

(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2009-220259

(P2009-220259A)

(43) 公開日 平成21年10月1日(2009.10.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 3 B 27/14 (2006.01)</b>	B 2 3 B 27/14	B 3 C 0 4 6
<b>B 2 3 B 27/20 (2006.01)</b>	B 2 3 B 27/20	4 G 0 0 1
<b>C 0 4 B 35/583 (2006.01)</b>	C 0 4 B 35/58	1 0 3 J
<b>C 0 4 B 41/87 (2006.01)</b>	C 0 4 B 41/87	N

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2008-70615 (P2008-70615)  
 (22) 出願日 平成20年3月19日 (2008. 3. 19)

(71) 出願人 000221144  
 株式会社タンガロイ  
 神奈川県川崎市幸区堀川町580番地 ソ  
 リッドスクエア  
 (72) 発明者 大友 克久  
 神奈川県川崎市幸区堀川町580番地 ソ  
 リッドスクエア 株式会社タンガロイ内  
 Fターム(参考) 3C046 CC02 CC03 CC08 FF02 FF09  
 FF10 FF11 FF13 FF35 FF37  
 FF57 HH04  
 4G001 BA03 BA04 BA06 BA24 BA34  
 BA36 BA37 BA43 BB03 BB04  
 BB12 BB24 BB34 BB37 BB43  
 BC72 BD18

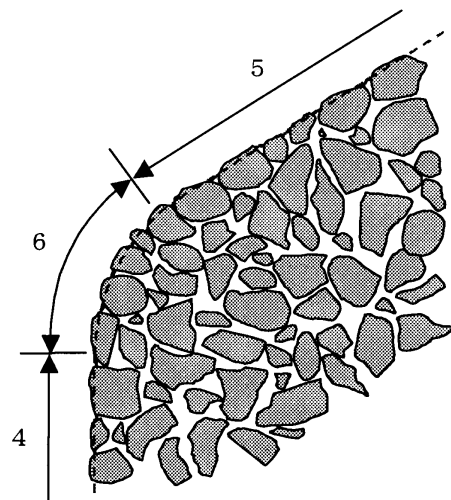
(54) 【発明の名称】 立方晶窒化硼素焼結体工具

(57) 【要約】

【課題】高負荷切削条件、高能率切削条件下でも、欠損が発生せずに安定した加工ができる長寿命の立方晶窒化硼素焼結体工具の提供を目的とする。

【解決手段】立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍以上を基準長さSとし、チャンファホーニング面の基準長さSに含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計をL C Cと表し、チャンファホーニング面の基準長さSに含まれる結合相の断面曲線の長さの合計をL C Bと表し、L C Bに対するL C Cの比をP C ( P C = L C C / L C B )と表し、丸ホーニング面の基準長さSに含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計をL R Cと表し、丸ホーニング面の基準長さSに含まれる結合相の断面曲線の長さの合計をL R Bと表し、L R Bに対するL R Cの比をP R ( P R = L R C / L R B )と表したとき、P C に対するP Rの比 ( P R / P C )は、1 . 2 P R / P C 8 . 0を満たす立方晶窒化硼素焼結体工具。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

立方晶窒化硼素と結合相と不可避的不純物とからなり、  
逃げ面と、すくい面と、チャンファホーニング面と、逃げ面とチャンファホーニング面と  
が交差する稜線に形成された丸ホーニング面とを備え、丸ホーニング面の形状は曲率半径  
Rが10～50 $\mu$ mの範囲であり、

立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍以上を基準長さSとし、  
チャンファホーニング面の基準長さSに含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計  
をLCCと表し、

チャンファホーニング面の基準長さSに含まれる結合相の断面曲線の長さの合計をLCB  
と表し、

LCBに対するLCCの比をPC( $PC = LCC / LCB$ )と表し、

丸ホーニング面の基準長さSに含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計をLRC  
と表し、

丸ホーニング面の基準長さSに含まれる結合相の断面曲線の長さの合計をLRBと表し、

LRBに対するLRCの比をPR( $PR = LRC / LRB$ )と表したとき、

PCに対するPRの比( $PR / PC$ )は、 $1.2 \leq PR / PC \leq 8.0$ を満たす立方晶窒  
化硼素焼結体工具。

## 【請求項 2】

立方晶窒化硼素焼結体工具は立方晶窒化硼素：40～90体積%と、結合相および不可避  
的不純物：残部とからなる請求項1に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

## 【請求項 3】

立方晶窒化硼素の平均粒径は0.30～6.0 $\mu$ mである請求項1または2に記載の立方  
晶窒化硼素焼結体工具。

## 【請求項 4】

立方晶窒化硼素焼結体工具の結合相は周期律表4a、5a、6a族元素、Al、Si、M  
g、Co、Niの金属、窒化物、炭化物、硼化物、酸化物およびこれらの相互固溶体の中  
から選ばれた少なくとも1種からなる請求項1～3のいずれか1項に記載の立方晶窒化硼  
素焼結体工具。

## 【請求項 5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具の表面に被膜を被覆した  
被覆立方晶窒化硼素焼結体工具。

## 【請求項 6】

被膜は周期律表4a、5a、6a族元素、Al、Si、B、Y、Mnの窒化物、炭化物、  
酸化物およびこれらの相互固溶体の中から選ばれる少なくとも1種からなる請求項5に記  
載の被覆立方晶窒化硼素焼結体工具。

## 【請求項 7】

立方晶窒化硼素焼結体の直上の被膜の結晶系は立方晶である請求項5または6に記載の被  
覆立方晶窒化硼素焼結体工具。

## 【請求項 8】

被膜は、TiとAlとを含む窒化物、炭化物、酸化物およびこれらの相互固溶体の中  
から選ばれた少なくとも1種からなる請求項5～7のいずれか1項に記載の被覆立方晶窒化  
硼素焼結体工具。

## 【請求項 9】

被膜は( $Ti_{(1-a-b)}Al_aM_b$ )(X)(但し、MはY、Cr、Si、Zr、Nb、Mn  
、W、Hf、V、Bの中から選択される少なくとも1種の元素を示し、XはC、N、Oの  
中から選択される少なくとも1種の元素を示し、aはTi、Al、Mの合計に対するAl  
の原子比を示し、bはTi、Al、Mの合計に対するMの原子比を示し、aとbは、 $0 \leq a \leq 0.7$ 、 $0 \leq b \leq 0.1$ を満足する。)からなる請求項5～8のい  
ずれか1項に記載の被覆立方晶窒化硼素焼結体工具。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、切削加工に使用される立方晶窒化硼素焼結体工具に関する。

【背景技術】

【0002】

焼入鋼や耐熱合金などの切削加工には、立方晶窒化硼素焼結体工具が多く用いられている。例えば、焼入鋼を切削加工して自動車のシャフトなどの機械部品を製作する場合、焼入鋼の表面にある浸炭層を切削加工によって除去するが、被削材の形状によっては、焼入れされていない部分を切削加工することがある。このような高負荷切削加工では刃先温度が非常に高くなるため、立方晶窒化硼素焼結体工具が使用されることが多い。立方晶窒化硼素焼結体工具の従来技術としては、刃先稜線部を曲率半径が $5\mu\text{m}$ 以上、 $30\mu\text{m}$ 以下であり、工具逃げ面と、工具すくい面又はネガランド面が上記の曲率半径でなめらかにつながっている多結晶硬質焼結体切削工具がある（例えば、特許文献1参照。）。

10

【0003】

【特許文献1】特開2001-212703号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、部品加工の加工能率を上げるため、高能率切削加工や高負荷切削加工に耐えうる切削工具が求められるようになってきた。しかしながら、従来の立方晶窒化硼素焼結体工具では、高能率切削加工や高負荷切削加工をおこなうと、刃先の強度不足による欠損やクレータ摩耗の拡大を起因とする欠損が発生しやすく、加工能率向上の要求に十分に答えられなくなってきた。そこで、本発明は、高負荷切削条件、高能率切削条件下でも、欠損が発生せず安定した加工が可能であり工具寿命の長寿命化を達成する立方晶窒化硼素焼結体工具の提供を目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明者は、高負荷切削加工や高能率切削加工のような過酷な切削加工においても工具寿命の長寿命化を達成する立方晶窒化硼素焼結体工具および被覆立方晶窒化硼素焼結体工具の開発に取り組んできたところ、立方晶窒化硼素焼結体工具の各部分と表面組織に最適な組み合わせがあるという知見を得た。丸ホーニング面とチャンファホーニング面では、切削時にかかる力や熱が異なる。丸ホーニング面では、熱的な負荷が大きく刃先強度が要求されるため、高い硬さと高い熱伝導性を示す立方晶窒化硼素量を多くすると好ましい。一方、切り屑の擦過があるチャンファホーニング面では、切り屑の溶着による立方晶窒化硼素の脱落が発生しやすいので、結合相量を多くすると好ましい。丸ホーニング面とチャンファホーニング面にそれぞれ最適な表面組織を設けることによって、高負荷切削加工や高能率切削加工のような過酷な切削加工において工具寿命の長寿命化を達成することが可能となった。

30

【0006】

すなわち、本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも切削に関与する部分が、立方晶窒化硼素と結合相と不可避的不純物とからなり、逃げ面と、すくい面と、チャンファホーニング面と、逃げ面とチャンファホーニング面とが交差する稜線に形成された丸ホーニング面とを備え、丸ホーニング面の形状は曲率半径 $R$ が $10\sim 50\mu\text{m}$ の範囲であり、立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍以上を基準長さ $S$ とし、チャンファホーニング面の基準長さ $S$ に含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計を $LC C$ と表し、チャンファホーニング面の基準長さ $S$ に含まれる結合相の断面曲線の長さの合計を $LC B$ と表し、

40

50

LCBに対するLCCの比をPC ( $PC = LCC / LCB$ )と表し、  
丸ホーニング面の基準長さSに含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計をLRC  
と表し、

丸ホーニング面の基準長さSに含まれる結合相の断面曲線の長さの合計をLRBと表し、  
LRBに対するLRCの比をPR ( $PR = LRC / LRB$ )と表したとき、  
PCに対するPRの比 ( $PR / PC$ )は、 $1.2 \leq PR / PC \leq 8.0$ を満たす立方晶窒  
化硼素焼結体工具である。

【0007】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも切削に関与する部分が立方晶窒化硼素  
焼結体である。本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、立方晶窒化硼素焼結体を超硬合金  
台金に口ウ付けした立方晶窒化硼素焼結体工具であっても、全部が立方晶窒化硼素焼結体  
からなる立方晶窒化硼素焼結体工具であってもよい。

10

【0008】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体は、立方晶窒化硼素と結合相と不可避的不純物とからなる  
。立方晶窒化硼素の含有量が40体積%未満であると焼入鋼のような高硬度材料に対して  
基材の硬さが十分ではなく耐欠損性が低下する。逆に立方晶窒化硼素が90体積%を超え  
て多くなると、相対的に結合相の割合が少なくなり、切り屑の擦過と溶着で立方晶窒化硼  
素の脱落が発生し摩耗が大きく進行する。このため、本発明の立方晶窒化硼素焼結体は、  
立方晶窒化硼素：40～90体積%と、結合相および不可避的不純物：残部とからなると  
好ましい。その中でも、立方晶窒化硼素：50～80体積%と、結合相および不可避的不  
純物：残部とからなると、さらに好ましい。

20

【0009】

本発明の立方晶窒化硼素の平均粒径が $0.30 \mu m$ 未満では熱伝導性が低下するため、切  
削加工時に刃先温度が上昇して強度が低下し欠損が発生しやすくなる。逆に立方晶窒化硼  
素の平均粒径が $6.0 \mu m$ を超えて大きくなると粒子脱落が生じ易くなりチップングが発  
生しやすくなる。このため立方晶窒化硼素の平均粒径は $0.30 \sim 6.0 \mu m$ であると好  
ましい。その中でも、立方晶窒化硼素の平均粒径は $1.5 \sim 5.0 \mu m$ であると、さらに  
好ましい。

【0010】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体の結合相は、周期律表4a、5a、6a族元素、Al、Si、Mg、Co、Niの金属、窒化物、炭化物、硼化物、酸化物およびこれらの相互固溶体の中から選ばれた少なくとも1種の結合相および不可避的不純物からなると結合相の靱性が高いので好ましい。結合相の具体例としては、金属Ti、金属Co、金属Ni、金属Al、TiN、Ti(B, N)、Ti(B, C)、Ti(B, O)、Ti(B, N, O)、Ti(B, N, C)、Ti(B, N, O)、Ti(B, N, C, O)、(Ti, L)(B, N)、(Ti, L)(B, C)、(Ti, L)(B, O)、(Ti, L)(B, N, C)、(Ti, L)(B, N, O)、(Ti, L)(B, C, O)、(Ti, L)(B, N, C, O)、AlN、Al(B, N)、Al(B, C)、Al(B, O)、Al(B, N, O)、Al(B, N, C)、Al(B, C, O)、Al(B, N, C, O)、(Al, L)(B, N)、(Al, L)(B, C)、(Al, L)(B, O)、(Al, L)(B, N, O)、(Al, L)(B, N, C)、(Al, L)(B, C, O)、(Al, L)(B, N, C, O) (但し、上記のLは、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Si、Mg、CoおよびNiの中の少なくとも1種を示す。)などを挙げるができる。その中でも、本発明の立方晶窒化硼素焼結体の結合相はTi、Alの金属、窒化物、炭化物、硼化物、酸化物およびこれらの相互固溶体の中から選ばれた少なくとも1種からなると、さらに好ましい。

30

40

【0011】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも切削に関与する部分に、すくい面、チャンファホーニング面、丸ホーニング面および逃げ面が設けられている。逃げ面とすくい面との間にチャンファホーニング面を有することで耐欠損性が向上している。さらに逃げ

50

面とチャンファホーニング面との稜線部に丸ホーニング面を形成することで耐欠損性を向上させ安定した切削加工が可能となる。このとき丸ホーニング面の形状の曲率半径  $R$  が  $10 \mu\text{m}$  以上になると耐欠損性を向上させる効果が顕著になる。逆に丸ホーニング面の形状の曲率半径  $R$  が  $50 \mu\text{m}$  を超えて大きくなると、切削抵抗が大きく上昇し逆に刃先に欠損が生じやすくなる。このため、丸ホーニング面の形状の曲率半径  $R$  を  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  とした。

#### 【0012】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具において、立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍以上を基準長さ  $S$  とし、丸ホーニング面の基準長さ  $S$  に含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計を  $LRC$  と表し、丸ホーニング面の基準長さ  $S$  に含まれる結合相の断面曲線の長さの合計を  $LRB$  と表し、チャンファホーニング面の基準長さ  $S$  に含まれる立方晶窒化硼素の断面曲線の長さの合計を  $LCC$  と表し、チャンファホーニング面の基準長さ  $S$  に含まれる結合相の断面曲線の長さの合計を  $LCB$  と表す。さらに、 $LRB$  に対する  $LRC$  の比を  $PR$  ( $PR = LRC / LRB$ ) と表し、 $LCB$  に対する  $LCC$  の比を  $PC$  ( $PC = LCC / LCB$ ) と表したとき、 $PC$  に対する  $PR$  の比 ( $PR / PC$ ) は、 $1.2 \leq PR / PC \leq 8.0$  を満足する。

10

#### 【0013】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、切削加工時の各部位で求められる特性に適した組成とするため、丸ホーニング面とチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素の割合を変化させている。 $PR / PC$  が  $1.2$  未満になると、丸ホーニング面の立方晶窒化硼素の量がチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素の量よりも十分に多くないため、切削温度が高くなり刃先の欠損とクレータ摩耗が生じやすく短寿命になる。逆に  $PR / PC$  は  $8.0$  を超えて大きいと丸ホーニング面の結合相が極端に少なくなるため、丸ホーニング面の立方晶窒化硼素粒子の脱落が生じてチップングが発生しやすくなる。このため、 $PR / PC$  を  $1.2 \leq PR / PC \leq 8.0$  とした。その中でも、 $1.6 \leq PR / PC \leq 6.0$  であると好ましく、 $2.1 \leq PR / PC \leq 5.0$  であるとさらに好ましい。

20

#### 【0014】

$LRC$ 、 $LRB$ 、 $LCC$ 、 $LCB$  の測定方法としては下記の方法を挙げることができる。立方晶窒化硼素焼結体工具を放電加工機によって図1のように  $A - A'$  線で切断し、得られた断面を #150 ダイヤモンド砥石で研磨し、#1500 ダイヤモンド砥石で研磨し、粒径  $1 \mu\text{m}$  のダイヤモンドペーストで鏡面仕上げする。もしくは、立方晶窒化硼素焼結体工具を  $Ar$  イオンによるイオンミリングによって図1の  $A - A'$  線で切断してもよい。

30

#### 【0015】

鏡面仕上げされた断面もしくはイオンミリングによって得られた断面を走査型電子顕微鏡 ( $SEM$ ) で観察して立方晶窒化硼素の平均粒径を測定する。立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍以上になるように基準長さ  $S$  を設定する。基準長さ  $S$  が5倍未満であると、 $LRC$ 、 $LRB$ 、 $LCC$ 、 $LCB$  の測定誤差が大きくなるため、5倍以上とした。なお、基準長さ  $S$  が長くなれば測定誤差は小さくなるが、基準長さ  $S$  を立方晶窒化硼素の平均粒径の20倍を超える長さにしても測定誤差は十分に小さくならない。そのため、基準長さ  $S$  は立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍～20倍であると、さらに好ましい。また、丸ホーニング面の基準長さ  $S$  は、丸ホーニングの曲率半径  $R$  で描かれる円弧上で測定する。

40

#### 【0016】

鏡面仕上げされた断面を走査電子顕微鏡で観察し、丸ホーニング面とチャンファホーニング面の断面組織を図3のように写真撮影する。チャンファホーニング面については、図4のように断面組織写真を画像解析して、チャンファホーニング面の立方晶窒化硼素の断面曲線の長さ  $LCC1$ 、 $LCC2$ 、 $\dots$ 、 $LCCn$ 、チャンファホーニング面の立方晶窒化硼素の断面曲線の長さ  $LCB1$ 、 $LCB2$ 、 $\dots$ 、 $LCBn$  をそれぞれ測定し、それらを合計して  $LCC$ 、 $LCB$  を得る。

$$[式1] \quad LCC = LCC1 + LCC2 + \dots + LCCn$$

$$[式2] \quad LCB = LCB1 + LCB2 + \dots + LCBn$$

50

## 【0017】

丸ホーニング面については、図5のように断面組織写真を画像解析して丸ホーニング面の立方晶窒化硼素の断面曲線の長さ $LRC1, LRC2, \dots, LRCn$ 、丸ホーニング面の結合相の断面曲線の長さ $LRB1, LRB2, \dots, LRBn$ をそれぞれ測定し、それらを合計して $LRC, LRB$ を得る。

$$[式3] LRC = LRC1 + LRC2 + \dots + LRCn$$

$$[式4] LRB = LRB1 + LRB2 + \dots + LRBn$$

## 【0018】

立方晶窒化硼素の平均粒径が大きい、丸ホーニング面の曲率半径 $R$ が小さい、または、チャンファホーニング幅 $T$ が短いなどの理由により、一カ所の断面曲線だけでは、立方晶窒化硼素の平均粒径の5倍以上の基準長さ $S$ を確保できない場合がある。その場合は、断面曲線の測定箇所を増やし、各断面曲線の基準長さ $Sn$ を合計して基準長さ $S$ を確保してもよい。また、図7の $B-B'$ 線、 $C-C'$ 線のようにチャンファホーニング面とすくい面の稜線に平行な方向の断面曲線を観察し基準長さ $S$ を確保してもよい。

10

## 【0019】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具の表面に被膜を被覆した被覆立方晶窒化硼素焼結体工具は、さらに耐摩耗性、耐酸化性、潤滑作用などが付加され工具寿命を向上させることができるために好ましい。被膜としては、周期律表4a、5a、6a族元素、Al、Si、B、Y、Mnの窒化物、炭化物、酸化物およびこれらの相互固溶体の中から選ばれる少なくとも1種の被膜であると、耐摩耗性、耐酸化性を向上させる効果が大きく、工具寿命が向上するため、好ましい。その中でも、立方晶窒化硼素焼結体の直上の被膜の結晶系が、基材の立方晶窒化硼素と同一の結晶系であると、すなわち、被膜の結晶系が立方晶であると、基材と被膜の密着性が向上して被膜の剥離が生じにくくなり被膜の優れた特性を十分に発揮できるため、さらに好ましい。

20

## 【0020】

本発明の被膜としては、具体的には、 $TiN, Ti(C, N), Ti(C, N, O), (Ti, B)N, (Ti, Al)N, (Ti, Al)(C, N), (Ti, Al)(C, N, O), (Ti, Si)N, (Al, Cr)N, (Al, Cr, B)N, (Ti, Nb)N, (Ti, Al, Cr)N, (Nb, Si)N, (Al, Cr, W)N, (Ti, Al, Si)N, (Hf, Al)N, (Zr, Al)N, (Ti, Nb, Al, Si)N, (Ti, Cr, Al, Si)N, (Ti, W, B)N, CrN$ などを挙げることができる。その中でも、 $Ti$ と $Al$ とを含む窒化物、炭化物、酸化物およびこれらの相互固溶体の中から選ばれた少なくとも1種の被膜であると耐酸化性と耐摩耗性のバランスが良いため、さらに好ましい。その中でも、 $(Ti_{(1-a-b)}Al_aM_b)(X)$  (但し、 $M$ は $Y, Cr, Si, Zr, Nb, Mn, W, Hf, V, B$ から選択される1種類以上の元素を示し、 $X$ は $C, N, O$ から選択される1種類以上の元素を示し、 $a$ は $Ti, Al, M$ の合計に対する $Al$ の原子比を示し、 $b$ は $Ti, Al, M$ の合計に対する $M$ の原子比を示し、 $a$ と $b$ は、 $0.1 \leq a \leq 0.7, 0.002 \leq b \leq 0.1$ を満足する。)からなる被膜であると、耐酸化性が高く被膜の硬さが高くなるため、さらに好ましい。 $a$ が $0.1$ 以上になると耐酸化性が向上し、切削温度が低下して耐欠損性が向上し、 $a$ が $0.7$ を超えて大きくなると硬さの低い $AlN$ 相が生じて耐摩耗性が低下するため、 $0.1 \leq a \leq 0.7$ の範囲が好ましい。また、 $b$ が $0.002$ 以上になると耐酸化性が向上するとともに被膜の硬さが高くなり耐摩耗性が向上し、 $b$ が $0.1$ を超えて大きくなると格子歪みによる圧縮応力が大きくなり被膜の剥離が生じやすくなるため、 $b$ は $0.002 \leq b \leq 0.1$ の範囲が好ましい。

30

40

## 【0021】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具の表面に単層の被膜を被覆しても工具寿命の向上に効果があるが、組成が異なる2種類以上の厚膜を被覆した多層膜の被膜を被覆しても好ましい。例えば、内層として基材直上に密着性を向上させるために $TiN$ または $TiCN$ を被覆し、外層として潤滑作用、耐溶着性、耐酸化性を向上させるために $CrN, CrSiN$

50

、TiBN、金属含有DLC、AlCrBN、AlCrNまたはTiSiNを被覆しても好ましい。また、組成が異なる2種類以上の薄膜を1~30nmの積層周期で被覆した交互積層膜の被膜を被覆しても好ましい。交互積層膜の被膜は、被膜の硬さが高く、耐摩耗性が向上し、切削加工時に被膜中に発生するクラックの伝播を抑えて被膜の剥離や脱落を抑制する効果がある。

#### 【0022】

被膜の平均膜厚は、1 $\mu$ m以上になると耐摩耗性が向上する効果が顕著になり、6 $\mu$ mを超えて厚くなると被膜の残留応力の影響によって密着性が低下する傾向がみられるため、1~6 $\mu$ mであると好ましく、その中でも2~5 $\mu$ mがさらに好ましい。

#### 【0023】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具を製造する方法としては、下記のような方法を挙げることができる。立方晶窒化硼素焼結体工具にダイヤモンド砥石による研削加工で刃先の逃げ面、チャンファホーニング面、すくい面の各部位を加工する。その後、逃げ面とチャンファホーニング面の間に所定の曲率半径Rの丸ホーニング面を設ける。丸ホーニング面の加工方法の一例としては、砥石、ブラスト、回転ブラシによる加工などの機械的処理、放電加工などの電氣的処理、さらにはそれらを組み合わせた処理が挙げられる。

#### 【0024】

次に丸ホーニング面とチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素の表面組成を最適化するために、イオンエッチング電極および成膜装置を具備した真空装置を使用する。イオンエッチング電極としては、熱フィラメントを用いる三極直流スパッタ法などを挙げることができる。成膜装置としては、アークイオンプレーティング装置、マグネトロンスパッタリング装置などを挙げることができる。

#### 【0025】

希ガス元素を用いたイオンエッチングでは、基材に負の電圧(バイアス電圧)を印加することでイオン化した希ガス元素を基材に引き付け衝突させて、表面物質の除去をおこなうことができる。ここで結合相よりも硬い立方晶窒化硼素のほうが除去されにくいいため、立方晶窒化硼素焼結体の表面は、立方晶窒化硼素焼結体の内部よりも立方晶窒化硼素の割合が多くなる。図8にArイオンエッチング処理後の立方晶窒化硼素焼結体の表面組織SEM写真を示す。図9にArイオンエッチング処理前の立方晶窒化硼素焼結体の表面組織SEM写真を示す。粒状の黒い部分が立方晶窒化硼素であり、立方晶窒化硼素の周りの灰白色の部分が結合相である。希ガスによるイオンエッチング処理をおこなうことで、結合相が優先的に除去されて、立方晶窒化硼素焼結体の表面では、立方晶窒化硼素焼結体の内部よりも立方晶窒化硼素の割合が増えていることが確認できる。またイオンエッチングの際に刃先である丸ホーニング面では、電荷密度が高くなり、他部位よりもスパッタ効率が高くなるが、通常の場合では、丸ホーニング面とチャンファホーニング面のイオンエッチングによるスパッタ効率の差が十分ではないため本発明品を得ることができない。そこで、本発明品を得る手順として、まず丸ホーニング面とチャンファホーニング面に平滑に被膜を被覆する(成膜条件1)。ここでバイアス電圧を15~18Vの低い電圧に抑えることで、刃先の丸ホーニング面が極力厚くならないように被覆する。被膜としては、金属膜、窒化物膜、炭化物膜などが挙げられ、特に制限はないが、このあと被膜を希ガスによるイオンエッチングで除去することを考慮すると、イオンエッチングによって除去されやすい金属膜が好ましい。

#### 【0026】

次に平滑に被覆した被膜を除去するが、ここで1200~2000Vの高バイアス電圧条件(イオンエッチング条件1)で希ガス元素によるスパッタリングを短時間おこなうことで、立方晶窒化硼素焼結体の刃先付近が優先的に除去される。その後バイアス電圧を50V~180Vの条件(イオンエッチング条件2)で丸ホーニング面とチャンファホーニング面を処理することで、先の高バイアス処理によって丸ホーニング面の立方晶窒化硼素焼結体が先に露出し、丸ホーニング面の立方晶窒化硼素焼結体を選択的にエッチングすることができる。さらに処理を続けるとチャンファホーニング面の被膜も除去され、切削に関

10

20

30

40

50

与する部分全体が処理される。以上の成膜条件 1 イオンエッチング条件 1 イオンエッチング条件 2 の工程を必要に応じて繰り返しおこなうことで本発明品を得ることができる。各真空処理装置、工具形状、工具の保持治具形状、工具の基材組成、装置回転機構、真空装置への工具充填率などの各種要因に応じて、成膜、イオンエッチングの各パラメータ、処理時間などを調整することが重要である。

【発明の効果】

【0027】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、高負荷切削条件、高能率切削条件下でも、欠損が発生しにくいので安定した加工が可能であり工具寿命の長寿命化を達成するという効果を奏する。

10

【実施例 1】

【0028】

平均粒径  $1.0 \mu\text{m}$  の立方晶窒化硼素粉末を用いた配合組成が 75 体積% cBN - 5 体積% Al - 10 体積%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 10 体積% Ti (C, N) の混合粉末を圧力 5.5 GPa、温度 1773 K の条件で超高温高圧焼結して立方晶窒化硼素焼結体を得た。得られた立方晶窒化硼素焼結体を基材 1 とした。

【0029】

ISO 規格 CNGA 120408 形状の超合金台金を用意し、超合金台金の刃先となるコーナー部に、基材 1 を口付けした。この口付けした工具のすくい面 (上下面)、逃げ面 (外周面) を #270 のダイヤモンド砥石で研削加工し、続いて、すくい面と逃げ面とが成す稜線部に #400 のダイヤモンド砥石によりチャンファホーニング幅  $T0.10 \text{mm}$ 、チャンファホーニング角度  $-25^\circ$  のチャンファホーニング面を形成した。さらに回転ブラシを工具刃先部に押し当てて、逃げ面とチャンファホーニング面とが成す稜線部に丸ホーニング加工をおこなった。このとき加工時間を調整しながらコントレーサーで測定し、表 1 に示す曲率半径 R になるように丸ホーニング加工した。丸ホーニング加工後、エタノールおよびアセトンで工具を洗浄し、その後に真空乾燥処理をおこなった。マグネトロンスパッタリング装置および  $1 \text{mm}$  のタングステンワイヤーを熱フィラメントに使用したイオンエッチング装置を具備した真空装置を用いて、立方晶窒化硼素焼結体工具の基材 1 に対して、表 1 に示す表面処理をおこなって発明品 1 ~ 15 および比較品 1 ~ 6 の切削工具を得た。なお、基材の表面処理は、基材に対して金属膜の被覆やイオンエッチング (以下、「IE」という。) をおこなうもので、具体的な表面処理条件は表 2, 3 に示した。

20

30

【0030】



【表 1】

試料番号	基材	丸ホーニング 曲率半径 R( $\mu$ m)	表面処理
比較品1	基材 1	30	条件 1
比較品2	基材 1	30	条件 2
発明品1	基材 1	30	条件 3
発明品 2	基材 1	30	条件 4
発明品 3	基材 1	30	条件 5
発明品 4	基材 1	30	条件 6
発明品 5	基材 1	30	条件 7
発明品 6	基材 1	30	条件 8
発明品 7	基材 1	30	条件 9
発明品 8	基材 1	30	条件 10
発明品 9	基材 1	30	条件 11
発明品 10	基材 1	30	条件 12
発明品 11	基材 1	30	条件 13
発明品 12	基材 1	30	条件 14
比較品3	基材 1	30	条件 15
比較品4	基材 1	30	条件 16
比較品5	基材 1	4	条件 17
発明品13	基材 1	10	条件 17
発明品14	基材 1	25	条件 17
発明品15	基材 1	50	条件 17
比較品6	基材 1	65	条件 17

10

20

30

【 0 0 3 1 】

【表2】

表面処理	工程	処理条件
条件1	処理なし	—
条件2	成膜	膜厚0.1 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧500V、30min
		成膜→I E 1の工程
条件3	成膜	膜厚0.1 $\mu$ m TiN膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1200V、30sec
	I E 2	Arガス、バイアス電圧150V、12min
		成膜→I E 1→I E 2の工程
条件4	成膜	膜厚0.2 $\mu$ m TiN膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1300V、40sec
	I E 2	Arガス、バイアス電圧130V、18min
		成膜→I E 1→I E 2の工程
条件5	成膜	膜厚0.2 $\mu$ m CrN膜
	I E 1	Krガス、バイアス電圧1300V、40sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧120V、18min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を2回繰り返す
条件6	成膜	膜厚0.3 $\mu$ m CrN膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1500V、40sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧110V、22min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を2回繰り返す
条件7	成膜	膜厚0.4 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1400V、30sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧150V、7min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す
条件8	成膜	膜厚0.4 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1500V、20sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧140V、8min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す
条件9	成膜	膜厚0.3 $\mu$ m Cr金属膜
	I E 1	Krガス、バイアス電圧1600V、30sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧120V、10min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す
条件10	成膜	膜厚0.4 $\mu$ m Cr金属膜
	I E 1	Krガス、バイアス電圧1650V、40sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧100V、15min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す
条件11	成膜	膜厚0.3 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1300V、20sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧90V、10min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を4回繰り返す

10

20

30

40

50

【表 3】

表面処理	工程	処理条件
条件12	成膜	膜厚0.1 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1500V、10sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧50V、30min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を5回繰り返す
条件13	成膜	膜厚0.3 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1350V、30sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧150V、10min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を6回繰り返す
条件14	成膜	膜厚0.3 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧1600V、20sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧160V、10min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を6回繰り返す
条件15	成膜	膜厚0.5 $\mu$ m TiN膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧2000V、1min
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧400V、10min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を4回繰り返す
条件16	成膜	膜厚0.5 $\mu$ m Al金属膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧2400V、40sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧500V、10min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を4回繰り返す
条件17	成膜	膜厚0.2 $\mu$ m Cr金属膜
	I E 1	Krガス、バイアス電圧1600V、20sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧130V、8min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す

10

20

30

## 【0033】

得られた発明品1～15および比較品1～6の切削工具について、走査電子顕微鏡（SEM）で丸ホーニング面とチャンファホーニング面と焼結体内部の断面を写真撮影した。断面写真を画像解析し、立方晶窒化硼素（cBN）の平均粒径を測定した後、丸ホーニング面とチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素と結合相の断面曲線の長さをそれぞれ測定してPR/PCを求め、それらの値を表4に示した。

## 【0034】

【表 4】

試料番号	cBN 平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	PR/PC	切削試験			性能 評価
			1回目 (個)	2回目 (個)	平均 (個)	
比較品1	1.0	1.0	13	19	16	×
比較品2	1.0	1.1	28	22	25	×
発明品1	1.0	1.2	39	44	41.5	○
発明品2	1.0	1.3	44	45	44.5	○
発明品3	1.0	1.6	50	50	50	○
発明品4	1.0	1.9	52	51	51.5	○
発明品5	1.0	2.1	58	56	57	◎
発明品6	1.0	2.5	60	62	61	◎
発明品7	1.0	3.5	65	60	62.5	◎
発明品8	1.0	5.0	58	60	59	◎
発明品9	1.0	5.5	54	50	51.5	○
発明品10	1.0	6.0	48	52	50	○
発明品11	1.0	7.0	45	41	43	○
発明品12	1.0	8.0	44	40	42	○
比較品3	1.0	10	24	28	26	×
比較品4	1.0	14	18	8	13	×
比較品5	1.0	3.0	21	27	24	×
発明品13	1.0	3.0	58	57	57.5	◎
発明品14	1.0	3.0	66	63	64.5	◎
発明品15	1.0	3.0	56	60	58	◎
比較品6	1.0	3.0	25	29	27	×

## 【0035】

発明品1～15および比較品1～6の切削工具について切削試験1をおこなった。

## [ 切削試験1 ]

切削加工の種類：外径強断続切削

被削材材質：SCM420H（浸炭焼入れ材）

被削材硬さ：HRC60～62

被削材形状：溝入り略円盤状（外径100mm、厚さ11mm）、断続箇所は24箇所

切削速度：200（m/min）

送り：0.12（mm/rev）

切り込み：0.18（mm）

繰り返し回数 : 2回

寿命判定 : 欠損が発生するまでの加工数量

【0036】

切削試験1の結果は表4に示した。なお、加工数量から切削性能が良好な順に、 $\square$ 、 $\triangle$ 、 $\times$ とした(以下の切削試験においても同様に表示した。)。この結果から発明品は比較品と比較して加工数量が1.5倍以上に増加することが分かる。

【実施例2】

【0037】

平均粒径1.5 $\mu$ mの立方晶窒化硼素粉末を用いた表5に示す配合組成の混合粉末を圧力5.5GPa、温度1773Kの条件で超高温高压焼結して立方晶窒化硼素焼結体を得た。得られた立方晶窒化硼素焼結体を基材2~10とした。ISO規格CNGA120408形状の超硬合金台金を用意し、超硬合金台金の刃先となるコーナー部に、基材2~10の立方晶窒化硼素焼結体を口ウ付けした。

10

【0038】

【表5】

基材	立方晶窒化硼素焼結体の配合組成 (体積%)
基材2	30cBN-10Al-25Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -10Ti(C,N)-5(Ti,Hf)N-10WC-5Co-2Ni-3Mg
基材3	40cBN-10Al-30Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -3WC-13Ti(C,N)-1Si-1Mg-2Co
基材4	50cBN-10Al-25Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -15Ti(C,N)
基材5	55cBN-5Al-25Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -3TiB <sub>2</sub> -10TiN-2ZrN
基材6	60cBN-10Al-20Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -10TiN
基材7	70cBN-5Al-15Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -8WC-2Co
基材8	80cBN-5Al-5Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -10TiN
基材9	90cBN-7Al-2WC-1Co
基材10	95cBN-2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1TiN-1WC-1Co

20

【0039】

基材2~10の立方晶窒化硼素焼結体を口ウ付けした工具のすくい面(上下面)、逃げ面(外周面)を#270のダイヤモンド砥石で研削加工し、続いて、すくい面と逃げ面とが成す稜線部に#600のダイヤモンド砥石によりチャンファホーニング幅T0.20mm、チャンファホーニング角度 $\alpha$ -30°のチャンファホーニング面を形成した。さらに回転ブラシを工具刃先部に押し当てて、逃げ面とチャンファホーニング面とが成す稜線部に丸ホーニング加工をおこなった。このとき加工時間を調整しながらコントレーサーで測定し、曲率半径Rが30 $\mu$ mになるように丸ホーニング加工した。丸ホーニング加工後、エタノールおよびアセトンで工具を洗浄し、その後に真空乾燥処理をおこなった。マグネトロンスパッタリング装置および1mmのタングステンワイヤーを熱フィラメントに使用したイオンエッチング装置を具備した真空装置を用いて、立方晶窒化硼素焼結体工具の基材2~10に対して、表6の表面処理をおこなって発明品16~24および比較品7,8の切削工具を得た。具体的な表面処理条件は、表7に示した。なお、表面処理の条件1は基材の表面処理をおこなわないことを示す。

30

40

【0040】

【表 6】

試料番号	基材	表面処理
発明品 16	基材 2	条件 18
発明品 17	基材 3	条件 18
発明品 18	基材 4	条件 18
発明品 19	基材 5	条件 18
発明品 20	基材 6	条件 18
発明品 21	基材 7	条件 18
発明品 22	基材 8	条件 18
発明品 23	基材 9	条件 18
発明品 24	基材 10	条件 18
比較品 7	基材 6	条件 1
比較品 8	基材 6	条件 19

10

20

30

【 0 0 4 1 】

【表 7】

表面処理	工程	処理条件
条件1	処理なし	—
条件18	成膜	膜厚0.3 $\mu$ m Cr金属膜
	I E 1	Krガス、バイアス電圧1700V、30sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧110V、12min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す
条件19	成膜	膜厚0.6 $\mu$ m TiN膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧2200V、1min
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧450V、12min
		成膜→I E 1→I E 2の工程を4回繰り返す

40

【 0 0 4 2 】

得られた発明品 16 ~ 24 および比較品 7, 8 の切削工具について、走査電子顕微鏡 (SEM) で丸ホーニング面とチャンファホーニング面と焼結体内部の断面を写真撮影した。断面写真を画像解析し、立方晶窒化硼素 (cBN) の平均粒径を測定した後、丸ホーニング面とチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素と結合相の断面曲線の長さをそれぞれ測定して PR / PC を求め、それらの値を表 8 に示した。

50

【 0 0 4 3 】

【 表 8 】

試料番号	cBN 平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	PR/PC	切削試験				性能 評価
			1回目 (min)	2回目 (min)	平均 (min)	主な 損傷形態	
発明品 16	1.5	4.8	22.5	21.3	21.9	刃先微小チップング	○
発明品 17	1.5	4.3	25.9	27.3	26.6	刃先微小チップング	○
発明品 18	1.5	4.1	30	30	30	正常摩耗	◎
発明品 19	1.5	3.9	26.4	28.2	27.3	刃先微小チップング	○
発明品 20	1.5	3.5	30	30	30	正常摩耗	◎
発明品 21	1.5	3.1	29	27.5	28.3	刃先微小チップング	○
発明品 22	1.5	2.9	30	30	30	正常摩耗	◎
発明品 23	1.5	2.7	26.7	26.5	26.6	刃先微小チップング	○
発明品 24	1.5	2.5	20.9	21.9	21.4	刃先微小チップング	○
比較品7	1.5	1.0	10.2	7.5	8.9	刃先欠損	×
比較品8	1.5	12	10.9	10.3	10.6	刃先欠損	×

10

20

【 0 0 4 4 】

発明品 16 ~ 24 および比較品 7, 8 の切削工具について、切削試験 2 をおこなった。

[ 切削試験 2 ]

切削加工の種類 : 外径強断続切削

被削材材質 : SCM435H ( 浸炭焼入れ材 )

被削材硬さ : HRC60 ~ 62

被削材形状 : 外径 80 mm の略円筒形、断続箇所は 2 箇所

切削速度 : 110 ( m / min )

送り : 0.2 ( mm / rev )

切り込み : 0.2 ( mm )

繰り返し回数 : 2 回

寿命判定 : チッピングまたは欠損が発生するまでの加工時間 ( min )。

30

【 0 0 4 5 】

切削試験 2 の結果を表 8 に示す。発明品は比較品に対して、2 倍以上の寿命を示した。その中でも発明品 17 ~ 23 が特に良好で、さらには発明品 18、20、22 は、加工時間 30 min でも切削可能であり、比較品 7, 8 に対して約 3 倍に寿命が向上した。

【 実施例 3 】

【 0 0 4 6 】

表 9 に示す平均粒径の立方晶窒化硼素粉末を用いた配合組成が 65 体積% cBN - 10 体積% Al - 15 体積% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 10 体積% TiN の混合粉末を圧力 5.5 GPa、温度 1773 K の条件で超高温高圧焼結して立方晶窒化硼素焼結体を得た。得られた立方晶窒化硼素焼結体を基材 11 ~ 20 とした。ISO 規格 CNGA 120408 形状の超硬合金台金を用意し、超硬合金台金の刃先となるコーナー部に、基材 11 ~ 20 の立方晶窒化硼素焼結体を口ウ付けした。

40

【 0 0 4 7 】

【表 9】

基材	立方晶窒化 硼素粉末の 平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )
基材 11	0.1
基材 12	0.3
基材 13	1.0
基材 14	1.5
基材 15	2.0
基材 16	3.5
基材 17	4.0
基材 18	5.0
基材 19	6.0
基材 20	6.5

10

20

30

40

## 【0048】

基材 11 ~ 20 の立方晶窒化硼素焼結体をロウ付けした工具のすくい面（上下面）、逃げ面（外周面）を # 270 のダイヤモンド砥石で研削加工し、続いて、すくい面と逃げ面とが成す稜線部に # 600 のダイヤモンド砥石によりチャンファホーニング幅  $T0.23\text{mm}$ 、チャンファホーニング角度  $-20^\circ$  のチャンファホーニング面を形成した。さらに回転ブラシを工具刃先部に押し当てて、逃げ面とチャンファホーニング面とが成す稜線部に丸ホーニング加工をおこなった。このとき加工時間を調整しながらコントレーサーで測定し、曲率半径  $R$  が  $30\mu\text{m}$  になるように丸ホーニング加工した。丸ホーニング加工後、エタノールおよびアセトンで工具を洗浄し、その後に真空乾燥処理をおこなった。マグネトロンスパッタリング装置および  $1\text{mm}$  のタングステンワイヤーを熱フィラメントに使用したイオンエッチング装置を具備した真空装置を用いて、立方晶窒化硼素焼結体工具の基材 11 ~ 20 に対して、表 10 の表面処理をおこなって発明品 25 ~ 34 および比較品 9, 10 の切削工具を得た。表面処理の条件 18, 19 は、それぞれ実施例 2 の表面処理の条件 18, 19 と同じ条件である。なお、条件 1 は基材の表面処理をおこなわないことを示す。

## 【0049】



【表 10】

試料番号	基材	表面処理
発明品 25	基材 11	条件 18
発明品 26	基材 12	条件 18
発明品 27	基材 13	条件 18
発明品 28	基材 14	条件 18
発明品 29	基材 15	条件 18
発明品 30	基材 16	条件 18
発明品 31	基材 17	条件 18
発明品 32	基材 18	条件 18
発明品 33	基材 19	条件 18
発明品 34	基材 20	条件 18
比較品9	基材 14	条件 1
比較品10	基材 14	条件 19

10

20

30

## 【0050】

得られた発明品 25 ~ 34 および比較品 9, 10 の切削工具について、基材内部の断面を作製し走査電子顕微鏡 (SEM) で断面の観察をおこない立方晶窒化硼素 (cBN) の平均粒径を測定し、その値を表 11 に示した。さらに丸ホーニング面とチャンファホーニング面の断面を走査電子顕微鏡 (SEM) で写真撮影した。断面写真を画像解析し、丸ホーニング面とチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素と結合相の断面曲線の長さをそれぞれ測定して PR / PC を求め、その値を表 11 に示した。

## 【0051】

【表 1 1】

試料番号	cBN 平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	PR/PC	切削試験				性能 評価
			1回目 (min)	2回目 (min)	平均 (min)	主な 損傷形態	
発明品 25	0.1	2.5	15.2	15.7	15.5	刃先微小	○
発明品 26	0.3	2.6	17.8	18.3	18.1	チップング	○
発明品 27	1.0	2.9	18.3	18.6	18.5	刃先微小チップング	○
発明品 28	1.5	3.2	19.6	20	19.8	刃先微小チップング	◎
発明品 29	2.0	3.5	20	20	20	正常摩耗	◎
発明品 30	3.5	4.0	20	20	20	正常摩耗	◎
発明品 31	4.0	4.2	20	20	20	正常摩耗	◎
発明品 32	5.0	4.6	20	19.8	19.9	刃先微小チップング	◎
発明品 33	6.0	4.8	17.7	18.3	18	刃先微小チップング	○
発明品 34	6.5	4.9	14.9	15.3	15.1	チップング	○
比較品9	1.5	1.0	7.4	9.9	8.7	刃先欠損	×
比較品10	1.5	12	10.1	9.3	9.7	刃先欠損	×

10

20

## 【 0 0 5 2 】

発明品 25 ~ 34 および比較品 9, 10 の切削工具について切削試験 3 をおこなった。

## [ 切削試験 3 ]

切削加工の種類 : 外径強断続切削

被削材材質 : SCM415H (浸炭焼入れ材)

被削材硬さ : HRC59 ~ 62

被削材形状 : 外径 80 mm の略円筒形、断続箇所は 2 箇所

切削速度 : 140 (m/min)

送り : 0.15 (mm/rev)

切り込み : 0.5 (mm)

繰り返し回数 : 2 回

寿命判定 : チッピングまたは欠損が発生するまでの加工時間 (min)。ただし最大 20 min とする。

30

## 【 0 0 5 3 】

切削試験 3 の結果を表 1 1 に示す。発明品は比較品に対して、1.5 倍以上の寿命を示した。発明品のうち立方晶窒化硼素の平均粒径 1.5 ~ 5  $\mu\text{m}$  のものが特に良好であり、比較品の 2 倍以上の寿命を示した。

## 【 実施例 4 】

## 【 0 0 5 4 】

平均粒径 3.0  $\mu\text{m}$  の立方晶窒化硼素粉末を用いた配合組成が 55 体積% cBN - 10 体積% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 20 体積% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 15 体積% TiN の混合粉末を圧力 5.5 GPa、温度 1773 K の条件で超高温高圧焼結して立方晶窒化硼素焼結体を得た。得られた立方晶窒化硼素焼結体を基材 21 とした。

40

## 【 0 0 5 5 】

ISO 規格 CNGA120408 形状の超硬合金台金を用意し、超硬合金台金の刃先となるコーナー部に、基材 21 をロウ付けした。このロウ付けした工具のすくい面 (上下面)、逃げ面 (外周面) を #270 のダイヤモンド砥石で研削加工し、続いて、すくい面と逃げ面とが成す稜線部に #600 のダイヤモンド砥石によりチャンファホーニング幅 T0.26 mm、チャンファホーニング角度 -18° のチャンファホーニング面を形成した。さらに回転ブラシを工具刃先部に押し当てて、逃げ面とチャンファホーニング面とが成す

50

稜線部に丸ホーニング加工をおこなった。このとき加工時間を調整しながらコントレーサーで測定し、曲率半径Rが30  $\mu\text{m}$ になるように丸ホーニング加工した。丸ホーニング加工後、エタノールおよびアセトンで工具を洗浄し、その後に真空乾燥処理をおこなった。マグネトロンスパッタリング装置および1 mmのタンゲステンワイヤーを熱フィラメントに使用したイオンエッチング装置を具備した真空装置を用いて、立方晶窒化硼素焼結体工具の基材21に対して表12に示す表面処理をおこなった後、一部の試料を除いてアーキオンプレATING電極を用いて表12に示す被膜を被覆し、発明品35~58および比較品11~14の切削工具を得た。具体的な表面処理条件は表13に示した。なお、表面処理の条件1は基材の表面処理をおこなわないことを示す。また、具体的な被覆条件は表14に示した。

【0056】

【表 1 2】

試料番号	基材	表面処理	被膜
比較品 11	基材 21	条件 1	被膜なし
比較品 12	基材 21	条件 1	被膜 11
比較品 13	基材 21	条件 20	被膜なし
比較品 14	基材 21	条件 20	被膜 18
発明品 35	基材 21	条件 21	被膜なし
発明品 36	基材 21	条件 21	被膜 1
発明品 37	基材 21	条件 21	被膜 2
発明品 38	基材 21	条件 21	被膜 3
発明品 39	基材 21	条件 21	被膜 4
発明品 40	基材 21	条件 21	被膜 5
発明品 41	基材 21	条件 21	被膜 6
発明品 42	基材 21	条件 21	被膜 7
発明品 43	基材 21	条件 21	被膜 8
発明品 44	基材 21	条件 21	被膜 9
発明品 45	基材 21	条件 21	被膜 10
発明品 46	基材 21	条件 21	被膜 11
発明品 47	基材 21	条件 21	被膜 12
発明品 48	基材 21	条件 21	被膜 13
発明品 49	基材 21	条件 21	被膜 14
発明品 50	基材 21	条件 21	被膜 15
発明品 51	基材 21	条件 21	被膜 16
発明品 52	基材 21	条件 21	被膜 17
発明品 53	基材 21	条件 21	被膜 18
発明品 54	基材 21	条件 21	被膜 19
発明品 55	基材 21	条件 21	被膜 20
発明品 56	基材 21	条件 21	被膜 21
発明品 57	基材 21	条件 21	被膜 22
発明品 58	基材 21	条件 21	被膜 23

10

20

30

40

【 0 0 5 7 】

【表 1 3】

表面処理	工程	処理条件
条件1	処理なし	—
条件20	成膜	膜厚0.4 $\mu\text{m}$ TiN膜
	I E 1	Arガス、バイアス電圧2300V、40sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧500V、10min 成膜→I E 1→I E 2の工程を4回繰り返す
条件21	成膜	膜厚0.3 $\mu\text{m}$ Ti金属膜
	I E 1	Krガス、バイアス電圧1550V、30sec
	I E 2	Ne, Ar, Kr混合ガス、バイアス電圧110V、11min 成膜→I E 1→I E 2の工程を3回繰り返す

10

【0058】

【表 1 4】

被膜	被膜の膜構成 (膜厚と組成) 注) 膜構成は、左側が基材側、右側が表面側であることを示す。 注) 組成は原子比を示す。例えば、 $\text{Ti}_{0.3}\text{Nb}_{0.7}$ はTi:Nb=0.3:0.7(原子比)を示す。	立方晶窒化硼素焼結体直上の被膜の結晶系
被膜 1	1 $\mu\text{m}$ DLC(炭素膜)	アモルファス
被膜 2	6 $\mu\text{m}$ TiN	立方晶
被膜 3	5 $\mu\text{m}$ CrN	立方晶
被膜 4	3 $\mu\text{m}$ Ti( $\text{C}_{0.4}\text{N}_{0.5}\text{O}_{0.1}$ )	立方晶
被膜 5	4 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.3}\text{Nb}_{0.7}$ )N	立方晶
被膜 6	2 $\mu\text{m}$ ( $\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.3}\text{Si}_{0.1}$ )N	立方晶
被膜 7	6 $\mu\text{m}$ AlN	六方晶
被膜 8	4 $\mu\text{m}$ $\text{Al}_2\text{O}_3$ -2 $\mu\text{m}$ TiN	六方晶
被膜 9	3 $\mu\text{m}$ TiN-2 $\mu\text{m}$ ( $\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ ) $_2\text{O}_3$	立方晶
被膜 10	2 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.7}\text{Al}_{0.3}$ ) ( $\text{C}_{0.1}\text{N}_{0.89}\text{O}_{0.01}$ )	立方晶
被膜 11	0.3 $\mu\text{m}$ TiN-3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.3}\text{Al}_{0.7}$ )N	立方晶
被膜 12	3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.4}\text{Al}_{0.6}$ )N	立方晶
被膜 13	3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.25}\text{Al}_{0.7}\text{W}_{0.05}$ )N	立方晶
被膜 14	3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.49}\text{Al}_{0.5}\text{Y}_{0.01}$ )N	立方晶
被膜 15	5 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.35}\text{Al}_{0.64}\text{V}_{0.005}\text{Hf}_{0.005}$ ) ( $\text{C}_{0.2}\text{N}_{0.8}$ )	立方晶
被膜 16	0.5 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}$ )N-3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.4}\text{Al}_{0.52}\text{Nb}_{0.08}$ )N-0.5 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}$ )N	立方晶
被膜 17	0.2 $\mu\text{m}$ TiN-3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.8}\text{Al}_{0.1}\text{Zr}_{0.05}\text{B}_{0.05}$ )N-0.8 $\mu\text{m}$ Ti( $\text{C}_{0.4}\text{N}_{0.6}$ )	立方晶
被膜 18	3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.57}\text{Al}_{0.4}\text{Mn}_{0.03}$ )N-1 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.8}\text{Si}_{0.2}$ )N	立方晶
被膜 19	3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.4}\text{Al}_{0.598}\text{Zr}_{0.002}$ ) ( $\text{N}_{0.95}\text{O}_{0.05}$ )	立方晶
被膜 20	3 $\mu\text{m}$ ( $\text{Ti}_{0.35}\text{Al}_{0.5}\text{Cr}_{0.1}\text{Si}_{0.05}$ )N-0.5 $\mu\text{m}$ ZrN	立方晶
被膜 21	[5nm ( $\text{Ti}_{0.6}\text{Al}_{0.3}\text{Zr}_{0.1}$ )N-5nm ( $\text{Ti}_{0.3}\text{Al}_{0.7}$ )N (積層周期 10nm)] $\times$ 300 層 (総膜厚 3 $\mu\text{m}$ )	立方晶
被膜 22	[0.5nm ( $\text{Ti}_{0.3}\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.1}$ )N-0.5nm ( $\text{Al}_{0.55}\text{Cr}_{0.4}\text{B}_{0.05}$ )N (積層周期 1nm)] $\times$ 2000 層 (総膜厚 2 $\mu\text{m}$ )	立方晶
被膜 23	[18nm ( $\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.47}\text{Si}_{0.03}$ )N-12nm ( $\text{Ti}_{0.35}\text{Al}_{0.65}$ )N (積層周期 30nm)] $\times$ 150 層 (総膜厚 4.5 $\mu\text{m}$ )	立方晶

20

30

40

【0059】

得られた発明品 35 ~ 58 および比較品 11 ~ 14 の切削工具について、走査電子顕微鏡 (SEM) で丸ホーニング面とチャンファホーニング面と焼結体内部の断面を写真撮影した。断面写真を画像解析し、立方晶窒化硼素 (cBN) の平均粒径を測定した後、丸ホーニング面とチャンファホーニング面の立方晶窒化硼素と結合相の断面曲線の長さをそれぞれ測定して PR/PC を求め、それらの値を表 15 に示した。

50

【 0 0 6 0 】

【 表 1 5 】

試料番号	cBN 平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	PR/PC	切削試験				性能 評価
			1回目 (min)	2回目 (min)	3回目 (min)	平均 (min)	
比較品 11	3.0	1.0	2.5	4.3	5	3.9	×
比較品 12	3.0	1.0	4.2	3.2	5.5	4.3	×
比較品 13	3.0	13	6.4	6	7.6	6.7	×
比較品 14	3.0	13	7.3	8.6	5.5	7.1	×
発明品 35	3.0	3.1	15.9	16.8	15.6	16.1	○
発明品 36	3.0	3.1	18.0	17.3	18.5	17.9	○
発明品 37	3.0	3.1	22.3	24.8	22.8	23.3	○
発明品 38	3.0	3.1	23.7	24.1	21.4	23.1	○
発明品 39	3.0	3.1	25.5	23.9	25.1	24.8	○
発明品 40	3.0	3.1	24.5	23	25.9	24.5	○
発明品 41	3.0	3.1	26.2	24.7	25.4	25.4	○
発明品 42	3.0	3.1	19.3	18.9	19.8	19.3	○
発明品 43	3.0	3.1	19.6	20.7	20.1	20.1	○
発明品 44	3.0	3.1	25.9	25.7	26.2	25.9	○
発明品 45	3.0	3.1	27.5	28.4	28	28	◎
発明品 46	3.0	3.1	28.5	27.8	29.1	28.5	◎
発明品 47	3.0	3.1	28.3	28.0	28.8	28.4	◎
発明品 48	3.0	3.1	30.5	30.1	30.8	30.5	◎
発明品 49	3.0	3.1	30.2	31.7	30.9	30.9	◎
発明品 50	3.0	3.1	30.4	32	31.3	31.2	◎
発明品 51	3.0	3.1	29.8	31.7	32.0	31.0	◎
発明品 52	3.0	3.1	31.6	30.2	30.6	30.8	◎
発明品 53	3.0	3.1	31.8	32.3	32.5	32.2	◎
発明品 54	3.0	3.1	29.7	30.3	29.3	29.8	◎
発明品 55	3.0	3.1	33.6	32.7	33.2	33.2	◎
発明品 56	3.0	3.1	37.7	34.1	35.9	35.9	◎
発明品 57	3.0	3.1	34.3	34.9	35.2	34.8	◎
発明品 58	3.0	3.1	36.4	35.4	33.9	35.2	◎

10

20

30

【 0 0 6 1 】

発明品 35 ~ 58 および比較品 11 ~ 14 の切削工具について、切削試験 4 をおこなった 40

[ 切削試験 4 ]

切削加工の種類 : 外径強断続切削

被削材材質 : SCM435H ( 浸炭焼入れ材 )

被削材硬さ : HRC58 ~ 61

被削材形状 : 外径 48mm の略円筒形、断続箇所は 2 箇所

切削速度 : 150 ( m / min )

送り : 0.25 ( mm / rev )

切り込み : 0.15 ( mm )

繰り返し回数 : 3 回

50

寿命判定 : チッピングまたは欠損が発生するまでの加工時間 ( m i n ) 。

【 0 0 6 2 】

切削試験 4 の結果を表 1 5 に示す。比較品 1 1 ~ 1 4 の寿命は 1 0 分未満であった。被膜なしの発明品 3 5 の寿命は比較品 1 1 ~ 1 4 の寿命の 2 倍以上を示した。発明品に被膜を被覆することで寿命はさらに向上した。その中でも特に T i と A l を主成分とする被膜を被覆した発明品 4 5 ~ 5 8 の寿命は、比較品 1 1 ~ 1 4 の寿命の 3 ~ 5 倍になった。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 3 】

【 図 1 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具の斜視図

【 図 2 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具の A - A ' 線断面図

10

【 図 3 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具の A - A ' 線断面拡大図

【 図 4 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具のチャンファホーニング面の断面拡大図

【 図 5 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具の丸ホーニング面の断面拡大図

【 図 6 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具の斜視図

【 図 7 】 本発明立方晶窒化硼素焼結体工具破線部 ( 図 6 ) の拡大図

【 図 8 】 A r i オンエッチング処理後の基材の表面組織 S E M 写真

【 図 9 】 A r i オンエッチング処理前の基材の表面組織 S E M 写真

【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

1 ... 立方晶窒化硼素焼結体工具

2 ... 超硬合金台金

3 ... すくい面

4 ... 逃げ面

5 ... チャンファホーニング面

6 ... 丸ホーニング面

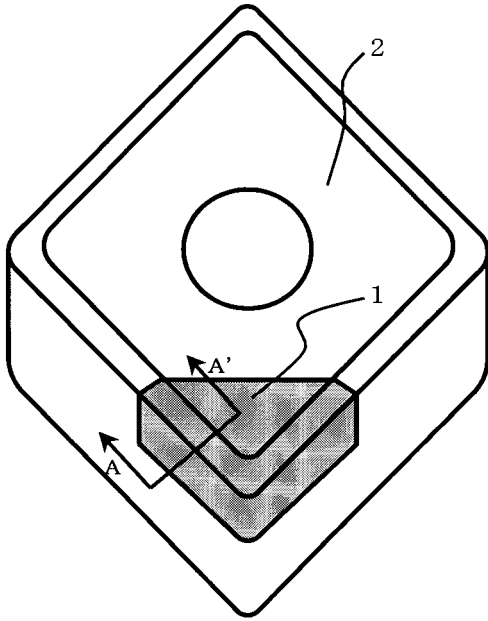
7 ... 立方晶窒化硼素

8 ... 結合相

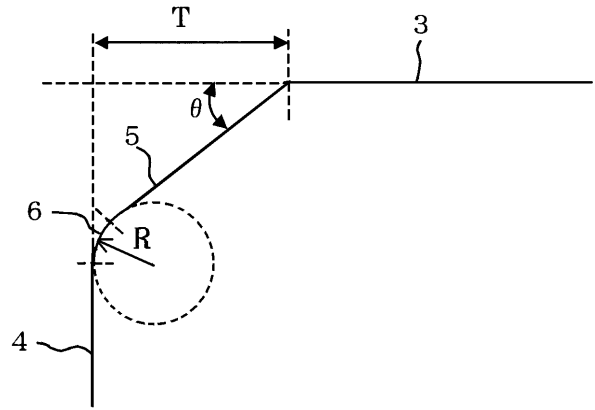
9 ... 立方晶窒化硼素焼結体の断面曲線

20

【 図 1 】

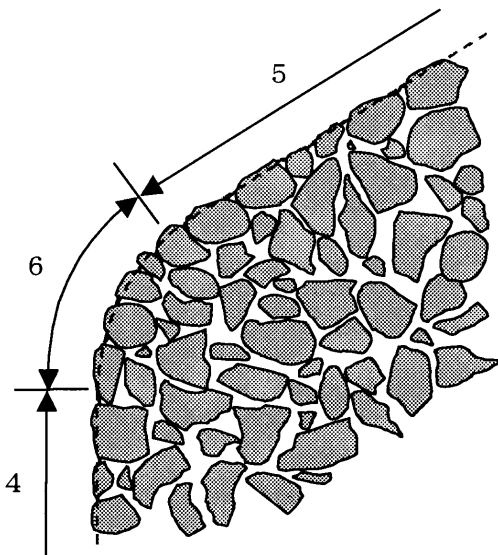


【 図 2 】

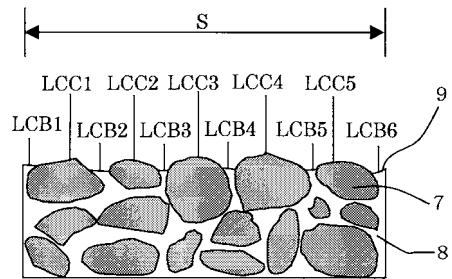


A-A' 断面

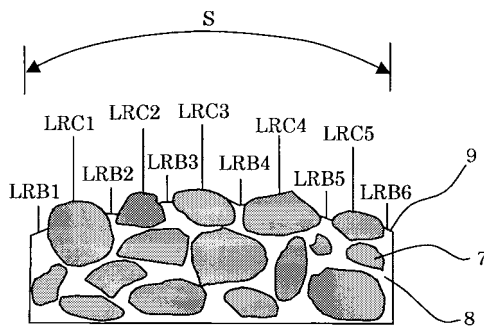
【 図 3 】



【 図 4 】

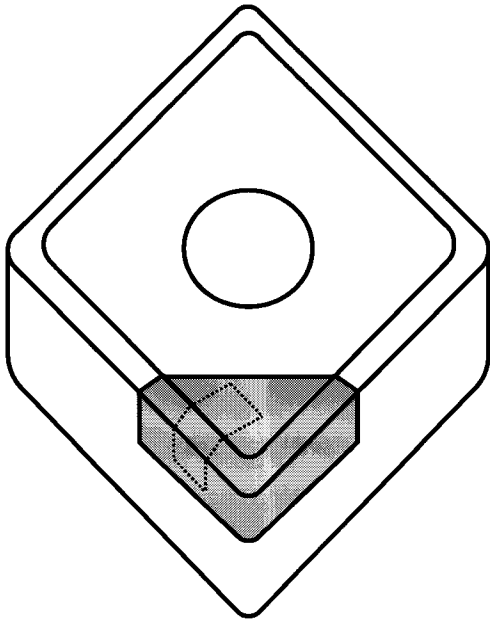


【 図 5 】

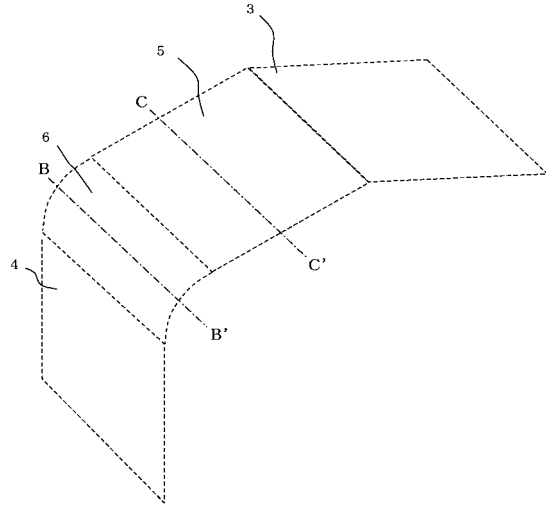




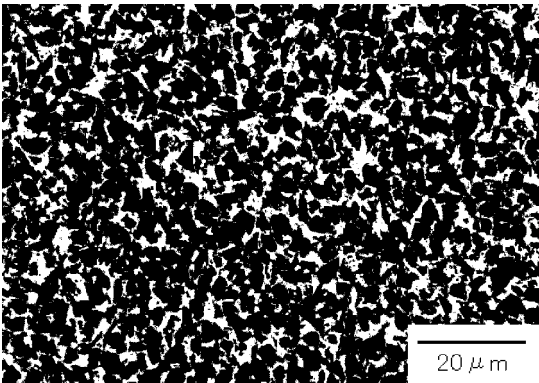
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

