(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3639227号
(P3639227)
(45)発行日　平成17年4月20日(2005.4.20)　(24)登録日　平成17年1月21日(2005.1.21)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
B23B 51/00	B23B 51/00	S
B28D 5/02	B23B 51/00	J
	B28D 5/02	Z

請求項の数 14　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2001-212339(P2001-212339)
(22)出願日　平成13年7月12日(2001.7.12)
(65)公開番号　特開2003-25128(P2003-25128A)
(43)公開日　平成15年1月29日(2003.1.29)
審査請求日　平成13年7月12日(2001.7.12)

(73)特許権者　596091392
三菱マテリアル神戸ツールズ株式会社
兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９－１
(74)代理人　100064908
弁理士　志賀　正武
(74)代理人　100108578
弁理士　高橋　詔男
(74)代理人　100089037
弁理士　渡邊　隆
(74)代理人　100101465
弁理士　青山　正和
(74)代理人　100094400
弁理士　鈴木　三義

最終頁に続く

(54)【発明の名称】脆性材料用穴明け工具

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう４つの先端面が形成されていて、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つが上記交点から延びる切刃とされるとともに、少なくともこの切刃部分が硬質炭素皮膜によって被覆され、さらに上記交差稜線が周方向に不等間隔に配設されるとともに、上記軸線方向先端視に上記交点を挟んで反対側に位置する一対の上記先端面同士がなす扇形の中心角は互いに等しくされていることを特徴とする脆性材料用穴明け工具。

【請求項２】

脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう３つ以上の先端面が形成されていて、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つが上記交点から延びる切刃とされるとともに、少なくともこの切刃部分が硬質炭素皮膜によって被覆され、さらに少なくとも一部の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角が、他の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角と異なる角度に設定されていることを特徴とする脆性材料用穴明け工具。

【請求項３】

脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう３つ以上の先端面が形成されていて、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つが上記交点から延びる切刃とされるとともに、少なくともこの切刃部分が硬質炭素皮膜によって被覆され、さらに上記交差稜線が周方向に不等間隔に配設されるとともに、少なくとも一部の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角が、他の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角と異なる角度に設定されていることを特徴とする脆性材料用穴明け工具。

【請求項４】

上記硬質炭素皮膜が、ダイヤモンド皮膜またはＤＬＣ皮膜であることを特徴とする請求項１ないし請求項３のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。

【請求項５】

脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう４つの先端面が形成されていて、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つが上記交点から延びる切刃とされるとともに、少なくともこの切刃部分が硬質炭素体により形成されており、さらに上記交差稜線が周方向に不等間隔に配設されるとともに、上記軸線方向先端視に上記交点を挟んで反対側に位置する一対の上記先端面同士がなす扇形の中心角は互いに等しくされていることを特徴とする脆性材料用穴明け工具。

【請求項６】

脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう３つ以上の先端面が形成されていて、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つが上記交点から延びる切刃とされるとともに、少なくともこの切刃部分が硬質炭素体により形成されており、さらに少なくとも一部の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角が、他の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角と異なる角度に設定されていることを特徴とする脆性材料用穴明け工具。

【請求項７】

脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう３つ以上の先端面が形成されていて、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つが上記交点から延びる切刃とされるとともに、少なくともこの切刃部分が硬質炭素体により形成されており、さらに上記交差稜線が周方向に不等間隔に配設されているとともに、少なくとも一部の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角が、他の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角と異なる角度に設定されていることを特徴とする脆性材料用穴明け工具。

【請求項８】

上記硬質炭素体が、ダイヤモンド焼結体またはダイヤモンド単結晶によって形成されていることを特徴とする請求項５ないし請求項７のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。

【請求項９】

上記切刃とされる交差稜線に交差して隣接する一対の上記先端面のうち、上記工具本体の回転方向側に位置する先端面が上記軸線と切刃とを含む平面に対してなす角度が、上記工具本体の回転方向後方側に位置する先端面がこの平面に対してなす角度よりも小さく設定されていることを特徴とする請求項１ないし請求項８のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。

【請求項１０】

少なくとも上記切刃とされる交差稜線が直線状とされていることを特徴とする請求項１ないし請求項９のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。
【請求項１１】
少なくとも上記切刃とされる交差稜線が、上記軸線方向の先端側に膨らむ凸曲線状をなしていることを特徴とする請求項１ないし請求項９のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。
【請求項１２】
上記切刃とされる交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角が４５～８７．５°の範囲に設定されていることを特徴とする請求項１ないし請求項１１のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。
【請求項１３】
上記工具本体の先端部外周には、上記先端面に開口して後端側に延びる１条以上の切粉排出溝が形成されていることを特徴とする請求項１ないし請求項１２のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。
【請求項１４】
上記工具本体の先端部における芯厚が、上記切刃の外径Ｄに対して０．５Ｄ以上に設定されていることを特徴とする請求項１ないし請求項１３のいずれかに記載の脆性材料用穴明け工具。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、シリコンや各種セラミックス、ガラス、あるいは炭化タングステン（ＷＣ）などの超硬合金材を含む高硬度な脆性材料に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
例えば半導体装置の製造装置に用いられるシャワーヘッドを製造する場合などにおいて、単結晶シリコン等の脆性材料に穴明け加工を施す際には、従来より専らレーザー加工によることが多かったが、このようなレーザー加工は、加工に要するレーザー加工装置が高価であるとともにランニングコストも高く、不経済であるという問題がある。そこで、本発明の発明者らは、このような脆性材料に対しても、通常の金属材料の穴明け加工と同じように、軸線回りに回転される工具本体の先端部に切刃が所定の先端角を持って形成されたドリル状の穴明け工具を用いて穴明け加工を行うことができないか試みた。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
ところが、このような穴明け工具によって上記脆性材料に穴明け加工を施そうとした場合、かかる材料は脆性であるが故に、一般的な鋼材等の金属材料に穴明け加工を行う場合に比べてひびやクラック等がきわめて生じ易く、特にこのようなひびやクラックは、工具本体先端の上記軸線上に位置する切刃の先端角を持った突端が加工物に食い付く際に発生し易い。これは、この軸線上では工具本体の回転速度が０となるために、上記切刃の突端が１点で加工物に押し付けられるように接触することとなり、これによって該加工物に過大な負荷が作用して亀裂が生じることによるものと考えられる。そして、このような問題は、穴明け加工された脆性材料を上述の半導体装置の製造装置におけるシャワーヘッドに用いる場合のように、加工穴の径が極小さく、従って穴明け工具の切刃の外径も極小さくなって、切刃の突端が極々小さな点で加工物に接触することとなる場合において、特に顕著となる。
【０００４】
そこで、さらに本発明の発明者らは、このような問題を解決するために、先に特願２０００－３３１５０８号において、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端部を、その先端面を上記軸線に直交する平坦面または外周部に対して内周部が後退した凹面とした

りして、上記加工物に面接触または線接触して食い付き可能とするとともに、少なくともこの工具本体の先端面にはダイヤモンドコーティングを施した脆性材料用の穴明け工具を提案している。従って、このような穴明け工具では、工具本体の先端部が加工物に面接触または線接触して食い付き、このとき先端面に施されたダイヤモンドコーティングが微視的なす凹凸の凸部が切刃として作用するとともに凹部がチップポケットとして作用して、あたかも砥石による研削のごとく、しかしながら砥石の砥粒よりも極小さな多くの切刃による切削作用により穴明け加工を施すことが可能となるため、加工物に過大な負荷が作用することがなく、この加工物が脆性材料であってもひびやクラック等の亀裂が生じるのを防ぐことができる。

【０００５】

しかしながら、このような先端面を平坦面あるいは凹面として加工物に面接触あるいは線接触させるようにした穴明け工具では、脆性材料よりなる加工物に対して食い付き時のひびやクラックの発生は確実に防止できるものの、このように食い付きが面接触あるいは線接触であるが故に、工具本体の求心性を確保することは容易ではない。すなわち、このような穴明け工具では、食い付き時に、平坦面とされた上記先端面が満遍なく全面的に加工物に接触したり、あるいは凹面とされた先端面の外周縁がやはり満遍なく全周に亙って一度に加工物に接触したりしなければ、工具本体に振れが生じるおそれがあって、これにより加工穴の直進度や真円度などの精度の向上を図ることが難しいという新たな問題が生じることが分かった。

【０００６】

本発明は、このような背景の下になされたもので、上述のような脆性材料よりなる加工物に穴明け工具によって穴明け加工を行う場合において、特に加工穴の径が極小さな場合であっても、加工物にひびやクラックが生じるのを防ぐのは勿論、求心性を確保して高精度の加工穴を形成することが可能な脆性材料用穴明け工具を提供することを目的としている。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決して、このような目的を達成するために、本発明は、脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う脆性材料用穴明け工具であって、軸線回りに回転される円柱軸状の工具本体の先端に、上記軸線上に位置する１つの交点において互いに交差し、かつこの交点から外周側に向かうに従い後端側に向かう３つ以上の先端面を形成して、周方向に隣接する上記先端面同士の交差稜線のうち少なくとも２つを上記交点から延びる切刃とするとともに、少なくともこの切刃部分を硬質炭素皮膜によって被覆し、あるいは少なくともこの切刃部分を硬質炭素体によって形成したことを特徴とする。

【０００８】

ここで、上記切刃部分を被覆する硬質炭素皮膜は、例えばダイヤモンド皮膜やＤＬＣ皮膜であり、上述した先の提案の穴明け工具と同様に、このような皮膜が微視的になす凹凸の凸部によって切削が行われるとともに凹部がチップポケットとして作用し、脆性材料に穴明けを行う。また、切刃部分を形成する硬質炭素体としてはダイヤモンド焼結体やダイヤモンド単結晶を用いることができ、やはり同様の効果を得ることができる。そして、この切刃部分は、工具本体先端に形成された３つ以上の先端面の交差稜線であって、これらの先端面が交差する軸線上の交点から延びるように形成されているので、この交点がまず加工物に食い付くことにより求心性が得られて工具本体の振れが防止される。なお、切刃が上記交差稜線のうちの１つであって、すなわち工具本体に１条の切刃しか形成されていないと、この切刃への負荷が大きく、また穴明け時の工具本体の安定性が損なわれることとなる。一方、この交点が食い付く際の負荷による脆性材料のひびやクラックは、切削が上述のように硬質炭素皮膜の微細な凹凸の凸部によるものであるために工具本体の送りが極小さくなることにより、防止することができる。また、例えばこのような微小な送りのステップフィード加工を行うことによっても、ひびやクラック等の亀裂の発生を回避することができる。

【０００９】

そして、さらに本発明では、第１に、上記先端面を４つとしてこれらの先端面同士が交差して形成される上記交差稜線を周方向に不等間隔となるように配設するとともに、上記軸線方向先端視に上記交点を挟んで反対側に位置する一対の上記先端面同士がなす扇形の中心角は互いに等しくすることにより、切刃とされる交差稜線の工具回転方向側に位置する先端面を周方向に大きくすることができ、従ってこの先端面と加工穴の穴底との間に画成される空間を切刃の工具回転方向側に大きく確保することができるので、切刃によって生成された切粉をこの空間に収容して円滑に処理することができる。また、第２に、少なくとも一部の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角を、他の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角と異なる角度に設定することにより、交差角の大きい交差稜線だけが切刃として作用することとなって、周方向に隣接するこの切刃間の先端面と加工穴の穴底との間にやはり大きな空間を確保することができ、同様に円滑な切粉処理を図ることが可能となる。さらに、第３に、上記交差稜線を周方向に不等間隔に配設するとともに、少なくとも一部の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角を、他の上記交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角と異なる角度に設定すれば、一層確実に円滑な切粉処理を図ることができる。さらにまた、このように交差稜線を不等間隔に配設したり、交差角を異なる角度としたりすることにより、上記切刃とされる交差稜線に交差して隣接する一対の上記先端面のうち、上記工具本体の回転方向側に位置する先端面が上記軸線と切刃とを含む平面に対してなす角度を、上記工具本体の回転方向後方側に位置する先端面がこの平面に対してなす角度よりも小さく設定することができ、従って切刃の軸方向すくい角を正角側に大きくして良好な切れ味を得ることができるとともに、逃げ角が小さくなることによって刃先角を大きくして切刃強度を確保することができる。

【００１０】

なお、少なくとも上記切刃とされる交差稜線は、これを直線状とすることにより、上記交点における切刃の加工物への食い付きを鋭くしてより高い求心性を得ることができる一方、これを上記軸線方向の先端側に膨らむ凸曲線状をなすようにすれば、上記交点から切刃が徐々に加工物に食い付くこととなるので、加工物に亀裂が生じるのを一層確実に防止できるとともに、この食い付きの際の衝撃的な負荷によって切刃にチッピングが生じたりするのも防止することができる。ただし、このように切刃を直線状または凸曲線状とした場合でも、この切刃とされる交差稜線が上記交点において上記軸線となす交差角は４５～８７．５°の範囲に設定されるのが望ましく、これよりも小さいと求心性は得られるものの食い付きが鋭くなりすぎて亀裂やチッピングの発生が回避できなくなるおそれがあり、逆にこれよりも大きいと十分な求心性が得られなくなるおそれが生じる。また、上記工具本体の先端部外周に、上記先端面に開口して後端側に延びる１条以上の切粉排出溝を形成すれば、上記切刃によって生成された切粉を円滑に排出することができて、切粉の噛み込みによる加工精度の劣化を防止したりすることができる。ただし、このように切粉排出溝を形成したりした場合においても工具本体の剛性を確保して折損等を防止するには、上記工具本体の先端部における芯厚を、上記切刃の外径Ｄに対して０．５Ｄ以上に設定するのが望ましく、さらにこのような切屑排出性と工具の剛性とを一層確実に両立させるために、上記芯厚を０．６Ｄ～０．９Ｄの範囲に設定することがより望ましい。

【００１１】

【発明の実施の形態】

図１ないし図５は、本発明の第１の実施形態を示すものである。本実施形態において工具本体１は、超硬合金等の硬質材料により一体に形成されて、加工物に挿入されて穴明け加工を施す先端部２が、工作機械の主軸に把持されてシャンク部とされる後端部３に対して一段縮径した軸線Ｏを中心とする多段円柱軸状をなしており、両端部２，３の間の部分は先端側に向けて漸次縮径するテーパ部４によって結ばれている。そして、本実施形態では上記先端部２の先端に、上記軸線Ｏ上の１の交点Ｐにおいて交差し、かつこの交点Ｐから外周側に向かうに従い後端側に向けて傾斜する平面状の４つの先端面５…が形成されてお

り、従ってこの工具本体１においては上記交点Ｐの位置が最も先端側に突出させられるとともに、上記先端面５同士が互いに交差する４条の交差稜線６…が、この交点Ｐから外周側に向けて後端側に直線状に後退するように、かつ軸線Ｏ方向先端視に該交点Ｐから放射状に延びるように形成されることとなる。

【００１２】

ここで、本実施形態では上記４つの先端面５…は、これらの先端面５…が軸線Ｏ方向先端視においてなす扇形の中心角が異なるものとされ、これにより周方向に隣接する先端面５…同士の４条の交差稜線６…が、周方向に異なる間隔で配設されている。ただし、本実施形態では、上記４つの先端面５…のうち軸線Ｏ方向先端視に交点Ｐを挟んで反対側に位置する一対の先端面５，５同士がなす扇形の中心角は互いに等しくされ、従って上記交差稜線６…も、交点Ｐを挟んで反対側に位置する一対の交差稜線６，６同士は、それぞれ軸線Ｏ方向先端視に図３に示すように１直線上に延びるように形成されることとなって、軸線Ｏに対し線対称に配置されている。

【００１３】

また、本実施形態では、これらの４条の交差稜線６…が、軸線Ｏに対し交点Ｐにおいて互いに等しい交差角θで交差するようにされている。そして、本実施形態では、これら先端面５…およびその交差稜線６…や交点Ｐを含めた上記先端部２の表面全体が、図中に打点をつけて示したようにダイヤモンド被膜またはＤＬＣ被膜よりなる硬質炭素皮膜７によって被覆されている。従って、このように構成された穴明け工具では、工具本体１先端の上記４条の交差稜線６…が軸線Ｏ回りになす回転軌跡が互いに一致して、上記交点Ｐを頂点とする一つの円錐面を形成することとなり、従ってこれら４条の交差稜線６…すべてが交点Ｐから延びる切刃８として作用することとなり、かつこれらの切刃８…には交点Ｐも含めて上記硬質炭素皮膜７が被覆されることとなる。

【００１４】

ここで、本実施形態の穴明け工具は、上述したように半導体装置の製造装置に用いられるシャワーヘッドを製造する場合などにおいて、単結晶シリコン等の脆性材料に極小径の加工穴を形成するためのものであり、従って該脆性材料に穴明け加工を施す上記円柱軸状の先端部２の外径Ｄも極小さく、０．２～３ｍｍ程度とされるとともに、この先端部２の長さＬも１～１０ｍｍ程度とされている。また、この先端部２の表面に施される硬質炭素皮膜７は、例えばこれがダイヤモンド皮膜である場合には、超硬合金よりなる工具本体１の先端部２に、マイクロ波プラズマＣＶＤ法や熱フィラメントＣＶＤ法などの手法によって形成されるものであって、このときの原料ガスとしては水素とメタンやＣＯなどの混合ガスが用いられ、また処理温度としては約８００～９００℃が一般的であり、皮膜厚さは５～２５μｍ程度とされるとともに、形成されるダイヤモンド粒子等の硬質炭素粒子の粒径は０．１～１０μｍ程度とされる。

【００１５】

このように構成された本実施形態の穴明け工具は、上述のように工具本体１の後端部３が工作機械の主軸に把持されて、軸線Ｏ回りに回転されつつ該軸線Ｏ方向先端側に送り出され、単結晶シリコン等の脆性材料よりなる加工物に穴明け加工を行う。ただし、このときの工具本体１の軸線Ｏ方向先端側への送り量は、例えば０．０２５～０．１５μｍ／ｒｅｖと極小さく設定され、より望ましくは工具本体１の送りと後退とを繰り返しながら徐々に加工物に切り込むステップフィード加工が行われる。また、この穴明け加工時には、加工物の穴明け部位に切削油を供給するのが望ましい。

【００１６】

従って、上記構成の穴明け加工では、まず上述のように上記交点Ｐが工具本体１において最も先端側に突出させられているため、この交点Ｐが最初に加工物に食い付くこととなり、次いでこの交点Ｐから延びる切刃８…が内周側から加工物に切り込まれていって、上記交点Ｐからこれら切刃８…部分に被覆された硬質炭素皮膜７の微細な凹凸によって加工物が削り取られて切削され、加工穴が形成される。そして、このように加工物に最初に食い付く上記交点Ｐが工具本体１の回転中心となる軸線Ｏ上に位置していることから、この食

い付き時や穴明け加工中に工具本体１に径方向の振れが生じるのを防いで高い求心性を得ることができ、このため形成された加工穴の直進度や真円度を向上させることができて、高精度の穴明け加工を図ることができる。その一方で、この交点Ｐが１点で加工物に食い付くことによって加工物に集中する負荷は、上述のように工具本体１の送りを極小さくしたり、ステップフィード加工を行ったりすることにより緩和され、従ってこのような負荷によって脆性材料よりなる加工物にひびやクラック等の亀裂が食い付き時に発生するのを防ぐことができる。

【００１７】

そして、さらにこの第１の実施形態では、上述のように工具本体１先端の切刃８とされる交差稜線６…が工具本体１の周方向に不等間隔となるように配設されており、このため穴明け加工時に工具本体１をその周方向のいずれの側に回転させるにしても、周方向の間隔が小さくされた切刃８，８のうち工具回転方向Ｔ側に位置する切刃８の該工具回転方向Ｔ側には、中心角が大きくされた先端面５が配設されることとなる。従って、この中心角が大きくされた先端面５と、切刃８の軸線Ｏ回りの回転軌跡がなす上記交点Ｐを頂点とした円錐面、すなわち穴明け加工中に切刃８によって形成される加工穴の穴底との間には、上記切刃８の工具回転方向Ｔ側に大きな空間が確保されることとなるので、本実施形態によれば、切刃８に被覆された硬質炭素皮膜７の微細な凹凸によって加工物が削り取られて生成された切粉を、この大きな空間に収容して排出することができ、このような切粉が加工穴と工具本体１との間に噛み込まれたり穴底と先端面５…との間で詰まりを生じたりするのを防いで円滑な切粉処理を図るとともに、上述のように切削油を供給する場合には、この空間に切削油を保持して効率的に切刃８や加工穴の上記穴底に供給することが可能となる。

【００１８】

一方、この第１の実施形態のように交差稜線６…の軸線Ｏに対する交差角θを互いに等しくしてすべての交差稜線部６…を切刃８として作用させるのに代えて、図６ないし図９に示す第２の実施形態のように、上記４つの交差稜線６…のうち交点Ｐを挟んで反対側に位置する一対の交差稜線６ａ，６ａの軸線Ｏに対する交差角αを、他の交点Ｐを挟んで反対側に位置する一対の交差稜線６ｂ，６ｂの軸線Ｏに対する交差角βよりも大きくして、一部の交差稜線６ａの交差角αを他の交差稜線６ｂの交差角βと異なる角度としてもよい。なお、この第２の実施形態を初め、後述する以降の実施形態では、互いに共通する構成要素には同一の符号を配して説明を省略する。また、この第２の実施形態では、交差稜線６…の周方向の間隔は互いに等しくされている。

【００１９】

このような第２の実施形態では、工具本体１の送りを上述のように極小さくした場合、大きな交差角αとされた交差稜線６ａ，６ａが、軸線Ｏ回りの回転軌跡において図９に鎖線で示すように小さな交差角βの交差稜線６ｂ，６ｂよりも先端側に位置することとなって、これらの交差稜線６ａ，６ａだけが切刃８として作用することになり、これに対して交差稜線６ｂ，６ｂの特に外周側の部分は、交差稜線６ａ，６ａよりも後端側に位置して切削に関与せず、このため工具本体１の周方向において切刃８とされる上記交差稜線６ａ，６ａの間には、やはりこの切刃８が軸線Ｏ回りになす回転軌跡すなわち穴明け中の加工穴の穴底に対して後退した空間が大きく確保されることとなる。従って、この第２の実施形態によっても、切刃８によって生成された切粉をこの空間に収容して排出することが可能となり、第１の実施形態と同様に円滑な切粉処理や切削油の供給を図ることが可能となる。

【００２０】

さらに、図１０ないし図１４は、本発明の第３の実施形態を示すものであって、この第３の実施形態では、上記第１、第２の実施形態の構成を組み合わされており、すなわち第１の実施形態と同様に交差稜線６…は周方向に不等間隔に配設されているとともに、このうち交点Ｐを挟んで反対側に位置する一対の交差稜線６ａ，６ａの軸線Ｏに対する交差角αは、他の交点Ｐを挟んで反対側に位置する一対の交差稜線６ｂ，６ｂの軸線Ｏに対する交

差角βよりも大きくされていて、一部の交差稜線６ａの交差角αを他の交差稜線６ｂの交差角βと異なる角度としている。ただし、この第３の実施形態では、交差稜線６…が不等間隔に配設されることによって周方向の間隔が小さくされた交差稜線６，６のうち、工具回転方向Ｔ側に位置する交差稜線６ａの交差角αが、この交差稜線６ａの工具回転方向Ｔ後方に位置する交差稜線６ｂの交差角βよりも大きくなるようにされていて、この交差稜線６ａが切刃８として作用するようになされている。従って、このような第３の実施形態の穴明け工具によれば、第１の実施形態と同様に上記切刃８の工具回転方向Ｔ側に中心角の大きな先端面５が配設されることと、第２の実施形態と同様に交差稜線６ｂが交差稜線６ａよりも後端側に位置することとにより、該切刃８の工具回転方向Ｔ側に形成される上記空間をより大きく確保することができ、このためこれら第１、第２の実施形態に比べて一層円滑な切屑処理と切削油の供給とを図ることが可能となる。

【００２１】

ところで、この第３の実施形態のように周方向に不等間隔に配設された交差稜線６…のうち一部の交差稜線６ａの交差角αを他の交差稜線６ｂの交差角βと異なる角度とした場合には、切刃８とされる交差稜線６ａに交差して周方向に隣接する一対の先端面５，５が軸線Ｏと該交差稜線６ａとを含む平面Ｑに対してなす角度も互いに異なる角度とすることができ、すなわち図１４に示すように、これら一対の先端面５，５のうち、切刃８の工具回転方向Ｔ側に位置する先端面５ａが上記平面Ｑに対してなす角度γを、工具回転方向Ｔの後方側に位置する先端面５ｂが同平面Ｑに対してなす角度δよりも小さく設定することができる。従って、切刃８となる交差稜線６ａの工具回転方向Ｔ側に連なる先端面５ａ、すなわち該切刃８のすくい面となる先端面５ａについては、そのすくい角を、負角ではあるものの、より正角側に大きな角度として、該切刃８による切れ味の向上を図り、穴明け加工時の抵抗の低減を図ることができる一方、この切刃８となる交差稜線６ａの工具回転方向Ｔ後方側に連なる先端面５ｂ、すなわち該切刃８の逃げ面となる先端面５ｂの傾斜は上記平面Ｑに対して小さくなり、つまり逃げ角が小さくなるため、上述のように軸方向すくい角を大きくしたにも関わらず、切刃８の刃先角は大きく確保することができ、従って切刃８の刃先強度も確保することができ、抵抗が低減されることとも相俟って切刃８にチッピング等が発生するのを防止し、工具寿命の延長を図ることができる。

【００２２】

さらに、上記各実施形態では、工具本体１の先端面５…から先端部２の外周にかけての先端部２の表面全体がダイヤモンド皮膜やＤＬＣ皮膜等の硬質炭素皮膜７が施されており、この工具本体１の先端部２全体の耐摩耗性等の向上を図ることができて工具本体１の損傷を一層確実に防止することができるとともに、こうして硬質炭素皮膜７が施された先端部２の外周が工具本体１の送りに伴い加工穴に挿入されてその内周に摺接させられるので、この先端部２外周の硬質炭素皮膜７の微細な凹凸によっても、上記加工穴の内周をより高い仕上げ面精度に加工することができるという利点も得られる。ただし、本実施形態ではこのように先端部２の表面全体を硬質炭素皮膜７に被覆するようにしているが、加工物に直接的に接して切刃８として切削に関与するのは、専ら上記交点Ｐと先端面５…の交差稜線部６（６ａ）部分であるので、例えば先端部２のうちでも先端側だけを被覆したり、これら交点Ｐや交差稜線６を含めた先端面５…のみを被覆したり、場合によっては先端面５…のうちでも交点Ｐや交差稜線６の切刃８部分のみを被覆したりするようにしてもよい。

【００２３】

また、上記実施形態では、このように少なくとも切刃８部分にダイヤモンド皮膜やＤＬＣ皮膜等の硬質炭素皮膜７を被覆して、その表面の微細な凹凸により脆性材料表面を削り取るようにして切削を行うようにしているが、少なくともこの切刃８部分を、ダイヤモンド焼結体や、あるいはダイヤモンド単結晶のような硬質炭素体によって形成するようにしても、同じような効果を得ることができる。従って、上述のように硬質炭素皮膜７を被覆する代わりに、工具本体１の先端部２全体やその先端側の先端面５…を含んだ部分、あるいはこの先端面５…のうちでも交点Ｐや交差稜線６周辺の少なくとも切刃８を含んだ部分を、このような硬質炭素体を工具本体１にろう付け等によって接合することにより形成する

ようにしてもよい。

【００２４】

一方、上記各実施形態では、上記先端面５…がいずれも平面状とされていて、これにより上記切刃８とされる交差稜線６（６ａ）を含めてすべての交差稜線６…が直線状とされており、従って上記交点Ｐにおける加工物への食い付きを鋭くして、より高い求心性を得ることができ、食い付き時等の工具本体１の振れを確実に防ぐことができるという利点を得ているが、このように切刃８を直線状とするのに代えて、図１５ないし図１７に示す第４の実施形態のように、先端面５…を交点Ｐから外周側に向かうに従い工具本体１の軸線Ｏ方向先端側（先端外周側）に凸となるように膨らんで湾曲する凸曲面に形成するなどして、少なくとも切刃８とされる上記交差稜線６…も軸線Ｏ方向先端側に膨らむ凸曲線状をなすようにしてもよい。なお、この第４の実施形態から以降の第６の実施形態までは、上記第３の実施形態と同様に先端面５…の交差稜線６…が周方向に不等間隔とされるとともに、周方向の間隔が小さくされた交差稜線部６，６のうち、工具回転方向Ｔ側に位置する交差稜線６ａの軸線Ｏに対する交差角αが、工具回転方向Ｔ後方側に交差稜線６ｂの交差角αよりも大きくされて、該交差稜線６ａが切刃８とされている。ただし、交差稜線６が凸曲線とされたこの第４の実施形態では、交差角α，βは、交点Ｐにおける交差稜線６の接線と軸線Ｏとの交差角とされている。

【００２５】

従って、このように切刃８が凸曲線とされた第４の実施形態においても、上記交点Ｐが加工物に食い付いて穴明けが行われるため、この食い付き時や穴明け加工中の求心性を確保することができ、工具本体１の振れを抑えて加工精度の劣化を防止することができる。しかも、このように切刃８を凸曲線状とすることにより、切刃８は交点Ｐから外周側に向けて徐々に加工物に食い付いてゆくことになるので、この食い付きの際に負荷が加工物に急激に作用するのを抑えて亀裂の発生をより確実に防止することができる一方、穴明け工具側においても切刃８の強度を向上させることができるため、食い付き時の衝撃的負荷によって切刃８の特に交点Ｐ周辺にチッピングが生じたりするのを防ぐことができ、工具寿命の一層の延長を図ることができる。

【００２６】

なお、このように切刃８を凸曲線状とした場合も含めて、少なくともこの切刃８として作用する上記交差稜線６（６ａ）が軸線Ｏに対してなす交差角θ，αは４５～８７．５°の範囲に設定されるのが望ましく、すなわち上記各実施形態のように交点Ｐを間にして一対の切刃８，８が軸線Ｏ方向先端視に１直線状に形成される場合には、これらの切刃８，８がなす交差角が交差角θ，αの２倍の９０～１７５°の範囲となるように設定されるのが望ましい。これは、この切刃８が軸線Ｏに対してなす交差角θ，αが上記範囲を下回るほど小さいと、交点Ｐにおいて切刃８が加工物に食い付く際の食い付きが鋭くなりすぎ、求心性は高まるものの加工物の亀裂の発生や工具本体１の交点Ｐ付近におけるチッピングが防止できなくなるおそれがあり、逆にこの交差角θ，αが上記範囲よりも大きいと、このような亀裂やチッピングは効果的に防止できるが、十分な求心性が得られなくなって加工穴の精度の劣化を招くおそれがある。言い換えれば、本実施形態では、上記切刃８の交差角θ，αを上記範囲とすることにより、亀裂やチッピングを確実に防止しつつも、十分な求心性を工具本体１に与えて加工精度の向上を図ることができるのである。

【００２７】

また、上記各実施形態では、工具本体１の先端部２が円柱状に形成されていて、その先端に上記先端面５…が形成されることによってその交差稜線部６（６ａ）…に上記交点Ｐから先端部２の外周に達する切刃８が形成されており、従ってこの先端部２における工具本体１の芯厚ｄは切刃８の外径Ｄと等しくされることとなり、これによって先端部２に高い剛性が確保されるようになされているが、例えば図１８および図１９に示す第５の実施形態のように、上記先端部２の外周面に、このうち切刃８が先端部２外周に達する部分を除いて、内周側に一段凹むように二番取り面９を形成したり、あるいは図２０および図２１に示す第６の実施形態のようにこの二番取り面９を形成するのに加えて、もしくは単独で

、切屑排出溝１０を例えば切刃８の外周端の工具回転方向Ｔ側に隣接して上記先端面５に開口するように形成したりするようにしてもよい。

【００２８】

このように二番取り面９を形成した穴明け工具では、加工穴の内周と工具本体１の先端部２との接触面積が低減させられるので、特に穴明け加工時の抵抗の低減を図る場合に有効である。また、この二番取り面９に加えて、あるいは単独で切屑排出溝１０を形成した穴明け工具では、切刃８によって生成されて上述のように加工中の穴底と上記先端面５との間の空間に収容された切粉を、先端部２が加工穴内に挿入されたままでも排出することができ、従ってこのような切粉の噛み込みや詰まりを一層確実に防いで円滑に処理することができるとともに、切削油の効率的な供給を図ることができる。なお、上記二番取り面９だけでもある程度の切屑排出効果や切削油供給効果は得られる。また、これら二番取り面９や切屑排出溝１０は軸線Ｏに平行に真っ直ぐ形成されていてもよいが、これらを図示のように後端側に向かうに従い工具回転方向Ｔの後方側に向かって捩れるように形成すれば、工具本体１の回転に伴って切屑を後端側に押し出すことができる一方、これとは逆方向に捩れるように形成すれば、加工穴の開口部側から穴底側に切削油を送り込むことができる。

【００２９】

ただし、このように二番取り面９や切屑排出溝１０を工具本体１の上記先端部部２外周に形成した場合、この先端部２における工具本体１の芯厚ｄは、切刃８の外径Ｄよりも小さくなるが、こうして芯厚ｄが小さくなる場合でも、上記切刃８の外径Ｄに対して０．５×Ｄ以上の芯厚ｄが確保されるのが望ましい。すなわち、この芯厚ｄが０．５×Ｄを下回るほど小さくなると、工具本体１の先端部２における剛性を確保することが困難となって、この先端部２に折損が生じてしまったりするおそれがある。なお、このように工具の剛性を確保することと、二番取り面９や切屑排出溝１０を形成することによって切屑排出性の向上を図ることとを、一層確実に両立させるためには、上記芯厚ｄを切刃８の外径Ｄに対して０．６×Ｄ～０．９×Ｄの範囲に設定するのが、より望ましい。

【００３０】

さらに、上記各実施形態では、工具本体１の先端部２に４つの先端面５…を形成して交差稜線６が４条形成されるようにしているが、上述のように交点Ｐが工具本体１の最先端に位置して穴明け加工時に求心性が得られるようにするには、この交点Ｐで交差する先端面５が少なくとも３つあればよく、例えば図２２に示す第７の実施形態のように６つの先端面５…を形成して６条の交差稜線６…が形成されるようにしてもよい。この場合でも、各交差稜線６…の軸線Ｏに対する交差角が互いに等しければすべての交差稜線６…が切刃８として作用し、一部の交差稜線６の交差角が他と異なる角度とされていれば、図示のように交差角の最も大きな交差稜線部６ａが切刃８として作用する。また、これらの先端面５…および交差稜線６…は３つ以上であれば奇数であってもよいが、その場合でも、穴明け加工時の工具本体１の振れを防ぐには、少なくとも２条の交差稜線５…が切刃８として作用させられる。

【００３１】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、工具本体がその先端の軸線上に位置する交点において加工物に食い付くため、この食い付き時や穴明け加工中の工具本体の求心性を確保して振れを抑えることができ、これにより加工穴の直進度や真円度といった加工精度の向上を図ることができるとともに、この交点から延びる切刃部分に被覆された硬質炭素皮膜や該切刃部分を形成する硬質炭素体により、脆性材料よりなる加工物に対してもひびやクラック等が生じるのを確実に防止することができる。そして、さらに上記交点に交差する先端面の交差稜線を、周方向に不等間隔に配設したり、または一部の交差稜線が軸線となす交差角を他と異なる角度としたり、もしくはこれらを組み合わせたりすることにより、穴明け加工中の切刃とされる交差稜線の工具回転方向側に大きな空間を確保することができ、この切刃の上記硬質炭素皮膜や硬質炭素体によって生成される切粉を円滑に処理するこ

とが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の第１の実施形態を示す側面図である。

【図２】　第１の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【図３】　第１の実施形態の先端部２を軸線Ｏ方向先端側から見た正面図である。

【図４】　図３におけるＡＡ断面図である。

【図５】　図３におけるＢＢ断面図である。

【図６】　本発明の第２の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【図７】　第２の実施形態の先端部２を軸線Ｏ方向先端側から見た正面図である。

【図８】　図７におけるＡＡ断面図である。

【図９】　図７におけるＢＢ断面図である。

【図１０】　本発明の第３の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【図１１】　第３の実施形態の先端部２を軸線Ｏ方向先端側から見た正面図である。

【図１２】　図１１におけるＡＡ断面図である。

【図１３】　図１１におけるＢＢ断面図である。

【図１４】　第３の実施形態において切刃８に直交する断面図である。

【図１５】　本発明の第４の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【図１６】　第４の実施形態の先端部２を軸線Ｏ方向先端側から見た正面図である。

【図１７】　図１６におけるＡＡ断面図である。

【図１８】　本発明の第５の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【図１９】　第５の実施形態の先端部２を軸線Ｏ方向先端側から見た正面図である。

【図２０】　本発明の第６の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【図２１】　第６の実施形態の先端部２を軸線Ｏ方向先端側から見た正面図である。

【図２２】　本発明の第７の実施形態の先端部２の拡大斜視図である。

【符号の説明】

１　工具本体

５（５ａ，５ｂ）　先端面

６（６ａ，６ｂ）　先端面５…の交差稜線

７　硬質炭素皮膜

８　切刃

９　二番取り面

１０　切屑排出溝

Ｏ　工具本体１の軸線

Ｐ　先端面５…の交点

Ｔ　工具回転方向

Ｑ　切刃８と軸線Ｏとを含む平面

Ｄ　切刃８の外径

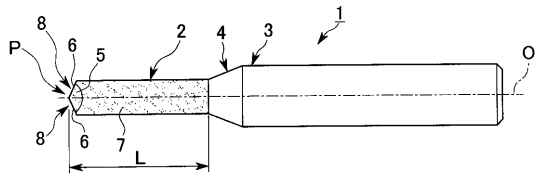
ｄ　工具本体１の先端部２における芯厚

θ，α，β　交差稜線６（６ａ，６ｂ）が軸線Ｏに対してなす交差角

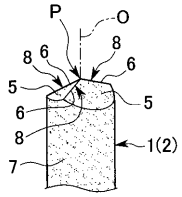
γ　切刃８の工具回転方向Ｔ側に位置する先端面５ａが平面Ｑに対してなす角度

δ　切刃８の工具回転方向Ｔ後方側に位置する先端面５ｂが平面Ｑに対してなす角度

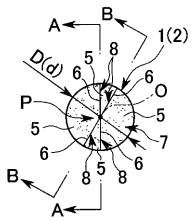
【図１】



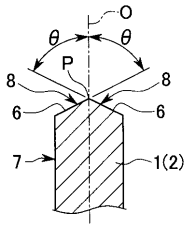
【図２】



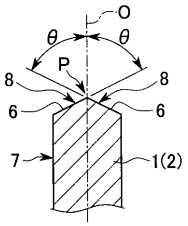
【図３】



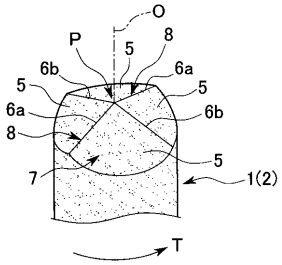
【図４】



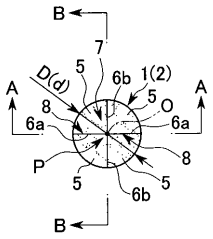
【図５】



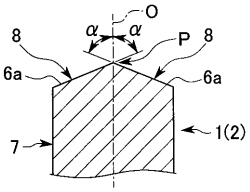
【図６】



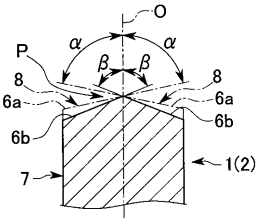
【図７】



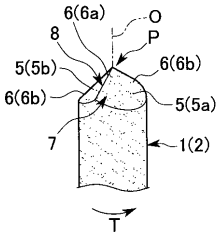
【図８】



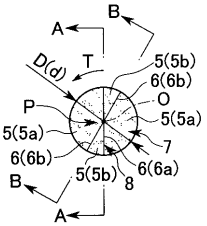
【図９】



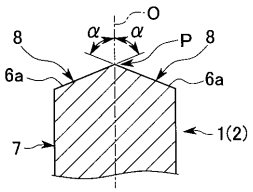
【図１０】



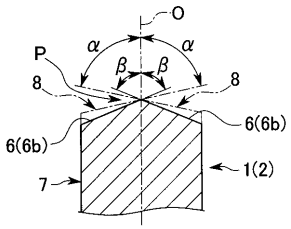
【図１１】



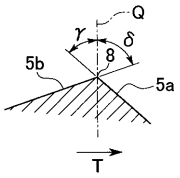
【図１２】



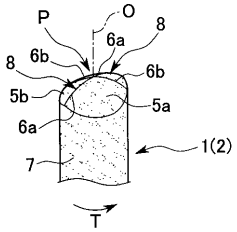
【図１３】



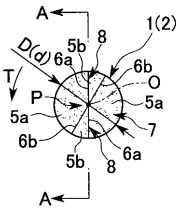
【図１４】



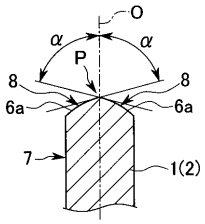
【図１５】



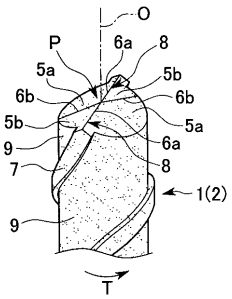
【図１６】



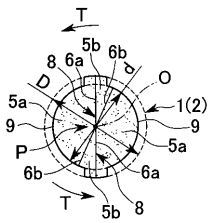
【図１７】



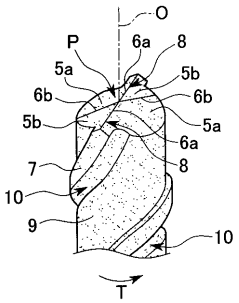
【図１８】



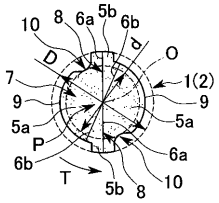
【図１９】



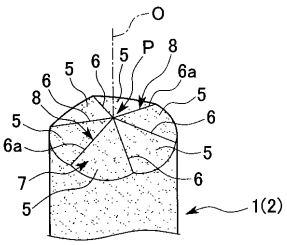
【図２０】



【図２１】



【図２２】



フロントページの続き

(74)代理人　100107836
　　弁理士　西　和哉
(74)代理人　100108453
　　弁理士　村山　靖彦
(72)発明者　増田　敬
　　兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９番地１　エムエムシーコベルコツール株式会社内
(72)発明者　青木　太一
　　兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９番地１　エムエムシーコベルコツール株式会社内
(72)発明者　池内　寛
　　兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９番地１　エムエムシーコベルコツール株式会社内
(72)発明者　亀岡　誠司
　　兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９番地１　エムエムシーコベルコツール株式会社内
(72)発明者　早崎　浩
　　兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９番地１　エムエムシーコベルコツール株式会社内
(72)発明者　冨永　哲光
　　兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池１７９番地１　エムエムシーコベルコツール株式会社内

審査官　田村　嘉章

(56)参考文献　国際公開第０１／０６０５５７（WO，Ａ１）
　　特開平０８－１５５９４７（ＪＰ，Ａ）
　　特開２００２－２１０６９７（ＪＰ，Ａ）
　　特開２００２－３５５７１０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
　　B23B 51/00
　　B28D 5/02