

# ダイヤモンドポイントの実験的製法に関する研究

## (第一報) 砥粒の調査と基材への固定法について

荻野 碩哉, 山木 昌雄

### Studies on Experimental Manufacturing of Dental Diamond Points

#### Part 1. Research of Grittles and Their Fixing Method to the Substrate

Sekiya Ogino and Masao Yamaki

(平成5年2月23日受付)

## 緒 言

ダイヤモンドポイントが歯科用として本格的に開発されたのは、ドイツのD&Z社(1936年)で、その後アメリカで発展したといわれている。日本においては、戦後1952年に当時の松風陶歯製造(株)が国産化に成功している<sup>1)</sup>。このように、歯科においてダイヤモンドポイントが実用化されて久しい。近年、生体為害性の無い材料や審美性に優れた材料、例えば、チタン、ガラスセラミック等が開発され臨床に供されるようになってきた。しかしながら、これらの材料は切削加工や研磨が比較的困難なものが多く、ガラスセラミックのような脆性材料ではその強度が表面状態に大きく依存し、切削、研磨において、良好な表面状態に仕上げないと、本来の強度を得られない恐れもある。また、ダイヤモンドポイントが歯科用として最適の性能を有するまでになり得ているとは必ずしもいえず、例えば高速回転時の砥粒の脱落、研削効率の変動、研削表面性状等に関してはまだ検討の余地があると考えられる。これら、ダイヤモンドポイントの性能を再検討するにおいては、まずダイヤモンドポイントがどのようにして製造できるのかを知っておく必要がある。しかし、その製造方法の詳細な報告は見あたらず、ほとんどがダイヤモンドポイントの研削性能に関する報告である<sup>2-4)</sup>。本研究においてはダイヤモンドポイントの実験的製法を確立し、その研削性能を調査し、影響因子を検討して、新たなダイヤモンドポイ

ントの開発の可能性と限界等を検討する足がかりとしたい。そこで、まず、既存のダイヤモンドポイントを調査し、実験に使用する砥粒の選択、砥粒固定の為のメッキ浴の選定を行った。次いで、メッキ浴中における、基材上への砥粒固定法の実験を行い、ダイヤモンドポイント製作用実験装置試作のための条件出しを行った。

## 材料ならびに方法

### 1. 基材および砥粒の調査方法

ダイヤモンドの基材への固定は、ニッケルメッキを用いた電着固定であることが知られている<sup>5)</sup>。そこで、表1に示したダイヤモンドポイントの砥粒電着部と基材の材質を蛍光X線分析により同定した。また、

表1 調査したダイヤモンドポイント

デンスコ社	ホリコ社
8R	2r
1XLC	1X

ダイヤモンド砥粒そのものを調べるために、図1の方法で表1に示した4種のポイントのダイヤモンド砥粒を採取し、秤量および光学顕微鏡観察を行った。あわせて、表2に示した市販ダイヤモンド砥粒および、窒化ボロンの光学顕微鏡観察を行った。

### 2. 砥粒固定用ニッケルメッキの方法

砥粒固定の為のニッケルメッキは表3および表4に示す2種類の浴を用いた<sup>6-7)</sup>。メッキ装置を図2に示

広島大学歯学部歯科理工学講座(主任:山木昌雄教授)本論文の要旨は平成4年12月の第71回広島大学歯学会例会において発表した。

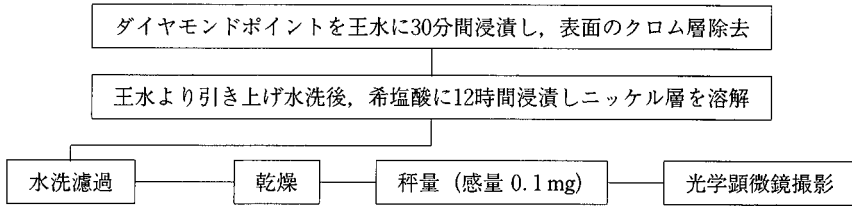


図1 ダイヤモンドポイント基材からダイヤモンドの採取方法。

表 2-1 調査した市販砥粒

砥粒 (メーカー)	粒度 (#;メッシュ)
天然ダイヤモンド (アンプレックス社)	アンプレックス プレミアム #80/100
	アンプレックス プレミアム #120/140
	アンプレックス プレミアム #140/170
立方晶窒化ボロン (昭和電工社)	SBN-T #140/170

表 2-2 調査した市販砥粒

砥粒 (メーカー)	粒度 (#;メッシュ)
人造ダイヤモンド (東名ダイヤモンド 工業社)	東名ダイヤモンド TED-I #100/120
	東名ダイヤモンド TED-I #120/140
	東名ダイヤモンド TED-I #140/170
	東名ダイヤモンド TED-II #140/170
	東名ダイヤモンド TED-III #140/170

表 3 砥粒固定用スルファミンニッケルメッキ浴

メッキ浴	浴組成及びメッキ条件	作用その他
スルファミン ニッケルメッキ	スルファミン酸ニッケル $\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (330 g/l)	ニッケルの補給
	塩化ニッケル $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (30 g/l)	ニッケル陽極の溶解
	ほう酸 $\text{H}_3\text{BO}_3$ (30 g/l)	pHの変動を抑制
	pH(3-4)	スルファミン酸ニッケルの水への溶解度が大きいので電流密度を高くできる
	浴温度 (25-60°C)	
	電流密度 (225 mA/cm <sup>2</sup> )	

す。メッキの基材はステンレススチールとした。ステンレスを対象としたのは、シャンク部には、メッキをしないで精度を確保しやすくするためである。まず、ステンレスにメッキする場合の前処理の影響を、図3の方法および表5に示した表面活性化用ストライクニッケルメッキ浴を用いて調査した。このストライクニッケルメッキとは、ステンレス表面の活性化と同時に密着性の良い薄いニッケル皮膜をつけ、本メッキの密着を強固にするために行うものである。次いで、ステンレス板 (SUS 304) に2種類のメッキをしその硬

さを調べた。尚、ニッケルメッキにはメッキ浴以外に次に示すようなものが必要である。

- ① ニッケル板；陽極に用いる。
- ② テトロンバッグ；陽極の溶解に伴い溶出する不純物がメッキ浴に混入するのを防止する為に陽極を覆う。
- ③ ダミー電極；被メッキ材のエッジ部に電気力線の集中による「華咲き現象」を防止する。被メッキ材と同じ材質を用いる。
- ④ ヒーター；メッキ浴を一定温度に保つ。

表4 砥粒固定用光沢硫酸ニッケルメッキ

メッキ浴	浴組成及びメッキ条件	作用その他
光沢硫酸 ニッケルメッキ	硫酸ニッケル (260 g/l) NiSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	ニッケルの補給
	塩化ニッケル (45 g/l) NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	ニッケル陽極の溶解
	ほう酸 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (40 g/l)	pHの変動を抑制
	第一種光沢剤 (15 ml/l) 1・3・6 ナフタリントリスルホン 酸ナトリウム塩またはトッ プルナ No. 1 (奥野製薬)	第二種光沢剤により生 じる電着応力を緩和
	第二種光沢剤 (1.5 ml/l) 2・ブチン-1・4 ジオールまたは トップルナ No. 2 (奥野製薬)	メッキ層を平滑化
	pH(3.5-4)	
	• 浴温度 (45-60°C) • 電流密度 (45-57 mA/cm <sup>2</sup> )	

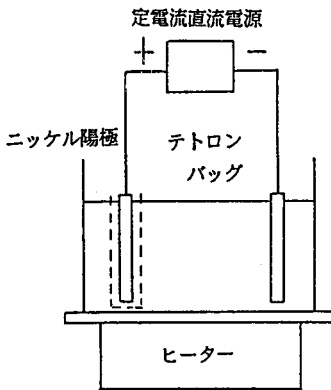


図2 メッキ装置

表5 ストライクニッケルメッキ浴

塩化ニッケル	240 g/l	電流密度	45 mA/cm <sup>2</sup>
塩酸	120 ml	通電時間	120秒(室温)

- ⑤ 直流定電流電源；電量を一定に保つ。
- ⑥ 攪拌装置；イオンの供給を容易にする。

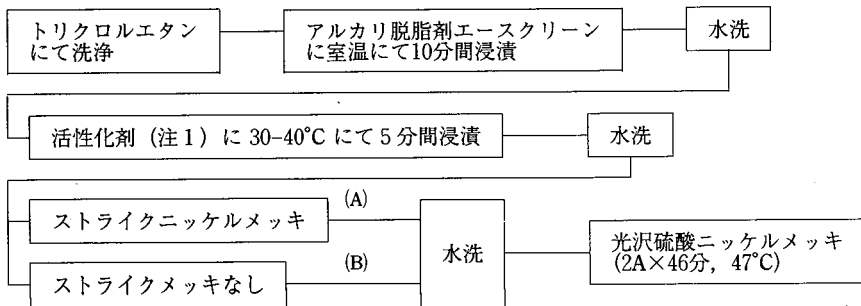
3. 砥粒固定方法確定の為の実験方法

棒状の基材に砥粒を固定する方法を見いだす為に表6に示した各種固定法を試みた。

結 果

1. ポイントの基材の同定結果

表7に蛍光X線分析結果をまとめたものを示す。

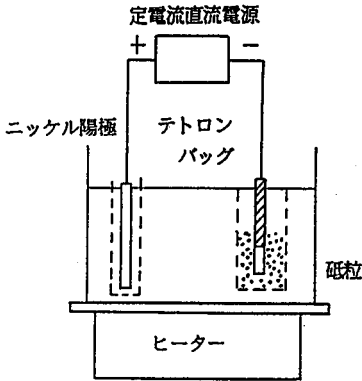


(注1) ステンレスの表面に生じている酸化皮膜を除去するために行う。  
(水1容+塩酸1容)の希塩酸またはトップル酸(奥野製薬)を使用。

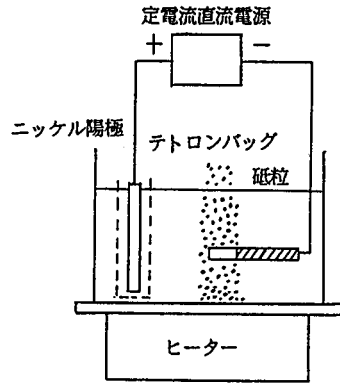
図3 ステンレス板前処理工程

表6 砥粒の各種固定法の試み

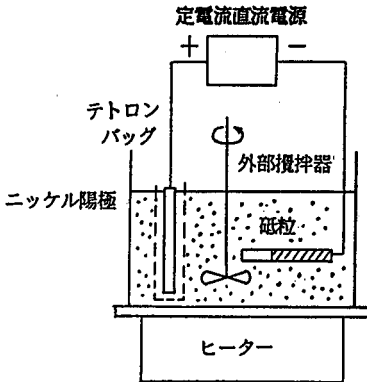
1. 砥粒をテトロンの網に入れその中に基材を埋没してニッケルメッキを行う。



3. ニッケルメッキ浴中に基材を水平に置き、上方より砥粒をふりかける。



2. 「複合めっき」を利用して。ニッケルメッキ浴中に砥粒を混入し攪拌器を用いて砥粒をニッケルメッキ浴中に浮遊させメッキを行う。



よってなされている。シャンク部は基材が炭素鋼であり、表層にクロムが直接メッキされている。

② ホリコ (2r) の場合；電着部表層はクロムメッキされておらず、ニッケルメッキのままである。シャンク部基材はフェライト系ステンレス SUS430 または、マルテンサイト系ステンレス SUS440 相当である。

2. 各種砥粒の光顕観察結果

図1の方法で、デンスコ (8R) とホリコ (2r) から、採取したダイヤモンド砥粒の光学顕微鏡写真 (倍率25倍) を図4に示す。また、市販ダイヤモンド砥粒および窒化ボロン砥粒の光学顕微鏡写真をあわせて示す。さらに、これらの写真に於いて、各々8個の砥粒の長辺と短辺を測定した値および、それぞれのポイントに電着されていたダイヤモンド重量を表8に示す。これらの光顕写真に見られる如く、ホリコ社の砥粒は比較

表7の同定結果から次のことが判明した。

① デンスコ (8R) の場合；電着表層部はクロムメッキされており、ダイヤモンドの固定はニッケルに

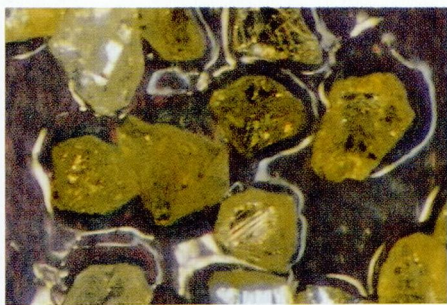
表7 ポイント基材の同定結果

	部 位	同定1 (*)	同定2 (**)	同定3 (***)
デ ン ス コ 8R	電 着 部	Cr(++) Ni(++)	Fe(++) Ni(++) Cr(trace)	Fe(++) Mn(trace)
	シャンク部	Cr(++) Fe(+)	Fe(++) Cr(+)	Fe(++) Mn(trace)
ホ リ コ 2r	電 着 部	Ni(++) Fe(trace) Co(trace)	Cr(++) Fe(++)	Cr(++) Fe(++)
	シャンク部	Cr(++) Fe(++)	Cr(++) Fe(++)	Cr(++) Fe(++)

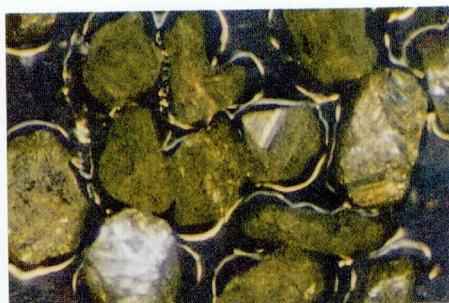
(\*) 同定1：新品の状態にて電着部およびシャンク部の蛍光X線分析

(\*\*) 同定2：電着部表層およびシャンク部表層を研磨除去した後、蛍光X線分析

(\*\*\*) 同定3：表層除去後さらに研磨し、蛍光X線分析



ホリコ 1X



ホリコ 2r



デンスコ 8R



デンスコ 1XLC

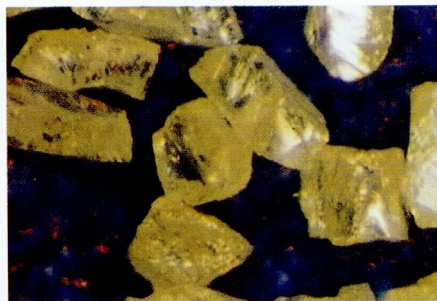
天然ダイヤモンド #140/170  
(アンプレックスプレミアム)天然ダイヤモンド #120/140  
(アンプレックスプレミアム)天然ダイヤモンド #80/100  
(アンプレックスプレミアム)

図 4-1 各種砥粒 (倍率; 25倍)





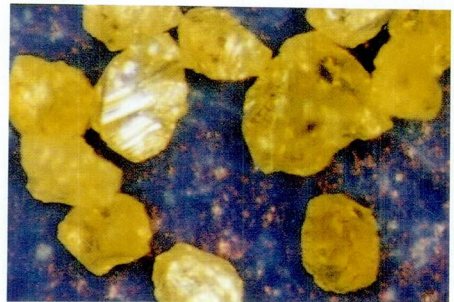
立方晶窒化ボロン #140/170  
(昭和電工 SBN-T)



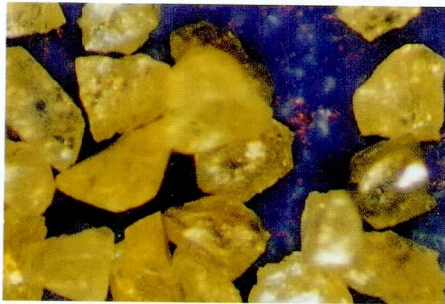
人造ダイヤモンド #100/120  
(東名ダイヤモンド TED-I)



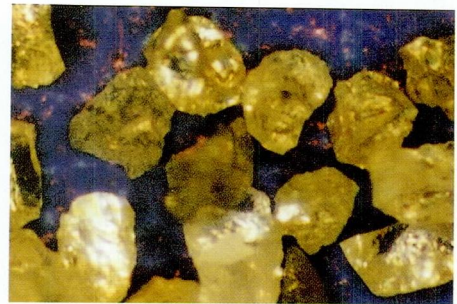
人造ダイヤモンド #120/140  
(東名ダイヤモンド TED-I)



人造ダイヤモンド #140/170  
(東名ダイヤモンド TED-I)



人造ダイヤモンド #140/170  
(東名ダイヤモンド TED-II)

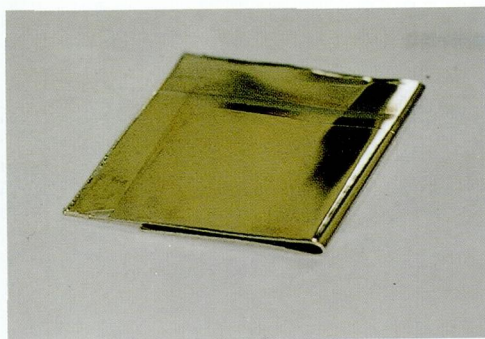


人造ダイヤモンド #140/170  
(東名ダイヤモンド TED-III)

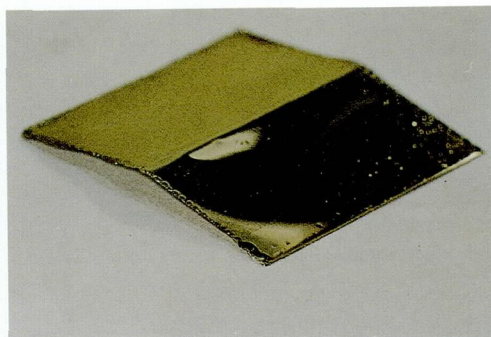
図 4-2 各種砥粒 (倍率; 25倍)

表 8 ダイヤモンド砥粒の粒径と電着されていたダイヤモンド重量

	ホリコ 1X	ホリコ 2r	デンスコ 8R	デンスコ 1XLC
長 辺 (μm)	160	170	160	260
短 辺 (μm)	110	100	100	140
ダイヤ重量 (mg)	7.1	6.8	5.3	6.4



ストライクニッケルメッキを行ったとき



ストライクニッケルメッキを行わなかった時の剥離した皮膜

図5 ステンレス板へのニッケルメッキに及ぼす表面活性化前処理（ストライクニッケルメッキ）の影響

的丸みを持った形状をしており、人造ダイヤモンドに類似している。デンスコ（8R）とアンプレックス天然ダイヤモンドとは、形状が類似しており、両者ともエッジが鋭い。砥粒サイズはアンプレックス天然ダイヤモンド140/170がホリコ（2r）、デンスコ（8R）のレギュラーサイズと近似している。尚、人造ダイヤモンドは型式によって次のような特徴を有している<sup>8)</sup>。

- ① TED-I；スタンダードタイプで、磁性が除去されている。
- ② TED-II；特殊な表面処理により、メッキのつきまわりが改善されている。
- ③ TED-III；プロッキーな形状と高い靱性を有し、ライフに重点をおいている。

### 3. メッキにおける表面活性化処理の効果

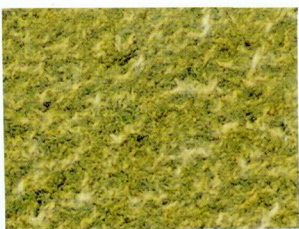
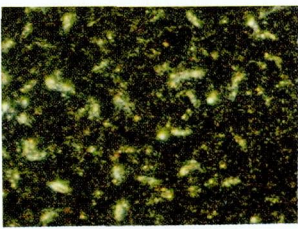
図3に示した方法において、表面活性化の為に表5の浴組成のストライクニッケルメッキを行ってから光

沢硫酸ニッケルメッキを行ったものと、ストライクニッケルメッキを行わずに光沢硫酸ニッケルメッキを行ったステンレス板を180度、曲げた時の結果を図5に示す。ストライクニッケルメッキによる表面活性化を行わないと、75度折り曲げた時に基板より完全に剥離してしまった。ストライクメッキを行ったほうは180度折り曲げた（曲げ半径1mm）時点でR部にクラックを生じたが剥離は生じなかった。この結果からストライクニッケルメッキによる表面活性化を行わないと、ステンレス板へのニッケルメッキは、ほとんど付着力を有しないことが判った。

### 4. ニッケルメッキ層の硬さ試験結果

板厚0.3mmのステンレス板（SUS304）に表5の浴組成のストライクニッケルメッキを施した後、表3および表4の浴組成で、それぞれスルファミンニッケルメッキ、光沢硫酸ニッケルメッキを行った。メッキ

表9 ニッケルメッキ層の硬さ

		スルファミンメッキ	光沢硫酸ニッケルメッキ
メッキ条件		基板；SUS304 電気量；0.3A×98分 浴温度；48-50°C	ストライクニッケル；0.2A×2分 電流密度；75mA/cm <sup>2</sup>
結	膜厚	0.1mm	0.1mm
	硬さ	Hv=190 (SUS 基板 Hv=210)	Hv=520 (SUS 基板 Hv=210)
果	表面光顕写真25倍		



皮膜硬さはマイクロヴィッカーズ硬度計で測定した。その結果を表9にメッキ条件と共に示す。

スルファミンニッケルメッキの色調は淡黄色を示し、光沢硫酸ニッケルメッキに比べてかなり硬さが低い。

5. ニッケルメッキの電気量と皮膜厚さ

ステンレスの棒材に表10の条件にて、表4に示した組成の光沢ニッケルメッキを行い、そのメッキ皮膜厚さを測定し、理論値と比較して電流効率を算定した。

6. 棒状基材の選定

棒状基材の選定においては、表7に示したデンスコ社およびホリコ社のダイヤモンドポイントの分析結果を参考にした。デンスコのように炭素鋼を基材とした場合には、防錆の為にシャンク部にもメッキをする必要がある。しかしながら、FGパーの場合、シャンク部の直径は $1.6^{0-0.01}$  mmと厳しい精度を必要とするため、メッキを行わず機械加工仕上げのままの状態が精度を確保するのに有利である。従って、ステンレス鋼の使用が望ましい。ステンレス鋼のうち、オーステナイト系の代表である、SUS 304 は強度が充分ではなく、シャンクが曲がってしまう危険性がある。また、ホリコ社が使用しているとみられるマルテンサイト系ステンレス鋼 SUS 440 は加工が困難であり、フェライト系の SUS 430 は耐食性があまり充分とはいえない。従って、オーステナイト系でも強度の高い SUS 201 (DSMO 1H) を使用することにした。これは、図6に示したように冷間加工により加工硬化させて強度を高めたものである<sup>9)</sup>。

7. 砥粒の各種固定法による砥粒固定状態

表6に示した各種固定方法により、アンプレックスダイヤモンド #120/140 砥粒を SUS 201 棒状基材に電着した結果を表11に示す。基材の上方から砥粒をふりかけるという第3法のみ、比較的良好な固定が可能で

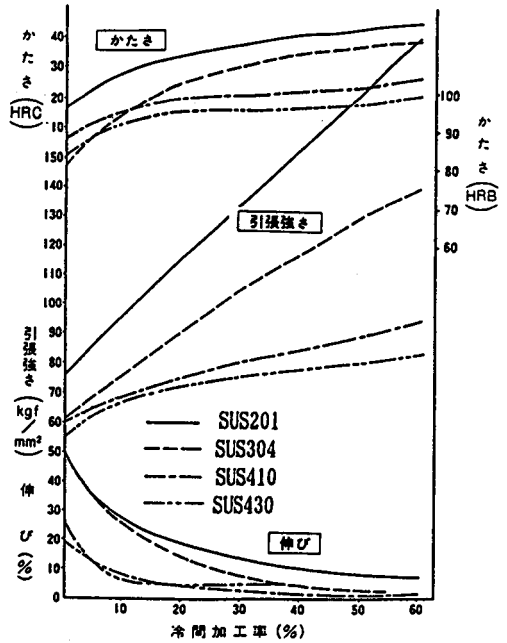


図6 ステンレススチールの冷間加工による機械的性質の変化<sup>9)</sup>

あった。ただしこの方法では基材先端には砥粒は固定されていなかった。また当然のことながら砥粒ふりかけ時に陰になっている基材下側も砥粒は固定されていなかった。第1法はメッキそのものが健全に行えず黒いスラッジ状の析出物が混在し、基材上に砥粒はほとんど残留していなかった。第2法では第1法よりは多くの砥粒が固定でき、また第3法と異なり基材下側にも砥粒が固定されていたが全体的に固定密度が低く、またメッキ層には瘤状ニッケル析出物が混在していた。

考 察

1. 砥粒について

市販ダイヤモンドポイントの砥粒観察の結果から判

表10 ニッケルメッキの電流効率測定

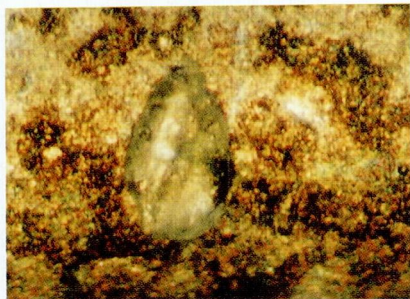
前処理	トリクロールエタンおよびエースクリーンにて脱脂後、流水にて洗浄
被メッキ部	テストバーの先端 7mm のみ。他の場所はマスキング用ピッチにてマスキング
電気量	20 mA×56分
基材の直径	メッキ前=1.596 mm. メッキ後=1.712 mm
理論メッキ厚さ	0.0597 mm
実測メッキ皮膜厚さ	(1.712-1.596)/2=0.058 mm
電流効率	0.058/0.0597×100=97.2%



表11 各種固定法による砥粒固定結果  
(光顕写真倍率; 25倍)

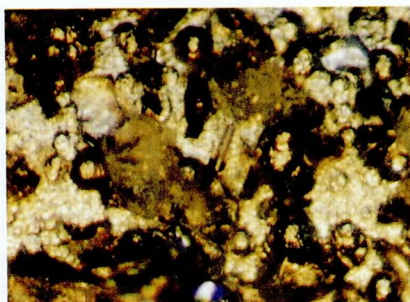
第1法 結果

健全なメッキができず砥粒の固定も殆どできない。



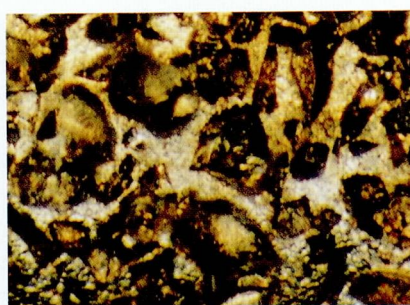
第2法 結果

粒度100~200メッシュの砥粒が重過ぎて、浮遊しにくく電着密度が低い。瘤状ニッケルの析出が見られる。

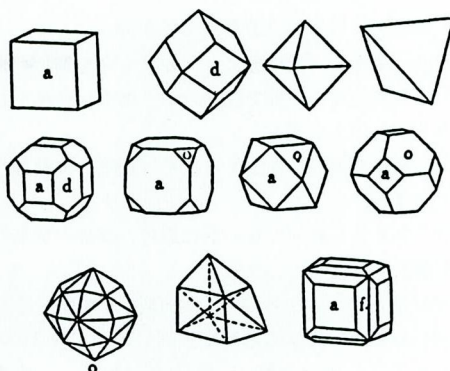


第3法 結果

比較的、容易に電着可能。基材上部および下側は電着されていない。



るように、砥粒形状にはメーカーによって、長細い、鋭利な形状を有するものと、比較的丸みを帯びた、いわゆるブロッキーな形状を有したものに分かれるようである。これは、切れ味を優先するか、耐久性を優先するかの差であろうと考えられる。



aは(100), oは(111), dは(110)

図7 ダイヤモンド結晶形の種類<sup>10)</sup>

天然ダイヤモンドは、図7に示すような結晶形が知られているが、代表的な天然ダイヤモンドは8面体の結晶が圧倒的に多く、各面は $\{111\}$ 面からなる。次いで斜方12面体のものが多く結晶面は $\{110\}$ 面である。天然ダイヤモンド原石は、全体が丸みを帯びていて、鋭い角が無くなった結晶がほとんどである。しかし、ダイヤモンドは、へき開面、例えば(111)面を有することから<sup>10)</sup>、ダイヤモンド原石の種類と粉砕方法によって鋭利なものからブロッキーなものまでが得られるのではないかと推測される。一方、合成ダイヤモンドは1954年にアメリカのGE社で合成されたのが初めてであり5~10万気圧の圧力と1600度近くの温度を必要としたが、結晶形は天然ダイヤモンドには見られない6面体があったり、しばしば不定形をしている。合成ダイヤモンドの色調は低温(低圧)では黒色をしており、暗緑色、淡黄色を経て、高温(高圧)の白色に近づく<sup>11)</sup>。歯科用としての合成ダイヤモンドの使用は少ないといわれているが<sup>9)</sup>、合成ダイヤモンドは今後ますます、新しい合成方法が確立され、性能的にも、価格的に有利となると予想されるので、充分検討に値すると思われる。次に、立方晶窒化ボロンは天然には存在せず、超高压の技術で造られたものであるが、結晶形は $\{111\}$ 面が最も多く現れ、典型的なものは正8面体であり、 $\{110\}$ 面で、へき開しやすい<sup>10)</sup>。立方晶窒化ボロンのヌープ硬さはダイヤモンドの7000に比べ、4500~4800と低いが、鉄と反応しにくいということから工業界では広く使用されている。立方晶窒化ボロンが歯科用非鉄金属の切削に適していれば新しいタイプの歯科用ポイントを生み出す可能性もあると考えられる。

## 2. ニッケルメッキについて

ニッケルメッキには多くの種類のメッキ浴がある

が、本研究では次の点を考慮して、スルファミンニッケルメッキと、光沢硫酸ニッケルメッキを選択した。

① 電着時間の短縮を図るため、高電流密度を採用できる浴のほうを望ましい。

② 砥粒を強固に固定するため、適当な皮膜強度を有すること。

③ あまり一般的でない浴は避け、管理が容易なものを選択する。

スルファミンニッケルメッキは、スルファミン酸ニッケルの水に対する溶解度が高いので、表3、4に示すように、光沢硫酸メッキより一桁高い、高電流密度を使用できる。従って、電着速度を高くすることができ、ダイヤ砥粒を効率的に固定できるとも考えられる。しかし、スルファミンニッケルメッキは図5の結果から判るように、硬度がHv=190とステンレス母材(Hv=210)よりも低い。一方、光沢硫酸ニッケルメッキはHv=520とかなり高い値を示している。従って、スルファミンニッケルメッキを固定層に用いると、研削時にメッキ層が被削材によって、変形を受け、砥粒が脱落する懸念があるといえるだろう。光沢ニッケルメッキの一次光沢剤は、内部応力を減少させ、二次光沢剤は平滑化とともに、内部応力を増加させる<sup>12)</sup>。従って、一次光沢剤と二次光沢剤の量比を調整することにより、硬さもある程度調整できる可能性があると考えられる。次に、ニッケルメッキの電流効率をメッキ皮膜厚さと理論膜厚の比から算定した。表10に示したメッキ条件から理論析出重量は $W_{th}=0.02(A) \times 56(\text{分}) \times 58.7(\text{Ni原子量})/2(\text{Ni原子価}) \times 60/96500=0.0204\text{g}$ である。理論メッキ厚さを $t(\text{mm})$ 、基材の直径を $d(\text{mm})$ 、Niの比重を8.9とすると次式が成り立つ。

$$W_{th}/8.9 \times 1000 = 3.14/4 \times \{(d+2t)^2 - d^2\} \times 7 + 3.14/4 \times d^2 \times t, W_{th}=0.0204, d=1.596 \text{ であるから, } t^2 + 1.6869t - 0.1042 = 0$$

従って $t=0.0597$ 、即ち、理論メッキ厚さは0.0597mmとなる。実測メッキ厚さは表10に示した0.058mmであるから、電流効率 $=0.058/0.0597 \times 100=97.2\%$ となる。100%に満たない原因として一般的には電極におけるガス発生が考えられるが、陰極からの水素ガス発生は肉眼的には観察されなかったことから、メッキ層厚みの不均一による誤差とマイクロメーターの測定精度(0.001mm)に起因するものと考えられる。

### 3. 砥粒固定法について

砥粒の固定方法に関して、第1の方法では健全なニッケルメッキができず、当然砥粒の固定もできな

かった。これは砥粒を詰めた袋の中ではニッケルイオンの供給が不十分になったのが原因ではないかと考えられる。生産効率の点では第1の方法が優れていると思われるので、砥粒充填量を減らすとかの工夫により改善する方法を検討することが必要であろう。第2法の複合メッキはメッキによる析出金属のマトリックス中に第2相として微粒子や繊維状物質を含む複合皮膜である<sup>13-15)</sup>。この方法は基材全周に比較的容易に砥粒が固定されるが、攪拌方法を改善しないと100 $\mu\text{m}$ 前後の砥粒を充分浮遊させることができず、均一かつ、固定密度の高い砥粒電着が困難である。又、瘤状析出を生じないようなメッキの条件を満足し、砥粒の浮遊にとっても最適となる攪拌強度を見いだすのはかなりむずかしい問題ともいえるであろう。

第3法の、砥粒を上方からふりかけるという単純な方法により、最も良好な初期固定が可能となったが、この方法にも若干問題がある。その第一は、基材先端への砥粒付着をどのようにするかという点である。その第二点は基材全体に砥粒を固定するためには基材を回転する必要があるということである。第三点は基材に付着せず、落下した砥粒を回収しなければならないことである。なお、これらの問題点が第1法では、殆ど問題にならないというところが、第1法の大きな長所である。ダイヤモンドを如何に強固に基材に固定できるかは重要なポイントであるが、これはメッキ層の厚み、砥粒固定に適した皮膜硬さを有するメッキ浴の選択、砥粒の選択、砥粒の適切な粒度分布の選択に大きく依存しているものと考えられる。

## 総 括

新たなダイヤモンドポイントの開発の可能性と限界を検討する足がかりとする為、市販ダイヤモンドポイントを調査し、実験に使用する砥粒の選択、砥粒固定のためのメッキ浴の選択、基材上への砥粒固定の実験を行い次のような知見を得た。

1. 市販ダイヤモンドポイントの基材は炭素鋼を使用したものと、高強度ステンレススチールを用いたものがあった。炭素鋼の場合、シャンク部にはクロムメッキが施されていた。砥粒の固定は両者ともニッケルメッキによって行われていたが、炭素鋼基材の場合には砥粒固定部もニッケルメッキの上にさらにクロムメッキが施されていた。

2. ダイヤモンド砥粒はメーカーによって、鋭利な形状をしたものと、比較的、丸みを帯びたブロック的な形状とに分かれた。砥粒サイズは標準のもので長径160 $\mu\text{m}$ 、短径100 $\mu\text{m}$ 程度のもので使用されていた。コース(粗)タイプでは、長径260 $\mu\text{m}$ 、短径140 $\mu\text{m}$

のものもあった。一本のダイヤモンドポイントに電着されているダイヤモンド砥粒は5~7mgであった。

3. 電着用砥粒として販売されているものでは天然ダイヤモンドが鋭利な形状をしており、合成ダイヤモンドと、立方晶窒化ボロンが丸みを帯びたブロッカーな形状をしていた。

4. 基材にはオーステナイト系高強度ステンレススチール SUS201 を用いた。ステンレススチールへのメッキはストライクニッケルメッキで表面を活性化しないと、メッキ層は剝離する。

5. スルファミンニッケルメッキはメッキ硬さが  $Hv=190$  と低く、光沢硫酸ニッケルメッキは  $Hv=520$  と高かった。このことはスルファミンニッケルを固定用に用いると研削時に砥粒の脱落が起き易いことを示唆している。

6. ニッケルメッキの電流効率は97%以上あり、効率の良いメッキが可能であった。

7. 砥粒の基材への初期固定は基材の上方からふりかける方法が最も確実であった。しかし、砥粒を全体に電着するためには基材を回転させる必要がある。また、基材先端への砥粒固定の行程が必要となる。

## 謝 辞

本研究を行うに当たりご協力頂いた歯科理工学教室各位に感謝いたします。

## 参 考 文 献

1) 富岡健太郎, 中村悦三, 村松篤良: 歯科用高速

切削工具1—ダイヤモンドポイント. 医歯薬出版, 28, 1979.

- 2) 山田敏元: 人工歯材料の被切削試験. 歯科材料器械, Vol. 2, No. 3, 324-328, 1983.
- 3) 宮入裕夫, 村松篤良: ダイヤモンドポイントの切削性能に関する研究. 歯科理工学会誌, Vol. 19, No. 48, 233-238, 1978.
- 4) 上田祥士: 歯科用エアタービンエンジン使用時の研削荷重について. 歯科学報, Vol. 82, No. 4, 49-71, 1982.
- 5) 富岡健太郎, 中村悦三, 村松篤良: 歯科用高速切削工具1—ダイヤモンド. 医歯薬出版, 35, 1979.
- 6) 友野理平: めっきマニュアル. オーム社, 187-188, 1971.
- 7) 久保光康: ニッケルメッキ液中の第一光沢材の除去. 金属表面技術, Vol. 28, No. 2, 24-28, 1977.
- 8) 東名ダイヤモンド工業株式会社 カタログ
- 9) 大同特殊鋼, 電気製鋼, 第40巻, 2号, 78.
- 10) ダイヤモンド工具マニュアル (ダイヤモンド工業協会編). 工業調査会, 44-47.
- 11) 川井直人: 超高压の世界. 講談社, 135-139, 1977.
- 12) 友野理平: めっきマニュアル. オーム社, 1971.
- 13) 松村宋順: 複合メッキ. 日刊工業新聞社, 1989.
- 14) Lukschandel, J.: Diamond-Containing Electroless Nickel Coating. *Trans. Inst. Metal Finishing*, 56, 118-120, 1978.
- 15) Sautter, F.K.: Electrodeposition of Dispersion-Hardened Nickel- $Al_2O_3$  Alloys. *J. Electro. Chem. Soc.* 110, 557-560, 1963.