

(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2008-200780
(P2008-200780A)

(43) 公開日 平成20年9月4日(2008.9.4)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 4 D 3/00 (2006.01)	B 2 4 D 3/00 3 3 0 G	3 C 0 6 3
B 2 4 D 3/18 (2006.01)	B 2 4 D 3/18	
	B 2 4 D 3/00 3 2 0 B	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2007-37129 (P2007-37129)
(22) 出願日 平成19年2月16日 (2007.2.16)

(71) 出願人 000006183
三井金属鉱業株式会社
東京都品川区大崎1丁目11番1号
(71) 出願人 000174954
三井研削砥石株式会社
埼玉県入間市大字狭山ヶ原11番地10
(71) 出願人 304036743
国立大学法人宇都宮大学
栃木県宇都宮市峰町350番地
(74) 代理人 100076532
弁理士 羽鳥 修
(74) 代理人 100101292
弁理士 松嶋 善之

最終頁に続く

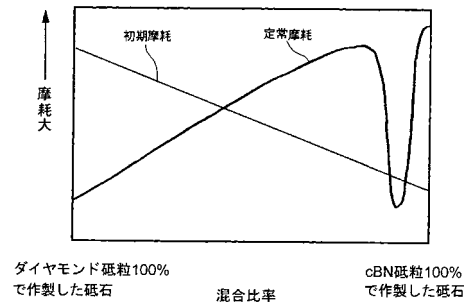
(54) 【発明の名称】 混合砥粒砥石

(57) 【要約】

【課題】 研削比が向上すると共に長寿命化が可能な砥石を提供すること。

【解決手段】 立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒が結合相内に分散固定されてなる砥粒層を有する砥石において、立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒が80:20~97:3の体積比で混合し、前記砥粒の集中度を100~200とし、前記砥粒層の気孔率を20~40%とした。前記結合相はビトリファイドボンドからなることが好ましい。この砥石は、内面研削盤、心なし研削盤、カム研削盤又は円筒研削盤等に好適に使用される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒が結合相内に分散固定されてなる砥粒層を有する混合砥粒砥石において、

立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒が 80 : 20 ~ 97 : 3 の体積比で混合されており、前記砥粒の集中度が 100 ~ 200 であり、前記砥粒層の気孔率が 20 ~ 40 % である混合砥粒砥石。

【請求項 2】

前記結合相が、ピトリファイドボンドからなる請求項 1 記載の混合砥粒砥石。

【請求項 3】

前記ダイヤモンド砥粒の平均圧壊荷重が 30 ~ 120 N である請求項 1 又は 2 記載の混合砥粒砥石。

【請求項 4】

前記ダイヤモンド砥粒の引張破壊応力が 2 . 4 ~ 8 G P a である請求項 1 ないし 3 の何れかに記載の混合砥粒砥石。

【請求項 5】

前記立方晶窒化ホウ素砥粒の平均圧壊荷重を 1 としたときの前記ダイヤモンド砥粒の平均圧壊荷重が 1 . 1 ~ 7 である請求項 3 記載の混合砥粒砥石。

【請求項 6】

前記立方晶窒化ホウ素砥粒の引張破壊応力を 1 としたときの前記ダイヤモンド砥粒の引張破壊応力が 1 . 1 ~ 7 である請求項 4 記載の混合砥粒砥石。

【請求項 7】

内面研削盤、心なし研削盤、カム研削盤又は円筒研削盤に使用される請求項 1 ないし 6 の何れかに記載の混合砥粒砥石。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立方晶窒化ホウ素砥粒及びダイヤモンド砥粒を含む砥粒層を備えた混合砥粒砥石に関する。

【背景技術】

【0002】

ダイヤモンド砥粒は、鉄、コバルト、ニッケルなどの元素と研削中に化学反応することから、一般的には鉄系材料を研削するには不向きである。そこでそのような研削用途には、ダイヤモンド砥粒に代えて立方晶窒化ホウ素砥粒が用いられている。立方晶窒化ホウ素砥粒からなる切れ刃は、研削中に砥粒が微小破碎することにより鋭利な切れ刃が生成し、切れ味が向上した状態が比較的長期間持続する。

【0003】

立方晶窒化ホウ素砥粒及びダイヤモンド砥粒を種々の混合比率で含む砥粒層を備えた砥石が知られている。例えば両者の混合比をダイヤモンド砥粒：立方晶窒化ホウ素砥粒 = 70 : 30 ~ 40 : 60 とした砥石（特許文献 1 及び 2 参照）や、ダイヤモンド砥粒：立方晶窒化ホウ素砥粒 = 8 . 5 : 1 . 5 ~ 9 . 5 : 0 . 5 とした砥石（特許文献 3 参照）が提案されている。これらの特許文献においては、主として、相対的に少量の立方晶窒化ホウ素砥粒を、相対的に多量のダイヤモンド砥粒と組み合わせて用いることが一般的であった。

【0004】

一方、相対的に多量の立方晶窒化ホウ素砥粒を、相対的に少量のダイヤモンド砥粒と組み合わせて用いる技術も提案されている。例えば立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒との混合比を 50 : 50 ~ 90 : 10 の範囲とした砥石が提案されている（特許文献 4 参照）。しかし、特許文献 4 には、立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒との混合比を前記の範囲内とすることで、研削比が向上し、また表面粗さが長期間維持され、更に長

10

20

30

40

50

寿命化が達成されることは記載されていない。

【0005】

【特許文献1】特開平6-262527号公報

【特許文献2】特開2000-94336号公報

【特許文献3】特開2002-178265号公報

【特許文献4】特開平11-277440号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、更なる研削比の向上と、長期間にわたる表面粗さの維持と、長寿命化を達成し得る砥石を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは鋭意検討した結果、立方晶窒化ホウ素砥粒及びダイヤモンド砥粒を含む砥石において、従来技術と異なり、立方晶窒化ホウ素砥粒の量を、ダイヤモンド砥粒の量よりも相対的に多くし、且つ両者の使用量を特定の範囲内とすることにより前記の目的が達成され得ることを知見した。

【0008】

本発明は前記知見に基づきなされたもので、立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒が結合相内に分散固定されてなる砥粒層を有する混合砥粒砥石において、

20

立方晶窒化ホウ素砥粒とダイヤモンド砥粒が80：20～97：3の体積比で混合されており、前記砥粒の集中度が100～200であり、前記砥粒層の気孔率が20～40%である混合砥粒砥石を提供することにより前記目的を達成したものである。

【発明の効果】

【0009】

本発明の混合砥粒砥石によれば、従来の砥石に比較して、研削比が向上すると共に砥石の長寿命化が図られる。更に長期間にわたり表面粗さが維持される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下本発明を、その好ましい実施形態に基づき説明する。本発明の混合砥粒砥石（以下、単に砥石ともいう）は、一般に、ホイール状、カップ状等の従来公知の形状を有する台金の砥粒層形成面に砥粒層が形成されてなるものである。砥粒層は、結合相内に砥粒が分散固定されて構成されている。

30

【0011】

本実施形態においては、砥粒として立方晶窒化ホウ素砥粒及びダイヤモンド砥粒からなる混合砥粒が用いられる。以下の説明においては立方晶窒化ホウ素をcBNと表すこととする。本実施形態の砥石は、これら二者の砥粒の混合比率に特徴の一つを有する。詳細には、cBN砥粒とダイヤモンド砥粒が80：20～97：3の体積比で混合されており、好ましくは85：15～95：5、更に好ましくは90：10～93：7の体積比で混合されている。このように本実施形態においては、ダイヤモンド砥粒の使用量に対してcBN砥粒の使用量を相対的に多くしている。先に述べたとおり、ダイヤモンド砥粒は鉄系材料を研削する用途には不向きである。しかし、ダイヤモンド砥粒を相対的に多量のcBNと併用し、且つ砥粒の集中度を特定の範囲に設定すると共に砥粒層の気孔率を特定の範囲に設定することで、鉄系材料を研削した場合であっても研削比が向上すると共に砥石の長寿命化が図られることを本発明者らは知見した。この理由は次のとおりである。

40

【0012】

研削の進行に伴う砥石の摩耗には初期摩耗及び定常摩耗がある。初期摩耗は、ドレッシング後に研削を開始し、定常状態に至るまでの砥石の摩耗である。ドレッシングとは、切れ味の鈍化した砥石作業面の砥粒を削り落とし、新しい切れ刃を形成して切れ味を回復させる作業のことをいう。初期摩耗では、ドレッシングでダメージを受けた砥粒が、破砕・

50

脱落し摩耗する。それに加えて、ダイヤモンド砥粒においては、ドレッシング直後の鋭利な砥粒切れ刃が、鉄などの被削材と反応し摩滅摩耗が起こる。このことから、ダイヤモンド砥粒100%の砥石は初期摩耗が大きい。逆にcBN砥粒100%の砥石は、鉄などの被削材と反応し、摩滅摩耗を起こさないのので、ダイヤモンド100%の砥石と比べて初期摩耗が小さい。ダイヤモンド砥粒とcBN砥粒との混合砥石の場合には、混合比率に応じて初期摩耗の大きさは直線的に変化する。この状態を図1に示す。

【0013】

初期摩耗段階が終了し、研削の進行に応じて徐々に砥石が摩耗する現象を定常摩耗という。ダイヤモンド砥粒の場合、ドレッシング直後の切れ刃が鋭利な状態では摩滅摩耗が進行するが、切れ刃先端が丸まり、砥粒切れ刃の平坦部面積がある程度大きくなったら、そこから摩滅摩耗は進行しなくなる。そのため、ダイヤモンド砥粒100%の砥石は初期摩耗は大きいものの定常摩耗は小さい(しかしながら、研削抵抗は大きくなり研削異常が発生しやすい)。一方cBN砥粒の場合、切れ刃が微小破砕しながら研削が進行するので定常摩耗が大きい。そのためcBN砥粒100%の砥石は、初期摩耗は小さいものの定常摩耗は大きい。ダイヤモンド砥粒とcBN砥粒との混合砥石の場合には、混合比率に応じて定常摩耗は直線的に変化するが、意外にもcBN砥粒とダイヤモンド砥粒の体積比が上述の範囲の場合には、砥石の定常摩耗の進行が極端に低下することが判明した。この状態を図1に示す。

10

【0014】

このように、砥石摩耗 = 初期摩耗 + 定常摩耗であるので、総合的に考えて、cBN砥粒とダイヤモンド砥粒を80:20~97:3の体積比で混合することで、初期摩耗及び定常摩耗の何れの段階においても砥石の摩耗の進行を抑制することができる。これに対してダイヤモンド砥粒の割合が多い砥石は、定常摩耗段階に移行し、しばらくすると研削異常が発生し、著しく砥石寿命が短くなる。

20

【0015】

また、被削材の仕上げ面粗さに注目すると、cBN砥粒100%の砥石は、砥粒切れ刃の微小破砕が起こるため、その分のキズが仕上げ面に発生する。一方、cBN砥粒とダイヤモンド砥粒を80:20~97:3の体積比で混合すると、摩滅摩耗したダイヤモンド砥粒が、仕上げ面を平坦化させるので、cBN砥粒100%の砥石よりも良好な仕上げ面が得られる。

30

【0016】

本実施形態に用いられるcBN砥粒及びダイヤモンド砥粒の粒度は、JIS B4130に規定される粒度が#80/100~#230/270、特に#120/140~#170/200であることが好ましい。この場合、cBN砥粒及びダイヤモンド砥粒の粒度は同じでもよく、或いは異なってもよい。

【0017】

cBN砥粒及びダイヤモンド砥粒の混合砥粒が結合相内に分散固定されてなる砥粒層においては、その集中度(コンセンレーション)が、 1 cm^3 中に砥粒を880mg(4.4カラット)含む場合を100としたときに、100~200であり、好ましくは150~200、更に好ましくは180~200である。砥粒層の集中度が100に満たないと、研削に寄与する砥粒の数が少なくなり研削比を向上させることができない。また、被削材仕上げ面の平坦化を担うダイヤモンド砥粒の量が少なくなってしまう、研削中の仕上げ面平坦化の効果が得られなくなる。なお、集中度を100未満に設定にしても、cBN砥粒とダイヤモンド砥粒の混合比率を変更すれば、砥粒層の表面に現れるダイヤモンド砥粒の数を同一にすることはできる。しかし、その場合にはcBN砥粒とダイヤモンド砥粒の混合比率が大きく変化してしまい、前述した範囲を満たさなくなり、本発明の効果が奏されなくなってしまう。一方、砥粒層の集中度が200を超えると、気孔を形成することが困難となり、研削異常が発生しやすくなる。

40

【0018】

cBN砥粒及びダイヤモンド砥粒の混合砥粒は、結合相内に分散固定される。本実施形

50

態の砥石においては、結合相として例えばビトリファイドボンドが用いられる。ビトリファイドボンドは一般に主成分として SiO_2 、 Al_2O_3 及び B_2O_3 を含んでいる。本実施形態において用いられるビトリファイドボンドは、特に以下の組成を有するものであることが、研削比の向上及び砥石の長寿命化を図る点から好ましい。

- ・ SiO_2 ：35～55重量%
- ・ Al_2O_3 ：10～30重量%
- ・ B_2O_3 ：10～30重量%
- ・その他の酸化物：1～10重量%

【0019】

結合相としては上述のビトリファイドボンドに代えてレジノイドボンドを用いることもできる。尤もレジノイドボンドは一般的に砥粒保持力が低く、研削中に砥粒が抜け落ちやすい傾向にある。また、剛性が低いため高精度の加工が望めない。これに対して、cBN砥粒及びダイヤモンド砥粒を特定の比率で混合させ且つこれらの砥粒を特定の組成を有するビトリファイドボンドで分散固定した本実施形態の砥石はこのような欠点を有さず、安定した研削をすることが可能となる。

10

【0020】

砥粒層には多数の気孔が形成されており、本実施形態においてはその気孔率が20～40%、好ましくは25～35%、更に好ましくは28～32%に設定されている。気孔率は、砥粒層における気孔の体積の総和を砥粒層の見掛けの体積で除し、これに100を乗じた値である。気孔率が20%に満たない場合には、研削抵抗が増加し、研削異常が発生する。一方、気孔率が40%超になると、砥粒を保持するボンドの量が少なく、砥粒の脱落が多くなり、砥石摩耗が大きくなる。砥粒層の気孔率は、JIS R2205によって測定される。

20

【0021】

気孔率とは砥粒層に含まれる気孔の体積分率(%)のことである。従って気孔率と砥粒率と結合相率とを合計すると100%になる。砥粒層の気孔率は、砥粒層の形成時の条件によって制御できる。例えば、砥粒層を形成するための型に所定量の砥粒及び結合相を投入して加圧し所定の形状に成形する場合に、型内に投入する砥粒及び結合相の量を制御することで、気孔率を制御できる。

【0022】

また、砥粒層の気孔率を前記の範囲内とするためには、砥粒の粒径に比較して結合相であるビトリファイドボンドの最大粒径が1/5以下、特に1/10以下であることも好ましい。

30

【0023】

砥粒層の形成においては、砥粒の表面に均一に結合相を被覆することが好ましい。被覆の方法としては、当該技術分野において通常用いられている方法と同様の方法を採用することができる。特に、本出願人の先の出願に係る特開2002-294221号公報に記載の方法を用いることが好適である。具体的には、結合相を溶媒に懸濁させたスラリーを砥粒に噴霧し、乾燥させて該結合相を砥粒に被覆した後、該砥粒を焼成する。

【0024】

前記の被覆方法においては、砥粒を転動させつつ結合相をコーティングする方法を採用することが好ましい。この目的のために、例えば遠心転動造粒コーティング装置を用いることができる。この場合、あらかじめ砥粒表面をバインダーで濡らし、結合相であるビトリファイドボンドを吹きかける方法や、溶媒にバインダーを溶かし、更に結合相であるビトリファイドボンドを懸濁させたスラリーを砥粒に噴霧する方法を用いることができる。砥粒の表面を均一に且つ砥粒どうしが凝集していない均一なコーティングを施すためには、転動造粒コーティング装置等を用いて、結合相であるビトリファイドボンドを懸濁させたスラリーを砥粒に噴霧する方法を採用することが好ましい。

40

【0025】

以上の方法で結合相によって被覆された砥粒は、プレスによって所定の形状に成形され

50

、次いで焼成されることによって目的とする砥粒層が形成される。

【0026】

本実施形態において用いられるダイヤモンド砥粒は、その平均圧壊荷重が30～120 N、特に40～60 Nであることが好ましい。この範囲の平均圧壊荷重を有するダイヤモンド砥粒を用いることで、適度に摩滅摩耗がおり、定常研削時の砥石摩耗を抑制するという効果が奏される。平均圧壊荷重は、精密引張試験機を用いて、砥粒に圧縮応力を負荷し、破壊した時の応力を測定することで得られる。

【0027】

また、本実施形態において用いられるダイヤモンド砥粒は、その引張破壊応力が2.4～8 GPa、特に2.8～4 GPaであることが好ましい。この範囲の引張破壊応力を有するダイヤモンド砥粒を用いることで、適度に摩滅摩耗がおり、定常研削時の砥石摩耗を抑制するという効果が奏される。引張破壊応力は、走査型電子顕微鏡像から砥粒の平均投影断面積 A (m^2)を測定し、また平均圧壊荷重 W (N)を用いて、 $(Pa) = W(N) / 0.32 A(m^2)$ 、 $Pa = N / m^2$ から算出される。

10

【0028】

ダイヤモンド砥粒の平均圧壊荷重及び引張破壊応力は、該ダイヤモンド砥粒と併用されるcBN砥粒の平均圧壊荷重及び引張破壊応力と関係している。具体的には、cBN砥粒の平均圧壊荷重を1としたときのダイヤモンド砥粒の平均圧壊荷重が1.1～7、特に2.5～5であることが、上述した理由と同様の理由により好ましい。また、cBN砥粒の引張破壊応力を1としたときのダイヤモンド砥粒の引張破壊応力が1.1～7、特に2.5～5であることが、cBN砥粒に加わる負荷とダイヤモンド砥粒に加わる負荷をバランスさせる観点から好ましい。これらの数値範囲外では、どちらか一種類の砥粒が破壊・脱落し、砥石表面にあらわれる砥粒切れ刃の数のバランスがくずれやすい。その場合には、cBN砥粒の微小破壊とダイヤモンド砥粒の摩滅摩耗が同時に起こらず、本発明の特徴を生かしづらくなってしまふ。

20

【0029】

cBN砥粒の平均圧壊荷重や引張破壊応力に対するダイヤモンド砥粒の平均圧壊荷重や引張破壊応力の比率は上述のとおりであるところ、cBN砥粒の平均圧壊荷重は4.3～109 N、特に8～24 Nであることが好ましい。またcBNの引張破壊応力は0.3～7.3 GPa、特に0.6～1.6 GPaであることが好ましい。

30

【0030】

平均圧壊荷重及び引張破壊応力が上述の範囲を満たすcBN砥粒及びダイヤモンド砥粒は商業的に入手可能である。

【0031】

本実施形態の砥石は、例えばSCなどの炭素鋼、SUJなどの軸受鋼、SCM、SCR、SNCなどの合金鋼、SK、SKH、SKS、SKD、SKTなどの工具鋼、SUSなどのステンレス鋼といった各種鋼材の研削に特に適したものである。このような鋼材を研削対象として、本実施形態の砥石は例えば内面研削盤、心なし研削盤、カム研削盤、円筒研削盤、クランクピン研削盤、クランク軸研削盤、平面研削盤、歯車研削盤、工具研削盤、ロール研削盤、ならい研削盤等に使用されることが特に好適である。

40

【実施例】

【0032】

以下、実施例により本発明を更に詳細に説明する。しかしながら本発明の範囲はかかる実施例に制限されない。特に断らない限り「%」は「体積%」を意味する。

【0033】

〔実施例1〕

(1) 使用した砥粒

・cBN砥粒：粒度#120/140番、平均圧壊荷重19 N、引張破壊応力1.2 GPa

・ダイヤモンド砥粒：粒度#120/140番、平均圧壊荷重53 N、引張破壊応力3.

50

2 G P a

【 0 0 3 4 】

(2) 砥石の作製方法

まず c B N 砥粒及びダイヤモンド砥粒を、作製する砥石の体積に対して 4 5 % 及び 5 % になるように混合する (砥粒体積比で 9 0 : 1 0) 。混合した砥粒に液状フェノール樹脂等の湿潤剤を加えて攪拌し、十分に砥粒表面を湿らせる。その後、結合材として平均粒径 3 μ m (最大粒径 7 μ m) のビトリファイドボンド粉末を、作製する砥石に対して 2 0 % になるように加えて攪拌し、砥粒表面にビトリファイドボンド粉末を付着させて配合物を得る。この配合物をふるいに通した後、所定の形状に成型した。さらに乾燥後、窒素雰囲気中 6 9 0 で焼成し、ストレート型 c B N / ダイヤモンドビトリファイド砥石 (形状 : 長さ 3 0 5 m m 、幅 1 6 m m 、高さ 1 2 7 m m 、厚さ 3 . 5 m m) を作製した。得られた砥石の集中度は 2 0 0 、気孔率は 3 0 % であった。ビトリファイドボンドの組成は以下のとおりであった。

10

- ・ S i O₂ : 5 5 重量 %
- ・ A l₂O₃ : 3 0 重量 %
- ・ B₂O₃ : 1 0 重量 %
- ・その他の酸化物 : 5 重量 %

【 0 0 3 5 】

〔 比較例 1 〕

c B N 砥粒とダイヤモンド砥粒の体積比を 7 0 : 3 0 とする以外は実施例 1 と同様にして砥石を得た。得られた砥石の集中度は 2 0 0 、気孔率は 3 0 % であった。

20

【 0 0 3 6 】

〔 比較例 2 〕

ダイヤモンド砥粒を用いず c B N 砥粒のみを用いた以外は実施例 1 と同様にして砥石を得た。得られた砥石の集中度は 2 0 0 、気孔率は 3 0 % であった。

【 0 0 3 7 】

〔 評価 〕

実施例及び比較例で得られた砥石を用いて、円筒プランジ研削試験 (上向き研削) を行った。被削材は S K H 5 1 (焼き入れ、硬さ H R C 6 5 、形状 : 8 0 D x 5 T) を用いた。研削条件は、砥石周速度 6 0 m / s 、工作物速度 0 . 6 7 ~ 0 . 5 2 m / s (1 6 1 r p m) 、プランジ速度 8 . 9 4 μ m / s 、湿式研削方式であった。砥石のドレスは、A E センサ付きロータリードレッサ (ドレッサホイール : S D 4 0 Q 7 5 M) を用いて、砥石周速度 6 0 m / s 、ドレッサ周速度 3 0 m / s 、周速度比 0 . 5 、送り速度 0 . 1 m m / r e v 、切り込み量 2 . 5 μ m x 4 回 (スパークアウト 2 0 回) の条件で行った。以上の条件で加工したときの研削比、工作物仕上げ面粗さ (最大高さ粗さ R z) を測定した。また、研削異常が発生する (異音が発生するまでの研削量、又は研削仕上げ面粗さが所定量 R z = 2 μ m をこえるまでの研削量) までの寿命を評価した。これらの結果を表 1 に示す。

30

【 0 0 3 8 】

【表 1】

	実施例 1	比較例 1	比較例 2
研削比	2500	800	1000
研削除去量 $6000\text{mm}^3/\text{mm}$ のときの 仕上げ面粗さ (μm)	1.1	2.0	1.3
研削除去量 $10000\text{mm}^3/\text{mm}$ のときの 仕上げ面粗さ (μm)	1.3	3.4	2.5
寿命 (研削量 (mm^3/mm))	20000	6000	8600

10

【0039】

表 1 に示す結果から明らかなように、実施例の砥石は、比較例の砥石に比べて研削比が高く、仕上げ面粗さが低く、また長寿命であることが判る。

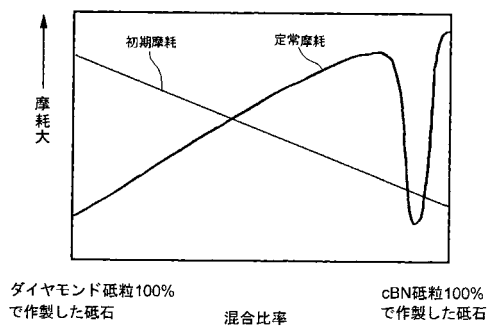
20

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】 砥粒の混合比率と摩耗の程度との関係を示すグラフである。

【図 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 梶野 仁
埼玉県上尾市原市 1 3 3 3 - 2 三井金属鉱業株式会社総合研究所内
- (72)発明者 佐藤 政和
埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 1 番地 1 0 三井研削砥石株式会社内
- (72)発明者 市田 良夫
栃木県宇都宮市峰町 3 5 0 番地 国立大学法人宇都宮大学内
- (72)発明者 佐藤 隆之介
栃木県宇都宮市峰町 3 5 0 番地 国立大学法人宇都宮大学内
- Fターム(参考) 3C063 AA02 AB03 BA02 BB02 BB19 BC05 BC09