

平成 21 年 6 月 5 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19592265

研究課題名（和文） 歯科用レジンボンドダイヤモンド軸付き砥石の開発

研究課題名（英文） Development of dental resinoid diamond mounted wheel

研究代表者

佐藤 秀明 (SATO HIDEAKI)

武蔵工業大学・工学部機械工学科・准教授

研究者番号：00196263

研究成果の概要：

本研究の目的は、臨床応用を目的とした歯科技工用軸付き砥石開発に関する新しい試みとして、レジンボンドダイヤモンド軸付き砥石を製作し、歯科用陶材に対する研磨特性を評価することである。本研究の結果、実験条件が研磨面性状に及ぼす影響を明らかにすることができ、研磨面の表面粗さは、グレーズ面の表面粗さとほぼ同等の値になった。新たに製作した軸付き砥石専用の横軸型研磨装置により、軸付き砥石の研磨特性の評価が可能となった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	600,000	180,000	780,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：歯科補綴学，歯科理工学，歯冠修復物，陶材焼付鑄造冠，歯科用陶材，咬合調整，歯科技工用軸付き砥石，精密研磨

1. 研究開始当初の背景

近年、歯冠修復に対する審美的な要求が高まっている中で、従来から多く使用されている歯科用陶材を中心に、種々の歯科用セラミックス材料が開発され、インレーやクラウン(冠)等の歯冠修復物に使用されている。

(1) キャスタブルセラミックスの研磨加工

簡単に精密鑄造が可能であるキャストブルセラミックスは、密度が均一で加工性に優れた歯冠修復材料であり、アレルギーや対合

天然歯に対する摩耗の問題も少ない。

一般に、キャストブルセラミックスの歯冠修復物の仕上げ加工は、研磨加工が行われ、ある程度の審美性を高めることが可能となっている。しかし、より高度な審美性が要求される場合には、ステイニング処理を施すか、歯科用陶材のようにグレーズ(艶焼き)ができないため、エナメル色陶材を表面に築盛、焼成する必要がある。このため、研磨に加え、複雑な仕上げ工程が必要となる。

しかし、本来、機能面を考慮した場合、キャストابلセラミックスの表面に、エナメル色陶材を築盛、焼成する必要はない。よって、研磨加工のみで最終仕上げを行うことができれば、歯冠修復物の製作時間の短縮ならびに製作費の削減につながり、技工作業としては大変好ましい。このため、キャストابلセラミックスに対する研磨加工技術のさらなる向上が要求されている。

(2) 歯科用陶材の研磨加工

一般にセラミックスのような硬脆性材料においては、加工面性状が機械的強度に影響を及ぼす。例えば、陶材焼付鑄造冠合着時には、口腔内において咬合調整が必要になるため、完成した陶材焼付鑄造冠を患者に試適し、初期接触部を研削後、シリコンポイント等で研磨してから合着する。しかし、グレーズ(艶焼き)面のような滑沢面を得ることはできない。

このため、口腔内で合着された陶材焼付鑄造冠の研磨面には、表面損傷が存在し、この部分の強度の低下が予測できる。よって、歯科用陶材の強度増大の面からも研磨加工技術の向上が要求されている。

歯科用陶材を研磨加工するための歯科技工用軸付き砥石に関しては、現在、歯科界において、系統的に研究されていない。その理由として、臨床においては、その重要性は十分理解されているものの、その研究に関しては等閑視されているからである。しかし、これらに関する研究は、極めて重要な問題であり、その発展が望まれている。

2. 研究の目的

本研究は、臨床に必要な歯科技工用軸付き砥石開発に関する新しい試みとして、レジンボンドダイヤモンド軸付き砥石を製作する。さらに、多結晶ダイヤモンドを、これまでほ

とんど例のない固定砥粒(砥石)として使用することを試みる。多結晶ダイヤモンドは、遊離砥粒としては、これまで多くの使用例があり、単結晶ダイヤモンドより研磨性能に優れている。現在、半導体材料、光学部品等の研磨に数多く使用されている。

本軸付き砥石で歯科用陶材を研磨し、臨床において、従来から多く使用されている陶材焼付鑄造冠の最終仕上げであるグレーズ面と同等の滑沢面を得ること、および、軸付き砥石の研磨性能を評価する実験装置を試作し、歯科用陶材の研磨加工技術の系統的構築に必要な、基礎資料を得ることを目的とする。

本研究の歯科技工用砥石開発を目的とした、歯科用陶材の研磨加工に関しては、日本および外国においては、報告例が極めて少なく、この点に着目した本研究は、独創的であると考えられる。このため、本研究の結果は、国内外を問わず、貴重な資料になると思われる。

3. 研究の方法

本研究は、レジンボンドダイヤモンド軸付き砥石により歯科用陶材の研磨加工を行い、加工面性状の評価を行う。近年、Fairhurstら(Fairhurst,C.W.,Lockwood,P.E.,Ringle,R.D. and Thompson,W.O.,The effect of glaze on porcelain strength,Dental Materials,Vol.8,p.203-207(1992))は、グレーズをしないで研磨により仕上げ加工した場合の陶材の強度が、グレーズした場合の陶材の強度よりも大きくなるという報告をしている。この報告によると、これまでの多くの研究結果と異なるデータが示されており、研究者の間で、この結果に対する見解は異なるが、陶材の仕上げ加工において、研磨加工が極めて重要であることが、この結果からも再認識できる。

ところで、現在、高硬度セラミックスなどの難加工材料の精密加工に対して優れた研

磨能力を有する多結晶ダイヤモンドは、主に遊離砥粒として用いられている。多結晶ダイヤモンドは、微細なダイヤモンドの結晶粒子が強固に結合したブロッキーな形状を有する多結晶構造をしている。また、単結晶ダイヤモンドは研磨時に鋭利な切れ刃がなくなると研磨能力が低下するが、多結晶ダイヤモンドは継続的に新しい切れ刃が出現するため、研磨能力が持続すると言われている。しかし、固定砥粒(砥石)としての使用例は、ほとんど報告されていない。

そこで、本研究は、歯科技工用軸付き砥石開発に関する新しい試みとして、これまでほとんど例のない多結晶ダイヤモンドを固定砥粒(砥石)として使用し、臨床応用を目的としたレジンボンドダイヤモンド軸付き砥石を製作する。本砥石で歯科用陶材を研磨し、臨床において、従来から多く使用されている陶材焼付鑄造冠の最終仕上げであるグレース(艶焼き)面と同等の滑沢面を得ることを目的とする。

(1) 歯科用陶材および試験片形状

試験片には、VITA社製のVITA Ω 900(以下Ω 900と略記)を使用した。Ω 900などの金属焼付用陶材と呼ばれる歯科用陶材は、ガラス状のマトリックスの中に結晶性の鉱物を入れて、歯の色調の特性を出すように工夫されている。その組織は、SiO₂(50~60%)、Al₂O₃(10~20%)、K₂O(7~12%)、その他CaO、Na₂Oである。試験片形状は高さ約 5.0mm、幅 4.0±0.1mm、長さ約 40mmである。試験片の形状は、幅のみ公差を定めており、他の寸法は公差を指定していない。

(2) 試験片の製作方法

歯科用陶材を、説明書に従い、ポーセレンファーンエスを用いて真空焼成した。表と裏を並べ替えて各1回焼成した後、平面研削盤を用いて、ダイヤモンドホイールで試験片の形

状に研削加工した。次に、試験片の研磨面(4mm×40mm)を、冠等の咬合調整後における研削面の表面粗さを想定し、粒度番号#1000のGC砥粒の耐水研磨紙で研磨し、粗さを付与した。

(3) 実験装置および方法

図1および図2に示すような、軸付き砥石専用の横軸型研磨装置を製作した。左側の重りの支点からの距離を調整することにより、支点を中心とする右回りのモーメントを一定に保つ。これより、鉛直下向きの押付け荷重Fを一定に保ちながら、砥石を試験片に押し当てて研磨を行った。試験片はバイスに固定され、バイスは、既存の摩耗試験機(東洋精機製作所製)のテーブルに設置され、左右方向に往復送り運動させた。砥石の回転動力としては、ルーター(ミニター株式会社製)を用いた。

砥石には、軸付きレジンボンドダイヤモンド砥石(旭ダイヤモンド工業株式会社)を使用した。砥粒には、粒度番号#3000(面積平均径 $m_a=3.9\mu m$)の多結晶ダイヤモンド(住友石炭鉱業製)および単結晶ダイヤモンドを使用し、集中度は100である。また、結合剤には、レジンボンドを使用し、その縦弾性係数Eは、BA(E=6.1GPa)、BC(E=11.0GPa)、BG(E=18.0GPa)の3種類を用いた。砥石の外径は、φ6mmである。図3に、軸付き砥石の形状を示す。

砥石のドレッシングは、粒度番号#2000のGC砥粒のスティック砥石を押付けて行った。試験片の初期粗さは、咬合調整後における、シリコンポイントにより得られる研磨面を想定し、 $R_a=0.26\mu m$ になるように、耐水研磨紙(#400)を用いて長手方向に条痕を付与した。

砥石の周速度 $V=2.80m/s$ (砥石の回転数 $N=8900rpm$)、 $5.59m/s(N=17800rpm)$ 、 $8.36m/s(N=26600rpm)$ 、押付け荷重 $F=1.47, 1.96, 2.45N$ 、バイス往復送り速度を30往復/min(1往復=40

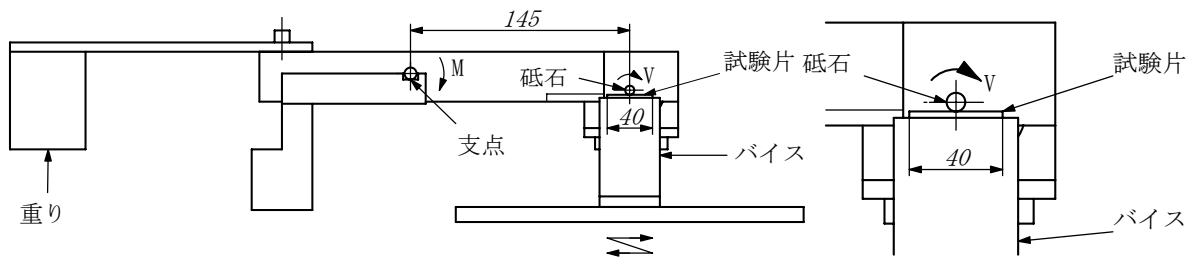


図1 実験装置概略

図2 砥石および試験片の詳細

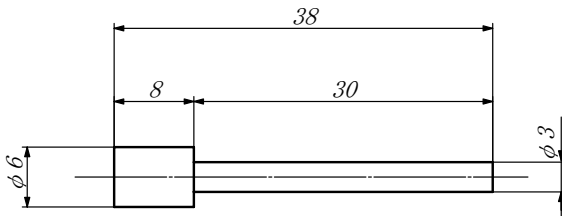


図3 軸付き砥石の形状

mm)の条件で、研磨加工を行った。また、研磨加工液には水道水を使用した。研磨時間は、0.5, 1, 1.5, 5, 10min とし、各研磨時間毎に、試験片の表面粗さ、質量および研磨深さを測定した。

試験片の表面粗さは、触針式表面粗さ計 (SURFEST SV-400:Mitutoyo 製)を用いて、算術平均粗さ R_a および最大高さ R_y (JIS B0601-1994)で加工面性状を評価した。なお、表面粗さは、試験片の長手方向(研磨方向)に対して直角の方向に 9 箇所測定した。また、研磨効率は、研磨前後の試験片の厚さをマイクロメータにより 3 箇所測定し、研磨深さ H により評価した。研磨面の光沢度については、ハンディ光沢計グロスチェッカ (TMS-724:タスコジャパン株式会社)を用いた。さらに、得られたデータについては、統計処理を行った。

4.研究成果

(1)砥石の結合剤が BA の場合

①単結晶ダイヤモンド砥粒による研磨結果

図4～図6は、砥粒に単結晶ダイヤモンドを用い、研磨圧力 $F=1.47N, 1.96N$ および $2.45N$ をパラメータとし、砥石回転数 $N=8900rpm$,

17800rpm および 26600rpm で研磨した場合の研磨時間 T と算術平均粗さ R_a の関係を示す。図中のプロットにおける縦棒は、標準偏差を表す。なお比較のため、図中に目標としているバフ面粗さ ($0.064\mu m R_a$) を一点鎖線で示した。また、押付け荷重が研磨面に及ぼす影響を明らかにするため、危険率 1%において分散分析を行った。

これより、研磨時間の経過とともに算術平均粗さ R_a は減少し、ある一定の値に収束していく。図4および図5においては、 $T=10min$ において、全ての条件で、 R_a がバフ面粗さの R_a より小さくなっている。また、分散分析の結果、ほとんどの研磨時間において有意差が認められた。そこで、押付け荷重と算術平均粗さについて、各研磨時間おきに相関分析を行った。砥石回転数 8900rpm と 17800rpm においては、負の相関が認められた。砥石回転数 26600rpm においては正の相関が認められた。したがって、砥石回転数 8900rpm と 17800rpm においては、押付け荷重が増加すると算術平均粗さは減少する傾向があり、26600rpm においては押付け荷重が増加すると算術平均粗さも増加する傾向があった。

図7は、図4～図6をまとめた図である。回転数毎に色を変え、砥石回転数 $N=8900rpm$ のプロットを中心に、他の回転数のプロットを左右にずらして表示した。左は $N=17800rpm$ 、右は $N=26600rpm$ である。また、図中に参考としてグレーズ面粗さ ($0.032\mu m R_a$) を示した。分散分析の結果、全て

の条件で有意差が認められた。そこで砥石回転数 N と算術平均粗さ R_a について、研磨時間毎に相関分析を行った。押付け荷重 1.47N と 1.96N においては負の相関が認められた。研磨圧力 2.45N においては、正の相関が認められた。したがって、押付け荷重 1.47N と 1.96N においては、砥石回転数 N が増加すると算術平均粗さ R_a は減少する傾向があり、2.45N においては、押付け荷重の増加とともに、算術平均粗さも増加する傾向にある。ま

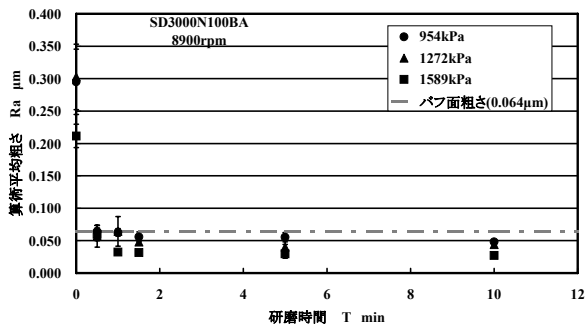


図4 結合剤 BA の砥石による研磨時間 T と算術平均粗さ R_a の関係($N=8900\text{rpm}$)

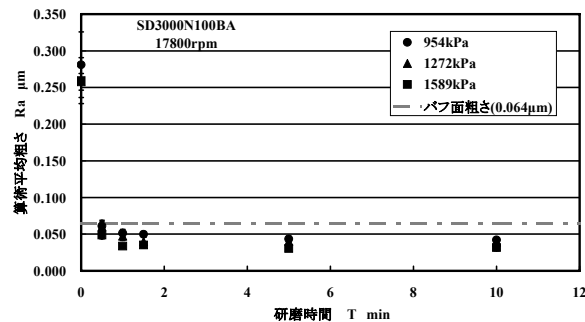


図5 結合材 BA の砥石による研磨時間 T と算術平均粗さ R_a の関係($N=17800\text{rpm}$)

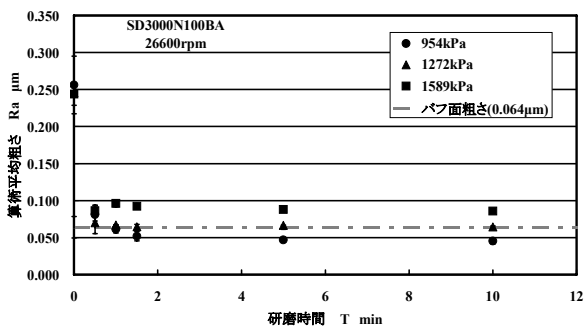


図6 結合材 BA の砥石による研磨時間 T と算術平均粗さ R_a の関係($N=26600\text{rpm}$)

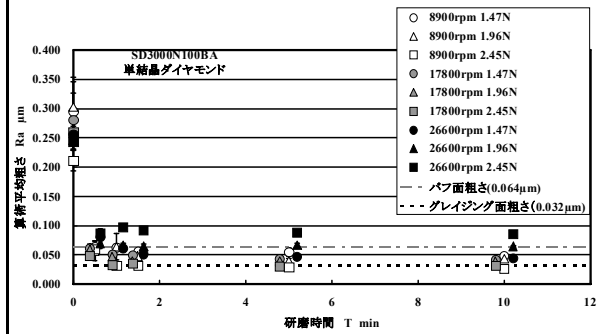


図7 結合材 BA の砥石による研磨時間 T と算術平均粗さ R_a の関係

た、全体を分析した結果としては、砥石回転数 N と算術平均粗さ R_a の間に、やや強い正の相関が認められた。押付け荷重 F と算術平均粗さ R_a の間には、相関性は認められなかった。よって、砥石回転数 N の増加とともに算術平均粗さ R_a は増加する傾向にあった。

②単結晶ダイヤモンド砥粒における光沢度

図8は、各研磨条件における10min後における光沢度の値を示す。図中の一点鎖線は、バフ面の測定値(86)を示す。 $N=17800\text{rpm}$, $F=1.47\text{N}$ 以外の全ての条件で80を超えている。中には、バフ面の値を超えるものもあり、光沢のある面が得られた。

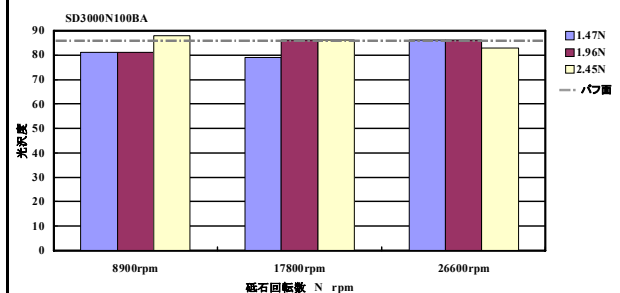


図8 各研磨条件における $T=10\text{min}$ における光沢度

③単結晶および多結晶ダイヤモンド砥粒による研磨結果の比較

図9は、単結晶および多結晶ダイヤモンド砥粒による研磨結果の比較を示す。黒色のプロットが単結晶ダイヤモンド砥粒、灰色のプロットが多結晶ダイヤモンド砥粒である。ま

た、研磨時間毎に灰色のプロット位置を左にずらして表示してある。危険率1%において分散分析を行ったところ、砥粒間には有意差は確認できなかった。また、光沢度においても同様に、砥粒による有意差は認められなかった。

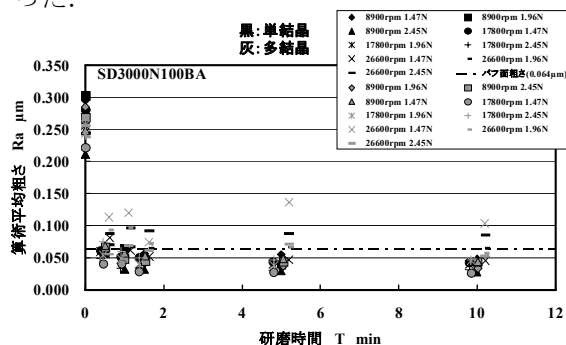


図9 ボンドBAによる研磨時間Tと算術平均粗さRaの関係(単結晶ダイヤモンド砥粒と多結晶ダイヤモンド砥粒の比較)

④まとめ

結合材BAについて

○砥粒の種類が算術平均粗さRaに及ぼす影響は小さかった。

○砥粒の種類が光沢度に及ぼす影響は小さかった。

○研磨深さが、砥粒の種類に関係なく、最大約18μmと小さく、陶材焼付鑄造冠等の形態修正後に、本砥石を用いて研磨すれば、研磨量は少なく、かつ表面粗さを小さくするという理想の研磨仕上げが実現できる。

以上、本研究で得られた、結果の一部を示したが、歯科用軸付き砥石に関する開発研究は、現在、国内ではほとんど報告例が無い。また、陶材を、バフ面やグレイズ面と同等の表面粗さに研磨加工できるという砥石は、国内外においても見あたらない。市販の陶材研磨用軸付き砥石とも比較したが、本砥石のほうが、数段研磨性能に優れていた。

よって、本結果は歯科理工学の見地から見ても、貴重な資料であり、本砥石が市販できれば、歯科医師および歯科技工士にとって、

大変有用な砥石になるものと確信する。

5.主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

- ① 向後淳史, 軸付きダイヤモンド砥石による歯科用陶材の研磨加工, 平成20年度(社)日本補綴歯科学会西関東支部総会・学術大会, 平成21年1月25日, 神奈川県歯科保健総合センター/神奈川県歯科医師会館
- ② 齋藤繁, 軸付きダイヤモンド砥石による歯冠修復材料の研磨加工, 2007年度砥粒加工学会学術講演会, 平成19年9月6日, 東京工業大学大岡山キャンパス

6.研究組織

(1)研究代表者

佐藤 秀明(SATO HIDEAKI)

武蔵工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 00196263

(2)研究分担者

(3)連携研究者

(4)研究協力者

石幡 浩志(ISHIHATA HIROSHI)

東北大学・大学院歯学研究科・助教

中村 善治(NAKAMURA YOSHIHARU)

鶴見大学・歯学部・准教授

PER VULT von STEYERN

MALMÖ UNIVERITY・Faculty of

Odontology・Head and chairman

相川 博勝(AIKAWA HIROKATSU)

旭ダイヤモンド工業株式会社・研究部・

係長

伏島 歩登志(FUSEJIMA FUTOSHI)

株式会社ジーシー・研究所・主任研究員