

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5383019号
(P5383019)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 3 C 5/18 (2006.01) B 2 3 C 5/18
B 2 3 C 5/10 (2006.01) B 2 3 C 5/10 Z

請求項の数 2 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-235077 (P2007-235077) (22) 出願日 平成19年9月11日 (2007.9.11) (65) 公開番号 特開2009-66673 (P2009-66673A) (43) 公開日 平成21年4月2日 (2009.4.2) 審査請求日 平成22年4月13日 (2010.4.13)</p>	<p>(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 (72) 発明者 脇 真宏 鹿児島県薩摩川内市高城町1810番地 京セラ株式会社鹿児島川内工場内 審査官 山本 忠博</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンドミル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸を有する棒状で、先端に形成された底刃と、側方に形成された外周刃とを具備する基体の表面に、TiとAlとを含む窒化物または炭窒化物からなる被覆層を被着形成してなるエンドミルであって、前記被覆層が $Ti_{1-a}Al_aM_b(C_xN_{1-x})$ (ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上であり、 $0.45 \leq a \leq 0.6$ 、 $0 \leq b \leq 0.3$ 、 $0 < x < 1$ である。) からなるとともに、前記底刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_r 、前記外周刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_f としたとき、 Ti_f / Ti_r が $1.03 \sim 1.5$ であり、かつ前記底刃における被覆層の膜厚 t_1 と前記外周刃における被覆層の膜厚 t_2 との比 (t_1 / t_2) が $0.2 \sim 0.8$ であることを特徴とするエンドミル。

【請求項2】

前記被覆層が、前記底刃の一部を含む断面において、前記被覆層を構成する各結晶が接する前記基体の表面に対して前記各結晶相が垂直な方向から前記底刃に向かって $5 \sim 30^\circ$ 傾いた方向に伸びる柱状結晶からなり、該柱状結晶の平均結晶幅が $0.1 \sim 1 \mu m$ である柱状結晶からなる被覆層を含む請求項1記載のエンドミル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は基体の表面に被覆層を成膜してなるエンドミルに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、高速度鋼、超硬合金またはサーメットからなる母材表面にTiAlN等の硬質被覆層を被覆した硬質被覆エンドミルなどが知られており、例えば特許文献1では、エンドミル側面の外周刃を含む逃げ面（マージン部）における硬質被覆層をTiAlNとし、切屑の通り道である溝底面（フルート部）における硬質被覆層をTiNとすることによって、外周刃における耐摩耗性を向上できるとともに切屑の排出で熱を伴う摩耗にも強い硬質被覆層の構成とすることができることが記載されている。

【0003】

また、本出願人は、特許文献2にて、ボールエンドミルにおける回転中心近傍の切刃に被覆する硬質膜の厚みを、周面の切刃に被覆する硬質膜の厚みよりも薄い構成とすることによって、切削速度が高くなる外周部には耐摩耗性を重視して膜厚を厚くするとともに、回転中心近くでは耐チップング性を重視して膜厚を薄くすることにより、耐摩耗性と耐久損性を兼備した長寿命のチップが得られることを開示した。

【0004】

さらに、特許文献3では、TiAl複合化合物層のエッジ部におけるTi/Al比をエッジ部以外の部位におけるTi/Al比よりも高くすることによって、耐摩耗性に優れた切削性能を示す切削工具となることが開示されている。

【特許文献1】実開平5-41624号公報

【特許文献2】特開2003-145337号公報

【特許文献3】特開平8-263706号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献1に記載されたエンドミルのように、逃げ面における被覆層をTiAlNとし、切屑の通り道である溝底面における被覆層をTiNとする方法では、マスキングを用いなければならぬために複雑な工程が必要であり、また高硬度材等の難削材を加工する場合には外周刃において耐摩耗性が悪くなり、かつ底刃においては耐溶着性が悪くなってしまいう問題があった。また、特許文献2のように回転中心近傍と外周部における被覆層の膜厚を変えるだけの方法では、高速切削加工や、高硬度材等の難削材の加工等の要求に対しては耐摩耗性および耐溶着性のさらなる向上が必要であった。

【0006】

さらに、特許文献3のようにエッジ部とエッジ部以外の部位におけるTi/Al比を変える方法では、エンドミルの耐摩耗性が向上するものの底刃における被覆層の酸化が進行して、溶着や摩耗が激しくなることがあった。

【0007】

そこで、本発明は、過酷な切削条件においても耐摩耗性と耐溶着性に優れた長寿命のエンドミルを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のエンドミルは、回転軸を有する棒状で、先端に形成された底刃と、側方に形成された外周刃とを具備する基体の表面に、TiとAlとを含む窒化物または炭窒化物からなる被覆層を被着形成してなるエンドミルであって、前記被覆層が $Ti_{1-a-b}Al_aM_b(C_xN_{1-x})$ （ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上であり、 $0.45 \leq a \leq 0.6$ 、 $0 \leq b \leq 0.3$ 、 $0 < x < 1$ である。）からなるとともに、前記底刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_r 、前記外周刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_f としたとき、 Ti_f / Ti_r が $1.03 \sim 1.5$ であり、かつ前記底刃における被覆層の膜厚 t_1 と前記外周刃における被覆層の膜厚 t_2 との比 $(t_1 /$

10

20

30

40

50

t_2) が $0.2 \sim 0.8$ であることを特徴とする。

【0011】

さらに、上記構成において、前記被覆層が、前記底刃の一部を含む断面において、前記被覆層を構成する各結晶が接する前記基体の表面に対して前記各結晶相が垂直な方向から前記底刃に向かって $5 \sim 30^\circ$ 傾いた方向に伸びる柱状結晶からなり、該柱状結晶の平均結晶幅が $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ である柱状結晶からなる被覆層を含むことが望ましい。

【発明の効果】

【0012】

本発明のエンドミルは、被覆層が $\text{Ti}_{1-a-b}\text{Al}_a\text{M}_b(\text{C}_x\text{N}_{1-x})$ (ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上であり、 $0.45 \leq a \leq 0.6$ 、 $0 \leq b \leq 0.3$ 、 $0 < x < 1$ である。) からなるとともに、前記底刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_r 、前記外周刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_f としたとき、 $\text{Ti}_f / \text{Ti}_r$ が $1.03 \sim 1.5$ であり、かつ前記底刃における被覆層の膜厚 t_1 と前記外周刃における被覆層の膜厚 t_2 との比 (t_1 / t_2) が $0.2 \sim 0.8$ であることが大きな特徴である。これによって、溶着しやすい底刃においては耐酸化性に優れて被覆層の表面における変質を防止できることから耐溶着性に優れる。一方、底刃に比べて高速断続切削条件にて摩耗しやすくチップングの発生しやすい外周刃においては耐摩耗性及び耐チップング性に優れる。その結果、溶着や欠損の発生しやすい切削条件においても長寿命な切削工具とすることができる。

【0013】

ここで、上記構成において、前記底刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_r 、前記外周刃における前記被覆層のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_f としたとき、 $\text{Ti}_f / \text{Ti}_r$ が $1.03 \sim 1.5$ であることが、底刃における耐溶着性と外周刃における耐摩耗性をともに高めることができる点で重要である。

【0014】

また、上記構成において、前記底刃における被覆層の膜厚 t_1 と前記外周刃における被覆層の膜厚 t_2 との比 (t_1 / t_2) が $0.2 \sim 0.8$ であることが、底刃において被覆層が剥離するのを防止できるとともに外周刃において被覆層が摩滅することを防止できる点で重要である。

【0015】

さらに、上記構成において、前記被覆層が、前記底刃の一部を含む断面において、前記被覆層を構成する各結晶が接する前記基体の表面に対して前記各結晶相が垂直な方向から前記底刃に向かって $5 \sim 30^\circ$ 傾いた方向に伸びる柱状結晶からなり、該柱状結晶の平均結晶幅が $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ である柱状結晶からなる被覆層を含むことが、底刃における耐欠損性を高めることができる点で望ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明のエンドミルの一例について、エンドミル1を側面から見た模式図である図1、図1のA-A断面(破面)についての走査型電子顕微鏡写真である図2を基に説明する。

【0017】

図1のエンドミル1は、回転軸Oを有する棒状で、先端に形成された底刃2と、側方に形成された外周刃4とを具備する基体5の表面に、TiとAlとを含む窒化物または炭窒化物からなる被覆層7を被着形成してなる。

【0018】

そして、本発明によれば、外周刃4の被覆層7におけるTiとAlとの総量に対するTiの比率が底刃2の被覆層7における比率よりも高いことが大きな特徴であり、これによって、溶着しやすい底刃2においては耐酸化性に優れて被覆層7の表面における変質を防止できることから耐溶着性に優れる。一方、底刃2に比べて高速断続切削条件となり摩耗しやすくチップングの発生しやすい外周刃4においては耐摩耗性及び耐チップング性に優

10

20

30

40

50

れる。その結果、溶着や欠損の発生しやすい切削条件においても長寿命な切削工具とすることができる。

【0019】

ここで、上記構成において、底刃2における被覆層7のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_r 、外周刃4における被覆層7のTiとAlとの総量に対するTiの比率を Ti_f としたとき、 Ti_f / Ti_r が1.03~1.5であることが、底刃2における耐溶着性と外周刃4における耐摩耗性をともに高めることができる点で重要である。

【0020】

なお、被覆層7中の各元素の含有比率は、透過型電子顕微鏡測定装置に備え付けられたエネルギー分散型X線分光(EDS)分析装置を用いて測定することができ、被覆層7中のTi含有比率は各元素のピーク強度の総和とTi元素のピーク強度との比率で算出される。ここで、エネルギー分散型X線分光(EDS)分析法におけるTiのL線のピーク(エネルギー0.4keV付近)についてはN元素のK線のピークと重なって正確な測定ができないために、N元素が含有される可能性がある場合にはこのピークは算出に用いるピークから外してTiのK線のピーク(エネルギー4.5keV付近)を用いて Ti_r 、 Ti_f とも算出し、その比 Ti_f / Ti_r を求める。また、本発明によれば、 Ti_r 、 Ti_f の測定に際してはそれぞれ被覆層7の任意5箇所以上の測定値に基づいてその平均値として求めるものとする。

【0021】

また、上記構成において、底刃2における被覆層7の膜厚 t_1 と外周刃4における被覆層7の膜厚 t_2 との比(t_1 / t_2)が0.2~0.8であることが、底刃2において被覆層7が剥離するのを防止できるとともに外周刃4において被覆層7が摩滅することを防止できる点で重要である。

【0022】

さらに、上記構成において、被覆層7が、底刃2の一部を含む断面において、被覆層7を構成する各結晶が接する基体5の表面に対して各結晶相が垂直方向Bから底刃2に向かって5~30°傾いた方向(図2では傾き角度と表示。)に伸びる柱状結晶からなり、該柱状結晶の平均結晶幅が0.01~1 μ mである柱状結晶からなる被覆層を含むことが、底刃2における耐欠損性を高めることができる点で望ましい。

【0023】

なお、この構成において、柱状結晶の平均結晶幅が0.02~0.2 μ mであることが、被覆層7の硬度および耐酸化性を維持できる点で望ましい。なお、被覆層7中の柱状結晶の結晶幅は、柱状結晶をなす被覆層7の中間の厚さにあたる部分に引いた線Aにて測定する。被覆層7中の柱状結晶の平均結晶幅 w_t は線Aの100nm以上の長さLを特定し、この長さLの線Aを横切る粒界の数を数えて、長さL/粒界の数によって算出することができる。

【0024】

また、被覆層7は、 $Ti_{1-a-b}Al_aM_b(C_xN_{1-x})$ (ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上であり、 $0.45 \leq a \leq 0.6$ 、 $0 \leq b \leq 0.3$ 、 $0 \leq x < 1$ である。)からなる。

【0025】

被覆層が、 $Ti_{1-a-b}Al_aM_b(C_xN_{1-x})$ (ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上であり、 $0.45 \leq a \leq 0.6$ 、 $0 \leq b \leq 0.3$ 、 $0 \leq x < 1$ である。)からなることが、耐酸化性、耐摩耗性および耐欠損性を高める点で重要である。さらには、上記組成の中でも、 $Ti_{1-a-b-c-d}Al_aM_bW_cSi_d(C_xN_{1-x})$ (ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上であり、 $0.45 \leq a \leq 0.6$ 、 $0 \leq b \leq 0.3$ 、 $0 \leq x < 1$ である。)からなることが望ましく、この組成領域では、酸化開始温度が高くなって耐酸化性が高くて切削時の耐摩耗性が向上するとともに切削刃先端に発生しやすいチッピングが抑制できて耐欠損性が高いものとなる。また、金属M

10

20

30

40

50

はNb、Mo、Ta、Hf、Yから選ばれる1種以上であるが、中でもNbまたはMoを含有することが耐摩耗性・耐酸化性に最も優れる点で望ましい。

【0026】

さらに、被覆層7の非金属成分であるC、Nは切削工具に必要な硬度および靱性に優れたものであり、被覆層7表面に発生するドロップレットの過剰な発生を抑制するために、x(C含有比率)の特に望ましい範囲は0 < x < 0.5である。なお、被覆層7の組成はエネルギー分散型X線分光(EDS)分析法またはX線光電子分光分析法(XPS)にて測定できる。

【0027】

また、基体5としては、炭化タングステンや、炭窒化チタンを主成分とする硬質相とコバルト、ニッケル等の鉄族金属を主成分とする結合相とからなる超合金やサーメットの他、窒化ケイ素や、酸化アルミニウムを主成分とするセラミック、多結晶ダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素からなる硬質相と、セラミックスや鉄族金属等の結合相とを超高圧下で焼成する超高圧焼結体等の硬質材料が好適に使用されるが、中でも耐欠損性に優れる超合金が最適である。

【0028】

(製造方法)

次に、本発明のエンドミル1の製造方法について説明する。

【0029】

まず、エンドミル1の形状の基体5を従来公知の方法を用いて作製する。次に、基体5の表面に、被覆層7を成膜する。被覆層7の成膜方法として、イオンプレーティング法やスパッタリング法等の物理蒸着(PVD)法が好適に適用可能である。成膜方法の一例についての詳細について説明すると、被覆層7をイオンプレーティング法で作製する場合には、金属チタン(Ti)、金属アルミニウム(Al)、金属M(ただし、MはTiを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素およびSiから選ばれる1種以上)をそれぞれ独立に含有する金属ターゲットまたは複合化した合金ターゲットに用いる。

【0030】

このとき、本発明によれば、上記金属または合金ターゲットとともに別途Tiの金属または化合物ターゲットを準備し、Tiターゲットはチャンバの上壁面位置に、それ以外の金属または合金ターゲットはチャンバの側壁面位置にセットする。そして、エンドミル1の底刃2が上壁面を向くようにエンドミル基体5を試料台にセットして、後述の成膜条件にて成膜することによって、成膜された被覆層7の組成を本発明の構成とすることができる。

【0031】

成膜条件としては、このターゲットを用いて、アーク放電やグロー放電などにより金属源を蒸発させイオン化すると同時に、窒素源の窒素(N₂)ガスや炭素源のメタン(CH₄)/アセチレン(C₂H₂)ガスと反応させる条件が好適に採用できる。このとき、窒素に対するアルゴンガス流量が1:9~4:6の割合の窒素(N₂)ガスとアルゴン(Ar)ガスの混合ガスを用いて、イオンプレーティング法またはスパッタリング法によって被覆層7を成膜する。このとき、基体5のセット位置は外周刃がチャンバの側面とほぼ平行に、かつ底刃がチャンバの上面とほぼ平行な向きにセットする。

【0032】

なお、イオンプレーティング法やスパッタリング法で上記被覆層7を成膜する際には、被覆層7の結晶構造を考慮して高硬度な被覆層7を作製できるとともに基体5との密着性を高めるために30~200Vのバイアス電圧を印加することが好ましい。

【実施例】

【0033】

平均粒径0.5μmの炭化タングステン(WC)粉末に対して、金属コバルト(Co)粉末を10質量%、炭化バナジウム(VC)粉末を0.2質量%、炭化クロム(Cr₃C₂)粉末を0.8質量%の割合で添加、混合し、刃先交換式切削工具(CNMG0408

10

20

30

40

50

) インサート形状に成型して焼成した。そして、研削工程を経た後、アルカリ、酸、蒸留水の順によって表面を洗浄してエンドミル基体（直径 4 mm 刃長 10 mm 2 枚刃）を作製した。

【 0 0 3 4 】

そして、表 1 に示すターゲットを装着したアークイオンプレーティング装置内に上記基体をセットし基体を 500 に加熱して表 1 に示す被覆層 7 を成膜した。なお、メインターゲットはチャンバの側壁面に 3 個、サブターゲットはチャンバの上壁面に 1 個セットした。また、成膜条件は窒素ガスとアルゴンガスの混合ガスを総圧力 4 Pa の雰囲気中、アーク電流 150 A、バイアス電圧 50 V とした。

【表 1】

試料 No	ターゲット			成膜条件	
	メインターゲット ¹⁾	サブターゲット	セット位置	バイアス電圧 (V)	時間 (分)
1	TiAlMo	Ti	上面	100	35
2	TiAlNbW	TiSi	上面	50	41
3	TiAlTa	Ti	上面	100	36
4	TiAl	Ti	上面	125	32
5	TiAlSi	Ti	上面	50	32
6	TiAlNb	Ti	上面	75	37
7	TiAlCr	Ti	上面	100	40
8	TiAlZr	Ti	上面	150	51
9	TiAlNb	TiSi	上面	75	24
10	TiAl	TiCr	上面	100	26
* 11	TiAlNbW	Ti	側面	100	33
* 12	TiAlCr	Ti	側面	125	24
* 13	TiAlSi	—		75	31

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

1)メインターゲットはすべてチャンバの側壁面にセットする。

【 0 0 3 5 】

得られたエンドミルについて、被覆層 7 の表面からキーエンス社製走査型電子顕微鏡 (VE8800) を用いて倍率 50000 倍にて組織観察を行った。また、同装置に付随の EDAX アナライザ (AMETEK EDAX-VE9800) を用いて加速電圧 15 kV にてエネルギー分散型 X 線分光 (EDS) 分析法の一種である ZAF 法により被覆層 7 の組成の定量分析を行い、底刃と外周刃それぞれについて Ti と Al の比率である $Ti / (Ti + Al)$ を算出した (Ti_r 、 Ti_f)。なお、この測定においては交差稜線に沿って測定を行い、その平均値を算出して定量化した。また、外周刃については刃長領域を長手方向に 3 つの領域に分割して各領域の任意の 0.5 mm ずつについて上記方法で組成分析を行い、これらの平均値を算出した。ここで、試料 No. 7、8 は参考試料である。

【 0 0 3 6 】

また、エンドミルの底刃を含む破断面について、上記同様に走査型電子顕微鏡にて観察

10

20

30

40

50

を行い、被覆層 7 を構成する結晶の形状や膜厚 (t_1 、 t_2) を確認した。結果は表 2 に示した。

【表 2】

試料 No	底刃				外周刃		$T_{i1}^{3)}/T_{i2}$	t_1/t_2	
	組成	平均 結晶幅 w_t (μm)	傾き角 θ ($^\circ$)	$Ti/(Ti+Al)$ ²⁾	層厚 t_1 (μm)	$Ti/(Ti+Al)$ ²⁾			層厚 t_2 (μm)
1	$Ti_{0.46}Al_{0.47}Mo_{0.04}N$	0.35	19	0.505	2.5	0.532	3.7	1.05	0.676
2	$Ti_{0.43}Al_{0.46}W_{0.04}Si_{0.03}Nb_{0.03}N$	0.67	8	0.483	2.6	0.561	4.6	1.15	0.565
3	$Ti_{0.49}Al_{0.49}Ta_{0.02}N$	0.31	15	0.500	3.1	0.526	3.9	1.05	0.795
4	$Ti_{0.53}Al_{0.47}N$	0.33	0	0.530	2.2	0.553	3.5	1.04	0.629
5	$Ti_{0.40}Al_{0.48}Si_{0.12}C_{0.2}N_{0.8}$	0.49	25	0.455	2.5	0.486	3.7	1.07	0.676
6	$Ti_{0.44}Al_{0.46}Nb_{0.10}N$	0.51	26	0.489	2.4	0.506	4	1.07	0.6
7	$Ti_{0.40}Al_{0.51}Cr_{0.09}C_{0.3}N_{0.7}$	0.55	0	0.440	1.7	0.447	4.5	1.02	0.378
8	$Ti_{0.5}Al_{0.45}Zr_{0.05}N_{0.2}C_{0.8}$	0.38	0	0.526	4.2	0.583	5.0	1.11	0.84
9	$Ti_{0.38}Al_{0.45}Nb_{0.10}Si_{0.02}N$	0.75	12	0.458	1.4	0.556	2.7	1.21	0.519
10	$Ti_{0.24}Al_{0.48}Cr_{0.28}N$	0.08	35	0.333	1.2	0.407	2.6	1.21	0.462
* 11	$Ti_{0.50}Al_{0.41}W_{0.07}Nb_{0.02}N$	0.56	0	0.549	3.2	0.507	3.1	0.92	1.032
* 12	$Ti_{0.45}Al_{0.48}Cr_{0.07}N$	0.85	0	0.484	2.2	0.480	2.3	0.99	0.957
* 13	$Ti_{0.40}Al_{0.48}Si_{0.12}N$	0.51	0	0.455	2.8	0.454	3.1	1.00	0.903

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

2) $Ti/(Ti+Al)$ の単位は原子%

3) T_{i1}/T_{i2} : 底刃における $Ti/(Ti+Al)$ 比率/外周刃における $Ti/(Ti+Al)$ 比率

【0037】

さらに、得られたエンドミルを用いて以下の切削条件にて切削試験を行った。結果は表 3 に記載した。

【0038】

切削方法：ダウンカット

被削材：SKD11

切削速度（送り）：220 mm / 分

送り：0.022 mm / 刃

切り込み：深さ 8 mm、径方向切込み 0.7 mm

切削状態：乾式

評価方法：30 分間切削した時点で、逃げ面摩耗量と切刃におけるチップング状態を測定

。

【表 3】

試料 No	外周刃での 逃げ面摩耗幅 (mm)	底刃の切刃状態
1	0.019	良好
2	0.015	微小チッピング*
3	0.035	良好
4	0.042	良好
5	0.025	良好
6	0.023	良好
7	0.050	微小チッピング*
8	0.068	微小チッピング*
9	0.011	良好
10	0.028	良好
* 11	0.095	摩耗大
* 12	0.114	チッピング大
* 13	0.106	摩耗大

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【0039】

表1～3より、 T_i と A_l との総量に対する T_i の比率が底刃と外周刃とで同じか、または底刃よりも外周刃のほうが低い試料No. 11～13では摩耗の進行が早かった。

【0040】

これに対して、 T_i と A_l との総量に対する T_i の比率が底刃よりも外周刃において高い試料No. 1～10では、耐久損性と耐摩耗性が良くて切削性能に優れたものであった。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明のエンドミルを側面から見た模式図である。

【図2】図1のA-A断面(破面)についての走査型電子顕微鏡写真である。

【符号の説明】

【0042】

- 1 エンドミル
- 2 底刃
- 4 外周刃
- 5 基体
- 7 被覆層
- A 被覆層の中間の厚さにあたる部分に引いた線
- B 基体の表面に対する垂直方向
被覆層を構成する柱状結晶の傾き角度

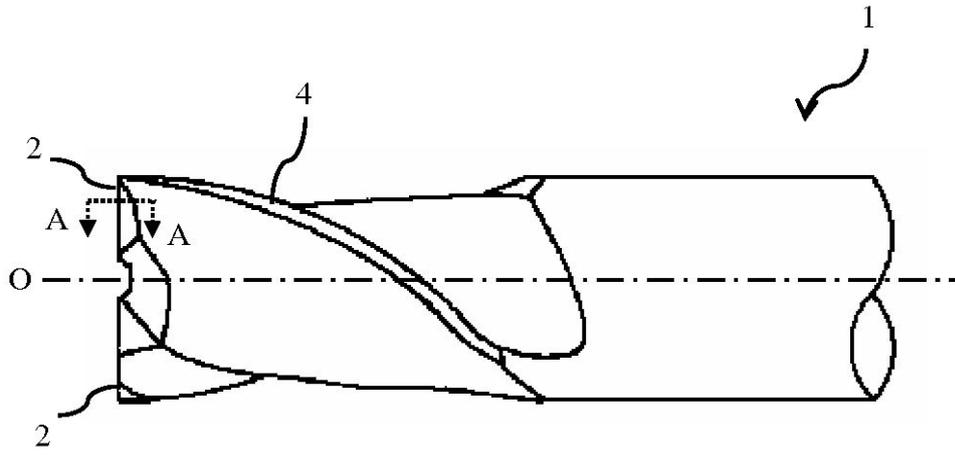
10

20

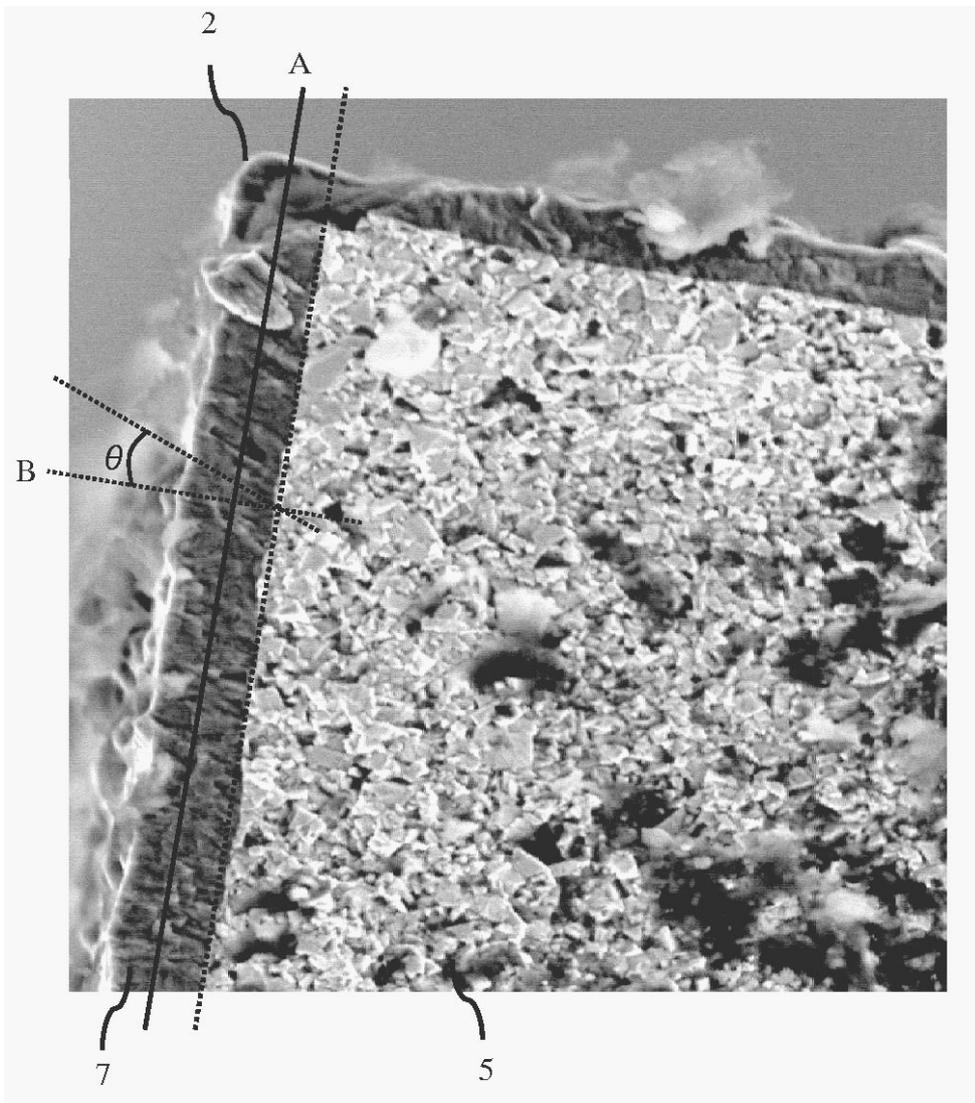
30

40

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 001415 (JP, A)
特開平08 - 209333 (JP, A)
特開2003 - 145337 (JP, A)
特開平08 - 267306 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23C 5/10, 5/16 - 5/20,
B23B 27/14 - 27/16