鑄型温の鑄造体面アラサに及ぼす影響

奥 田 礼 一

東北大学歯学部保存学教室（主任 砂田今男教授）
東京医科歯科大学第一歯科保存学教室（指導 総山孝雄教授）

（昭和43年7月25日受付）

Influence of mold temperatures on the surface roughness and porosity of castings

Reiichi Okuda

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Tohoku University

(Chief: Prof. Imao Sunada)

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry,

Tokyo Medical and Dental University

(Director: Prof. Takao Fusayama)

鑄造修復物の表面が荒れていると、窩洞への適合精度を害するのみならず、その露出面では仕上げ研磨に要する労力ならびに時間を増大する。

Pomes¹⁾らは鑄造体の表面アラサについて広範な研究を行ない、実用範囲内で埋没材の混水比をなるべく少なくすれば良好な鑄造体表面が得られると報告し、また埋没材の粒子の大きさ、シリカの混入量、融解金属の温度、鑄造圧等が鑄造物表面アラサに及ぼす影響についても検討した。Joseph²⁾らは鑄型温度が高い程得られた鑄造体表面アラサは大きくなりまた使用金属の融解された温度が高い場合も同様であると報告し、この原因について、鑄型壁が高温で崩壊による荒れを生じ、この荒れの中へ金属が流れ込むためであろうと説明した。

しかしながら実際の臨床においては、同じ鑄型温で鑄造されても合金の種類によつて全く異つた肌荒れの状態や程度が観察されまた同一の鑄造体でもそのスプルー付着部付近と他の部分との間には肌荒れの状態に差が認められる。これらの事実は Joseph らの説明によつては理解し難い。そこ

で本実験では2種類の合金（Type III の金合金と銅合金プロゴールド）を鑄型温度を変えながら鑄造し、鑄造体表面の肌荒れを観察測定するとともに、更に鑄造体断面を作つて表面下の鑄巣や結晶粒子の大きさをも観察し鑄型温度の影響を検討した。

実験法

鑄造体試片の観察実験

試片調製：長方形にくり抜かれたプラスチック板の枠をガラス板上に置き、この中へ融蠟を流し込むことによつて、縦11mm、横7mm、厚さ1mmのパラフィンワックス蠟型を作つた¹⁾。蠟型は枠やガラス板と共に水に浸漬し自然に剝離させた。この蠟型のガラスに接した面のアラサはオリンパス社製 TO 式顕微干涉計 MI で測定したところ 0.3μ (Hmax) であつて、きわめて滑沢であることが判つた。

スプルーワックスの植立及び埋没：太さ2.0mm、長さ12mmのワックススプルーを蠟型の裏面の端に斜めに植立した（図1）。蠟型3個を1

図1 蠟型の寸法(mm)とスプルー線の付着要領

図2 埋没準備された蠟型と casting リング

コの円錐台に植立した(図2)。総山の改良加熱膨張法³⁾⁴⁾⁵⁾に従って松風クリストバライト埋没材を混水比0.34で練和して、径40mm、高さ40mmのリング中に埋没した。鑄型は、鑄型壁に影響を及ぼさないと思われる略々 $10^{\circ}\text{C}/2\text{min.}$ の速度で加熱した⁶⁾。鑄造には Type III の金合金(Au 70%, Ag 15%, Cu 10%, Pt 3%, Pd 2%)と市販銅合金 Progold (No. 176B)を用いた。

鑄造前のリングの予熱条件を次の三様に变化した。

(1) 400°C 、 500°C 、 600°C 、 700°C 、 800°C 、 900°C の温度まで予熱後そのまま鑄造。

(2) 800°C まで加熱してから 700°C 、 600°C 、 500°C の各種温度まで冷却、あるいは 900°C まで加熱してから 600°C まで冷却して鑄造。

(3) 500°C 、 600°C 、 700°C 、の各温度まで加熱してから 400°C まで冷却して鑄造。

鑄造には Jelenko 社の Thermotrol Junior を用い融点に近い一定の温度(融点 1000°C の金合金では 1020°C 、融点 $878\sim 890^{\circ}\text{C}$ の銅合金では 900°C)で融解して鑄造した。スプリングの巻数は比重の大きい金合金の鑄造に際しては2巻、比重の小さい銅合金の鑄造に際しては3巻とし鑄型に破損を生じない範囲でなるべく大きな鑄造圧がかかる様にした。

金合金を使用した実験では各群3回の鑄造を行なった。1回の鑄造で3個の試片が得られ10群で90個の試片が得られた。

銅合金を使用した実験では各群5回の鑄造を行ない、各群15個を試片として用いた。12群で180個の試片が得られた。

表面アラサの測定：表面アラサの測定は、各試片について、ワックスがガラスに接して固つた側で行なつた。測定部位は、スプルー付着部裏面とスプルーから離れた部分の2カ所で、大越式アラサ検査機(縦倍率500、横倍率50、送り速度 $1\text{mm}/\text{分}$ 、触針半径 5μ)を用いて 3mm の範囲の測定を行なつた。結果は全てオッシロペーパーに記録され日本工業規格の表示法(Hmax)によって表面アラサの数値を出した。

鑄造体表面の拡大観察：鑄造体の面荒さは必ずしも個々の試片全体に均等ではなく、比較的スムーズな所と、特に肌荒れを生じているところがあったので、その分布状態を観察するために試片の表面を日本光学社製万能拡大機にて20倍に拡大し、そこに 0.5mm 間隔の方眼紙をあてて全体の面積と肌荒れを起しているとみなされる部分の面積との比を算出した。方眼紙のますめを分類するに当つては、そのますめの内で肌荒れを起している部分が半分以上を占める場合にそれを肌荒れの生じた部分と算定し半分にみないものは荒れを生じていない部分とみなした。

鑄造体の側視断面による観察：試片を注水冷却下にレジジススクでスプルー部を通つて縦断し、その断面が出るようにポリエステル樹脂リゴラックに包埋し、この断面を砥石にて仕上げたのち丸本社製琢磨機にて研磨した。研磨材にはメ

ラー社製純アルミ粉末0.06 μ を用いた。金合金については王水、銅合金についてはオキシフル50%，アンモニア50%の溶液にて表面を腐蝕して、鑄造体表面の肌荒れ、鑄巣および結晶粒子の大きさを低倍率（70 $\times$ ～40 $\times$ ）の顕微鏡下で観察し写真に記録した。

埋没材鑄型壁の観察

埋没材鑄型壁の側視断面による観察：松風クリストバライト埋没材（B. N. 20）を混水比34%（W/P）で練和し、ガラス板上に流して硬化せしめ、24時間後、これを剝離して約3 $\times$ 1 $\times$ 1cmの埋没材ブロックを作った。各試片の平坦面上にパラフィンワックスを置き室温より400 $^{\circ}$ C、600 $^{\circ}$ C、800 $^{\circ}$ C、1000 $^{\circ}$ C、の各種温度まで加熱してワックスを焼却したのち再び室温まで冷却し、これをポリエステル樹脂リゴラックに包埋して縦断し埋没材表面の側視断面標本を作製した。これを低倍率顕微鏡下で観察し写真に記録した。

走査型電子顕微鏡による埋没材鑄型壁の観察：長方形にくりぬかれたプラスチック板の枠をガラス板上に置きこの中に融蠟を流し込みこれを枠やガラス板と共に水に浸漬して自然に剝離させてきわめて滑沢な面を有する蠟型を得た。

松風クリストバライト埋没材（B. N. 329）を混水比34%（W/P）で練和して上記の蠟型を径30mm、高さ38mmのリングに埋没した。

400 $^{\circ}$ C、600 $^{\circ}$ C、800 $^{\circ}$ C、1000 $^{\circ}$ C、の各温度まで鑄型を予熱後室温まで冷却するのを待つて平滑な蠟型面に接していた鑄型壁をとりだした。この面に金を蒸着して表面の状態を走査型電子顕微鏡で観察し写真に記録した。

成 績

鑄造体試片の観察成績

鑄造体の表面アラサ：表1及び図3、4は各種温度条件の鑄型で鑄造された金合金試片のスプルーから離れた部位およびスプルー部裏面での表面アラサ平均値とその標準偏差を示したものである。

金合金では鑄造体面のスプルー部裏面とスプルーから遠い部分との面アラサ間には統計学的有意

表1 各種鑄型温度で鑄造された金合金板の面アラサ

鑄型温度 $^{\circ}$ C		面アラサ平均値（標準偏差） μ	
最高加熱時	鑄造時温度	スプルーより遠い部分	スプルー部裏面
900	900	2.3(1.1)	2.6(0.9)
800	800	3.2(0.9)	3.3(1.5)
700	700	3.5(0.9)	3.2(1.4)
600	600	2.8(0.7)	3.2(1.4)
500	500	3.0(1.6)	2.6(0.7)
400	400	2.2(0.4)	2.9(0.9)
800 $\rightarrow$	600	2.1(0.7)	2.4(1.0)
800 $\rightarrow$	500	2.5(1.1)	3.1(0.9)
800 $\rightarrow$	400	2.5(0.9)	2.5(0.9)
900 $\rightarrow$	600	2.9(0.9)	2.5(0.7)

図3 各種鑄型温度で鑄造された金合金試片のスプルー部裏面の表面アラサ

図4 各種鑄型温度で鑄造された金合金試片のスプルーより遠い部位の表面アラサ

差が見られなかった。鑄造のための鑄型の予熱温度を400 $^{\circ}$ C から900 $^{\circ}$ C にわたって変化しても得られた鑄造試片の表面アラサは統計学的有意差をもつて変化することなく、2.9～3.5 μ （Hmax）でかなりスムーズであつた。また鑄型を800 $^{\circ}$ C～900 $^{\circ}$ Cに加熱後各種温度まで冷却してから鑄造しても、鑄造時の鑄型温度の違いによつて鑄造試片の表面

図5 鋳型を各種温度に加熱し、そのまま、または各種温度まで冷却して鋳造した場合の合金金鋳造体の面アラサ曲線

表2 各種鋳型温度で鋳造された銅合金板の面アラサ

鋳型温度 °C		面アラサ平均値(標準偏差) (μ)	
最高加熱温	鋳造時温度	スプルーより遠い部分	スプルー部裏面
800	800	12.3(8.0)	18.1(6.5)
700	700	6.3(3.5)	12.0(7.0)
600	600	3.7(1.4)	6.7(4.9)
500	500	3.3(1.4)	4.2(1.1)
400	400	3.3(1.1)	3.9(1.3)
800	→ 700	6.5(3.1)	12.0(6.7)
800	→ 600	3.7(0.9)	9.7(7.5)
800	→ 500	3.2(0.7)	4.0(2.3)
800	→ 400	3.5(1.1)	3.7(0.6)
700	→ 400	3.6(1.1)	3.9(1.0)
600	→ 400	3.3(0.7)	3.5(0.8)
500	→ 400	3.1(0.6)	3.1(0.6)

アラサに統計学的有意差を生ずることはなかった。図5は各群の代表的な表面アラサ曲線を例示するものである。

表2および図6, 7は各種温度条件の鋳型で鋳造された銅合金試片のスプルーから離れた部位及びスプルー部裏面での表面アラサ平均値とその標準偏差を示したものである。

銅合金では鋳造体面のスプルー部裏面とスプルーから遠い部分との面アラサを比較してみると、スプルー部裏面では一般に肌荒れをいつそう生じ易く、たとえば600°Cの鋳型で鋳造した試片ではスプルーから遠い部分では荒れていないのにスプルー部裏面ではやや荒れていた。また鋳造のための鋳型の予熱温度が高い(700°C~800°C)場合は、予熱温度が低い(400°C~600°C)条件で作られた鋳造試片の表面アラサより大きく(統計学的有意差あり)鋳造時の鋳型温が高いもの程肌荒れを生じ易く、その程度も著明であつた。しかし鋳型を800°Cに加熱しても700°C~400°Cの各種温度まで冷却して鋳造を行なえば最初から700°C~400°Cに予熱後そのまま鋳造した場合と同程度の表面アラサを有する鋳造試片が得られた。また

図6 各種鋳型温度で鋳造された銅合金試片のスプルーから遠い部位の表面アラサ平均値とその標準偏差

図7 各種鋳型温度で鋳造された銅合金試片のスプルー部裏面の表面アラサ平均値とその標準偏差

図8 鑄型を各種温度に加熱し、そのまま、または各種温度まで冷却して鑄造した場合の銅合金鑄造体の面アラサ曲線

800°C~500°Cまで鑄型を予熱後400°Cまで冷却して鑄造を行なった場合の鑄造試片の表面は最初から400°Cに予熱してそのまま鑄造して得られた試片と同程度でかなりスムーズ(3~4 μ)であつた。図8は各群の代表的なアラサ曲線を例示するものである。これらの曲線において肌荒れが著しい場合の曲線の大きな偏りは基線の上方に陥入しておりこれは金属面の凹みであることが注目された。

表3 鑄造体面の肌荒れ部面積の全体に対する百分率

鑄型温 (C°)	金 合 金				銅 合 金			
	第1 例	第2 例	第3 例	(平均)	第1 例	第2 例	第3 例	(平均)
400	3.9	1.0	3.9	(2.9)	0.2	9.1	8.4	(5.9)
500	0.8	1.8	5.8	(5.2)	0.8	0.8	2.6	(1.4)
600	5.6	11.2	5.0	(7.1)	15.5	6.2	1.9	(7.8)
700	2.8	7.1	6.4	(5.4)	47.3	10.2	4.3	(20.6)
800	3.2	11.8	0.8	(5.3)	45.5	44.7	32.8	(41.0)
900	3.5	3.5	3.2	(3.4)	—	—	—	—

鑄造体表面の肌荒れの分布：表3は各種鑄型温で鑄造された鑄造試片全体の表面積のうち、肌荒れを起しているとみなされる部分の面積を百分率

で表したものである。金合金鑄造試片では肌荒れを起したとみなされる部分が全試片とも少なく表面全体にごくまばらに点在していたのに対し、銅合金鑄造体では鑄造時の鑄型温が高ければ肌荒れを起した部分の面積が増加している傾向が認められると同時に、かように肌荒れを起した試片ではその肌荒れの部分がスプルー付着部に偏在していることが注目された。

鑄造体側視断面上の所見：金合金試片(図9)では、500~700°Cの鑄型で作られた鑄造試片の結晶粒子は細かく、鑄型温度が800, 900°Cのものでは粗大であつた。他方500°Cの鑄型で作られた試片では直径30 μ 程度の無数の鑄巣が表面真下に並んで存在し、600°Cから700°Cの鑄型で作られたものではこのような鑄巣が分散しやや減少している状態が観察された。800°Cの鑄型で作られた試片では、もはや表面直下に鑄巣はほとんど存在することなく、直径20 μ 程度の鑄巣が表面からおよそ150 μ くらいはなれた鑄造体内部に一樣に存在した。900°Cの鑄型で作られた試片では800°Cの鑄型で作られた試片と同様の部位に鑄巣が存

図9 各種鋳型温で鋳造された金合金試片の側視断面写真

在したがその大きさは直径 $50\sim70\mu$ と前者に比較してかなり大きかった。鋳巢の存在部位は特に結晶の粒界などに限定して存在することはなかった。側視断面上で観察された鋳造体表面は鋳型温度に関係なくいずれもスムーズであつた。

銅合金鋳造体試片(図10)では $400^{\circ}\text{C}\sim500^{\circ}\text{C}$ の鋳型で作られた鋳造試片ではその結晶粒子の大きさは細かくほとんど大きさの差が無かつたが、

600°C の鋳型で作られた試片ではやや大きさを増し 700°C 、 800°C のものではもつとも大きかつた。銅合金鋳造試片では鋳型温度に関係なく鋳巢はほとんど存在しなかつた。側視断面上で観察された銅合金試片の表面の凹凸は $400^{\circ}\text{C}\sim600^{\circ}\text{C}$ の鋳型で作られた試片にはほとんど観察されなかつたが、 700°C の試片ではスプルー部裏面に軽度の凹みが観察され、 800°C の鋳型で製作された試片

鋳型温度 (°C)

スプルーより遠い部位

スプルー部裏面

図10 各種温度の鋳型で鋳造された銅合金試片の側視断面写真

にはスプルーより遠い部位およびスプルー部裏面の双方でかなり大きな凹みが観察された。凹みの発生部位はやや粒界に偏在する傾向があつた。

埋没材鋳型壁の側視断面による観察：図11は埋没材鋳型壁の側視断面顕微鏡写真であるが、加熱温度が400°Cから1000°Cまで変化しても鋳型壁の表面アラサには特別な差は認められなかつた。なお埋没材断面は高温加熱のものではぼけた

様になつてゐるが、これは写真のピントが狂つたためではなく埋没材中の石膏の焼結による変化であらうと思われる。

走査型電子顕微鏡による埋没材鋳型壁の観察：図12は埋没材鋳型壁の電子顕微鏡写真である。加熱温度が400°Cから1000°Cまで変つても、壁面の凹凸の程度には明らかな差が認められなかつた。壁面には埋没材成分の結晶による網状ない

図11 各種温度に加熱後室温まで冷却して観察した埋没材鑄型壁の断面写真

図12 各種温度に加熱後室温まで冷却して観察した埋没材鑄型壁

左上 400°C 右上 600°C
左下 800°C 右下 1000°C

し海綿状の構造が明瞭に認められたが、加熱温が800°Cを越えると結晶が融け合つて網目が不明瞭となる部分を生じ、1000°C加熱ではいつそう著しかった。

考 察

銅合金では高温鑄型に鑄造したものの方が肌荒れが著しかったが、金合金では鑄型温度の違いによる鑄肌の表面アラサに有意差を生じなかつた。このことは高温鑄型を使用したことによる鑄肌の荒れが金属自体の特性に起因した現象であつて、埋没材の鑄型面の荒れによるものではないことを示すものである。

これに対して Joseph²⁾らは金合金を用いた実験で鑄造時の融解金属の温度や鑄型温度が高いと鑄造体の表面に肌荒れを生じ易い事実を実験的にたしかめ、この原因を鑄型壁が高温で崩壊を起し、この荒れた鑄型壁の中へ流動性の高まつた金属が流れ込むためであろうと説明した。また O'Brien 及び Nielsen らは⁷⁾、石膏を結合材とする埋没材は炭素の存在下では700°Cで分解を起すことを実験で確かめた。また樋口⁸⁾も毎分10°Cの加熱速度では650°C以上の予熱は石膏分解の危険を生じ、そのために鑄造金属の劣化や面荒れの危険があると警告している。また Peyton, Mahler, Asger⁹⁾らも、吸水膨張法によれば低温鑄型に鑄造ができるので、埋没材の劣化や、崩壊が起らずスムーズな表面の鑄造物が得られると述べている。しかし鑄型を高温に熱したために、鑄型壁が崩壊による荒れを生ずるものとすれば、本実験において金合金では高温の鑄型中でも肌荒れを生じなかつた事実を説明することは困難であり、他の原因によつて肌荒れを生ずると考えざるを得ない。実際本研究において埋没材鑄型壁の側視断面を顕微鏡観察しても、埋没材鑄型壁を直接走査型電子顕微鏡によつて観察しても、1000°Cまでの加熱によつては壁面が特に荒れた形跡は認められなかつた。

本研究において高温鑄型による肌荒れは銅合金にのみ生じており、これはその合金の特性による

ものと考えられる。またこの場合の荒れはアラサ曲線を見ても側視断面を見ても金属自体への凹みとして出現し、特に結晶粒界に多く現われている。この事実は鑄型中で凝固する際に銅合金の凝固収縮が所々に集中することによつて肌荒れが生じたことを推測させるものである。

かような銅合金の肌荒れが低温鑄型で生じなかつたのは、流入した金属が低温の鑄型壁に接して急激に冷やされて壁に接したまま凝固して殻を作り、凝固による収縮は後続金属の流入によつて補われたためと考えられる。ところが高温鑄型では流入金属は急速に凝固することなく、鑄型がすっかり充たされてスプルー部や残り湯が固まりはじめてから全体がほぼ同時に収縮しようとするのでその収縮が流入金属によつて補われることがなく、鑄造体表面に凹みを生ずることによつて凝固収縮が補われるものと思われる。従つてかような収縮による肌荒れは同じ鑄造体の表面でも比較的遅く凝固するところのスプルーに近い所に起こりやすく、表面全体に均等に分散することはない。

かような肌荒れを生じた試片の表面アラサ曲線を精細に観察すると、全ての試片に共通にあるところのほぼ同程度の細かい凹凸と、鑄型温が高くなる程増加するところの大きな金属内へ凹んだ荒れとの2つの型が見わけられる。この前者は埋没材壁のアラサに应ずるものと思われ、後者の凹みは金属の凝固収縮による陥没だと考えられる。

ところが金合金試片では、鑄型温の高低にかかわらず、すべて均等微細な凹凸のみがあつて、凝固収縮による陥没らしいものは見当らなかつた。また鑄造体表面には埋没材の粒子が固着している傾向が見られた。これは本実験に用いた金合金(Ⅲ型)が鑄型壁に接着性をもち、壁にはりついたまま凝固したために表面が陥没することなく、埋没材の微細な凹凸の印象のみが全面に現われたものと考えられる。

この金合金の凝固収縮は金属表面が鑄型壁に貼りついているために表面の凹みを生ずることによつて補うことができなかつたので、金属内部に鑄巣を発生することによつて補われたものと思われ

る。かような凝固収縮による鑄巣は低温鑄型では表層直下に局限したいわゆる subsurface porosity 表面下鑄巣¹⁰⁾として現われたが、これは冷たい鑄型壁に冷やされてまず表層部の薄層のみが急速に凝固したためにその直下に生じたものと考えられる。ところが鑄型温が高くなるにしたがつて比較的厚い層が同時に凝固したので、鑄巣も遠い所まで分散するようになった。そして 900°C 鑄型の中では全体がほとんど同時に凝固し、後続金属の流入による収縮補償が最も少なかったため、鑄巣も鑄造体全部にほぼ平等に散在し、しかも著しく大きなものを生じた。

次に鑄型温が高いほど鑄造体の結晶粒子が大きくなる傾向が金合金でも銅合金でも同時に見られた。これは高温鑄型では金属の冷却が時間をかけてゆっくり行なわれるために結晶が発育しやすいからである。

金属の物理化学的性質は一般に結晶粒子が細かい程よいと考えられている¹¹⁾。金合金では鑄型温が 800°C 以上になると急に結晶粒が大きくなり、銅合金では 700°C 以上で著明に大きくなった。ゆえにこの点からすると金合金のためには 700°C 以下、銅合金のためには 600°C 以下の鑄型温が望ましいことになる。両者の間にかような限界温度に差を生じたのは、金合金の融点が銅合金のそれよりも 100°C あまり高かったためと思われ、本研究の場合は融点と鑄型温との距離は 300°C 以上が望ましいことが示された。

ところが金合金では鑄型温が 600°C 以下になると subsurface porosity 表面下の鑄巣が増加しかような鑄造体は仕上げ研磨すると急に無数の鑄巣が現われて来て困ることになりやすい。鑄型温が 700°C のものにもかような鑄巣はいくぶん出ていたが、800°C では結晶粒子が急に粗大になるので、やはり実際には 700°C くらいを鑄型の適温とすべきであろう。

銅合金では、肌荒れを少なくするためには、鑄型は低温の方が望ましいが、あまり低すぎるとワックスの焼尽が不徹底になつたり、金属の湯流れが悪くなつたりして鑄造に失敗しやすいし、埋没

材の膨張も少なくなる。それゆえ肌荒れが大体起こらない程度の最高温として 600°C くらいが銅合金のための鑄型の適温と考えられる。

かような金属の収縮に基づく鑄巣や肌荒れの発生に関係する因子としては他にもいろいろのことが考えられている。たとえば鑄造体の厚み、スプルーの太さや長さ、湯溜りの有無などについてはこれまでも多くの検討がなされている^{10) 12) 13) 14) 15) 16) 17)}。しかし本研究において検討された金属の融解点と鑄型温度との距離の問題はそれら諸因子の中でも最も本質的なものであつて、本研究の成績はわれわれ日常の臨床における所見とよく一致するものである。

総括ならびに結論

鑄造時の鑄型の子熱温度が鑄造体の面アラサ等に及ぼす影響を検討する目的をもつて、各種条件下に加熱された鑄型中に鑄入された自家処法のⅢ型金合金と市販銅合金との鑄造体の表面アラサを拡大投影機により観察し、また触針式アラサ計にて測定した。またこれら鑄造試片の断面標本を作り、表面の凹凸、鑄巣および結晶粒子の状態を比較検討した。埋没材には松風クリストバライトを用いた。さらに鑄型温による鑄造体面アラサの変化が鑄型壁の変化によるものであるかどうかを検討するために、各種温度に加熱された埋没材鑄型壁をポリエステル樹脂で包埋して断面を作つて観察し、あるいは走査型電子顕微鏡を用いて壁面を直接観察した。

これにより次のような知見を得た。

1) 鑄造体に影響するのは、鑄型の最高加熱温ではなく、鑄造時の鑄型温であつた。銅合金では比較的平滑な鑄肌の中にところどころその面より陥没した肌荒れを生じ、かような肌荒れは鑄型温が高い程はげしく広くおこる傾向があり、特に 700°C 以上に著しかった。またスプルーに近い部分は他の部分よりも荒れ易い傾向があつた。これに対して金合金では鑄型温を 400°C から 900°C まで変化しても全体にスムーズな鑄肌を示し部分的な肌荒れを生ずることがなかった。

2) 埋没材の鋳型壁が高温加熱によつて荒れるという現象は側視断面の観察においても走査型電子顕微鏡の観察においても認められなかった。したがつて鋳造体の鋳肌の比較的スムーズな部分は鋳型壁の印象を示すものであり、部分的な肌荒れは凝固収縮による陥没であると推測された。

3) 金合金鋳造体の断面には鋳型温が低い(400~600°C)場合には著明な表面下鋳巣を生じ、逆に鋳型温が高い(800~900°C)と鋳巣は表面下からはなれて全体に分散し、大きくなる傾向が見られた。ところが銅合金にはかような鋳巣がほとんど見られなかった。金合金鋳造体面には埋没材粒子が固着していたので、かような内部鋳巣の発生は金合金の凝固収縮が鋳型への接着によつてきまげられたために生じたものと考えられた。

4) 金合金では800°C、銅合金では700°C以上に鋳型温が高くなると結晶粒子が目立つて大きくなる傾向が見られた。

5) 以上の成績より適正な鋳型の予熱温度は金合金のためには700°C、銅合金のためには600°Cであると結論された。

謝 辞

稿の終りに際して、御指導、御校閲をいただいた東京医科歯科大学総山孝雄教授に感謝の意を捧げます。また種々御指導ならびに御支援をいただきました新潟大学歯学部細田裕康教授ならびに東京医科歯科大学第一歯科保存学教室及び第一理工学教室の各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Pomes, C. E., Slack, G. E. and Wise, M. W.: Surface Roughness of Dental Castings, J. A. D. A. 30 : 545-556, 1950.
- 2) Joseph, J. B., Richard, L. H. and Dickson, G.: Surface Roughness of Gold Castings, Dent. Progress, 1 : 78-84, 1961.
- 3) 総山孝雄: 精密鋳造に関する研究, 日本材料器械学会誌, 7 : 34-55, 1962.
- 4) Fusayama, T.: Factor and Technique of Precision Casting. Part I and II, The Journal of Prosthetic Dentistry, 9 : 468-485, 1959.
- 5) Fusayama, T.: Synthetic Study on Precision Dental Casting, Bull. Tokyo med. and dent. Univ., 11 : 165-205, 1964.
- 6) Kher, V. M.: 加熱条件が埋没材膨張量に及ぼす影響, 日本保存歯学誌, 2 : 304-310, 1959.
- 7) O'Brien, W. J. and Nielsen, P. J.: Decomposition of Gypsum Investment in the Presence of Carbon J. D. R., 38 : 541-547, 1959.
- 8) 桶口達也: 石膏系埋没材の熱分解に関する研究 第一報, 口病誌, 34 : 217-224, 1967, 第二報, 口病誌, 34 : 424-432, 1967.
- 9) Peyton, F. A., Mahler, B. D. and Asger, K.: Controlled water addition technic for hygroscopic expansion of dental casting investment, J. A. D. A. 52 : 155-161, 1956.
- 10) Ryge, G., Kozak, S. F. and Fairhurst, C. W.: Porosities in dental gold castings, J. A. D. A., 54 : 746-754, 1957.
- 11) Nielsen, J. P. and Tuccillo, J. J.: Grain Size in Dental Gold Alloys, J. D. R. 45 : 964-969, 1966.
- 12) Asger, K. and Peyton, F. A.: Pits on Inner Surfaces of Cast Crowns, J. Pros. Dent, 9 : 448-456, 1959.
- 13) 八木敏夫: 湯溜りに重点をおいた中溶合金の歯科鋳造に関する研究, 歯材器学会誌, 4 : 123-141, 1959.
- 14) Strickland, W. D. and Sturtevant, C. M.: Porosity in the Full Crown. J. A. D. A., 58 : 4, 69-78, 1959.
- 15) 桜井貞雄, 鈴木暎, 山口重雄: 湯溜りの効果に関する実験, 歯材器学会誌, 2 : 77-81, 1955.
- 16) 新明永江: 湯溜りの効果に関する研究, 歯材器学会誌, 4 : 26-45, 1959.
- 17) 稗田豊次, 池田克巳, 辰巳佑, 安田良三, 安田清子, 清水淳夫, 梅垣毅, 仲田重忠, 北島光彦: Inlay-wax が金属インレー体におよぼす影響について, 歯科医学, 23 : 125-134, 1960.
- 18) 吉田敏宏: 歯科用埋没材の理科学的試験及び金属鋳造体の表面粗さ試験, 歯科月報, 34 : 301-329, 1960.
- 19) 加藤一男, 吉田恵夫: 歯科用埋没材に関する研究(珪砂粒と鋳肌粗さとの関係) 歯科理工学雑誌, 1 : 58-66, 1960.
- 20) Hollenback, G. M.: Surface Roughness of Dental Castings, J. South. California D. A., 30 : 309-313, 1962.
- 21) 稗田豊次, 池田青磁郎, 坂光市, 初山光男: 金属 Inlay 体表面アラサの触針法による定量的観察, 2 : 315-317, 1959.
- 22) Suffert, L. W. and Mahler, D. M.: Reproducibility of gold castings made by present day dental casting technics, J. A. D. A., 50 : 1-6, 1955.
- 23) Thompson, P. A.: The Wax and it's Inv-

- estment, Dent. Digest, 47 : 306-309, 1941.
- 24) Fusayama, T. and Ide, K. : Effect of Types of Alloys, Mold Temperature and Casting pressure on Casting Shrinkage, J. D. R., 39 : 1263. 1960.
 - 25) Fairhurst, C. W. : Quantative Measurement of Casting Porosity, J. D. R., 45 : 1228, 1966.
 - 26) 中井宏之, 山本弘, 東口茂二 : 鑄巣発生よりみた歯科鑄造に関する一考察, 歯材器学会誌, 9 : 61-69, 1963.
 - 27) Max, H. : Über den Einfluß des Guß-verfahrens auf die Poren und Lukerbildung, D. Z. Z., 22 : 1228-1234, 1967.
 - 28) Leinfelder, K. F., Fairhurst, C. W. and Ryge, G. : Porosities in Dental Castings, II. Effects of Mold Temperature, Sprue Size and Dimension of Wax Pattern, J. A. D. A., 67 : 816-821, 1963.