

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-346857  
(P2006-346857A)

(43) 公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)

(51) Int. Cl.	F I	テマコード (参考)
B 2 4 D 5/06 (2006.01)	B 2 4 D 5/06	3 C 0 6 3
B 2 4 D 3/00 (2006.01)	B 2 4 D 3/00 3 2 0 B	
B 2 4 D 3/06 (2006.01)	B 2 4 D 3/06 A	
B 2 4 D 7/06 (2006.01)	B 2 4 D 7/06	

審査請求 有 請求項の数 1 O L 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2006-222685 (P2006-222685)	(71) 出願人	391010770
(22) 出願日	平成18年8月17日 (2006.8.17)		サンゴバン アプレイシブズ, インコーポレイティド
(62) 分割の表示	特願2000-537677 (P2000-537677) の分割		アメリカ合衆国, マサチューセッツ 01615-0138, ウースター, ピー. オー. ボックス 15138, ニュー ボンド ストリート 1
原出願日	平成11年2月4日 (1999.2.4)	(74) 代理人	100099759
(31) 優先権主張番号	09/049, 623		弁理士 青木 篤
(32) 優先日	平成10年3月27日 (1998.3.27)	(74) 代理人	100077517
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 石田 敬
(31) 優先権主張番号	09/218, 844	(74) 代理人	100087413
(32) 優先日	平成10年12月22日 (1998.12.22)		弁理士 古賀 哲次
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

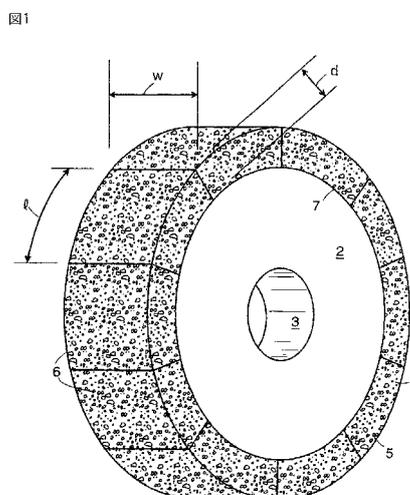
(54) 【発明の名称】 研磨工具

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 160m/sまでの砥石周速度で、セラミックスおよびセラミックスを含む複合体のような、硬くて、もろい材料を精密研削するのに適した研磨工具を提供する。

【解決手段】 この研磨工具は、熱的に安定な結合剤6により、緻密な、金属結合超砥粒セグメント8に取り付けられる砥石コア2を含む。セラミックウェアのバック研削に好適な工具は、グラファイト充てん材および比較的低い集中度の砥粒4を含む。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

最小の比強度パラメータ  $2.4 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$ 、コア密度  $0.5 \sim 8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  を有するコア、円形の周囲、および多数の砥粒セグメントで規定される砥粒リム、を含む平面研削研磨工具であり、その砥粒セグメントは、合計  $100 \text{ vol}\%$  に対して選ばれた量で、超砥粒  $0.05 \sim 10 \text{ vol}\%$ 、もろい充てん材  $10 \sim 35 \text{ vol}\%$ 、および破壊じん性  $1.0 \sim 3.0 \text{ MPa M}^{1/2}$  を有する金属結合剤マトリックス  $55 \sim 89.95 \text{ vol}\%$  を含むことを特徴とする平面研削研磨工具。

## 【請求項 2】

コアが、アルミニウム、鋼、チタンおよび青銅、それらの複合材および合金、ならびにそれらの組み合わせよりなる群から選ばれる金属材料を含む請求項 1 記載の研磨工具。 10

## 【請求項 3】

砥粒セグメントが、金属結合剤マトリックス  $60 \sim 84.5 \text{ vol}\%$ 、砥粒  $0.5 \sim 5 \text{ vol}\%$ 、およびもろい充てん材  $15 \sim 35 \text{ vol}\%$  を含み、そしてその金属結合剤マトリックスは、多孔度が最大  $5 \text{ vol}\%$  である請求項 1 記載の研磨工具。

## 【請求項 4】

もろい充てん材が、グラファイト、六方晶系窒化ホウ素、中空セラミック球、長石、ネフェリンサイアナイト、軽石、仮焼クレーおよびガラス球、ならびにそれらの組み合わせよりなる群から選ばれる請求項 1 記載の研磨工具。

## 【請求項 5】

砥粒がダイヤモンドおよび立方晶系窒化ホウ素ならびにそれらの組み合わせよりなる群から選ばれる請求項 1 記載の研磨工具。 20

## 【請求項 6】

砥料がグリット径  $2 \sim 300 \mu\text{m}$  を有するダイヤモンドである請求項 5 記載の研磨工具。

## 【請求項 7】

金属結合剤が、銅  $35 \sim 84 \text{ wt}\%$  およびスズ  $16 \sim 65 \text{ wt}\%$  を含む請求項 1 記載の研磨工具。

## 【請求項 8】

金属結合剤が、さらにリン  $0.2 \sim 1.0 \text{ wt}\%$  を含む請求項 7 記載の研磨工具。 30

## 【請求項 9】

研磨工具が、少なくとも 2 つの砥粒セグメントを含み、その砥粒セグメントは、細長い、アーチ形の形状、およびコアの円周に一致するように選ばれた内部曲線を有し、そして各砥粒セグメントは、隣りの砥粒セグメントに一致するように設計された 2 つの端を有し、その結果、砥粒リムは連続的であり、砥粒セグメントがコアに結合されるときに砥粒セグメント間にいかなる隙間も実質的にない、請求項 1 記載の研磨工具。

## 【請求項 10】

工具が、1A1 型砥石およびカップ砥石よりなる群から選ばれる請求項 1 記載の研磨工具。

## 【請求項 11】

熱的に安全な結合剤が、エポキシ接着結合剤、冶金学的結合剤、機械的結合剤および拡散結合剤ならびにそれらの組み合わせより本質的になる群から選ばれる請求項 1 記載の研磨工具。 40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、1998 年 3 月 27 日出願された米国出願 Ser. No. 09/049,623 の一部継続出願である。本発明は、 $160 \text{ m}/\text{s}$  までの砥石周速度 (peripheral speeds) でセラミックスおよびセラミックスを含む複合体のような硬くてもろい材料を精密研削 (precision grinding) するのに適し、そしてセ 50

ラミックウェハの平面研削 ( surface grinding ) に適した研磨工具 ( abrasive tools ) に関する。

【背景技術】

【0002】

研磨工具は、研削作業の間に、熱的に安全な結合剤で超砥粒リムに結合された金属に取付けられた砥石コアもしくはハブを含む。これらの研磨工具は、高い除去速度 (たとえば、 $19 \sim 380 \text{ cm}^3 / \text{min} / \text{cm}$ ) でセラミックスを研削し、従来の研磨工具よりも砥石摩耗が少なく、加工物の損傷が小さい。

サファイアおよび他のセラミック材料を研削するのに適した研磨工具は Li の米国特許第 5,607,489 号明細書に開示されている。その工具は、固体潤滑剤 2 ~ 20 vol % および多孔度少くとも 10 vol % を有するヴィトリファイド・マトリックス中に結合された金属クラッドダイヤモンドを含有するように説明されている。

10

【0003】

グラファイトのような選択された充てん剤 15 ~ 50 vol % を有する金属マトリックス中に結合されたダイヤモンドを含む研磨工具は、Keat の米国特許第 3,925,035 号に開示されている。その工具は、超硬合金 ( cemented carbides ) を研削するのに用いられる。

ダイヤモンド砥粒を結合された金属で作られた切断砥石 ( cutting - off wheel ) は、Van der Pyl の米国特許第 2,238,351 号に開示されている。結合剤は、銅、鉄、スズ、および任意にニッケルを含み、固定砥粒は、鋼のコアに焼結されるが、任意には適切な付着力を確実にするためはんだ付け行程を伴ってもよい。最良の結合剤は、ロックウェル硬度 70 を有すると報告されている。

20

【0004】

青銅結合剤のような比較的低い低溶解温度の金属結合剤中に結合された細かなダイヤモンド粒 ( ダイヤくず ) ( bort ) を含む研磨工具が、米国再発行特許第 21,165 号に開示されている。低融点結合剤は、細かなダイヤモンド粒の酸化を避けるのに役立つ。砥粒リムは単一の、環状砥粒セグメントとして組み立てられ、ついでアルミニウムもしくは他の材料のセントラルディスクに取付けられる。

【0005】

これらの研磨工具は、セラミック成分の精密研削において十分に満足すべきものとは、どれも示されていない。これらの工具は、商業的に実行しうる研削速度で操作されるときに、部分形状、大きさおよび表面品質に対する厳格な仕様を満たしていない。これらの操作での使用に勧められる最も大量生産の研磨工具は、セラミック成分への表面および半表面の損傷を避けるために比較的低い研削効率で操作するように設計されたレジンもしくはビトリファイド結合された超砥粒砥石である。研削効率は、セラミック加工物が砥石面をふさぐ傾向のためにさらに減少し、精密形状を維持するために砥石に目直し ( dressing ) および形直し ( truing ) を度々要求することになる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

エンジン、耐火性装置および電子デバイス (たとえば、ウェハ、磁気ヘッドおよびディスプレイウィンドウ) のような製品において、精密なセラミック成分に対する市場の要求が増大するにつれて、セラミックの精密研削のための改良された研磨工具について、要求が増大している。

40

たとえばアルミナ-炭化チタン ( AlTiC ) のような電子部品用の高性能セラミック材料の仕上げにおいて、平面研削もしくは「バック研削」 ( " back grinding ) 操作は、低い抵抗 ( force ) の比較的低速の研削作業で、高品質の、平らな表面仕上げを要求する。これらの材料のバック研削において、研削効率は、高い除去速度および砥石の耐摩耗性と同じく、加工物表面の品質および使用される抵抗の制御により、決定される。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明は、最小の比強度パラメータ  $2.4 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$ 、コア密度  $0.5 \sim 8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  を有するコア、円形の周囲、および多数の砥粒セグメントで規定される砥粒リム、を含む平面研削研磨工具である；そこでは、砥粒セグメントは、合計  $100 \text{ vol}\%$  に対して選ばれた量で、超砥粒  $0.05 \sim 10 \text{ vol}\%$ 、もろい充てん材  $10 \sim 35 \text{ vol}\%$ 、および破壊じん性  $1.0 \sim 3.0 \text{ MPa M}^{1/2}$  を有する金属結合剤マトリックス  $55 \sim 89.95 \text{ vol}\%$  を含む。比強度パラメータは、材料の降伏強度 (yield strength) もしくは破壊強度 (fracture strength) を材料の密度で除した、小さいほうの比として定義される。もろい充てん材は、グラファイト、六方晶系窒化ホウ素、中空セラミック球、長石、ネフェリンサイアナイト、軽石、仮焼クレーおよびガラス球ならびにそれらの組合わせからなる群より選ばれる。好適な態様において、金属結合剤マトリックスは、最大  $5 \text{ vol}\%$  の多孔度を有する。

10

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0008】

本発明の研磨工具は、砥石に取りつけるためのセンタ穴を有するコアを含む研削砥石であり、そのコアは砥石の外周に沿って金属結合された超砥粒リムを支持するように設計されている。砥石のこれら2つの部分は研削条件下で熱的に安定な結合剤で支持され、そして砥石およびその成分は少くとも  $80 \text{ m}/\text{秒}$  まで、好ましくは  $160 \text{ m}/\text{秒}$  までの砥石の周速度で発生する応力に耐えるように設計されている。好ましい工具は、1A型砥石およびカップ状砥石であり、たとえば2型もしくは6型の砥石、または11V9型のベル状のカップ砥石である。

20

## 【0009】

コアは実質的に形状が円形である。コアは、最小の比強度  $2.4 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$ 、好ましくは  $4.0 \sim 185 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$  を有するいかなる材料も含んでいてよい。コア材料は、密度  $0.5 \sim 8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、好ましくは  $2.0 \sim 8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  を有する。適した材料の例は、鋼、アルミニウム、チタンおよび青銅、さらにそれらの複合体 (composites) および合金ならびにそれらの組合せである。指定された最小の比強度を有する補強プラスチックも、コアを組み立てるのに使用されうる。複合体および補強コア材料は、通常、金属もしくはプラスチックマトリックスの連続相を、しばしば粉末形態で、有し、それにもっと硬い、もっと反発弾性の、および/またはもっと低い密度の材料の繊維、粒子が不連続相として添加される。本発明の工具のコアに使用されるのに適した補強材料の例は、ガラス繊維、炭素繊維、アラミド繊維、セラミック繊維、セラミック粒子ならびにガラス、ムライト、アルミナおよびゼオライト球のような中空充填材料である。

30

## 【0010】

鋼、および密度  $0.5 \sim 8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  を有する他の金属は、本発明の工具のためのコアをつくるのに使用され得る。高速研削 (たとえば、少くとも  $80 \text{ m}/\text{秒}$ ) に使用されるコアの製造には、アルミニウム、マグネシウムおよびチタン、ならびにそれらの合金およびそれらの混合物のような軽金属の粉末形態が好適である。アルミニウムおよびアルミニウム合金が特に好適である。もし共焼結アセンブリ処理が工具を製造するのに使用されるならば、 $400 \sim 900$ 、好ましくは  $570 \sim 650$  の焼結温度を有する金属が選ばれる。低密度の充てん材料は、コアの質量を減少させるのに添加されうる。ガラス球およびムライト球のような、多孔性および/または中空のセラミックもしくはガラス充てん剤は、この目的のために適した材料である。さらに、有用なのは無機および非金属繊維材料である。処理条件により指示されるとき、潤滑剤もしくは、金属結合剤および超砥粒の分野で知られている他の処理助剤 (processing aids) が、成形および焼結の前に金属粉末に添加されうる。

40

## 【0011】

工具は、高速操作で発生する潜在的に破壊抵抗 (destructive forces) に耐えるために強く、耐久性があり、寸法的に安定であるべきである。コアは、接線

50

方向の接触速度  $80 \sim 160 \text{ m/s}$  を達成するのに必要な非常に高い角速度で砥石を操作するために最小の比強度を有しなければならない。本発明において用いられるコア材料に必要なとされる最小の比強度パラメータは  $2.4 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$  である。

#### 【0012】

比強度パラメータは、コア材料の降伏 (yield) (もしくは破壊) (fracture) 強度をコア材料密度で除した比として定義される。降伏強度よりも低い破壊強度を有するもろい材料の場合には、比強度パラメータは小さいほうの数字である破壊強度を用いて決定される。材料の降伏強度は、材料のひずみ (strain) が、抵抗のさらなる増加なしに増加する張力にかかる最小の抵抗である。たとえば、約  $240$  (ブリネル硬度) を超えて硬化される A N S I 4140 鋼は、 $700 \text{ MPa}$  を超える引張り強さを有する。この鋼の密度は約  $7.8 \text{ g/cm}^3$  である。このように、その比強度パラメータは約  $90 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$  である。同様に、約  $100$  を超えるブリネル硬度に熱処理しうる、一定のアルミニウム合金、たとえば A12024、A17075 および A17178、は約  $300 \text{ MPa}$  よりも高い引張り強さを有する。このようなアルミニウム合金は、約  $2.7 \text{ g/cm}^3$  の低密度を有し、したがって  $110 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$  よりも大きい比強度パラメータを示す。 $8.0 \text{ g/cm}^3$  以下の密度を有するようにつくられたチタン合金および青銅複合体および合金も、使用に適する。

10

#### 【0013】

コア材料は、強じんて、研削帯域で達する温度 (たとえば約  $50 \sim 200$ ) で熱的に安定であり、研削に用いられる冷却剤および潤滑剤との化学反応に耐性があり、そして研削帯域における切削くずの動きによる腐食による摩耗に耐性があるべきである。いくつかのアルミナおよび他のセラミックスは、受け入れられる破壊値 (failure values) (すなわち、 $60 \text{ MPa}\cdot\text{cm}^3/\text{g}$  を超える) を有するけれども、それらは通常もろすぎて、破壊により高速研削で構造的に破損する。それ故、セラミックスは工具コアにおける使用には適さない。金属、とくに硬化された工具級鋼 (tool quality steel) が好適である。

20

#### 【0014】

本発明で用いられる研削砥石の砥粒セグメントは、コアに取り付けられるセグメント化された、もしくは連続したリムである。セグメント化された砥粒リムは図1に示される。コア2は、動力駆動 (図示せず) のアーバに砥石を取付けるためのセンタ穴3を有する。砥石の砥粒リムは金属マトリックス結合剤6中に埋め込まれた (好ましくは均一濃度に) 超砥粒4を含む。多数の砥粒セグメント8は、図1に示される砥粒リムを構成する。例示の態様は10のセグメントを示すけれども、セグメントの数は重要ではない。図1に示されるように、個々の砥粒セグメントは、長さ  $l$ 、幅  $w$  および深さ  $d$  で特徴づけられる先端を切った、長方形の輪形形状 (アーチ形状) を有する。

30

#### 【0015】

図1に示される研削砥石の態様は、本発明によりうまく操作され得る砥石の代表例であり、限定するものとみるべきではない。適しているとみられるセグメント化研削砥石の多くの形状度化は、図2に示されるようなカップ形状砥石、連続的セグメントの間にコアおよび/または間隙を通る開口を有する砥石、そしてコアとは異なる幅の砥粒セグメントを有する砥石を含む。開口もしくは間隙は、研削帯域に冷却剤を導入するための、およびその帯域から切削くずを送り出すための、通路を提供するのに使用されることがある。コア幅より広いセグメントは、砥石が半径方向に加工物を貫くにつれて、切りくずとの接触を通して腐食からコア構造を保護するのに用いられることがある。

40

#### 【0016】

砥石は、最初に、予め選定された寸法の個々のセグメントを形状し、ついで予め成形されたセグメントを、適切な接着剤でコアの周囲9に取付けることにより製造されうる。もう一つの好適な製造法は、砥粒および結合剤の粉末混合物のセグメント前駆体ユニットを形成すること、コアの周囲まわりにその組成物を成形すること、そしてセグメントをその場づくり、取り付ける (すなわち、コアおよびリムの共焼結) ために熱および圧力をか

50

けることを伴う。共焼結法は、ALTiCのような硬セラミックスのウェハおよびチップをバック研削するのに用いられる平面研削カップ砥石を製造するのに好適である。

【0017】

本発明の研磨工具の砥粒リム成分は、それぞれ図1, 2に示されるような、連続リムもしくは不連続リムでありうる。連続砥粒リムは、1つの砥粒セグメント、もしくは少なくとも2つの砥粒セグメントを含み、別々に型内で焼結され、ついで熱的に安定な結合剤（すなわち、研削面から向けられたセグメントの部分で研削の間に出会う温度、ふつうは約50~350、で安定な結合剤）でコアに個々に取付けられる。図2に示されるように不連続砥粒リムは、少なくとも2つのそのようなセグメントから製造され、そしてセグメントはリムの溝もしくは間隙により分離され、セグメント化された連続砥粒リム砥石におけるようそれらの長さ1に沿って端と端を一致させられない。図は本発明の好ましい態様を例示し、本発明の工具設計の型を制限することを意図されない。たとえば、不連続リムは1A砥石に用いられ得、そして連続リムはカップ砥石に用いられ得る。

10

【0018】

高速研削、とくに円筒形状を有する加工物の研削のためには、連続リム、型1Aの砥石が好適である。セグメント化連続砥粒リムは、好適であり、多数の砥粒セグメントから工具を製造する間、真に丸い、平面形状を達成するのが非常に容易であるので、単一の連続砥粒リムにわたり輪状に単一片のように成型される。比較的低速（たとえば25~60 m/sec）の操作、特に平らな加工物の表面および仕上げ研削、のためには、不連続砥粒リム（たとえば図2に示されるカップ砥石）が好適である。表面の品質は、低速表面仕上げ操作において重要であるので、溝がセグメントに形成されるか、もしくはいくつかのセグメントは加工物表面をひっかくことができるくず材料の除去を助けるためにリムから省かれうる。

20

【0019】

砥粒リム成分は、金属マトリックス結合剤中に保持された超砥粒を含み、砥粒リムもしくは砥粒リムセグメントの望ましい大きさおよび形状を生じるように設計された型内で、金属結合剤粉および砥粒の混合物を焼結することにより得られるのが通常である。

砥粒リムで用いられる超砥粒は、天然もしくは合成ダイヤモンド、CBN、およびこれらの砥粒の組み合わせから選択され得る。粒径および種類の選択は、加工物の性質および研削処理の種類に応じて変動する。たとえば、サファイアもしくはALTiCの研削および研磨においては、2~300 μmの範囲の超砥粒の粒径が好ましい。他のアルミナの研削のためには、約125~300 μmの超砥粒の粒径（60~120グリット；Norton Companyグリット径）が、通常、好適である。窒化ケイ素の研削のためには、約45~80 μm（200~400グリット）の粒径が、通常、好適である。比較的細かなグリット径は表面仕上げのために好適であり、そして比較的大きいグリット径は、比較的大量の材料が研削される円筒、輪郭（profile）もしくは内径（inner diameter）研削のために好適である。

30

【0020】

砥粒リムの容積%として、工具は超砥粒0.5~10 vol%、好ましくは0.5~5 vol%を含む。金属結合剤マトリックスよりも小さい硬度を有する、少量の充てん剤は、結合剤の摩耗速度を増加させるために結合剤充てん材として添加されうる。リム成分の容積%として、充てん材は、10~35 vol%、好ましくは15~35 vol%で使用されうる。好適な、もろい充てん材料は、砥粒セグメントを製造し、砥石を組立てのに使用される焼結温度および圧力条件に耐えるの好適な熱的および機械的性質により特徴づけられる。グラファイト、六方晶系窒化ホウ素、中空セラミック球、長石、ネフェリンサイアナイト、軽石、仮焼クレーおよびガラス球、ならびにそれらの組み合わせは、有用なもろい充てん材料の例である。

40

【0021】

超砥粒を結合するのに適し、そして破壊じん性1.0~6.0 MPa·m<sup>1/2</sup>、好ましくは2.0~4.0 MPa·m<sup>1/2</sup>を有する、いかなる金属結合剤も、ここで使用されうる。

50

破壊じん性は、材料中に生じたクラックが材料中に広がり、材料の破壊に導く応力強度ファクターである。破壊じん性は  $K_{Ic} = (\sigma_f) (c^{1/2})$  で表わされ、ここで  $K_{Ic}$  は破壊じん性は、 $\sigma_f$  は破壊にかけられた応力、そして  $c$  はクラック長さの  $1/2$  である。破壊じん性を測定するのに用いられるいくつかの方法があり、それぞれは知られた大きさのクラックがテスト材料に発生する最初の段階を有し、ついで材料破壊まで応力負荷がかけられる。破壊における応力、およびクラックの長さは、その式に代入されて、破壊じん性が計算される（たとえば、鋼の破壊じん性は約  $30 \sim 60 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、アルミナは約  $2 \sim 3 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、窒化ケイ素は約  $4 \sim 5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、そしてジルコニアは約  $7 \sim 9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  である。）。

#### 【0022】

砥石寿命および研削性能を最適化するために、結合剤の摩耗速度は、研削操作の間、砥粒の摩耗速度に等しいか、もしくはわずかに大きくなければならない。上述のような充てん材は、砥石の摩耗速度を減少させるために金属結合剤に添加されてもよい。比較的緻密な結合剤構造（すなわち、多孔度  $5 \text{ vol}\%$  未満）を形成しやすい金属粉は、研削の間、比較的高い研削速度を可能にするので好適である。

#### 【0023】

リムの金属結合剤において有用な材料は、青銅、銅および亜鉛合金（黄銅）、コバルト、および鉄、ならびにそれらの合金、そしてそれらの混合物を含むが、それらに限定されない。これらの金属は、チタンもしくは水素化チタン、または砥粒/結合剤の地位を強化するような選ばれた焼結条件下で、超砥粒の表面で砥粒と結合剤の間で炭化物もしくは窒化物の化学結合を形成させる能力を有する、他の超砥粒と反応性を有する（すなわち活性結合成分）材料、とともに使用されうる。

#### 【0024】

比較的強い砥粒/結合剤の相互作用は、砥粒および加工物の損傷の早い損失、ならびに早い砥粒損失によって生じる短縮された工具寿命を制限する。

砥粒リムの好適な態様において、金属マトリックスは、リムの  $55 \sim 89.95 \text{ vol}\%$ 、好ましくは  $60 \sim 84.5 \text{ vol}\%$  を含む。もろい充てん材は、砥粒リムの  $10 \sim 35 \text{ vol}\%$ 、好ましくは  $15 \sim 35 \text{ vol}\%$  を含む。金属マトリックス結合剤の多孔度は、砥粒セグメントの製造の間、最大  $5 \text{ vol}\%$  に維持されるべきである。好ましくは、金属結合剤はヌープ硬度  $2 \sim 3 \text{ GPa}$  を有する。

#### 【0025】

1A型の研削砥石の好適な態様において、コアはアルミニウムでつくられ、リムは、銅およびスズ粉末（ $80/20 \text{ wt}\%$ ）でつくられる青銅結合剤を含むが、それは任意にリンをリン/銅粉末の形で  $0.1 \sim 3.0 \text{ wt}\%$ 、好ましくは  $0.1 \sim 1.0 \text{ wt}\%$  添加されていてもよい。砥粒セグメントの製造の間、この組成物の金属粉末は、 $100 \sim 400$  グリット（ $160 \sim 45 \mu\text{m}$ ）のダイヤモンド砥粒と混合され、砥粒リムセグメントに成形され、そして  $20 \sim 33 \text{ MPa}$  で  $400 \sim 550$  の範囲で焼結すなわち緻密化され（densified）、好ましくは理論密度の少くとも  $95\%$  の密度（すなわち、 $5 \text{ vol}\%$  未満の多孔度を有する）を有する、緻密な砥粒リムを生成する。

#### 【0026】

代表的な共焼結の砥石製造法において、コアの金属粉末は鋼型へ注入され、 $80 \sim 200 \text{ kN}$ （圧力約  $10 \sim 50 \text{ MPa}$ ）で冷間圧縮されて、コアの所望の最終厚さの約  $1.2 \sim 1.6$  倍の大きさを有する生の部品を形成する。生のコア部品はグラファイト型に置かれ、砥粒（グリット径  $2 \sim 300 \mu\text{m}$ ）および金属結合剤粉末ブレンドの混合物が、コアおよびグラファイト型の外側端の間のキャビティに添加される。設定リング（setting ring）が、コアプリフォームと同じ厚さに、砥粒および金属結合剤粉末を圧縮するために用いられ得る。グラファイト型の内容物は、ついで  $370 \sim 410$  で、 $20 \sim 48 \text{ MPa}$  の圧力下で、 $6 \sim 10$  分間、熱間圧縮される。この分野で知られるように、温度は、型の内容物に圧力をかける前に、傾斜をつける（たとえば、 $25$  から  $410$  まで  $6$  分間； $410$  で  $15$  分間保持）か、もしくは除去に増加させてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0027】

熱間圧縮につづいて、グラファイト型は部品から取除かれ、部品は冷却され、ついで部品は従来法により仕上げられて、所望の寸法および許容差を有する砥粒リムを得る。たとえば、部品は、研削盤のピトリファイド研削砥石、または旋盤の炭化物を用いて大きさを仕上げられうる。

本発明のコアおよびリムを共焼結するときには、部品をその最終形状にするのに、研削をほとんど必要としない。熱的に安定な結合を砥粒リムとコアの間に形成させる他の方法では、コアおよびリムの両方の切削が、部分を一致させ、結合させるための適切な表面を確実にするために、接合、接続もしくは拡散段階の前に必要となりうる。

## 【0028】

セグメント化砥粒リムを使用して、リムおよびコアの間に熱的に安定な結合をつくる際に、160 m/sec までの砥石周速度に耐える強度を有する熱的に安定ないかなる接着剤も使用され得る。熱的に安定な接着剤は、研削面から向けられた砥粒セグメントの部分で出会いそうな研削処理温度に安定である。このような温度は、ふつう約50 ~ 350 の範囲にわたる。

## 【0029】

接着剤結合は、研削砥石の回転の間、および研削作業の間に存在する破壊的抵抗に耐えるように機械的に非常に強くなければならない。二液エポキシ樹脂接合剤が好適である。好適なエポキシ接着剤である *Technodyne* (商標) HT-18 エポキシ樹脂 (田岡化学、日本より入手)、およびその修飾されたアミン硬化剤、が、硬化剤19部に樹脂100部の比で混合されうる。微細シリカ粉末のような充てん材は、接合剤の粘度を増加させるために樹脂100部につき3.5部の比で添加されうる。セグメントは、研削砥石コアの全周囲のまわりに、またはコアの部分的周囲に、接合剤を用いて取付けられうる。金属コアの周囲は、セグメントの取付けの前に、粗さの度合いを達成するために砂吹きされてもよい。濃密化されたエポキシ接合剤は、実質的に図1に示されるようにコアのまわりに位置され、硬化の間、適切に機械的に保持されるセグメントの端および底部に使用される。エポキシ接合剤は硬化させられる (たとえば、室温で24時間、ついで68 ~ 48時間)。硬化およびセグメントの移動の間、接合剤の排水は、エポキシ接合剤の粘度を最適化するために十分な充てん材を添加することにより、硬化の間、最小化される。

## 【0030】

接着剤結合の強度は、砥石の破裂速度を測定するのがなされるように、45 rev/min の加速度でスピン試験によりテストされうる。砥石は、米国で現在適用されうる安全規格、160 m/s 接線方向接触速度での操作のための資格をとるために、少なくとも271 m/s の接線方向接触速度に等しい破裂等級を示すことが必要である。

## 【0031】

本発明の研磨工具は、先端的なセラミック材料、ガラス、ならびにセラミック材料およびセラミック複合材料を含む成分のような、もろい材料の精密研削および仕上げのために特に設計される。本発明の工具は、ケイ素、単および多結晶性酸化物、炭化物、ホウ化物およびケイ化物；多結晶ダイヤモンド；ガラス；および非セラミックマトリックス中のセラミック複合体；ならびにそれらの組み合わせ、を含む (これらに限定されない) 研削セラミック材料に対して好適である。

## 【0032】

代表的な加工物材料の例は、AlTiC、窒化ケイ素、オキシ窒化ケイ素、安定化ジルコニア、酸化アルミニウム (たとえば、サファイア)、炭化ホウ素、窒化ホウ素、二ホウ化チタン、および窒化アルミニウム、およびこれらのセラミックスの複合体、ならびに超硬合金のような、ある金属マトリックス複合体、および鉍物ガラスのような硬くもろい無定形材料を含むが、これらに限定されない。単結晶セラミックスも多結晶性セラミックスも、これらの改良された研磨工具で研削されうる。どの型のセラミックでも、セラミック部品の品質および研削作業の効率は、本発明の砥石の周速度が80 ~ 160 m/s まで増加するにつれて、増加する。

10

20

30

40

50

## 【0033】

セラミックの中で、本発明の研磨工具を用いて改良される部品は、セラミックエンジンのバルブおよびロッド、ポンプシール、ボールベアリングおよび継手、切断工具インサート、摩耗部品、金属成形用延伸ダイ、耐火性要素、視覚ディスプレイ窓、風防、ドアおよび窓のための平面ガラス、絶縁体および電子部品、ならびにシリコンウェハ、ALTiCチップ、読み取り-書き取り磁気ヘッド、および基板を含むが、これらに限定されないセラミック電子要素である。

## 【実施例】

## 【0034】

他に指示がなければ次の実施例におけるすべての部および%は、質量による。実施例は単に本発明を例証するものであり、発明を限定しようとするものではない。

## 【0035】

実施例 1

本発明の砥石が、以下の材料および方法を利用して、1A1金属結合ダイヤモンド砥石の形態で製造された。

## 【0036】

銅粉末(樹木状FSグレード、粒径+200/-325メッシュ、Sintertech International Marketing Corp., Gwent, NYから入手した)43.74wt%;リン/銅粉末(1501グレード、+100/-325メッシュ粒径、New Jersey Zinc Company, Palmerton, PAより入手)6.24wt%;およびスズ粉末(MD115グレード、+325メッシュ、最大0.5%、粒径、Alcan Metal Powders, Inc., Elizabeth, New Jerseyより入手)50.02wt%、のブレンドが調製された。ダイヤモンド砥粒(General Electric, Worthington, Ohioより入手された320グリット径の合成ダイヤモンド)が、金属粉末ブレンドに添加され、均一に配合されるまで混合された。混合物はグラファイト型内に置かれ、理論の95%を超える目標密度を有するマトリックスが形成されるまで(たとえば実施例2で使用された#6砥石については:理論密度の98.5%より大)、407で15分間、3000psi(2073N/cm<sup>2</sup>)で熱間圧縮された。#6砥石について製造されたセグメントのロックウェルB硬度は10<sup>8</sup>であった。セグメントは、砥粒18.75vol%を含んでいた。セグメントは、研削アルミナコア(7075 T6アルミニウム、Yarde Metals, Tewksbury, MAから入手)の周囲に合うように要求されるアーチ状形状に研削され、約393mmの外径および0.62cmの厚みを有する砥石を得た。

## 【0037】

砥粒セグメントおよびアルミニウムコアは多数の砥粒セグメントからなる連続リムを有する研削砥石をつくるために、シリカを充てんされたエポキシ接着剤システム(Technodyne HT-18接着剤、田岡化学、日本から入手)を用いて組み立てられた。コアおよびセグメントの接触表面は、適切な付着力を確実にするために脱脂され、砂吹きされた。

## 【0038】

この新しい型の砥石の最大作業速度を特徴づけるために実物大の砥石は、Norton Companyの最大作業テスト法により、破裂強度および評価された最大作業速度を測定するために、破壊まで意図的に回転された。下記の表は、径393mmの実験的な金属結合砥石の代表例についての破裂テストを要約する。

実験的な金属結合剤砥石の破裂強度データ

砥石 #	砥石径 cm (inch)	破裂 RPM	破裂速度 (m/s)	破裂速度 (sfpm)	最大作業速度 (m/s)
4	39.24 (15.45)	9950	204.4	40242	115.8

10

20

30

40

50

5	39.29 (15.47)	8990	185.0	36415	104.8
7	39.27 (15.46)	7820	160.8	31657	91.1
9	39.27 (15.46)	10790	221.8	43669	125.7

これらのデータによれば、この設計の実験的研削砥石は  $90 \text{ m/s}$  (  $17,717$  表面フィート /  $\text{min}$  ) までの作業速度について、適格である。  $160 \text{ m/s}$  までのもっと高い作業速度は、製造法および砥石設計をさらにいくつか変更することにより容易に達成される。

【0039】

#### 実施例 2

研削性能評価：

上記の実施例 1 の方法によりつくられた、径  $393 \text{ mm}$ 、厚さ  $15 \text{ mm}$ 、センタ穴  $127 \text{ mm}$  を有する実験的金属結合セグメント砥石 (  $15.5 \times 0.59 \times 5$  インチ ) ( # 4 は理論密度の  $95.6\%$  の密度のセグメントを有し、# 5 は理論密度の  $97.9\%$ 、そして # 6 は理論密度の  $98.5\%$  ) は、研削性能をテストされた。  $32$  および  $80 \text{ m/s}$  での最初のテストは、3つのうち最良の研削性能を有する砥石として、# 6 の砥石を確証したが、すべての実験的砥石は受け入れられるものであった。# 6 の砥石のテストは3つの速度でなされた： $32 \text{ m/s}$  (  $6252 \text{ sfpm}$  )、 $56 \text{ m/s}$  (  $11,000 \text{ sfpm}$  )、および  $80 \text{ m/s}$  (  $15,750 \text{ sfpm}$  )。先端的なセラミック材料を研削するのに勧められている2つの市販の従来技術砥石は、対照砥石として用いられ、そしてそれらは本発明の砥石とともにテストされた。一つはビトリファイド結合ダイヤモンド砥石 ( Norton Company, Worcester, MA から得られる  $SD320-N6V10$  砥石 ) および他はレジン結合ダイヤモンド砥石 ( Norton Company, Worcester, MA から得られる  $SD320-R4BX619C$  砥石であった。レジン砥石はすべての3つの速度でテストされた。ビトリファイド砥石は、速度許容差を考慮して  $32 \text{ m/s}$  (  $6252 \text{ sfpm}$  ) でのみテストされた。

【0040】

幅  $6.35 \text{ mm}$  (  $0.25$  インチ ) および深さ  $6.35 \text{ mm}$  (  $0.25$  インチ ) の  $1000$  を超えるプランジ研削が窒化ケイ素加工物について実施された。研削テスト条件は：

研削テスト条件：

機械：Studer Grinder Model S40 CNC

砥石仕様：SD320-R4BX619C, SD320-N6V10,

大きさ：径  $393 \text{ mm}$ 、厚さ  $15 \text{ mm}$  および穴  $127 \text{ mm}$

砥石速度： $32$ 、 $56$ 、および  $80 \text{ m/s}$  (  $6252$ 、 $11000$ 、および  $15750 \text{ sfpm}$  )

冷却剤：Inversol 22 ( オイル  $60\%$  および水  $40\%$  )

冷却剤圧力： $270 \text{ psi}$  (  $19 \text{ kg/cm}^2$  )

研削速度：変動。開始時  $3.2 \text{ mm}^3 / \text{s} / \text{mm}$  (  $0.3$  インチ<sup>3</sup> /  $\text{min}$  / インチ )

被削材：Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ( NT551 窒化ケイ素からつくられたロッド。Norton Advanced Ceramics, Northboro, MA から得られる )、径  $25.4 \text{ mm}$  (  $1$  インチ ) × 長さ  $88.9 \text{ mm}$  (  $3.5$  インチ )

加工物速度： $0.21 \text{ m/s}$  (  $42 \text{ sfpm}$  )、一定

加工物開始径： $25.4 \text{ mm}$  (  $1$  インチ )

加工物仕上げ径： $6.35 \text{ mm}$  (  $0.25$  インチ )

形直しおよび目直しを要求する作業のために、本発明の金属結合砥石に適した条件は：

形直し作業：

砥石：5 S G 4 6 I V S (Norton Companyから得られる)

砥石の大きさ：径152mm(6インチ)

砥石速度：3000rpm；研削砥石に比較して+0.8比で。

【0041】

リード(Lead)：0.015インチ(0.38mm)

補正：0.0002インチ

目直し作業：

スティック：37C220H-KV(SiC)

モート：ハンドスティック目直し

テストは、窒化ケイ素ロッドの研削において、円筒外径プランジモードで実施された。10  
研削の間、被削材の最良剛性(stiffness)を維持するために、その88.9mm  
(3.5インチ)試料は、研削を受けて、約31mm(1 1/4インチ)のチャック(chuck)  
(c h u c k)に保持された。一連のプランジ研削テストは各ロッドの遠い端から開始した。ま  
ず、砥石は、1回のテストを終えるために、幅6.35mm(1/4インチ)および半径方  
向の深さ3.18mm(1/8インチ)のプランジをつくった。ついで、加工物rpmは、加  
工物速度のおくれを補正するために、加工物径を減少させて、再調節された。さらに2つ  
の類似したプランジが同一の位置で加工物径を25.4mm(1/4インチ)から6.35  
mm(1/4インチ)に減少された。ついで砥石は、次の3つのプランジを実施するために  
チャックの比較的近くに横方向に6.35mm(1/4インチ)移動された。4回の横への  
移動が、試料の一端に12のプランジを完成させるために試料の同一の側で行なわれた。20  
ついで試料は反転されて、別の12の研削のために他の側をさらされた。合計24のプラン  
ジ研削が、各試料について行なわれた。

【0042】

本発明の金属結合砥石、ならびにレジンおよびビトリファイド砥石に対する最初の比較  
テストが、約 $3.2\text{mm}^3 / \text{s} / \text{mm}$ ( $0.3\text{in}^3 / \text{min} / \text{in}$ )から約 $10.8\text{mm}^3 / \text{s} / \text{mm}$   
( $1.0\text{in}^3 / \text{min} / \text{in}$ )の3つの工作物除去率(material removal  
r a t e s)(MRR')で、 $32\text{m} / \text{s}$ の周速度で行なわれた。表1は、12のプラン  
ジ研削の後に3つの異なる型の砥石の間で、G-比で示されるように、性能の差があるの  
を示す。G-比は、砥石摩耗量に対する研削量の無単位の比である。データは、比較的高  
い工作物除去率で、Nグレードビトリファイド砥石がRグレードレジン砥石よりも良好な  
G比を有することを示したが、これは比較的軟かい砥石のほうがセラミック工作物の研削  
において、より良好であることを示している。しかしながら、比較的硬い、実験的な金属  
結合砥石(#6)は、すべての工作物除去率で、レジン砥石およびビトリファイド砥石に  
、はるかに優れている。30

【0043】

表1は、すべての加工物除去率条件でレジン砥石および新しい金属結合砥石(#6)に  
ついての評価されたG-比を示す。金属結合砥石について各工作物除去率における12の  
研削後に、測定しうる砥石摩耗はなかったので、半径方向の砥石摩耗の象徴的な値0.0  
1mil( $0.25\mu\text{m}$ )は、各研削について与えられた。これは計算されたG-比605  
1を生じた。本発明の金属結合砥石はダイヤモンド集中度75(砥粒セグメントにおいて  
約18.75vol%砥粒)であり、そしてレジンおよびビトリファイド砥石はそれぞれ集  
集中度100および集中度150であったが、本発明の砥石はなお優れた研削性能を示した  
。これらの相対的な砥粒集中度で、比較的高い砥粒vol%を含む対照砥石から優れた研削  
性能を予測したであろう。このように、これらの結果は予測しえないものであった。40

【0044】

表1は、低いテスト速度で3つの砥石により研削された試料について測定された仕上げ  
面粗さ(surface finish)(Ra)およびうねり(waviness)(Wt)のデータを示す。うねり値Wtはうねり断面(waviness profile)  
(w a v i n e s s p r o f i l e)の谷の高に対する最大ピークである。すべての仕上げ面粗さのデータは、スパークアウト(spark-out)  
なしに円筒プランジ研削によりつくり出された表面について測 50

定された。通常、これらの表面は、トラバース研削 ( traverse grinding ) によりつくり出された表面よりも比較的粗いであろう。

【 0 0 4 5 】

表 1 は、3つの型の砥石について、種々の加工物除去率における研削動力消費量 ( power consumption ) の差異を示す。レジン砥石は他の2つの砥石よりも低い動力消費量を有していた；しかしながら、実験的な金属結合砥石およびビトリファイド砥石は、同等の動力消費量を有していた。実験的な砥石は、特に、本発明の砥石について観察された好ましい G - 比および仕上げ面粗さのデータからみて、セラミック研削作業について、満足しうる動力量を消費した。一般的に、本発明の砥石は、加工物除去率に比例した動力消費 ( power draw ) を示した。

10

【 0 0 4 6 】

【 表 1 】

試料	MRR' mm <sup>3</sup> /s/ mm	砥石速度 m/s	接線方向 の抵抗 N/mm	単位動力 W/mm	比エネルギー W·s/mm <sup>3</sup>	G-比	仕上げ	うねり
							面粗さ Ra μm	Wt μm
<u>レジン</u>								
973	3.2	32	0.48	40	12.8	585.9	0.52	0.86
1040	6.3	32	0.98	84	13.3	36.6	0.88	4.01
980	8.9	32	1.67	139	9.5	7.0	0.99	4.50
1016	3.2	56	0.49	41	13.1	586.3	0.39	1.22
1052	6.3	56	0.98	81	12.9		0.55	1.52
						293.2		
992	3.2	80	0.53	45	14.2	586.3	0.42	1.24
1064	6.3	80	0.89	74	11.8	293.2	0.62	1.80
1004	9.0	80	1.32	110	12.2	586.3	0.43	1.75
<u>ビトリファイド</u>								
654	3.2	32	1.88	60	19.2	67.3	0.7	2.50
666	9.0	32	4.77	153	17.1	86.5	1.6	5.8
678	11.2	32	4.77	153	13.6	38.7	1.7	11.8
<u>実験的な金属</u>								
407	3.2	32	2.09	67	2.1	6051	0.6	0.9
419	6.3	32	4.03	130	20.6	6051	0.6	0.9
431	9.0	32	5.52	177	19.7	6051	0.6	0.8
443	3.2	56	1.41	80	25.4	6051	0.6	0.7
455	6.3	56	2.65	150	23.9	6051	0.5	0.7
467	9.0	56	3.70	209	23.3	6051	0.5	0.6
479	3.2	80	1.04	85	26.9	6051	0.5	1.2
491	6.3	80	1.89	153	24.3	6051	0.6	0.8
503	9.0	80	2.59	210	23.4	6051	0.6	0.8

20

30

40

50

## 【0047】

研削性能が同一条件での付加的な研削テストで  $80 \text{ m/s}$  ( $15,750 \text{ sfpm}$ ) で測定されるとき、レジン砥石および実験的な金属砥石は、 $9.0 \text{ mm}^3 / \text{s/mm}$  ( $0.8 \text{ in}^3 / \text{min/in}$ ) の加工物除去率 (MRR) で同等の動力消費量を有していた。表 2 に示されるように、実験用砥石は、性能の低下もしくは受け入れられない動力負荷なしに、MRR を増加させて作業される。金属結合砥石の動力消費は MRR に大体比例していた。この検討で達成された最大 MRR は  $47.3 \text{ mm}^3 / \text{s/mm}$  ( $28.4 \text{ cm}^3 / \text{min/cm}$ ) であった。

## 【0048】

表 2 のデータは、12 の研削結果の平均である。12 回の研削についての個々の動力の読み取りは、各加工物除去率内の実験的砥石と著しく両立したままであった。継続的な研削が行なわれ、砥石の砥粒が目つぶしをはじめ、または砥石の面が加工物材料を乗せるようになるにつれて、動力の増加がみられるのがふつうであろう。これは MRR が増加するにつれてみられることが多い。しかしながら、12 の研削の間に、各 MRR 内でみられる安定した動力消費量の水準は、意外にも、実験的な砥石は、すべての MRR で全テスト期間中、鋭い切削点を維持したことを示す。

## 【0049】

さらに、加工物除去率が  $9.0 \text{ mm}^3 / \text{s/mm}$  ( $0.8 \text{ in}^3 / \text{min/in}$ ) から  $47.3 \text{ mm}^3 / \text{s/mm}$  ( $4.4 \text{ in}^3 / \text{min/in}$ ) にわたる、このすべてのテストの間、実験的砥石を形なおし、もしくは目なおしする必要がなかった。

砥石摩耗の兆候なしに研削された窒化ケイ素材料の合計累積量は砥石幅の cm につき  $271 \text{ cm}^3$  ( $42 \text{ in}^3 / \text{in}$ ) に等しかった。対照的に、加工物除去率  $8.6 \text{ mm}^3 / \text{s/mm}$  ( $0.8 \text{ in}^3 / \text{min/in}$ ) において、集中度 100 のレジン砥石の G - 比は、12 のプランジの後で約 583 であった。実験的な砥石は、14 の異なる加工物除去率で、168 のプランジの後で、測定しうる砥石摩耗を示さなかった。

## 【0050】

表 2 は、すべての 14 の加工物除去率で、実験的な金属結合砥石により研削された試料は、 $0.4 \mu\text{m}$  ( $16 \mu\text{in.}$ ) ~  $0.5 \mu\text{m}$  ( $20 \mu\text{in.}$ ) の一定の仕上げ面粗さを維持し、そして  $1.0 \mu\text{m}$  ( $38 \mu\text{in.}$ ) ~  $1.7 \mu\text{m}$  ( $67 \mu\text{in.}$ ) のうねり値を有していたこと、を示す。レジン砥石は、これらの高い加工物除去率でテストされなかった。しかし、約  $8.6 \text{ mm}^3 / \text{s/mm}$  ( $0.8 \text{ in}^3 / \text{min/in}$ ) の加工物除去率で、レジン砥石により研削されたセラミック棒は、わずかに向上し、同等の仕上げ面粗さ ( $0.43$  対  $0.5 \mu\text{m}$ )、および比較的不十分なうねり ( $1.73$  対  $1.18 \mu\text{m}$ ) を有していた。

## 【0051】

驚くべきことに、加工物除去率が増加するにつれて、セラミックロッドが新しい金属結合砥石で研削されるときに、仕上げ面粗さに明かな劣化はみられなかった。これは、ここで用いられた対照砥石のような、標準的砥石に関して、切削速度の増加とともに仕上げ面粗さの劣化が一般にみられるのと違っている。

実験的な金属砥石は標準的な、商業的に使用されているレジン結合砥石で達成しうる MRR の 5 倍を超える MRR で効果的に研削し得たことを、全体的な結果は示す。実験的な砥石は、低 MRR で、レジン砥石に比べて 10 倍を超える G - 比を有していた。

## 【0052】

10

20

30

40

【表 2】

表 2  
80m/s の砥石速度でテストされた14MRRs

試料	MRR' mm <sup>3</sup> /s/m m	接線方向 の抵抗 Force N/mm	単位動力 W/mm	比エネルギー W*s/mm <sup>3</sup>	G-比	仕上げ 面粗さ Ra μm	うねり Wt μm
<u>レジン</u>							
1004	9.0	1.32	110	12.2	586.3	0.43	1.75
<u>金属</u>							
<u>発 明</u>							
805	9.0	1.21	98	11.0	6051	0.51	1.19
817	18.0	2.00	162	9.0	6051	0.41	0.97
829	22.5	2.62	213	9.5	6051	0.44	1.14
841	24.7	2.81	228	9.2	6051	0.47	1.04
853	27.0	3.06	248	9.2	6051	0.48	1.09
865	29.2	3.24	262	9.0	6051	0.47	1.37
877	31.4	3.64	295	9.4	6051	0.47	1.42
889	33.7	4.01	325	9.6	6051	0.44	1.45
901	35.9	4.17	338	9.4	6051	0.47	1.70
913	38.2	4.59	372	9.7	6051	0.47	1.55
925	40.4	4.98	404	10.0	6051	0.46	1.55
937	42.7	5.05	409	9.6	6051	0.44	1.57
949	44.9	5.27	427	9.5	6051	0.47	1.65
961	47.2	5.70	461	9.8	6051	0.46	1.42

10

20

30

## 【0053】

32 m/s (6252 sfpm) および 56 m/s (11,000 sfpm) の砥石速度 (表 1) で作業されるとき、金属結合砥石についての動力消費量は、テストされたすべての加工物除去率で、レジン砥石よりも高かった。しかし、金属結合砥石についての動力消費量は、80 m/s (15,750 sfpm) の高い砥石速度 (表 1 および 2) でレジン砥石と同等、もしくはそれよりわずかに低くなった。全体的に、レジン砥石および実験的な金属結合砥石の両方について、同一の加工物除去率で研削すると、動力消費量は、砥石速度の増加とともに減少したことを、その傾向は示した。研削の間の動力消費量は、その多くは加工物に熱として向かうが、セラミック材料の比較的大きな熱的安定性のために、金属材料を研削するよりもセラミック材料を研削するのには、比較的重要でない。本発明の砥石で研削されたセラミック試料の表面品質により示されるように、動力消費量は仕上げられる加工物を損わず、受け入れられる水準であった。

40

## 【0054】

実験的な金属結合砥石に関して、G - 比は、すべての加工物除去率および砥石速度に対

50

して6051と本質的に一定であった。レジソ砥石に対しては、G - 比は、一定の砥石速度で加工物除去率の増加とともに減少した。

表2は、比較的高い砥石速度で研削された試料の仕上げ面粗さ、およびうねりを向上させたことを示す。加えて、新しい金属結合砥石により研削された試料は、テストされたすべての砥石速度および化合物物除去率で最も低い、測定されたうねりを有していた。

#### 【0055】

これらのテストにおいて、金属結合砥石は対照砥石に比べて優れた砥石寿命を示した。市販の対照砥石と違って、延長された研削テストの間、実験的砥石を形直し、もしくは目直しする必要がなかった。実験的砥石は90 m / sまでの砥石速度でうまく作業された。

#### 【0056】

#### 実施例3

先の実施例で使用したのと同じの作業条件で、80 m / sec で実験的砥石（#6）の次の研削テストを行なったところ、わずか0.5 μm（12 μin）の仕上げ面粗さ測定（Ra）が生じ、そして受け入れられる水準の動力を利用したけれども、380 cm<sup>3</sup> / min / cmのMRRが達成された。セラミック加工物に表面劣化を与えないで、観察される高い加工物除去率は、本発明の工具を利用することにより達成されるが、結合型のいかなる市販砥石を用いた、いかなるセラミック材料の研削作業に関しても報告されていなかった。

#### 【0057】

#### 実施例4

カップ形状の研磨工具が調製され、垂直なスピンドル「ブランチード型」（“branchard type”）機械により、サファイアの研削でテストされた。 20

#### 【0058】

カップ形状の砥石（径250 mm）が、実施例1の砥石#6で用いられたのと次の点を除いて同一組成の砥粒セグメントからつくられた。すなわち、（1）ダイヤモンドはグリット径が45 μm（U.S.メッシュ270 / 325）であり、12.5 vol%（集中度50）で砥粒中に存在した。そして（2）セグメントの大きさは、弦の長さ46.7 mm（半径133.1 mm）、幅4.76 mmおよび深さ5.84 mmであった。これらのセグメントはセンタスピンドル穴を有するカップ形状の鋼コアの側面の周囲に沿って結合された。コアの表面は、セグメントと同一の幅および長さ寸法を有する別個の、浅いポケットを形成する周囲に沿って配置された溝（grooves）を有していた。エポキシ接合剤（田岡（日本）より得られるTechnodyne HT-8接合剤）がそのポケットに添加され、ポケットに置かれたセグメントおよび接合剤は硬化された。仕上げられた砥石は図2に示される砥石に似ていた。 30

#### 【0059】

カップ砥石は、うまく使用され、100 mm径の中空でない（solid）サファイア円筒よりなる加工物材料の表面を研削し、G - 比、MRRおよび動力消費量の好適な研削条件下で、受け入れられる表面平坦度を生じさせた。

#### 【0060】

#### 実施例5

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>もしくはシリコンウェハをバック研削するのに好適な、2A2型のカップ径研磨工具（径が280 mm）が、下記の表3に記載された砥粒セグメントを用いて調製された。下記の指示を除いて、セグメントの大きさは半径長さ139.3 mm、幅3.13 mm、および深さ5.84 mmであった。表3に示される割合で、砥石につき16のセグメントを製造するのに十分な、結合剤バッチ混合物を含むダイヤモンド砥粒が、U.S.メッシュ140 / 170ふるいを通して、計量された成分をふるい、そしてその成分を混合して均一に配合することにより、調製された。各セグメントに必要な粉末は計量され、グラファイト型に導入され、ならされ、そして圧縮された。グラファイトセグメント型は、405で15分間、3000 psi（2073 N / cm<sup>2</sup>）で熱間圧縮された。冷却されるにつれて、セグメントは型から取り外された。 40

#### 【0061】

10

20

30

40

50

切削加工された7075 T6アルミニウム・コアにセグメントを付着させることによる砥石の組み立ては、実施例1のように行なわれた。セグメントは、脱脂され、砂吹きされ、接着剤で被覆され、そして切削加工されたキャビティ内に置かれ、砥石の周囲に適合させられた。接着剤の硬化の後に、砥石は、切削加工されて、寸法をあわせられ (size)、バランス修正をされ (balanced)、そして回転試験された (speed tested)。

【0062】

【表3】

10

表3  
結合剤組成物

試料	質量%				容積%			
	Cu	Sn	P	グラファイト	Cu	Sn	P	グラファイト
対照 (実施例1)	49.47	50.01	0.52	0.00	43.71	54.03	2.26	0.00
(1) 7.5/2040	46.50	47.01	0.49	6.00	35.70	44.14	1.86	18.30
(2) 7.5/2040	46.50	47.01	0.49	6.00	35.70	44.14	1.86	18.30
(3) 7.5/2051	45.76	46.26	0.48	7.50	34.02	42.07	1.75	22.16
(4) 5/2040	46.50	47.01	0.49	6.00	35.70	44.14	1.86	18.30
(5) 25/2052	43.53	44.01	0.46	12.00	29.55	36.54	1.53	32.37

20

30

【0063】

【表 4】

表 4  
砥粒セグメント組成物 Vol%

試料	結合剤	グラファイト	ダイヤモンド*	多孔度。
対照 (実施例 1)	>80	0.00	18.75 (75 conc)	< 5
(1) 7.5/2040	>80	17.93	1.88 (7.5 conc)	<5
(2) 7.5/2040	>80	17.93	1.88 (7.5 conc)	<5
(3) 7.5/2051	>75	21.72	1.88 (7.5 conc)	<5
(4) 5/2040	>80	18.07	1.25 (5 conc)	<5
(5) 25/2052	>63	30.35	6.25 (25 conc)	<5

10

20

## 【 0 0 6 4 】

a . セグメントに用いられたすべてのダイヤモンド粒は、試料 ( 1 ) が 2 7 0 メッシュ ( 5 7  $\mu$  m ) 粒であるのを除けば、3 2 5 メッシュ ( 4 9  $\mu$  m ) グリット径であった。ダイヤモンド集中度水準はダイヤモンド vol% の下に示される。

b . 多孔度はセグメントの微構造の観察から評価された。金属間合金の生成により、テスト試料の密度は、セグメントに使用される理論密度を、度々超えた。

## 【 0 0 6 5 】

## 実施例 6

研削性能評価：

実施例 5 によりつくられた、径 2 8 0 mm、厚さ 2 9 . 3 mm、センタ穴 2 2 8 . 6 mm、低ダイヤモンド集中度で、グラファイトを充填された実験的セグメント砥石 ( 1 1 in x 1 . 1 5 5 in x 9 in ) の試料が、研削性能をテストされた。これらの試料の性能は、グラファイト充てん材なしに実施例 1 ( 砥石 # 6 ) の高 ( 集中度 7 5 ) ダイヤモンド砥粒セグメント組成によりつくられた実施例 5 の対照バック研削砥石のそれと比較された。

30

## 【 0 0 6 6 】

それぞれ幅 1 1 4 . 3 mm ( 4 . 5 インチ )、深さ 1 . 4 2 mm ( 0 . 0 5 6 インチ ) の、7 0 を超える研削が、1 1 4 . 3 mm ( 4 . 5 in ) もしくは 1 5 2 . 4 mm ( 6 . 0 in ) の四角形状の A l T i C 加工物 ( 3 M Corporation, Minneapolis, MN から入手された 2 1 0 グレード A l T i C ) について実施され、研削量 ( s t o c k r e m o v e d ) (  $\mu$  m ) および法線研削抵抗 ( n o r m a l g r i d d i n g f o r c e ) が記録された。研削テスト条件は：

40

研削テスト条件：

機械：Strasbaugh Grinder Model 7AF

研削モード：垂直スピンドルプランジ研削

砥石仕様：径 2 8 0 mm、厚さ 2 9 . 3 mm および穴 2 2 9 mm

砥石速度：1, 2 0 0 rpm

加工物速度：1 9 rpm

冷却材：脱イオン水

加工物除去率：変動する。1 . 0  $\mu$  m / 秒 ~ 5 . 0  $\mu$  m / sec

50

砥石は形直しされ、そしてNorton Company, Worcester, MA から入手される 38 A 240 - HVS 仕様の 6 インチ (152.4 mm) で目直しパッドで目直しされた。最初の作業の後で、形直しおよび目直しは、必要に応じて、および下向き送り速度 (down feed rate) が変化したときに、周期的に行なわれた。

【0067】

実施例 5、試料 2、4 および 1 に対する研削テストの結果 (法線抵抗対研削量) が下記の表 5、および図 3 に示される。

【0068】

【表 5】

10

表 5

Normal Grinding Force versus Stock Removed							
Wheel Sample	Control (Ex. 1)	Control (Ex. 1)	Control (Ex. 1)	2a	2a	2b	4
MRR	1	3	5	1	2	2	2
( $\mu$ /sec):							
Total Stock Ground ( $\mu$ )	Normal Grinding Force lbs (Kg)						
25				6(2.7)	8(3.6)	11(5.0)	11(5.0)
50	16(7.3)	20(9.1)	23(10.4)	6(2.7)	7(3.2)	19(8.6)	20(9.1)
75				12(5.4)	7(3.2)	23(10.4)	22(10.0)
100	24(10.9)	34(15.4)	40(18.2)	17(7.7)	7(3.2)	27(12.3)	28(12.7)
150	27(12.3)	45(20.4)	50(22.7)	22(10.0)	7(3.2)	31(14.1)	32(14.5)
200	33(15.0)	50(22.7)	59(26.8)	28(12.7)	21(9.5)	34(15.4)	36(16.3)
250	37(16.8)	53(24.1)	60(27.2)	31(14.1)	30(13.6)	38(17.3)	38(17.3)
300	40(18.7)	57(25.9)	63(28.6)	33(15.0)	35(15.9)	40(18.2)	36(16.3)
350				36(16.3)	39(17.7)	42(19.1)	38(17.3)
400				39(17.7)	41(18.6)	40(18.2)	33(15.0)
450				42(19.1)	42(19.1)	40(18.2)	34(15.4)
500				42(19.1)	45(20.4)	41(18.6)	34(15.9)
550				43(19.5)	46(20.9)	43(19.5)	35(15.9)
600				46(20.9)	46(20.9)	39(17.7)	31(14.1)

20

30

40

【0069】

a. 2a は、3.13 mm の砥粒セグメントリム幅を有する表 3 の試料 2 である。

b. 2b は、2.03 mm の砥粒セグメントリム幅を有する表 3 の試料 2 である。

これらの結果は、法線抵抗における著しい増加は、グラファイト充てん材がなく、ダイヤモンド砥粒の集中度 75 を有する対照砥石試料で平面研削するとき、比較的高い MRR (1 ~ 3 ~ 5  $\mu$ m / 秒) で大きな研削量を得るのに必要とされたことを示す。対照的に、本発明の実施例 5 の低ダイヤモンド集中度で、グラファイト充てん砥石 (試料 2a, 2b および 4) は、研削の間、著しく小さな法線抵抗を必要とするにすぎない。本発明の砥石について 2  $\mu$ m / 秒の MRR で、同等の研削量を得るのに必要な抵抗は、比較の砥石試料について 1  $\mu$ m / 秒の MRR で必要とされるものと同等であった。

50

## 【 0 0 7 0 】

加えて、2 a 試料は、 $1 \mu\text{m}$  / 秒もしくは  $2 \mu\text{m}$  / 秒の M R R で研削するために大体等しい法線抵抗を必要とした。さらに、実施例 5 の本発明の砥石 2 a , 2 b および 4 は、研削量が 2 0 0 から 6 0 0  $\mu\text{m}$  に前進したのに、比較的安定した法線抵抗の要求を示した。この型の研削性能は、A l T i C ウェハのバック研削において非常に望ましい。なぜならば、この低い抵抗、安定な状態の条件は、加工物への熱的および機械的損傷を最小にするからである。

## 【 0 0 7 1 】

対照砥石（実施例 1）は、高い研削量水準（たとえば約 3 0 0  $\mu\text{m}$  を超える）でテストされなかった。なぜなら、これらの砥石で研削するのに必要とされる抵抗は、研削機械の法線抵抗能力を超え、それによって、機械を自動的に停止させ、比較的高い研削量水準でのデータの累積を妨害するからである。

10

特定の理論に拘束されたくはないが、低いダイヤモンド集中度で、グラファイトを充てんされた、本発明の砥石の、優れた研削性能は、研削中に、いかなる点でも加工物の表面と接触する砥粒セグメントの単位面積あたりの個々の粒子が比較的少ないことに関係すると考えられる。当業者は、低いダイヤモンド集中度で比較的低い M R R を予測するであろうが、本発明の研削抵抗の改良は、意外にも、M R R を低下させないで達成される。砥粒セグメント幅 2 . 0 3 mm を有する砥石 2 b は、砥粒セグメント幅 3 . 1 3 mm を有する砥石 2 a が行なったのと同じの研削率および速度で研削するのにより少ない抵抗を必要とした。砥石 2 b 試料は砥石 2 a 試料よりも、研削作業中に、いかなる点でも加工物の表面と接触する比較的小さい表面積および比較的少ない研削点を有する。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 7 2 】

【 図 1 】 1 A 1 型研削砥石を形成するために金属コアの周囲に結合された砥粒セグメントの連続リムを示す。

【 図 2 】 カップ状砥石を形成するために金属コアの周囲に結合された砥粒セグメントの不連続リムを示す。

【 図 3 】 実施例 5 の研削砥石で A l T i C 加工物の研削の間の、研削量と法線抵抗との関係を示す。



## 【手続補正書】

【提出日】平成18年9月8日(2006.9.8)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

最小の比強度パラメータ  $2.4 \text{ MPa-cm}^3 / \text{g}$ 、コア密度  $0.5 \sim 8.0 \text{ g/cm}^3$  を有するコア、円形の周囲、および多数の砥粒セグメントで規定される砥粒リム、を含む平面研削研磨工具であり、その砥粒セグメントは、合計  $100 \text{ vol\%}$  に対して選ばれた量で、超砥粒  $0.05 \sim 10 \text{ vol\%}$ 、グラファイト、六方晶系窒化ホウ素、長石、ネフェリンサイアナイト、軽石、仮焼クレーおよびそれらの組み合わせよりなる群から選ばれるもろい充填材  $10 \sim 35 \text{ vol\%}$ 、および破壊じん性  $1.0 \sim 3.0 \text{ MPa M}^{1/2}$  を有する金属結合剤マトリックス  $55 \sim 89.95 \text{ vol\%}$  を含むことを特徴とする平面研削研磨工具。

## フロントページの続き

- (72)発明者 ラマナス, スリニバサン  
アメリカ合衆国, マサチューセッツ 0 1 5 2 0, ホールデン, アベリー ロード 2 8
- (72)発明者 ウィリストン, ウィリアム エイチ.  
アメリカ合衆国, マサチューセッツ 0 1 5 2 0, ホールデン, ドナルド アベニュー 3 7
- (72)発明者 ブルジャン, セルゲイ - トミスラフ  
アメリカ合衆国, マサチューセッツ 0 1 7 2 0, アクトン, ワシントン ドライブ 2 3
- F ターム(参考) 3C063 AA02 AB03 AB05 BA03 BB02 BC02 BD01 BD04 BG01 CC02  
EE16

【外国語明細書】

2006346857000001.pdf