

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5181799号  
(P5181799)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月25日(2013.1.25)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>B 2 4 D</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 4 D	5/00	P
<b>B 2 4 D</b>	<b>5/12</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 4 D	5/12	Z
<b>B 2 4 D</b>	<b>5/10</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 4 D	5/10	
<b>B 2 4 D</b>	<b>5/06</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 4 D	5/06	

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-104127 (P2008-104127)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成20年4月11日(2008.4.11)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2009-255185 (P2009-255185A)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(43) 公開日	平成21年11月5日(2009.11.5)	(74) 代理人	100089082
審査請求日	平成23年2月16日(2011.2.16)		弁理士 小林 脩
		(72) 発明者	森田 浩
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	水谷 吉宏
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	小林 勇太
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 砥石

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外周に砥石層が形成されており、前記砥石層の外周面と工作物との接触面に向けて研削液を供給しながら前記工作物を研削加工する砥石において、

前記砥石層の内周面に砥石円周方向に対して所定の角度傾斜し、等間隔に複数の傾斜溝が刻設され、

前記傾斜溝と前記接触面の砥石円周方向と平行な一方の縁の延長線との交点を一方交点、他方の縁の延長線との交点を他方交点と定義した場合、一の傾斜溝の他方交点と、一の傾斜溝と隣接する傾斜溝の一方交点とが砥石円周方向において所定のオーバーラップ量だけオーバーラップし、

前記砥石層の摩耗により前記傾斜溝が前記砥石層の外周面に出現したとき、前記接触面の砥石円周方向長さが前記オーバーラップ量よりも小さくなるように、前記工作物に対する前記砥石の切込み量と、前記傾斜溝の傾斜角度及び間隔との少なくとも一方が設定されていることを特徴とする砥石。

【請求項2】

請求項1に記載の砥石において、前記砥石層の外周面と前記工作物との接触面内であって、前記砥石層を円周上の任意の位置で砥石軸と平行に、且つ、砥石径の方向に切断したときの当該切断線上に存在する前記傾斜溝の幅の和が常に等しいことを特徴とする砥石。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の砥石において、前記砥石層の内周面側から外周面側に向かって

溝幅が徐々に縮小する傾斜溝が刻設されていることを特徴とする砥石。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の砥石において、前記砥石層の内周面側からの溝深さが異なる複数の傾斜溝が刻設されていることを特徴とする砥石。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、外周に砥石層が形成されており、砥石層の外周面と工作物との接触面に向けて研削液を供給しながら工作物を研削加工する砥石に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、研削盤に備えられた砥石で工作物を研削加工するときには、砥石と工作物との研削点に研削液を供給して冷却及び潤滑することにより研削熱による工作物の研削焼け、熱歪み等を防止している。しかし、砥石と工作物との研削点に向けて研削液を供給した場合、砥石と工作物との間で研削液に動圧が発生し、また、工作物に穴や溝がある場合には、穴や溝により圧力が変化し、砥石と工作物との間で相対変位を生じ、工作物の研削加工精度が低下するという問題があった。かかる研削液に発生する動圧による研削加工精度の低下を防ぐための技術が、特許文献 1 に開示されている。

【0003】

特許文献 1 に記載の技術では、砥石と工作物とが接触する研削点に研削液を供給するクーラントノズルに供給する研削液圧を高低 2 段階に切替え可能な研削液供給装置を設け、砥石の工作物への送り速度が大きい粗研削時には研削液圧を高圧に、送り速度が小さい仕上げ研削時、スパークアウト研削時には低圧に切替えることにより、研削液に生じる動圧によって研削加工精度が悪化することを防止している。

【特許文献 1】実開昭 57 - 157458 号公報（第 1 - 3 頁、図 2）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記従来技術では、砥石の研削面と工作物とが接触する接触面に向けて供給された研削液に生じた動圧を開放することができず、特に、砥石及び工作物の回転数を上げて研削能率を高くした場合、研削液に生じる動圧によって研削加工精度が悪化する。そこで、本出願人は、砥石と工作物とが接触する接触面を上下に貫通するように少なくとも 1 本の傾斜溝を設けた砥石を提案している。かかる砥石によれば、接触面に向けて供給された研削液の排出性を向上させ、工作物に対する砥石の接触弧長さを減少させて、研削液に発生する動圧を開放し、工作物の加工精度を高めることができる。ところが、傾斜溝を設けることにより砥石の研削に作用する砥粒体積（砥粒数）が減少するので、砥石の寿命が短くなる場合があり、研削盤において砥石交換の作業頻度が高くなる。

【0005】

本発明は、工作物の研削加工を高精度に行える長寿命の砥石を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、請求項 1 に係る発明の構成上の特徴は、外周に砥石層が形成されており、前記砥石層の外周面と工作物との接触面に向けて研削液を供給しながら前記工作物を研削加工する砥石において、

前記砥石層の内周面に砥石円周方向に対して所定の角度傾斜し、等間隔に複数の傾斜溝が刻設され、

前記傾斜溝と前記接触面の砥石円周方向と平行な一方の縁の延長線との交点を一方交点、他方の縁の延長線との交点を他方交点と定義した場合、一の傾斜溝の他方交点と、一の傾斜溝と隣接する傾斜溝の一方交点とが砥石円周方向において所定のオーバーラップ量だけオーバーラップし、

10

20

30

40

50

前記砥石層の摩耗により前記傾斜溝が前記砥石層の外周面に出現したとき、前記接触面の砥石円周方向長さが前記オーバーラップ量よりも小さくなるように、前記工作物に対する前記砥石の切込み量と、前記傾斜溝の傾斜角度及び間隔との少なくとも一方が設定されていることである。

【0007】

請求項2に記載の発明の構成上の特徴は、請求項1に記載の砥石において、前記砥石層の外周面と前記工作物との接触面内であって、前記砥石層を円周上の任意の位置で砥石軸と平行に、且つ、砥石径の方向に切断したときの当該切断線上に存在する前記傾斜溝の幅の和が常に等しいことである。

【0008】

請求項3に記載の発明の構成上の特徴は、請求項1又は2に記載の砥石において、前記砥石層の内周面側から外周面側に向かって溝幅が徐々に縮小する傾斜溝が刻設されていることである。

請求項4に記載の発明の構成上の特徴は、請求項1又は2に記載の砥石において、前記砥石層の内周面側からの溝深さが異なる複数の傾斜溝が刻設されていることである。

【発明の効果】

【0009】

請求項1に係る発明によれば、外周に砥石層が形成されており、砥石層の外周面と工作物との接触面に向けて研削液を供給しながら工作物を研削加工する砥石において、砥石層の内周面に傾斜溝を刻設しているため、砥石層の外周面から傾斜溝の底部に達するまでは一般的な砥石と同様に作用する。即ち、砥石の使用が最初のうちは研削加工時やツルイーグ時に発生する切粉が砥粒間に存在する気孔に殆ど詰まっていけないので、砥石の研削面と工作物とが接触する接触面に向けて供給された研削液に生じた動圧を開放することができ、高精度な研削加工を行うことができる。更に、砥石の使用が最初のうちは砥石の研削加工に作用する砥粒体積（砥粒数）は傾斜溝が無い分だけ増加しているため長寿命となる。しかし、このまま砥石の使用が進むと切粉が気孔に詰まりだす（目詰まり）ので、研削液に生じた動圧を開放することができず、研削加工精度が低下するが、砥石層が摩耗していき傾斜溝が出現すると以下の作用により研削液に生じた動圧を開放することができ、高精度な研削加工を行うことができる。

【0010】

即ち、上方から供給された研削液が傾斜溝を通過して上方及び下方から流出し、研削面と工作物との間に発生する研削液の動圧を開放することができる。これにより、研削液の供給量を減少させなくても、工作物が研削液の動圧によって砥石から離間する方向に変位され、或いは研削液に発生する動圧が変動して工作物が砥石から離間する距離が変化することがなくなり、工作物の研削加工精度を高めることができる。

【0011】

特に、傾斜溝と、接触面の砥石円周方向と平行な一方の縁の延長線との交点を一方交点、他方の縁の延長線との交点を他方交点と定義した場合、一の傾斜溝の他方交点と、一の傾斜溝と隣接する傾斜溝の一方交点とが砥石円周方向において所定のオーバーラップ量だけオーバーラップし、接触面の砥石円周方向長さがオーバーラップ量よりも小さくなるようにするので、少なくとも1本の傾斜溝が砥石の研削面と工作物とが接触する接触面を上下方向に貫通し、上方から供給された研削液が傾斜溝を通過して上方及び下方から流出し、研削面と工作物との間に発生する研削液の動圧を開放することができる。これにより、研削液の供給量を減少させなくても、工作物が研削液の動圧によって砥石から離間する方向に変位され、或いは研削液に発生する動圧が変動して工作物が砥石から離間する距離が変化することがなくなり、工作物の研削加工精度を高めることができる。

【0012】

請求項2に係る発明によれば、傾斜溝による研削液に発生する動圧の低減効果は傾斜溝の幅に比例するが、研削面全周にわたって傾斜溝の幅が一定となるように傾斜溝を刻設しているので研削面全周にわたって動圧低減効果も一定となり、工作物に対しむらのない研

10

20

30

40

50

削加工が可能となる。

【0013】

請求項3に係る発明によれば、砥石層の内周面側から外周面側に向かって溝幅（溝面積）が徐々に縮小する傾斜溝を刻設しているため、砥石の使用が進むに従って溝幅（溝面積）は拡大することになる。よって、砥石の使用が進むに従って目詰まりが増加しても、溝幅（溝面積）が徐々に拡大するために研削液の動圧を効果的に開放することができ、工作物の研削加工精度を高めることができる。

【0014】

請求項4に係る発明によれば、砥石層の内周面側からの溝深さが異なる複数の傾斜溝を刻設しているため、砥石の使用が進むに従って出現する傾斜溝の本数は増加することになる。よって、砥石の使用が進むに従って目詰まりが増加しても、傾斜溝の本数が順次増加するために研削液の動圧を効果的に開放することができ、工作物の研削加工精度を高めることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態に係る砥石を図面に基づいて説明する。図1は、セグメントタイプの砥石チップ（砥石層）11を含む砥石10を示し、この砥石10の砥石チップ11は、超砥粒をビトリファイドボンドで結合した砥粒層12が外側に形成され、超砥粒を含まない下地層13が砥粒層12の内側に重ねて一体的に形成されている。砥石10は、砥粒層12と下地層13からなる複数の円弧状の砥石チップ11が、鉄又はアルミニウム等の金属、或いは樹脂等で成形された円盤状のコア14の外周面に並べられ、下地層13の底面で接着剤によりコア14に貼付されて構成されている。砥石チップ11の内周面18には、複数の傾斜溝20が、下地層13の底面から砥粒層12の内部途中に至る深さ、即ち傾斜溝20の底部から砥粒層12の上面までが所定厚さとなるように刻設されている。

20

【0016】

図2は、円弧状の砥石チップ11を示すもので、砥粒層12は、CBN、ダイヤモンド等の超砥粒16をビトリファイドボンド17で3mm～5mmの厚さに結合したものであり、集中度調整用に超砥粒の代わりに酸化アルミニウム（ $Al_2O_3$ ）等の粒子が骨材として混入されている場合もある。また、下地層13は、下地粒子19をビトリファイドボンド17で1mm～3mmの厚さに結合したものである。また、傾斜溝20の底部から砥粒層12の上面までの厚さTは、新品の砥石10が使用につれて砥粒層12が摩耗して傾斜溝20の底部に達したときに目詰まりの許容限度を超えた状態になっているように設定されており、例えば#120のCBN砥粒の砥粒層12の場合で1mmである。ビトリファイドボンド17を採用すると、有気孔の特性から、切り屑の排出性に優れ、切れ味が良好となるため、砥石摩耗量を少なくして良好な表面あらさに研削加工することができる。また、結合剤としては、ビトリファイドボンド17の他に、レジンボンド又はメタルボンド等を使用することもできる。

30

40

【0017】

砥石10は、図3に示す研削盤30の砥石台31に軸線O回りに回転駆動可能に軸承された砥石軸32にコア14で装着される。研削盤30の工作物支持装置33には工作物Wが回転駆動可能に支承され、砥石台31の前進により砥石10の砥粒層12に形成された研削面15（砥石チップ11の外周面）が工作物Wに接触面Sで当接して工作物Wの外周面を研削加工する。砥石10は、使用初期においては傾斜溝20が無い通常の研削面15にて工作物Wを研削加工するが、研削加工サイクルやツルーイングサイクルが繰り返されて摩耗が進んだ使用中期においては傾斜溝20が出現した研削面15にて工作物Wを研削加工するようになっている。

【0018】

50

即ち、砥石 10 は、砥石チップ 11 の外周面から傾斜溝 20 の底部に達するまでは一般的な砥石と同様に作用するが、かかる使用初期においては研削加工時やツルージング時に発生する切粉が砥粒間に存在する気孔に殆ど詰まっていけないので、砥石 10 の研削面 15 と工作物 W とが接触する接触面に向けて供給された研削液に生じた動圧を開放することができ、高精度な研削加工を行うことができる。更に、砥石 10 の使用初期においては砥石 10 の研削加工に作用する砥粒体積（砥粒数）は傾斜溝 20 が無い分だけ増加しているので砥石寿命を長寿化させることができる。

【 0 0 1 9 】

しかし、研削加工サイクルやツルージングサイクルが繰り返されて摩耗が進んだ使用中期においては切粉が気孔に詰まりだす（目詰まり）。例えば # 1 2 0 の C B N 砥粒径は 1 2 5  $\mu\text{m}$  であり、気孔も同程度の大きさで存在するが、ツルージングサイクルは、例えば、片側 1 0  $\mu\text{m}$ （2 . 5  $\mu\text{m}$   $\times$  4 回）であるために気孔に目詰まりした切粉を除去することは殆ど不可能である。よって、研削液に生じた動圧を開放することができず、研削加工精度が低下するが、砥粒層 1 2 が摩耗していくと傾斜溝 20 が出現して以下で説明する作用により研削液に生じた動圧を開放することができ、高精度な研削加工を行うことができる。

【 0 0 2 0 】

図 4 乃至図 6 に示すように、砥石 10 の砥石チップ 11 の内周面 1 8 には、複数の傾斜溝 20 が、下地層 1 3 の底面から砥粒層 1 2 の内部に至るまでの深さ  $h$  で砥石周方向と平行な下地層 1 3 及び砥粒層 1 2 の両側面 2 1 , 2 2 を突き抜けて下地層 1 3 及び砥粒層 1 2 に設けられている。即ち、砥石チップ 11 の内周面 1 8 には、砥石円周方向に対して所定の傾斜角度  $\theta$  だけ傾斜した複数の傾斜溝 20 が、所定のピッチ  $P$  で等間隔に、且つ、傾斜溝 20 と、接触面  $S$  の砥石円周方向と平行な一方の縁  $S a$  の延長線 2 3 との交点を一方交点 2 0 a、他方の縁  $S b$  の延長線 2 4 との交点を他方交点 2 0 b と定義した場合、一の傾斜溝 20 の他方交点 2 0 b と、一の傾斜溝 20 と隣接する傾斜溝 20 の一方交点 2 0 a とが砥石円周方向においてオーバーラップ量  $V$  だけオーバーラップするように刻設されている。

【 0 0 2 1 】

そして、砥石 10 の研削加工サイクルやツルージングサイクルによる摩耗が進んで傾斜溝 20 が出現したときの研削面 1 5 と工作物 W との接触面  $S$  の砥石円周方向長さ  $L$  がオーバーラップ量  $V$  よりも小さくなるように、工作物 W に対する砥石 10 の切込み量  $t$  と、傾斜溝 20 の傾斜角度  $\theta$  及び間隔（ピッチ） $P$  との少なくとも一方が設定されている。接触面  $S$  は、砥石 10 の外周円と工作物 W の外周円とが交差する交点と工作物 W の幅  $A$  とによって区画される砥石 10 の研削面 1 5 の領域であり、砥石円周方向と平行な一方縁  $S a$ 、他方縁  $S b$ 、及び砥石軸線方向と平行な一方縁  $S f$ 、他方縁  $S r$  によって囲まれている。

【 0 0 2 2 】

砥石 10 の研削面 1 5 と工作物 W との接触面  $S$  の砥石円周方向長さ  $L$  がオーバーラップ量  $V$  よりも小さくされているので、接触面  $S$  に上方から供給された研削液が接触面  $S$  を貫通する傾斜溝 20 を通って上方及び下方から流出し、研削面 1 5 と工作物 W との間に発生する研削液の動圧を開放することができる。これにより、工作物 W が研削液の動圧によって砥石 10 から離間する方向に変位され、或いは研削液に発生する動圧が変動して工作物 W が砥石 10 から離間する距離が変化することがなくなり、研削された工作物 W の研削加工精度を高めることができる。

【 0 0 2 3 】

砥石 10 の研削面 1 5 を展開して示した図 4、図 6 から明らかなように、一の傾斜溝 20 が接触面  $S$  の他方の縁  $S b$  の延長線 2 4 と交差する他方交点 2 0 b と、一の傾斜溝 20 と隣接する傾斜溝 20 が接触面  $S$  の一方の縁  $S a$  の延長線 2 3 と交差する一方交点 2 0 a とが砥石円周方向においてオーバーラップするオーバーラップ量  $V$  と、傾斜溝 20 の傾斜角度  $\theta$  と、隣接する傾斜溝 20 の間隔  $P$ 、例えば円周方向ピッチと、接触面  $S$  の軸線方向長さである工作物 W の幅  $A$  との関係は、

10

20

30

40

50

$$V = A / \tan \alpha - P \cdots (1)$$

となる。

【0024】

従って、オーバーラップ量  $V$  より接触面  $S$  の円周方向長さ  $L$  が小さい条件、

$$L < A / \tan \alpha - P \cdots (2)$$

を満たせば、砥石 10 の回転位相に拘らず、少なくとも 1 本の傾斜溝 20 が接触面  $S$  を上下方向に貫通することとなり、接触面  $S$  に流入した研削液により研削面 15 と工作物  $W$  との間に発生する動圧を接触面  $S$  の上方及び下方の両方から開放することができる。これに対し、この条件を満たさないと、砥石 10 の回転位相によっては、いずれの傾斜溝 20 も接触面  $S$  を上下方向に貫通しないので、すなわち、接触面  $S$  に対して傾斜溝 20 が上方にしか開口していないと接触面  $S$  の下方では動圧が開放されず、同様に傾斜溝 20 が下方にしか開口していないと接触面  $S$  の上方では研削液の動圧は開放されない。

10

【0025】

砥石 10 が工作物  $W$  と接触する接触面  $S$  の砥石円周方向長さ  $L$  は、図 7 (b) に示すように、砥石 10 の外周円と工作物  $W$  の外周円とが交差する交点を結ぶ線分の長さとする。接触面  $S$  の砥石円周方向長さ  $L$  は、砥石 10 及び工作物  $W$  の直径に比して極めて小さいので、砥石 10 の外周円と工作物  $W$  の外周円とが交差する交点を結ぶ線分の長さで近似することができる。

【0026】

工作物  $W$  の半径を  $R_1$ 、砥石 10 の半径を  $R_2$ 、砥石 10 の工作物  $W$  への切込み量を  $t$  とすると、図 7 (c) に示すように、工作物  $W$  と砥石 10 との中心間距離  $C$  は、

$$C = R_1 + R_2 - t \cdots (3)$$

となる。砥石 10 の外周円と工作物  $W$  の外周円とが交差する交点  $D$  から工作物  $W$  の中心  $E$  と砥石 10 の中心  $F$  とを結ぶ線分  $EF$  に垂直に下ろした線分が線分  $EF$  と交差する点を  $H$  とし、線分  $DH$ 、 $EH$ 、 $FH$  の長さを夫々  $x$ 、 $y$ 、 $z$  とすると、

$$R_1^2 = x^2 + y^2 \cdots (4)$$

$$R_2^2 = x^2 + z^2 \cdots (5)$$

となり、

$$C = y + z \text{ から } y^2 = (C - z)^2 \cdots (6)$$

となる。式 (4)、(5)、(6) を  $x$  について解くと、

$$x = \sqrt{R_2^2 - ((C^2 + R_2^2 - R_1^2) / 2C)^2} \cdots (7)$$

となる。そして、砥石 10 が工作物  $W$  と接触する接触面  $S$  の円周方向長さ  $L$  は、

$$L = 2x \cdots (8)$$

となる。

【0027】

接触面  $S$  の円周方向長さ  $L$  がオーバーラップ量  $V$  と等しい場合、式 (1)、(8) から、 $L = 2x = V = A / \tan \alpha - P$  となり、そのときの切込み量  $t_0$  は、

$$t_0 = R_1 + R_2 - \left( R_1^2 - \left( (A / \tan \alpha - P) / 2 \right)^2 \right) - \left( R_2^2 - \left( (A / \tan \alpha - P) / 2 \right)^2 \right) \cdots (9)$$

となる。従って、工作物  $W$  及び砥石 10 の半径  $R_1$ 、 $R_2$ 、工作物  $W$  の幅  $A$ 、傾斜溝 20 の傾斜角度  $\alpha$  及び円周方向ピッチ  $P$  が決まっている場合は、砥石 10 の工作物  $W$  への切込み量  $t$  を  $t_0$  より小さく設定すると、接触面  $S$  の円周方向長さ  $L$  がオーバーラップ量  $V$  より小さくなる。

40

【0028】

また、工作物  $W$  及び砥石 10 の半径  $R_1$ 、 $R_2$ 、工作物  $W$  の幅  $A$ 、砥石 10 の工作物  $W$  への切込み量  $t$ 、及び傾斜溝 20 の傾斜角度  $\alpha$  及び円周方向ピッチ  $P$  の一方が決まっている場合は、式 (9) が成立するように、傾斜溝 20 の傾斜角度  $\alpha_0$  及び円周方向ピッチ  $P_0$  の他方を設定し、円周方向ピッチ  $P$  又は傾斜角度  $\alpha$  を、この設定した円周方向ピッチ  $P_0$  又は傾斜角度  $\alpha_0$  より小さく設定すると、接触面  $S$  の円周方向長さ  $L$  がオーバーラップ量  $V$  より小さくなる。このように設定された傾斜溝 20 の本数  $n$  は、 $n = 2 \times R_2 / P$  と

50

なる。

【 0 0 2 9 】

次に、本実施の形態に係る砥石 1 0 を用いて工作物 W を研削加工する方法について説明する。砥石 1 0 は図 3 に示す研削盤 3 0 の砥石台 3 1 に軸承された砥石軸 3 2 にコア 1 4 で装着されて回転駆動され、工作物 W は主軸台及び心押台からなる工作物支持装置 3 3 に支承されて回転駆動される。砥石カバー 3 4 に取り付けられたクーラントノズル 3 5 から砥石 1 0 の研削面 1 5 と工作物 W との間の接触面 S に向けて研削液が供給され、砥石台 3 1 が工作物 W に向かって研削送りされ、砥石 1 0 により工作物 W が研削加工される。

【 0 0 3 0 】

砥石 1 0 の使用初期においては研削面 1 5 に傾斜溝 2 0 が出現していないが、研削加工時やツルージング時に発生する切粉が砥粒間に存在する気孔に殆ど詰まっていないので、砥石 1 0 の研削面 1 5 と工作物 W とが接触する接触面 S に向けて供給された研削液に生じた動圧を開放することができ、工作物 W は高精度に研削加工される。このとき、砥石 1 0 の使用初期においては砥石 1 0 の研削加工に作用する砥粒体積（砥粒数）は傾斜溝 2 0 が無い分だけ増加しているため長寿命となる。

【 0 0 3 1 】

砥石 1 0 の使用中期においては切粉が気孔に詰まりだす（目詰まり）が、研削面 1 5 に傾斜溝 2 0 が出現して研削液に生じた動圧を開放することができる。即ち、砥石 1 0 の回転位相に拘らず、少なくとも 1 本の傾斜溝 2 0 が接触面 S を上下方向に貫通するので、研削面 1 5 と工作物 W との間に発生する研削液の動圧を接触面 S の上方及び下方から開放することができる。これにより、工作物 W が研削液に生じる動圧によって砥石 1 0 から離間する方向に変位され、或いは研削液に生じる動圧が変動して工作物 W が砥石 1 0 から離間する距離が変化することがなくなり、工作物 W は高精度に研削加工される。

【 0 0 3 2 】

例えば図 8 に示すように、ベース円部 W b、トップ部 W t、ベース円部 W b とトップ部 W t とを接続する一対のリフト部 W l とを含むカムを研削する場合、カムのリフト部 W l は曲率が小さいので、砥石 1 0 との接触面 S の円周方向長さが一番長くなる。このように接触面 S の円周方向長さが長くなるときは、接触面 S に向けて供給された研削液の動圧が大きくなる。しかし、隣接する傾斜溝 2 0 のオーバーラップ量 V をこの一番長い砥石円周方向長さよりも大きくすることにより、砥石 1 0 の回転位相に拘らず、少なくとも 1 本の傾斜溝 2 0 が接触面 S を上下方向に貫通するので、研削面 1 5 と工作物 W との間に発生する研削液の動圧を接触面 S の上方及び下方から開放することができる。これにより、仕上げ研削において研削液の供給量を減少させなくても、カムが研削液の動圧によって砥石から離間する方向に変位され、或いは研削液に発生する動圧が変動してカムが砥石から離間する距離が変化することがなくなり、カムの研削加工精度を高めて研削能率を向上することができる。

【 0 0 3 3 】

図 9 は、砥石 1 0 に設けられる第 2 形態の傾斜溝 8 8 を図 4 に対応させて示す図であり、同一構成部材は同一番号を付して詳細な説明は省略する。砥石 1 0 の砥石チップ 1 1 の内周面 1 8 には、砥石円周方向に対して所定の傾斜角度 だけ傾斜した複数の傾斜溝 8 8 が、下地層 1 3 の底面から砥粒層 1 2 の内部に至るまでの深さ（図 5 に示す傾斜溝 2 0 と同一の h）で砥石周方向と平行な下地層 1 3 及び砥粒層 1 2 の両側面 2 1, 2 2 を突き抜けて下地層 1 3 及び砥粒層 1 2 に刻設されている。以上の点は図 4 等に示す第 1 形態の傾斜溝 2 0 と同一であるが、以下の点で異なるものとなっている。

【 0 0 3 4 】

傾斜溝 8 8 は、砥粒層 1 2 の外周面と工作物 W との接触面 S 内であって、砥粒層 1 2 を円周上の任意の位置で砥石軸と平行に、且つ、砥石径の方向に切断したときの当該切断線 C L 上に存在する傾斜溝 8 8 の幅 w 1, w 2 の和が常に等しくなるように、つまり、1 つの傾斜溝 8 8 の幅  $w_0 = w_1 + w_2$  となるように所定のピッチ P a で等間隔に刻設されている。尚、切断線 C L 上に存在する傾斜溝 8 8 の幅は、接触面 S 内に存在する傾斜溝 8 8

の面積に置き換えて定義しても良い。

即ち、傾斜溝 88 は、接触面 S の砥石円周方向に平行な一方の縁 S a と砥石軸線方向と平行な一方の縁 S f との交点 x a に、一の傾斜溝 88 の一方の縁部 88 a が位置したとき、砥石円周方向に平行な他方の縁 S b と砥石軸線方向と平行な一方の縁 S f との交点 x b に、一の傾斜溝 88 と隣接する傾斜溝 88 の一方の縁部 88 a が位置するように刻設されている。

【 0 0 3 5 】

ここで、傾斜溝 88 による研削液に発生する動圧の低減効果は傾斜溝 88 の幅  $w_0$  ( $= w_1 + w_2$ ) に比例する。よって、上述したように砥粒層 12 の外周面の全周にわたって傾斜溝 88 の幅  $w_0$  ( $= w_1 + w_2$ ) が一定となるように傾斜溝 88 を刻設することにより、砥粒層 12 の外周面全周にわたって動圧低減効果も一定とすることができる。この結果、工作物 W に対しむらのない研削加工が可能となる。更に、接触面 S に上方から供給された研削液が接触面 S を貫通する傾斜溝 88 を通って上方及び下方から流出し、砥粒層 12 の外周面と工作物 W との間に発生する研削液の動圧を開放することができる。これにより、工作物 W が研削液の動圧によって砥石 10 から離間する方向に変位され、或いは研削液に発生する動圧が変動して工作物 W が砥石 10 から離間する距離が変化することがなくなり、研削された工作物 W の研削加工精度を高めることができる。

【 0 0 3 6 】

図 10 は、砥石 10 に設けられる第 3 形態の傾斜溝 88, 89 を図 9 に対応させて示す図であり、同一構成部材は同一番号を付して詳細な説明は省略する。砥石 10 の砥石チップ 11 の内周面 18 には、図 9 に示す一の傾斜溝 88 と隣接する傾斜溝 88 との中央部分に同様の傾斜溝 89、即ち砥石円周方向に対して所定の傾斜角度だけ傾斜した複数の傾斜溝 89 が、下地層 13 の底面から砥粒層 12 の内部に至るまでの深さ（図 5 に示す傾斜溝 86 と同一の  $h$ ）で砥石周方向と平行な下地層 13 及び砥粒層 12 の両側面 21, 22 を突き抜けて下地層 13 及び砥粒層 12 に刻設されている。即ち、傾斜溝 88 と隣接する傾斜溝 89 とはピッチ  $P_a / 2$  で等間隔に刻設されることになる。

【 0 0 3 7 】

この傾斜溝 89 を追加することにより、砥石 10 の砥石チップ 11 の内周面 18 には、砥粒層 12 の外周面と工作物 W との接触面 S 内であって、砥粒層 12 を円周上の任意の位置で砥石軸と平行に、且つ、砥石径の方向に切断したときの当該切断線 C L 上に存在する傾斜溝 88 の幅  $w_0$  と傾斜溝 89 の幅  $w_1, w_2$  の和が常に等しくなるように、つまり、1 つの傾斜溝 88 の幅  $w_0$  と 1 つの傾斜溝 89 の幅  $w_0$  の和となるように刻設されることになる。尚、切断線 C L 上に存在する傾斜溝 88 と傾斜溝 89 の幅は、接触面 S 内に存在する傾斜溝 88 と傾斜溝 89 の面積に置き換えて定義しても良い。

【 0 0 3 8 】

このように砥粒層 12 の外周面の全周にわたって傾斜溝 88, 89 の幅  $2w_0$  ( $= w_0 + w_1 + w_2$ ) が一定となるように傾斜溝 88, 89 を刻設することにより、砥粒層 12 の外周面全周にわたって動圧低減効果も一定とすることができる。この結果、工作物 W に対しむらのない研削加工が可能となる。更に、接触面 S に上方から供給された研削液が接触面 S を貫通する傾斜溝 88 及び傾斜溝 89 を通って上方及び下方から流出するので流出量を増加させることができ、砥粒層 12 の外周面と工作物 W との間に発生する研削液の動圧を更に効率良く開放することができる。これにより、工作物 W が研削液の動圧によって砥石 10 から離間する方向に変位され、或いは研削液に発生する動圧が変動して工作物 W が砥石 10 から離間する距離が変化することがなくなり、研削された工作物 W の研削加工精度を高めることができる。尚、追加する傾斜溝 89 の幅は元の傾斜溝 88 の幅と変更しても良い。また、追加する傾斜溝 89 は 2 本以上でも良い。その場合に追加する傾斜溝 89 は、上記効果を奏するように同一幅、同一傾斜角度、同一ピッチで刻設する。尚、図 9, 10 の例では、図 4 の例で説明した  $L < V$  の関係を満たさなくても構わない。つまり、溝幅の合計さえ均一であれば良い。

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

50

上述した図4、図9及び図10に示す傾斜溝20, 88, 89では、図9又は図10に示す傾斜溝88, 89が砥粒層12の外周面全周にわたって動圧低減効果を一定として工作物Wに対しむらのない研削加工が可能であるとともに、砥粒層12の外周面と工作物Wとの間に発生する研削液の動圧を効率良く開放し、研削された工作物Wの研削加工精度を高めることができるので最も好ましく、次に図4に示す傾斜溝20が砥粒層12の外周面と工作物Wとの間に発生する研削液の動圧を効率良く開放し、研削された工作物Wの研削加工精度を高めることができるので好ましい。ただし、これらの形状の傾斜溝20, 88, 89に限定されるものではなく、砥石10の砥石チップ11の内周面18に単に傾斜溝を刻設するのみであっても砥粒層12の外周面と工作物Wとの間に発生する研削液の動圧を効率良く開放し、研削された工作物Wの研削加工精度を高めることができる。

10

#### 【0040】

上述した実施形態の砥石10では溝幅（溝面積）が一定の傾斜溝20を複数刻設したが、図11（図5と同一構成部材は同一番号を付す）に示すように砥石チップ11の内周面側から外周面側に向かって溝幅（溝面積）が徐々に縮小する第4形態の傾斜溝28、例えば砥石10の径方向断面がV字状断面の傾斜溝28を複数刻設しても良い。このような構成によれば、砥粒層12の厚さが薄くなるに従って溝幅（溝面積）を増加させることができる。よって、気孔が徐々に目詰まりを起こして研削液に生じる動圧が上昇しだすと、かかる動圧を必要最小限の溝幅（溝面積）の傾斜溝28で開放することができるので、高精度な研削加工を行うことができる。そして、研削加工に作用する砥粒体積（砥粒数）は徐々に減少することになるので砥石寿命を長寿化させることができる。尚、溝幅（溝面積）が徐々に縮小する傾斜溝であればV字状断面に限定されるものではなく、例えば半円状断面等であっても良い。

20

#### 【0041】

また、上述した実施形態の砥石10では砥石チップ11の内周面側からの溝深さが一定の傾斜溝20を複数刻設したが、図12（図5と同一構成部材は同一番号を付す）に示すように溝深さが異なる（ $a > b > c$ ）第5形態の傾斜溝25, 26, 27を夫々複数刻設しても良い。このような構成によれば、砥粒層12が摩耗して砥粒層12の厚さが薄くなるに従って溝深さが最も深い傾斜溝25から次の溝深さの傾斜溝26、更に次の溝深さの傾斜溝27へと順次出現させることができる。よって、気孔が徐々に目詰まりを起こして研削液に生じる動圧が上昇しだすと、かかる動圧を必要最小限の数の傾斜溝25, 26, 27で開放することができるので、高精度な研削加工を行うことができる。そして、研削加工に作用する砥粒体積（砥粒数）は徐々に減少することになるので砥石寿命を長寿化させることができる。尚、3つの異なる溝深さの傾斜溝に限定されるものではなく、任意数の異なる溝深さの傾斜溝を刻設しても良い。

30

#### 【0042】

尚、上記実施の形態では、工作物Wの幅が砥石10の幅より小さい場合であり、接触面Sの軸線方向長さが工作物Wの幅Aと等しいとして傾斜溝20の諸元を求めているが、工作物Wの幅が砥石10の幅Aより大きい場合は、接触面Sの軸線方向長さが砥石の幅と等しいとして傾斜溝20の諸元を求める。

#### 【0043】

また、上記実施の形態では、接触面Sの砥石円周方向長さLは、砥石10の外周円と工作物Wの外周円とが交差する交点を結ぶ線分の長さで近似しているが、砥石10が工作物Wに切込み量tだけ切り込まれた状態で工作物Wが回転駆動されるとき、実際の接触面Sの砥石円周方向長さは、図7(a)に示すように、砥石10の工作物Wへの切込みによって厳密には $L_s$ になるので、接触面Sの砥石円周方向長さを、 $L_s < L = A / t \tan P$ となるようにしてもよい。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0044】

【図1】本発明の実施の形態を示すセグメントタイプの砥石チップからなる砥石の全体図である。

50

【図2】砥石チップを示す図である。

【図3】傾斜溝入り砥石を装着した研削盤で工作物を研削する状態を示す図である。

【図4】砥石の研削面を展開して示した図である。

【図5】砥粒層に第1形態の傾斜溝が刻設された状態を示す図である。

【図6】研削溝のオーバーラップ量と、傾斜角度と、円周方向ピッチPと、接触面Sの軸線方向長さAとの関係を示す図である。

【図7】接触面の円周方向長さを示す図である。

【図8】砥石とカムの側面部分との接触面を示す図である。

【図9】砥粒層に第2形態の傾斜溝が刻設された状態を示す図である。

【図10】砥粒層に第3形態の傾斜溝が刻設された状態を示す図である。

【図11】砥粒層に溝幅（溝面積）が徐々に縮小する第4形態の傾斜溝が刻設された状態を示す図である。

【図12】砥粒層に溝深さが異なる第5形態の傾斜溝が刻設された状態を示す図である。

【符号の説明】

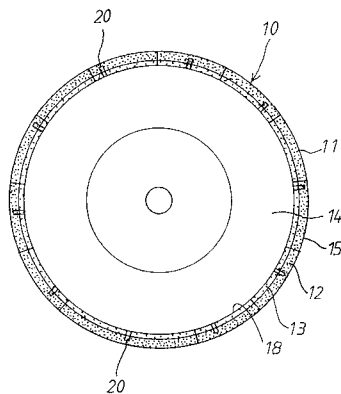
【0045】

10・・・砥石、11・・・砥石チップ、12・・・砥粒層、13・・・下地層、14・・・コア、15・・・研削面、16・・・超砥粒、17・・・ビトリファイドボンド、18・・・内周面、20, 25, 26, 27, 28, 88, 89・・・傾斜溝、21, 22・・・側面、23, 24・・・延長線、30・・・研削盤、31・・・砥石台、32・・・砥石軸、33・・・工作物支持装置、35・・・クーラントノズル、S・・・接触面、W・・・工作物、W1・・・リフト部、 $\alpha$ ・・・傾斜角度、L・・・円周方向長さ、P・・・円周方向ピッチ（間隔）。

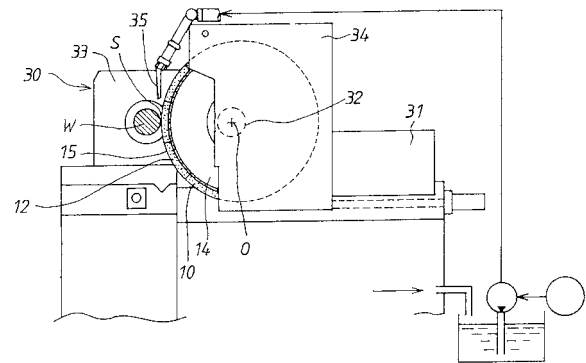
10

20

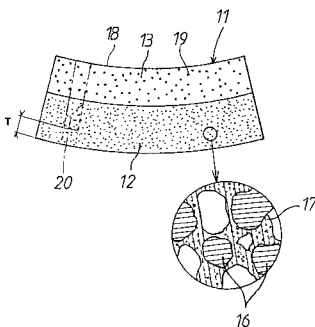
【図1】



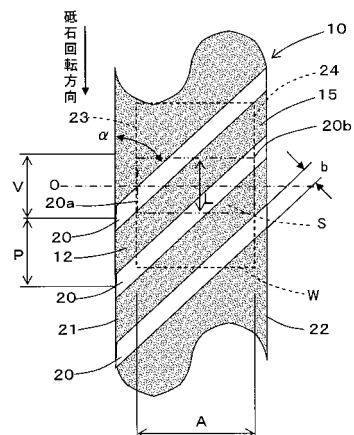
【図3】



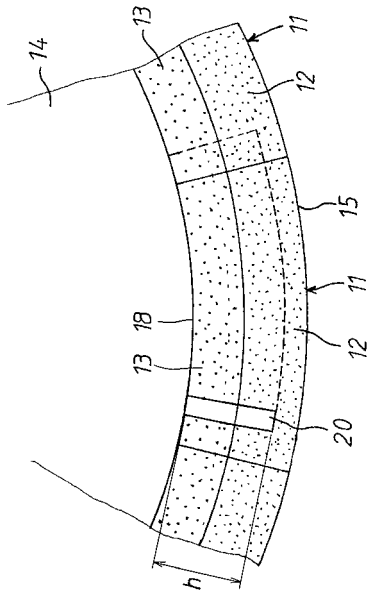
【図2】



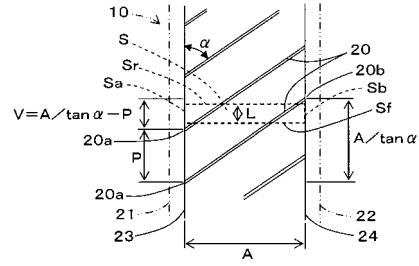
【図4】



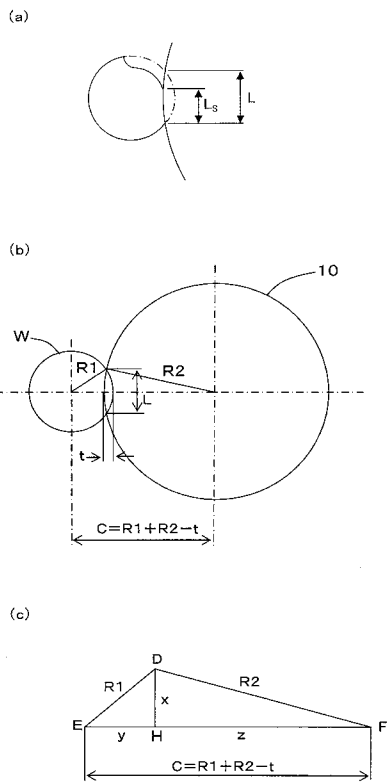
【図5】



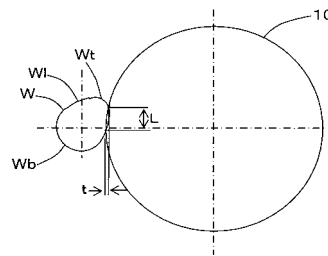
【図6】



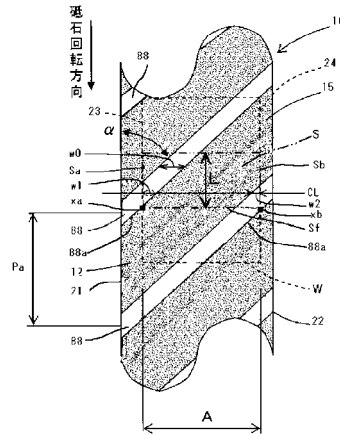
【図7】



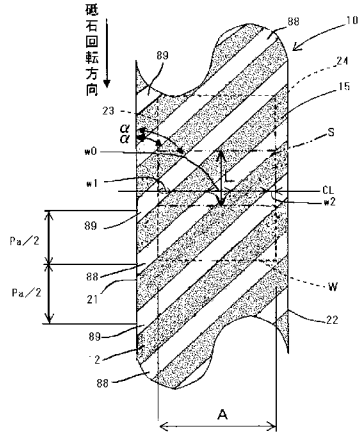
【図8】



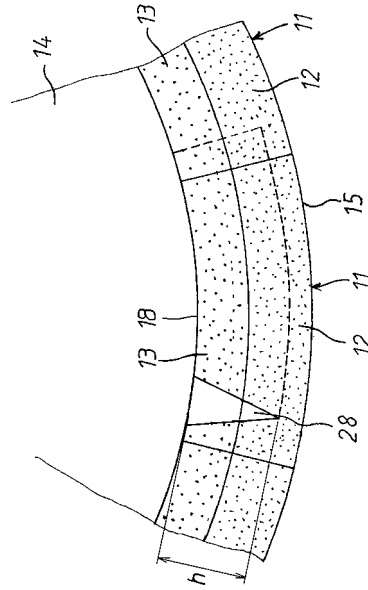
【図9】



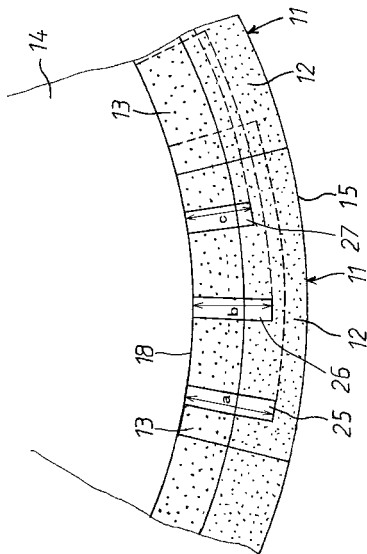
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

審査官 橋本 卓行

- (56)参考文献 特開平11-99478(JP,A)  
実開昭62-172560(JP,U)  
特開2002-66931(JP,A)  
特表2006-513884(JP,A)  
特開2000-354969(JP,A)  
実開平4-42362(JP,U)  
特開2007-118130(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24D 5/00  
B24D 5/06  
B24D 5/10  
B24D 5/12