやインプラントのゴールドコーピングの鋳接の場合は熱膨張係数がメタルボンド用合金と異なるので、セラミックがこれらの部品と接触しないように、また部品から1mm程度距離を離すようにしてください。

セラミックがこれらの部品に接触するとクラックが発生する恐れがあります。



図7



図8

銀の含有量の多いメタルを使用して頻繁にポーセレンファーネス内で熱を加えると銀酸化物がマッフルに付着して、銀を含有しないメタルを使用して、かつ銀酸化物によって変色しにくい陶材でも緑色の変色が発生することがあります。

これを避けるためにはポーセレンファーネスの最大温度より約100°C低い温度で20分間毎回に加熱することが大事です。この処理によってポーセレンファーネスは銀が蒸発しクリーンになります。