

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4251990号
(P4251990)

(45) 発行日 平成21年4月8日(2009.4.8)

(24) 登録日 平成21年1月30日(2009.1.30)

(51) Int. Cl.		F 1	
B 2 3 B	27/14	(2006.01)	B 2 3 B 27/14 A
B 2 3 C	5/16	(2006.01)	B 2 3 C 5/16
C 2 3 C	16/34	(2006.01)	C 2 3 C 16/34
C 2 3 C	16/40	(2006.01)	C 2 3 C 16/40

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-561812 (P2003-561812)	(73) 特許権者	503212652 住友電工ハードメタル株式会社 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成15年1月14日(2003.1.14)	(74) 代理人	100100147 弁理士 山野 宏
(86) 国際出願番号	PCT/JP2003/000232	(72) 発明者	岡田 吉生 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社
(87) 国際公開番号	W02003/061885	(72) 発明者	森口 秀樹 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社
(87) 国際公開日	平成15年7月31日(2003.7.31)		
審査請求日	平成17年5月24日(2005.5.24)		
(31) 優先権主張番号	特願2002-10098 (P2002-10098)		
(32) 優先日	平成14年1月18日(2002.1.18)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2002-347391 (P2002-347391)		
(32) 優先日	平成14年11月29日(2002.11.29)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	小川 真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面被覆切削工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基体表面に被覆層を設けた表面被覆切削工具において、
前記被覆層は、各々少なくとも一層の内側層、中間層および外側層を具え、
前記内側層は、周期律表IVa、Va、VIa族の炭化物、窒化物、炭窒化物、硼化物、硼窒化物、硼窒炭化物、酸化物、炭酸化物、酸窒化物、炭窒酸化物よりなる群から選択される少なくとも一種の材料で構成され、かつ柱状組織からなる層を含み、
前記外側層は、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウムおよびそれらの固溶体よりなる群から選択される少なくとも一種の酸化物層からなり、
前記中間層は、内側層側が式1を満たす硼窒化チタン TiB_xNy (x, y : atomic%) からなり、外側層側が式1および式3を満たす硼窒酸チタン TiB_xNyO_z (x, y, z : atomic%) からなって、内側層側から外側層側に向かって酸素含有量が多くなる構造であり、

$$0.001 < x/(x+y) < 0.04 \quad \dots \text{式 1}$$

$$0.0005 < x/(x+y+z) < 0.04 \quad \text{且つ} \quad 0 < z/(x+y+z) < 0.5 \quad \dots \text{式 3}$$

この中間層の平均膜厚が $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ で、且つこの中間層の基準長さ $1 \mu\text{m}$ の表面粗さで、山頂線と谷底線との間の垂直距離が $50 \sim 500\text{nm}$ であることを特徴とする表面被覆切削工具。

【請求項 2】

前記中間層の TiB_xNy (x, y : atomic%) は式2を満たすことを特徴とする請求項1に記載の表面被覆切削工具。

10

20

$$0.003 < x/(x+y) < 0.02 \quad \dots \text{式 2}$$

【請求項 3】

前記被覆層は、内側層の平均膜厚を1.0～20.0 μm、外側層の平均膜厚を0.5～10.0 μmとすることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の表面被覆切削工具。

【請求項 4】

前記内側層の柱状組織は炭窒化チタン層または炭窒酸化チタン層であり、この炭窒化チタン層または炭窒酸化チタン層の平均膜厚が1.0～20.0 μmで、柱状組織のアスペクト比が5以上であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の表面被覆切削工具。

【請求項 5】

前記外側層は 型Al₂O₃を主成分とすることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の表面被覆切削工具。

【請求項 6】

前記外側層よりも更に外側に、周期律表IVa、Va、VIa族の炭化物、窒化物、炭窒化物、酸化物、炭酸化物、酸窒化物、炭窒酸化物よりなる群から選択される少なくとも一種の材料で構成される識別層を有し、

識別層の平均膜厚が0.2～5.0 μmであることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の表面被覆切削工具。

【請求項 7】

前記被覆層の最表面のうち刃先稜線部近傍以外で被削材と接触する個所の平均面粗さが、工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μmに対しRmax0.2～1.3 μmであることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の表面被覆切削工具。

【請求項 8】

前記被覆層の最表面のうち刃先稜線部近傍における面粗さが、工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μmに対しRmax0.2 μm以下であることを特徴とする請求項 1～7 のいずれかに記載の表面被覆切削工具。

【請求項 9】

前記基体が、炭化タングステンを主成分とし、周期律表IVa、Va、VIa族金属の炭化物、窒化物、炭窒化物及びそれらの固溶体(WCを除く)よりなる群から選択された少なくとも1種を含む硬質相と、

鉄族金属から選択された少なくとも1種を含む結合相とからなる超硬合金であることを特徴とする請求項 1～8 のいずれかに記載の表面被覆切削工具。

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、鋼材の切削などに好適な被覆切削工具に関するものである。

背景技術

被覆切削工具には種々のものが提案されており、例えば、基体に被覆を設けた工具を開示する文献として、特許文献1～6が挙げられる。そのような被覆構造の一例として、内側層にTi系膜、外側層にAl₂O₃膜、最外層にTi系膜を配したものが知られている。この内側層と外側層は密着力が悪く、様々な接着層が提案されている。

(特許文献1)

特公昭57-42152号公報

(特許文献2)

特公昭58-67858号公報

(特許文献3)

特公昭59-44385号公報

(特許文献4)

特公昭60-37189号公報

(特許文献5)

10

20

30

40

50

特公平 1 - 1 2 8 3 5 号公報

(特許文献 6)

特開平 5 - 8 1 0 3 号公報

しかし、近年、被削材の複雑形状による加工接触回数の増加、難削材化による工具への溶着量の増加など、被覆膜に対する切削負荷が極めて大きくなっている。具体的には溶着量増加に伴い切削抵抗が大きくなり膜剥離(膜の層間剥離)や膜の摩耗が急激に発生し、工具寿命を短くしている。

発明の開示

本発明の主目的は、溶着に伴う膜剥離を抑制できる表面被覆切削工具を提供することにある。

10

本発明表面被覆切削工具は基体表面に被覆層を有する。この被覆層は、各々少なくとも一層の内側層、中間層および外側層を具える。この内側層は、周期律表 I V a、V a、V I a 族の炭化物、窒化物、炭窒化物、硼化物、硼窒化物、硼窒炭化物、酸化物、炭酸化物、酸窒化物、炭窒酸化物よりなる群から選択される少なくとも一種の材料で構成され、かつ柱状組織からなる層を含む。外側層は、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウムおよびそれらの固溶体よりなる群から選択される少なくとも一種の酸化物層からなる。中間層は、下記の式 1 を満たす硼窒化チタン TiB_xN_y ($x, y: atomic\%$) からなる。そして、この中間層の平均膜厚を $0.1 \sim 1 \mu m$ とすることを特徴とする。

$$0.001 < x/(x+y) < 0.04 \quad \cdots \text{式 1}$$

本発明切削工具は、図 1 に示すように、基体 1 表面から順に内側層 2、中間層 3、外側層 4 を具える構成である。さらに外側層の上に識別層 5 を形成しても良い。このような切削工具において、中間層における硼素の含有量を特定し、かつ平均膜厚を限定することで、内側層と外側層を高い密着力で結合し、かつ鉄との反応性を低くすることで溶着が起こり難く、膜剥離の生じにくい被覆切削工具を得ることができる。以下、本発明の構成を詳しく説明する。

20

(内側層)

内側層 2 は、周期律表 I V a、V a、V I a 族の炭化物、窒化物、炭窒化物、硼化物、硼窒化物、硼窒炭化物、酸化物、炭酸化物、酸窒化物、炭窒酸化物よりなる群から選択される少なくとも一種の材料で構成される。より具体的には、 TiC 、 TiN 、 $TiCN$ 、 $TiCNO$ 、 TiB_2 、 $TiBN$ 、 $TiCBN$ 、 ZrC 、 ZrO_2 、 HfC 、 HfN などが

30

挙げられる。内側層には、柱状組織からなる層を含むことが好ましい。柱状組織からなる層は耐摩耗性に優れる。柱状組織となる層の具体的材質としては炭窒化チタンまたは炭窒酸化チタンが好適である。柱状組織の内側層は、主に製造条件における反応ガス組成や温度を調整したり、成膜時間のある程度長くすることで得ることができる。柱状組織のアスペクト比は 5 以上であることが好ましい。アスペクト比 5 以上の柱状晶としたのは、主に外側層が摩滅もしくは剥離した後の耐摩耗性を考慮したためである。

アスペクト比は、柱状晶 $TiCN$ 層の上端の水平方向粒径を d_1 、下端の水平方向粒径を d_2 としたとき、 $(d_1 + d_2) / 2$ と結晶粒の長さ(垂直方向長さ=膜厚)との比をとる。

40

アスペクト比の測定方法は次の通りである。切削工具の縦断面に対して平行あるいは適当な角度(10° 以下が好ましい)をつけて研磨し、適当な腐食液を用いて結晶粒界を浮かび上がらせた後に、走査型電子顕微鏡で観察して、適切な倍率で撮影した写真から結晶粒径の成長方向、アスペクト比を算出する。

内側層の平均膜厚は $1.0 \sim 20.0 \mu m$ であることが望ましい。この下限値を下回ると柱状晶を得ることが難しくなり、外側層の剥離後に耐摩耗性を維持することが困難となる。逆に上限値を超えても膜が脆くなって耐摩耗性が低下する。

(外側層)

外側層 4 は、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウムおよびそれらの固溶体よりなる群から選択される少なくとも一種の酸化物層からなる。これらの酸化物は、化

50

学的に安定であり、鉄との反応性が低く、溶着が生じ難い。中でも Al_2O_3 が好ましい。特に 型 Al_2O_3 を主成分とする外側層が好適である。型 Al_2O_3 は高温安定型の材料であり、強度、耐熱性に優れる。型 Al_2O_3 を主成分とすると、外側層に占める 型 Al_2O_3 の重量比が 50% 以上のものを言う。外側層の平均膜厚は $0.5 \sim 10.0 \mu m$ が好ましい。この下限値を下回ると溶着を抑制する効果が少なく、上限値を超えても欠損や剥離が生じやすくなる。

(中間層)

内側層 2 と外側層 4 の間に介在される中間層 3 は、式 1 を満たす硼窒化チタン TiB_xNy ($x, y: atomic\%$) からなる。ただし、不純物として含まれる塩素は化学式に加えていない。

$$0.001 < x/(x+y) < 0.04 \quad \dots \text{式 1}$$

より好ましくは、式 2 を満たす硼窒化チタン TiB_xNy ($x, y: atomic\%$) からなる中間層とする。

$$0.003 < x/(x+y) < 0.02 \quad \dots \text{式 2}$$

B 量を式 1 の範囲にすることにより、外側層の剥離を抑制し、かつ $TiBN$ 膜が外側層の摩耗もしくは剥離で露出したとき、被削材との反応性を下げることで工具寿命の延命が可能となる。

内側層と外側層の密着性向上を目的とした中間層には、 TiB_2 も考えられる。しかし、図 2 のグラフに示すように、 TiB_2 は鉄との反応性が TiN に比べ 35 倍程度高く、被削材が溶着し易い。一方、中間層に $TiBN$ の代わりとして TiN を配することは、内側・外側層間の密着力を低下させ、かつ硬度低下が著しいため、工具の寿命延命ができなくなる。本発明では、中間層の B 量を制限することで、外側層が剥離または摩滅して中間層が露出した際の鉄との反応性を下げて被削材の溶着を抑制する。また、 $TiBN$ 層が露出した場合、B 量を少なくしたための硬度低下 (硬度: $TiB_2 > TiN$) に起因する耐摩耗性低下は、 $TiBN$ の膜厚と柱状晶組織を有する内側層で補って耐摩耗性の向上を図る。

加えて、上記の $TiBN$ 層とすることで、外側層となる酸化物膜の粒度を抑制でき、それにより被覆層表面の凹凸を少なくし、切削抵抗の負荷を下げるのが可能となる。これは、 TiN への B の微量添加により、 $TiBN$ 膜が微粒化した組織となり、その外側層の核発生を均一化し、かつ微細化することができるからである。より具体的には、中間層の基準長さ $1 \mu m$ の表面粗さで、最高部の水平線である山頂線と最低部の水平線である谷底線との間の垂直距離を $50 \sim 500 nm$ とする。このことにより外側層を均一に成長させ、表面被覆工具の最表面の凹凸を極力無くすることが可能となる。そして、中間層と外側層との密着力も向上できる。

また、 $TiBN$ 膜の厚みを抑制し、内層に柱状組織を有する Ti 系の膜を 1 層以上配することにより、耐摩耗性の向上を図ることができる。この中間層の平均膜厚は $0.1 \sim 1 \mu m$ とすることが好適である。この下限値を下回ると、内側層と外側層の密着性を高める効果が少なく、上限値を上回ると被覆層の耐摩耗性を向上させる効果が少ないからである。あるいは、この中間層 3 は式 1 を満たす硼窒化チタン TiB_xNy ($x, y: atomic\%$) と $Ti \cdot B \cdot N$ を除く内側層および/または外側層を構成する元素を含み、

$$0.001 < x/(x+y) < 0.04 \quad \dots \text{式 1}$$

この中間層中の内側層構成元素は中間層の内側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に元素量を連続または段階的に減少し、および/または中間層中の外側層構成元素は中間層の外側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に元素量を連続または段階的に減少する構造とする事で、内側層と外側層の密着力をいっそう高めることが可能となる。ただし、この際この中間層の基準長さ $1 \mu m$ の表面粗さで山頂線と谷底線との間の垂直距離が $50 \sim 500 nm$ でなければ良好な密着力を得ることは出来ない。

この中間層は、硼窒化チタン TiB_xNy ($x, y: atomic\%$) の代わりに硼窒酸化チタン TiB_xNyO_z ($x, y, z: atomic\%$) とし、式 1 および式 3 を満たすことも好ましい。

10

20

30

40

50

$$0.001 < x/(x+y) < 0.04 \quad \cdots \text{式 1}$$

$$0.0005 < x/(x+y+z) < 0.04 \quad \text{且つ} \quad 0 < z/(x+y+z) < 0.5 \cdots \text{式 3}$$

中間層中に酸素を含有させることで、酸素を含まない硼窒化チタンより中間層の膜粒径を細かくすることが可能となり、中間層の膜硬度が高くなる。また、B量を制限することで外側層の密着力が更に向上する。このことにより、耐摩耗性が良くなり、ひいては工具寿命を延命できることになる。

$x/(x+y+z)$ の値が0.0005以下になると、B量を少なくしたために硬度低下が生じてしまう。逆に、 $x/(x+y+z)$ の値が0.04以上になると、被削材との反応性が高くなり中間層が露出したときに被削材と反応して、溶着物が工具の刃先に強固に付着し、内側層の剥離現象を促進してしまう。 $x/(x+y+z)$ の上限値を0.02以下とすることも好適である。また、 $z/(x+y+z)$ が0となると酸素を含まない硼窒化チタン TiB_xNy ($x, y: \text{atomic}\%$)と変わらず、0.5より大きくなると、膜の硬度は増すが靱性が低下し、断続切削時の耐欠損性が低くなってしまふ。

さらに、中間層は、内側層側に酸素を含まない硼窒化チタン TiB_xNy ($x, y: \text{atomic}\%$)を配し、外側層側に酸素を含む硼窒酸化チタン TiB_xNyO_z ($x, y, z: \text{atomic}\%$)を配することが好ましい。この構造により、内側層と外側層の両方の密着力を高め、工具の寿命を更に延命できる。特に、内層側から外層側に向かって酸素の含有量が段階的または連続的に増加する傾斜組成構造の中間層を設けることが好ましい。

(識別層)

外側層よりも更に外側に、周期律表IVa、Va、V Ia族の炭化物、窒化物、炭窒化物、酸化物、炭酸化物、酸窒化物、炭窒酸化物よりなる群から選択される少なくとも一種の材料で構成される識別層5を有することが好ましい。一般に、 Al_2O_3 は黒色又は褐色を呈し、被覆層の最外層に全面的に配置すると、使用済みコーナを識別することが難しい。そのために識別層を設け、使用済みコーナの識別を容易にすると共に、耐摩耗性を高めている。識別層は単層でも複層でもかまわない。識別層の平均膜厚は0.2~5.0 μm 程度が適切である。

(被覆層の表面粗さ)

被覆層の最表面のうち刃先稜線部近傍以外で被削材と接触する個所の平均面粗さが、工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μm に対し $R_{max} 0.2 \sim 1.3 \mu m$ であることが好適である。

また、被覆層の最表面のうち刃先稜線部近傍における面粗さが、工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μm に対し $R_{max} 0.2 \mu m$ 以下であることが望ましい。この規定値を上回ると溶着しやすくなり、切り屑の流れも悪くなる。刃先稜線部近傍は、実質的に切削に関与して切削抵抗が最も作用する個所であり、その表面を平滑にすることで切削抵抗を低減すると共に高精度の加工を可能にする。

(基体)

基体1は硬質相と結合相とからなる超硬合金とする。硬質相は、炭化タングステンを主成分とし、周期律表IVa、Va、V Ia族金属の炭化物、窒化物、炭窒化物及びそれらの固溶体(WCを除く)よりなる群から選択された少なくとも1種を含むものとする。炭化タングステンを主成分とするとは、硬質相中に占める炭化タングステンの重量比が50%以上であるものを言う。結合相は、鉄族金属から選択された少なくとも1種を含むものとする。

(用途)

本発明切削工具の具体的用途は、エンドミル、切削用のチップ、フライス用のチップ、旋削用のチップなどが挙げられる。

(被削材)

本発明切削工具が特に有効な被削材としては、低炭素鋼、中炭素鋼、高炭素鋼などの鋼一般の他、特に溶着の生じやすいダクタイル鋳鉄、ステンレス、インコネルなどが挙げられ

10

20

30

40

50

る。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を説明する。

(試験例1)

下記に示す基体Aの材料粉末をボールミルにより15H湿式混合し、乾燥した後、圧粉体にプレス成形した。本例の圧粉体の形状は、全周型チップブレードのISO・CNMG120408に定める形状とした。この圧粉体を焼結炉内に挿入し1526.85(1800K)の温度で0.5H真空焼結(100Pa)を行い、焼結体を作製した。その後、刃先稜線部のみにSiCブラシでホーニング処理を行った。

(基体の原料粉末：重量%)

A TaC:2.3、NbC:1.2、TiC:2、TiN:2、ZrC:0.2 Co:6 残りWC

B TaC:2.3、NbC:1.2、TiC:2、TiN:2、TiCN:0.2 Co:6 Ni:3 残りWC

C TaC:2.3、NbC:1.2、TiC:2、TiN:2、ZrC:0.2 Fe:6 残りWC

この基体A上に、CVD炉内において表1に示すガス組成、圧力条件、温度で被覆層を形成した。ここでは、被覆層組成として、表1中のTiCN、TiBN、 α -Al₂O₃、TiNを選択して、それぞれ順に内層、中間層、外側層、識別層とした。厚みは、内側層:10 μ m、中間層:1.0 μ m、外側層:7 μ m、識別層:3 μ mである。内側層のTiCNは全て柱状晶組織であり、そのアスペクト比は7.0である。また、TiBNは、表2に示すように、TiB_xN_y(x、y:atomic%)で0.001<x/(x+y)<0.04を満たすものと満たさないものの両方を作製した。得られた被覆層最表面の面粗さは、工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μ mに対し、刃先稜線部でRmax0.15 μ m、刃先稜線部以外の個所でRmax0.70 μ mである。また、TiBNは基準長さ1 μ mの表面粗さで、山頂線と谷底線との間の垂直距離が50~150nmであった。

表1

被覆層組成	反応ガス組成(容量%)	圧力(kPa)	温度(°C)
TiBN *1	TiCl ₄ :2%、BCl ₃ :0.005~2%、N ₂ :10~20%、H ₂ :残	4~10.7	800~980
TiN	TiCl ₄ :2%、N ₂ :25%、H ₂ :残	13.3	950
TiCN 粒状	TiCl ₄ :2%、CH ₄ :4%、N ₂ :20%、H ₂ :残	20	950
TiCN 柱状	TiCl ₄ :2%、CH ₃ CN:0.6%、N ₂ :20%、H ₂ :残	6.7~80	800~950
TiC 粒状	TiCl ₄ :2%、CH ₄ :5%、H ₂ :残	13.3	1050
TiC 柱状	TiCl ₄ :6%、CH ₄ :12%、H ₂ :残	20	1150
HfC	HfCl ₄ :12%、C ₄ H ₁₀ :2%、H ₂ :残	13.3	1100
VCN	VL ₂ :10%、C ₄ H ₁₀ :2%、N ₂ :3%、H ₂ :残	6.7	950
TiBN *2	TiCl ₄ :2%、BCl ₃ :5%、N ₂ :5%、H ₂ :残	13.3	950
TiCNO 柱状	TiCl ₄ :2%、CO ₂ :3%、N ₂ :5%、CH ₃ CN:0.1%、H ₂ :残	13.3	950
α -Al ₂ O ₃	AlCl ₃ :2%、H ₂ S:0.3%、CO ₂ :5%、H ₂ :残	6.7	1050
κ -Al ₂ O ₃	AlCl ₃ :2%、CO ₂ :5%、CO:0.5%、H ₂ :残	6.7	1050
ZrO ₂	ZrCl ₄ :2%、CO ₂ :5%、H ₂ :残	6.7	1050
HfO ₂	HfCl ₄ :2%、CO ₂ :10%、H ₂ :残	6.7~13.3	1100

*1: TiB_xN_y(x、y:atomic%)で0.001<x/(x+y)<0.04をみたすもの。

*2: TiB_xN_y(x、y:atomic%)で0.001<x/(x+y)<0.04をみたさないもの。

表 2

試料 No.	中間層	x / (x+y)	加工時間 (min)	
			断続切削	連続切削
1-1	TiBN	0.001	15	10
1-2	#	0.003	24	14
1-3	#	0.01	30	20
1-4	#	0.02	26	17
1-5	#	0.04	7	5
1-6	#	0.10	3	2

上記により得られた各試料を用いて、以下の表 3 に示す条件にて断続切削試験を行い、工具寿命までの加工時間を測定した。また、以下の表 4 示す条件で連続切削試験を行って、工具寿命までの加工時間を測定した。これらの結果も表 2 に示す。

表 3

被削材	SCM435 溝付き丸棒
速度 V m/min	V=250
送り量 f mm/rev	f=0.30
切り込み量 d mm	d=1.5
切削方式	湿式

表 4

被削材	SUS304 丸棒
速度 V m/min	V=150
送り量 f mm/rev	f=0.20
切り込み量 d mm	d=1.5
切削方式	湿式

表 2 から明らかなように、TiBxNy (x, y : atomic %) で $0.001 < x / (x+y) < 0.04$ を満たすものは断続・連続のいずれの切削加工においても被覆の剥離が抑制されて加工時間が長くなっていることがわかる。

(試験例 2)

試験例 1 に記載の基体 A 上に CVD 炉内において表 1 に示すガス組成、圧力条件、温度で被覆層を形成する。ここでは、被覆組成として、表 1 中の TiCN、TiBN、Al₂O₃、TiN を選択して、それぞれ順に内側層、中間層、外側層、識別層とした。また中間層中の内側層構成元素の量を中間層の内側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に連続または段階的に減少する方法は、中間層形成ガスを流すのに加え、内側層形成ガスの量を、中間層の膜が内側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に、連続または段階的に減らしていくことで得られ、および / または中間層中の外側層構成元素の量を中間層の外側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に連続または段階的に減少する方法は、中間層形成ガスを流すのに加え、中間層の膜が膜厚の中央から中間層の外側層側に向かう方向に外側層形成ガスの量を連続または段階的に増やしていくことで得られる。

この上記記載の方法で得られた膜と比較するために試験例 1 の表 2 の試料 1 - 3 を用いた。尚、上記記載の方法で得られた膜は膜厚、アスペクト比、 $x / (x+y) = 0.01$ 、工具最表面の面粗さ、TiBN の山頂線と谷底線との垂直距離を全て試料 No. 1 - 3 と同様になるように温度、圧力の調整を行った。

10

20

30

40

50

上記の得られた試料と試料 No. 1 - 3 を表 3 に示す条件にて断続試験を行い、工具寿命までの加工時間を測定した結果、No. 1 - 3 は 30 分間の加工ができたのに対して、40 分間加工が可能になった。

また、表 4 に示す条件にて連続切削試験を行って、工具寿命までの加工時間を測定した結果、No. 1 - 3 が 20 分間の切削可能時間に対して、30 分間の連続切削が可能となった。

このように、前記中間層は式 1 を満たす硼窒化チタン TiB_xNy (x, y : atomic %) と $Ti \cdot B \cdot N$ を除く内側層および/または外側層を構成する元素を含み

$$0.001 < x/(x+y) < 0.04 \quad \dots \text{式 1}$$

前記中間層中の内側層構成元素は中間層の内側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に元素量を連続または段階的に減少し、および/または中間層中の外側層構成元素は中間層の外側層側から中間層の膜厚の中央に向かう方向に元素量を連続または段階的に減少する構造とすることで、断続・連続のいずれの切削加工においても被覆の剥離が更に抑制されて加工時間が長くなっていることがわかる。

(試験例 3)

さらに、試験例 1 に示す基体 A ~ C を用いて、表 5 に示す構造の被覆層を形成し、試験例 1 と同様の切削試験を行った。各組成の被覆層の成膜条件は試験例 1 の表 1 に示す通りである。各試料の $x/(x+y)$ 、アスペクト比、表面粗さ及び試験結果を表 6 に示す。表 6 中の「中間層表面粗さ」は、基準長さ $1 \mu m$ の表面粗さで、山頂線と谷底線との間の垂直距離で表している。

10

20

表 5

試料 No.	基体	被覆層の組成と厚み (μm)			識別層
		内側層	中間層	外側層	
2-1	A	TiCN/0.5	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /5.0	TiN/5.0
2-2	A	TiCN/1.0	TiBN/0.05	Al ₂ O ₃ /10	TiN/0.2
2-3	A	TiCN/10	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /0.2	TiN/3.0
2-4	A	TiCN/20	TiBN/1.5	Al ₂ O ₃ /3.0	TiN/3.0
2-5	A	TiCN/15	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /15	TiN/5.0
2-6	A	TiN/2.0/TiCN/3.0	TiBN/0.1	Al ₂ O ₃ /10	TiN/3.0
2-7	A	TiN/2.0/TiCN/3.0/TiC/3.0	TiBN/0.5	Al ₂ O ₃ /5.0	TiC/0.5/TiN/2.0
2-8	A	TiN/2.0/TiCN/5.0/TiCN/3.0	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /8.0	TiN/3.0
2-9	A	TiCN/25	TiBN/0.2	Al ₂ O ₃ /10	VCN/0.5/TiN/0.5
2-10	A	TiCN/3.0	TiBN/0.5	Al ₂ O ₃ /5.0	TiN/1.0
2-11	A	TiCN/15/粒状 TiC/2.0	TiBN/0.8	Al ₂ O ₃ /8.0	TiN/2.0
2-12	A	TiN/0.2/TiCN/7.0	TiBN/0.9	Al ₂ O ₃ /2.0	TiC/0.5/TiN/0.5/TiC/0.5
2-13	A	粒状 TiCN/20	TiBN/1.5	Al ₂ O ₃ /3.0	TiN/3.0
2-14	A	TiN/0.5/TiCN/7.0	TiBN/0.8	κ-Al ₂ O ₃ /3.0	TiN/2.0
2-15	A	TiCN/10/VCN/0.5	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /3.0	TiN/1.0
2-16	A	TiC/10	TiBN/0.5	Al ₂ O ₃ /5.0	TiN/2.0
2-17	A	TiN/0.5/TiCN/10	TiBN/1.0	ZrO ₂ /5.0	TiN/2.0
2-18	A	TiN/0.3/TiCN/10/TiC/2.0	TiBN/0.8	HfO ₂ /5.0	TiN/2.0
2-19	A	TiCN/12	TiBN/0.7	Al ₂ O ₃ /3.0	-
2-20	B	TiCN/10/HfC/2.0	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /5.0	HfC/1.0/TiN/1.0
2-21	C	TiCN/10	TiBN/1.0	Al ₂ O ₃ /5.0	TiN/2.0

TiCN、TiCNO、TiCはことわりのない限り全て柱状晶である。

Al₂O₃はことわりのない限り全てα-Al₂O₃である。

表6

試料 No.	中間層 表面粗さ (nm)	TiBxNy x/(x+y)	アスペクト比	最表面の表面粗さ (μm)		加工時間 (min)	
				刃先稜線部	その他	断続切削	連続切削
2-1	50	0.002	2.0	0.1	1.0	16	4
2-2	83	0.005	3.2	0.2	0.5	9	8
2-3	226	0.02	7.2	0.1	0.2	11	12
2-4	152	0.01	10.5	0.1	1.5	8	13
2-5	363	0.03	8.3	0.1	0.8	12	15
2-6	240	0.02	6.2	0.2	0.6	22	20
2-7	181	0.01	7.5	0.1	0.5	26	21
2-8	198	0.02	9.1	0.1	0.8	28	18
2-9	78	0.008	12.5	0.2	0.5	12	14
2-10	203	0.02	4.8	0.3	0.7	13	8
2-11	242	0.02	8.5	0.1	0.5	30	20
2-12	386	0.03	6.0	0.2	1.3	20	18
2-13	195	0.01	—	0.2	0.7	8	5
2-14	154	0.01	7.1	0.2	0.7	17	16
2-15	232	0.02	7.8	0.1	0.5	17	17
2-16	165	0.01	7.1	0.2	0.5	13	10
2-17	172	0.01	7.0	0.1	0.5	25	17
2-18	225	0.02	8.2	0.2	0.6	24	18
2-19	217	0.02	8.0	0.1	0.5	21	18
2-20	241	0.02	7.2	0.1	0.5	29	20
2-21	189	0.01	7.1	0.2	0.5	30	19

表6から次のことがわかる。

1 内側層は、柱状晶のTiCNが好適であり、そのアスペクト比が5以上のものが好ましい。

2 中間層の厚みは0.1~2.0 μm が好適である。

3 外側層の厚みは0.5~10 μm が望ましい。また、外側層の材質は Al_2O_3 が望ましい。

4 表面粗さは、刃先稜線部近傍以外で $R_{\text{max}}0.2\sim1.3\mu\text{m}$ とし、刃先稜線部近傍で $R_{\text{max}}0.2\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

(試験例4)

次に、試験例1に示した基体AでISO・CNMG120408に定める形状の焼結体を作製し、その焼結体表面に被覆層を作製した。被覆層は、内側層(TiCN)、中間層(TiBNおよびTiBNOの少なくとも一方)、外側層(Al_2O_3)、識別層(TiN)からなり、厚みは内側層:10 μm 、中間層:1.0 μm 、外側層:7 μm 、識別層:3 μm とした。中間層は、内側層側から外側層側に向かって酸素含有量が連続的に多くなる傾斜組成構造のものも作製した。各試料の中間層の組成を表7に示す。

TiBxNyOzで $0.001 < x/(x+y) < 0.04$ および $0.0005 < x/(x+y+z) < 0.04$ 、 $0 < z/(x+y+z) < 0.5$ を満たすものは、次の条件により成膜する。

TiCl₄:2容量%、BCl₃:0.005~2容量%、N₂:5~15容量%、NO:5~15容量%、H₂:残、圧力:4~10.7kPa、温度:800~930。

TiBxNyOzで $0.001 < x/(x+y) < 0.04$ および $0.0005 < x/(x+y+z) < 0.04$ 、 $0 < z/(x+y+z) < 0.5$ を満たさないものは、次の条件により成膜する。

TiCl₄:2容量%、BCl₃:5容量%、N₂:5~15容量%、NO:1~10容量%、H₂:残、圧力:13.3kPa、温度:950。

また、傾斜組成構造の中間層を得るには、徐々に酸素量を変化させればよい。すなわち、

10

20

30

40

50

酸化窒素NOのガス量と成膜圧力・成膜温度を変化させることで可能となる。

内側層は全て柱状晶組織であり、そのアスペクト比は7.0である。得られた被覆層最表面の面粗さは、工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μm に対し、刃先綾線部で $R_{\text{max}} 0.15 \mu\text{m}$ 、刃先綾線部以外の個所で $R_{\text{max}} 0.90 \mu\text{m}$ である。TiBNは基準長さ1 μm の表面粗さで、山頂線と谷底線との間の垂直距離が100 ~ 300 nmであった。TiBは基準長さ1 μm の表面粗さで、山頂線と谷底線との間の垂直距離が50 ~ 150 nmであった。

このような試料を用いて表3に示す条件にて断続切削試験を、表4に示す条件にて連続切削試験を行って、工具寿命までの加工時間を測定した。その結果も表7に示す。

表 7

試料 No.	中間層										加工時間 (min)	
	内側層側					外側層側					連続切削	連続切削
	組成	$x/(x+y)$	$x/(x+y+z)$	$z/(x+y+z)$	組成	$z/(x+y)$	$z/(x+y+z)$	$z/(x+y+z)$	連続切削			
3-1	TiBN	0.001	0.0005	0.6	TiBN	0.001	0.0005	0.6	12	37		
3-2	TiBN	0.0016	0.0008	0.45	TiBN	0.0015	0.0008	0.45	32	47		
3-3	TiBN	0.014	0.01	0.25	TiBN	0.014	0.01	0.25	45	45		
3-4	TiBN	0.022	0.019	0.14	TiBN	0.024	0.020	0.16	46	40		
3-5	TiBN	0.039	0.037	0.05	TiBN	0.039	0.037	0.05	49	36		
3-6	TiBN	0.04	0.04	0.001	TiBN	0.04	0.04	0.001	29	18		
3-7	TiBN	0.05	0.05	0.0001	TiBN	0.05	0.05	0.0001	11	10		
3-8	TiBN	0.01	-	0	TiBN	0.01	-	0	30	20		
3-9	TiBN	0.01	-	0	TiBN	0.014	0.01	0.25	55	45		
3-10	TiBN	0.014	0.01	0.25	TiBN	0.01	-	0	31	25		

表 7 から明らかなように、中間層に TiBN を用いたものでも、 $0.001 < x/(x+y) < 0.04$ および $0.0005 < x/(x+y+z) < 0.04$ 、 $0 < z/(x+y+z) < 0.5$ を満たすものは工具寿命に優れることがわかる。特に、内側層側に酸素を含まない TiBN を配し、外側層側に酸素を含む TiBN を配した試料 No. 3-9 は優れた工具寿命を示している。

産業上の利用可能性

10

20

30

40

50

以上説明したように、本発明切削工具によれば、内側層と外側層との接着層として硼窒化チタンと硼窒酸化チタンの少なくとも一方を用い、その硼素の含有量や酸素の含有量を特定することで、内側層と外側層との接着性を高めることができる。また、硼素の含有量を特定した硼窒化チタンを用いることで、外側層が剥離した場合でも被削材との反応を極力低くし、被削材の溶着を防止することができる。特に、内側層側に酸素を含まない硼窒化チタンを配し、外側層側に酸素を含む硼窒酸化チタンを配した中間層を用いれば、一層工具寿命を改善することができる。

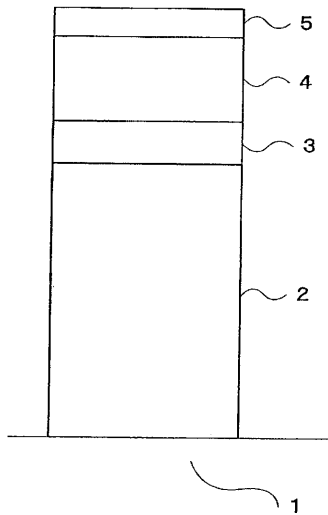
【図面の簡単な説明】

図1は、本発明切削工具の被覆構造を示す模式説明図である。

図2は、各種セラミックスと鉄との反応性および熱伝導率の関係を示すグラフである。

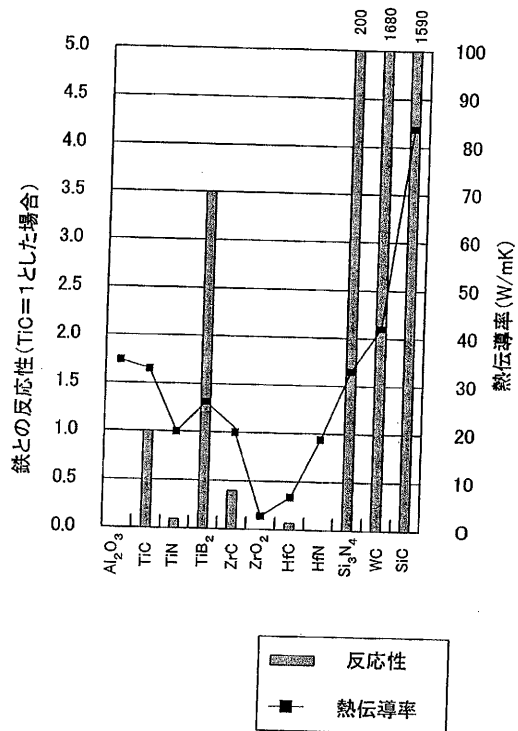
【図1】

FIG. 1



【図2】

FIG. 2



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 4 0 6 4 7 (J P , A)
特開平 0 5 - 0 0 8 1 0 3 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 3 5 6 7 3 (J P , A)
国際公開第 0 2 / 0 0 4 1 5 6 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B23B 27/14
B23B 51/00
B23C 5/16
B23P 15/28
C23C 16/30