(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2011-125944
(P2011-125944A)
(43)公開日　平成23年6月30日(2011.6.30)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B23B 27/14	(2006.01)	B23B	27/14	A	3C037
B23B 51/00	(2006.01)	B23B	51/00	J	3C046
B23C 5/16	(2006.01)	B23C	5/16		4K029
C23C 14/06	(2006.01)	C23C	14/06	P	
C23C 14/08	(2006.01)	C23C	14/08	K	

審査請求 有　請求項の数 18　ＯＬ　（全 28 頁）　最終頁に続く

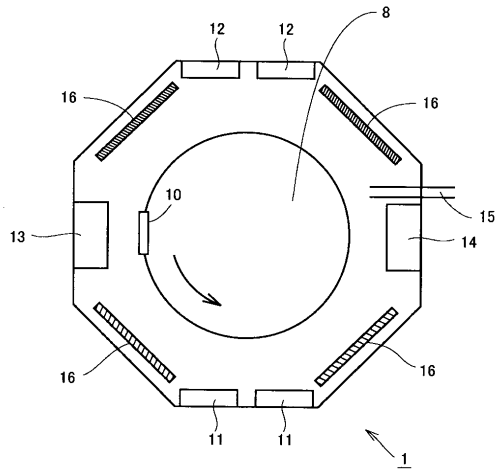
(21)出願番号　特願2009-285397 (P2009-285397)
(22)出願日　平成21年12月16日 (2009.12.16)

(71)出願人　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号
(71)出願人　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
(71)出願人　301023238
独立行政法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目２番地１
(74)代理人　100064746
弁理士　深見　久郎
(74)代理人　100085132
弁理士　森田　俊雄
(74)代理人　100083703
弁理士　仲村　義平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】被膜、切削工具および被膜の製造方法

(57)【要約】
【課題】高温環境下での耐摩耗性および耐溶着性に優れた被膜、その被膜を含む切削工具およびその被膜の製造方法を提供する。
【解決手段】切削工具の基材上に形成される被膜であって、第１酸化物層と第１酸化物層上に形成された第２酸化物層との積層体を含み、第１酸化物層は第２酸化物層よりも基材側に位置しており、第１酸化物層はα－アルミナ型の結晶構造を有し、第２酸化物層の組成は、以下の式（１）で表わされ、
$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$　…（１）
式（１）において、ｘは０．００１≦ｘ≦０．５を満たす実数であり、ｙは－０．１≦ｙ≦０．２を満たす実数であって、第２酸化物層は非晶質である被膜である。また、その被膜を含む切削工具と、その被膜の製造方法である。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
切削工具の基材上に形成される被膜であって、
第１酸化物層と前記第１酸化物層上に形成された第２酸化物層との積層体を含み、
前記第１酸化物層は前記第２酸化物層よりも前記基材側に位置しており、
前記第１酸化物層はα－アルミナ型の結晶構造を有し、
前記第２酸化物層の組成は、以下の式（１）で表わされ、
$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$ …（１）
前記式（１）において、ｘは０．００１≦ｘ≦０．５を満たす実数であり、ｙは－０．１≦ｙ≦０．２を満たす実数であって、
前記第２酸化物層は非晶質であることを特徴とする、被膜。
【請求項２】
前記第１酸化物層は、Ａｌ、Ｃｒ、ＦｅおよびＴｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属を含むことを特徴とする、請求項１に記載の被膜。
【請求項３】
前記第１酸化物層はＣｒを含み、
前記Ｃｒは前記第１酸化物層に含まれる金属原子の総数の６０％以上含まれていることを特徴とする、請求項１または２に記載の被膜。
【請求項４】
前記第１酸化物層はＣｒの酸化物からなることを特徴とする、請求項１から３のいずれかに記載の被膜。
【請求項５】
前記式（１）において、ｘは０．０５≦ｘ≦０．２を満たす実数であることを特徴とする、請求項１から４のいずれかに記載の被膜。
【請求項６】
前記第２酸化物層の層厚が０．０５μｍ以上２０μｍ以下であることを特徴とする、請求項１から５のいずれかに記載の被膜。
【請求項７】
前記積層体が０．１ＧＰａ以上１０ＧＰａ以下の圧縮残留応力を有することを特徴とする、請求項１から６のいずれかに記載の被膜。
【請求項８】
前記第２酸化物層は、６００℃の環境下において結晶化しないことを特徴とする、請求項１から７のいずれかに記載の被膜。
【請求項９】
Ｔｉ、Ａｌ、ＣｒおよびＳｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属の窒化物、炭窒化物、窒酸化物、炭酸化物または炭窒酸化物からなる化合物層を少なくとも１層含む、請求項１から８のいずれかに記載の被膜。
【請求項１０】
前記被膜の膜厚が０．０５μｍ以上２５μｍ以下であることを特徴とする、請求項１から９のいずれかに記載の被膜。
【請求項１１】
基材と、前記基材上に形成された請求項１から１０のいずれかに記載の被膜と、を含む、切削工具。
【請求項１２】
前記基材が、高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックス焼結体、ダイヤモンド焼結体または立方晶窒化硼素焼結体であることを特徴とする、請求項１１に記載の切削工具。
【請求項１３】
ＰＶＤ法により、請求項１に記載の第２酸化物層を少なくとも１層形成する工程を含む、被膜の製造方法。

【請求項１４】
ＰＶＤ法により、Ｔｉ、Ａｌ、ＣｒおよびＳｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属の窒化物、炭窒化物、窒酸化物、炭酸化物または炭窒酸化物からなる化合物層を少なくとも１層形成する工程を含む、請求項１３に記載の被膜の製造方法。
【請求項１５】
前記ＰＶＤ法は、アーク式イオンプレーティング法、アンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法からなる群から選択された少なくとも１種であることを特徴とする、請求項１３または１４に記載の被膜の製造方法。
【請求項１６】
前記第２酸化物層が前記デュアルマグネトロンスパッタリング法により形成され、前記化合物層が前記アーク式イオンプレーティング法により形成されることを特徴とする、請求項１５に記載の被膜の製造方法。
【請求項１７】
前記デュアルマグネトロンスパッタリング法に用いる１対のマグネトロン電極に、Ａｌターゲットと Ｚｒターゲットとがそれぞれ取り付けられることを特徴とする、請求項１６に記載の被膜の製造方法。
【請求項１８】
前記第２酸化物層が前記アンバランストマグネトロンスパッタリング法により形成され、前記化合物層が前記アーク式イオンプレーティング法により形成されることを特徴とする、請求項１５に記載の被膜の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、被膜、切削工具および被膜の製造方法に関し、特に、高温環境下での耐摩耗性および耐溶着性に優れた被膜、その被膜を含む切削工具およびその被膜の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、耐摩耗性や摺動性を向上させることを目的として、種々の基材上に種々の被膜が形成されている。たとえば切削工具などに用いられている被膜としては、たとえば特許文献１～特許文献５に開示されているようなα－アルミナからなる被膜（以下、「α－Al_2O_3被膜」と称する）がある。
【０００３】
Al_2O_3は耐摩耗性および耐熱性に優れた被膜材料であるが、α－Al_2O_3被膜を形成するために、ＣＶＤ法を用いた場合には１０００℃以上の高い基材温度が必要となり、ＰＶＤ法であるアンバランストマグネトロンスパッタリング法を用いた場合には７５０℃以上の高い基材温度が必要となる。
【０００４】
しかしながら、α－Al_2O_3被膜の形成の際の高い基材温度が原因でα－Al_2O_3被膜が形成される基材が変質することによって、α－Al_2O_3被膜の形成後の切削工具の靭性などの特性が劣化してしまうという問題があった。
【０００５】
また、γ－アルミナからなる被膜（以下、「γ－Al_2O_3被膜」と称する）および非晶質Al_2O_3からなる被膜（以下、「非晶質Al_2O_3被膜」と称する）は７５０℃未満の低い温度で形成可能であり、膜組織も平滑かつ微粒組織であって、耐溶着性においてもα－Al_2O_3被膜よりも優れている。
【０００６】
しかしながら、γ－Al_2O_3被膜および非晶質Al_2O_3被膜は、α－Al_2O_3被膜と比較してより低硬度であるため耐摩耗性に劣るとともに、高温での使用環境ではα－Al_2O_3や他の結晶系への変態に伴う体積変化によって疎な脆い組織となって耐摩耗性が急速

に劣化し、結果として高温環境下での使用ができなくなる。
【０００７】
近年の切削工具においては、高速で高能率の加工が要求されているとともに、環境的配慮から乾式加工に対する要求も高く、これらの要求はいずれも切削工具の刃先温度をより高温側にシフトさせる傾向にある。したがって、切削工具用の被膜としては高温環境下での耐摩耗性および耐溶着性を備えた被膜の開発が望まれている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【特許文献１】特開２０００－２４６５０７号公報
【特許文献２】特開２００１－２１９３０３号公報
【特許文献３】特開２００１－２１９３０４号公報
【特許文献４】特開２００１－２１９３０５号公報
【特許文献５】特開２００１－２１９３０６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
上記の事情に鑑みて、本発明の目的は、高温環境下での耐摩耗性および耐溶着性に優れた被膜、その被膜を含む切削工具およびその被膜の製造方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
本発明は、切削工具の基材上に形成される被膜であって、第１酸化物層と第１酸化物層上に形成された第２酸化物層との積層体を含み、第１酸化物層は第２酸化物層よりも基材側に位置しており、第１酸化物層はα－アルミナ型の結晶構造を有し、第２酸化物層の組成は、以下の式（１）で表わされ、

$$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)} \quad \cdots(1)$$

式（１）において、ｘは０．００１≦ｘ≦０．５を満たす実数であり、ｙは－０．１≦ｙ≦０．２を満たす実数であって、第２酸化物層は非晶質である被膜である。
【００１１】
ここで、本発明の被膜において、第１酸化物層は、Ａｌ（アルミニウム）、Ｃｒ（クロム）、Ｆｅ（鉄）およびＴｉ（チタン）からなる群から選択された少なくとも１種の金属を含むことが好ましい。
【００１２】
また、本発明の被膜において、第１酸化物層はＣｒを含み、Ｃｒは第１酸化物層に含まれる金属原子の総数の６０％以上含まれていることが好ましい。
【００１３】
また、本発明の被膜において、第１酸化物層はＣｒの酸化物からなることが好ましい。
また、本発明の被膜において、上記式（１）のｘは０．０５≦ｘ≦０．２を満たす実数であることが好ましい。
【００１４】
また、本発明の被膜において、第２酸化物層の層厚が０．０５μｍ以上２０μｍ以下であることが好ましい。
【００１５】
また、本発明の被膜において、積層体が０．１ＧＰａ以上１０ＧＰａ以下の圧縮残留応力を有することが好ましい。
【００１６】
また、本発明の被膜において、第２酸化物層は、６００℃の環境下において結晶化しないことが好ましい。
【００１７】
また、本発明の被膜は、Ｔｉ、Ａｌ、ＣｒおよびＳｉ（ケイ素）からなる群から選択さ

れた少なくとも１種の金属の窒化物、炭窒化物、窒酸化物、炭酸化物または炭窒酸化物からなる化合物層を少なくとも１層含み得る。

【００１８】

また、本発明の被膜の膜厚は０．０５μｍ以上２５μｍ以下であることが好ましい。

また、本発明は、基材と、基材上に形成された上記のいずれかに記載の被膜と、を含む切削工具である。

【００１９】

ここで、本発明の切削工具においては、基材が、高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックス焼結体、ダイヤモンド焼結体または立方晶窒化硼素焼結体であり得る。

【００２０】

さらに、本発明は、ＰＶＤ法により、上記の第２酸化物層を少なくとも１層形成する工程を含む、被膜の製造方法である。

【００２１】

ここで、本発明の被膜の製造方法は、ＰＶＤ法により、Ｔｉ、Ａｌ、ＣｒおよびＳｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属の窒化物、炭窒化物、窒酸化物、炭酸化物または炭窒酸化物からなる化合物層を少なくとも１層形成する工程を含み得る。

【００２２】

また、本発明の被膜の製造方法において、ＰＶＤ法は、アーク式イオンプレーティング法、アンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法からなる群から選択された少なくとも１種であり得る。

【００２３】

また、本発明の被膜の製造方法においては、第２酸化物層をデュアルマグネトロンスパッタリング法により形成し、化合物層をアーク式イオンプレーティング法により形成することができる。

【００２４】

また、本発明の被膜の製造方法においては、デュアルマグネトロンスパッタリング法に用いる１対のマグネトロン電極に、ＡｌターゲットとＺｒターゲットとをそれぞれ取り付けることもできる。

【００２５】

また、本発明の被膜の製造方法においては、第２酸化物層をアンバランストマグネトロンスパッタリング法により形成し、化合物層をアーク式イオンプレーティング法により形成することもできる。

【発明の効果】

【００２６】

本発明によれば、高温環境下での耐摩耗性および耐溶着性に優れた被膜、その被膜を含む切削工具およびその被膜の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本発明の被膜を形成する装置の一例の概略を示す図である。

【図２】切削工具による被削材の切削の一例を図解する模式的な拡大側面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２８】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本発明の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。

【００２９】

（被膜）

本発明の被膜は、切削工具の基材上に形成される被膜であって、第１酸化物層と第１酸化物層上に形成された第２酸化物層との積層体を含んでいる。ここで、第１酸化物層は第２酸化物層よりも基材側に位置している。本発明の被膜は、上記の第１酸化物層と第２酸化物層との積層体のみからなっていてもよく、たとえば後述する化合物層などの層を含ん

でいてもよい。

【００３０】

また、本発明の被膜における上記の積層体の形成位置については特に限定されない。したがって、上記の積層体は、本発明の被膜中において基材と接触する位置に形成されてもよく、最表面の位置に形成されてもよく、基材と接触する位置および最表面の位置のいずれでもない中間の位置に形成されてもよい。

【００３１】

また、本発明の被膜の膜厚は、０．０５μｍ以上２５μｍ以下であることが好ましく、０．５μｍ以上１０μｍ以下であることがより好ましい。本発明の被膜の膜厚が０．０５μｍ未満である場合には被膜の耐摩耗性が十分でなく切削工具の寿命延長効果が発揮されないおそれがあり、２５μｍを超える場合には基材との密着性が変化して被膜の耐摩耗性が発揮できないおそれがある。また、本発明の被膜の膜厚が０．５μｍ以上１０μｍ以下である場合には被膜が十分な耐摩耗性を有する傾向にある。

【００３２】

（第１酸化物層）

本発明の被膜に含まれる第１酸化物層は金属の酸化物からなっており、第１酸化物層はα－アルミナ型の結晶構造を有している。ここで、本発明において、「第１酸化物層はα－アルミナ型の結晶構造を有している」とは、α－アルミナ（α－Al_2O_3）の結晶構造において、α－Al_2O_3のＡｌ原子が存在する位置に第１酸化物層に含まれている金属原子が存在し、α－Al_2O_3のＯ原子が存在する位置に第１酸化物層に含まれているＯ原子が存在する結晶構造を第１酸化物層が有していることを意味する。

【００３３】

また、第１酸化物層はＡｌ、Ｃｒ、ＦｅおよびＴｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属を含む酸化物からなることが好ましい。この場合には、第１酸化物層がα－アルミナ型の結晶構造を有する傾向にある。α－アルミナ型の結晶構造を有する第１酸化物層を容易に形成する観点からは、第１酸化物層はＣｒを含み、Ｃｒは第１酸化物層に含まれる金属原子の総数の６０％以上含まれていることがより好ましく、第１酸化物層がＣｒの酸化物からなることがさらに好ましい。

【００３４】

（第２酸化物層）

本発明の被膜においては、第１酸化物層上に第２酸化物層が形成されて積層体が形成されており、第２酸化物層の組成は、以下の式（１）で表わされる。

【００３５】

$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$　…（１）

上記の式（１）において、ｘは０．００１≦ｘ≦０．５を満たす実数であり、ｙは－０．１≦ｙ≦０．２を満たす実数であって、第２酸化物層は非晶質である。

【００３６】

α－アルミナ型の結晶構造を有する第１酸化物層上に非晶質の第２酸化物層を形成した場合には、第２酸化物層が高硬度となり、被膜全体の耐摩耗性が向上する。その理由は明らかではないが、α－アルミナ型の結晶構造を有する第１酸化物層上に非晶質の第２酸化物層を形成した場合には、第２酸化物層が第１酸化物層のα－アルミナ型の結晶構造の影響を受けることにより、第２酸化物層中にα－アルミナの結晶構造に類似の結合が増えるためと考えられる。

【００３７】

また、化学的安定性に優れた非晶質Al_2O_3被膜にＺｒを添加した酸化物層については、その硬度が高くなるとともに耐熱性および化学的安定性が向上するため、第２酸化物層を用いた被膜の耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性が向上する。また、第２酸化物層中における金属原子の総数（Ａｌ原子とＺｒ原子の総数）を１としたときのＺｒの原子数の比ｘを０．００１以上０．５以下とすることによって、第２酸化物層を用いた被膜の高温下での耐摩耗性が向上する。すなわち、上記の式（１）においてｘが０．００１未満であ

る場合にはＺｒの添加による第２酸化物層を高硬度にすることが難しく、ｘが０．５を超える場合には第２酸化物層が著しく低硬度になるとともに、ZrO_2相を析出するおそれがあり、さらには非晶質とすることにより得られる後述の特性を得ることが難しくなる。

【００３８】

Ｃｒの酸化物、あるいはＣｒを金属原子の総数の６０％以上含む酸化物は、低温でも結晶性の良いα－アルミナ型の結晶構造を有する酸化物を形成するので、より好ましい。

【００３９】

特に、Ａｌおよび／またはＣｒに加えて、ＴｉおよびＦｅの少なくとも一方を含む第１酸化物層上に第２酸化物層が形成されると、被膜の耐摩耗性と耐熱性がより大きく向上する。

【００４０】

Ｚｒは、Ａｌに比較して大きな元素であるため、Ｚｒを含む第２酸化物層の平均的な原子間隔が大きくなる。一方、ＴｉおよびＦｅもＺｒと同様にＡｌよりも大きな元素であるため、Ａｌおよび／またはＣｒに加えて、ＴｉおよびＦｅの少なくとも一方を含む第１酸化物層は、原子間隔の大きなα－アルミナ型の結晶構造を有する。

【００４１】

原子間隔のより大きい第１酸化物層上に第２酸化物層を配置することにより、第２酸化物層のα－アルミナ型の結晶構造類似の結合が増え、より安定化するため、被膜の耐摩耗性および熱的安定性がより高いものになる。

【００４２】

また、第２酸化物層を非晶質とすることによって第２酸化物層の表面が平滑となるため、第２酸化物層が被膜の最表面に露出した場合には被膜の耐溶着性が優れる傾向にある。また、非晶質の第２酸化物層は明瞭な粒状組織を有さず、粒の脱落による摩耗の異常な進行もないため、第２酸化物層を含む被膜は安定した耐摩耗性を発揮する。また、第２酸化物層を含む被膜を機械部材に用いた場合には優れた摺動特性を発揮する。なお、非晶質の第２酸化物層は低温で形成することができるため、第２酸化物層の形成の際に基材の硬度や靭性などの特性を劣化させない傾向にあることから、製法の観点からも有利である。また、上記の構成を有する第２酸化物層は、後述する化合物層と密着力が高くなる。

【００４３】

さらに、上記の式（１）のｙを－０．１以上０．２以下とすることによって第２酸化物層を高硬度にすることができる。また、上記の式（１）において、ｙは－０．０５以上０．１以下であることがより好ましい。なお、上記の式（１）において、Ｏの右下にある３（１＋ｙ）は、第２酸化物層中における金属原子の総数（Ａｌ原子とＺｒ原子の総数）を２としたときのＯの原子数の比を表わしている。なお、技術常識を考慮すると、ｙの値が０．２を超える可能性は非常に低いものと考えられる。

【００４４】

また、上記の式（１）において、ｘは０．０５以上０．２以下であることがさらに好ましい。この場合には第２酸化物層の硬度および耐熱性がさらに向上するため、第２酸化物層を含む被膜の耐摩耗性および耐熱性がさらに向上する傾向にある。

【００４５】

また、第２酸化物層の層厚は０．０５μｍ以上２０μｍ以下であることが好ましく、０．５μｍ以上５μｍ以下であることがより好ましい。第２酸化物層の層厚が０．０５μｍ未満である場合には第２酸化物層の形成による耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性の向上などの効果が十分でなく、切削工具の寿命を延長する効果を得ることが難しい。また、第２酸化物層の層厚が２０μｍを超える場合には第２酸化物層が剥離しやすくなる傾向にある。第２酸化物層の層厚が０．０５μｍ以上２０μｍ以下である場合、特に０．５μｍ以上５μｍ以下である場合には、たとえば高温環境下などのより厳しい環境下においても被膜が安定した耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性を発揮する傾向にある。

【００４６】

また、第２酸化物層は６００℃の環境下において結晶化しないことが好ましい。非晶質

Al_2O_3などの非晶質材料は、通常、６００℃の環境下においては結晶化してしまい、この結晶化によって脆くなってしまう。しかしながら、非晶質Al_2O_3にＺｒを添加した第２酸化物層は、その結晶化温度をより高いものとすることができるため、たとえば切削工具による切削環境などの高温環境下であっても結晶化せずに脆くならないようにすることができる。したがって、第２酸化物層が６００℃の環境下において結晶化しないことは高温環境下における被膜の耐摩耗性の向上に繋がる傾向にある。

【００４７】

（積層体）

また、第１酸化物層と第１酸化物層上に形成された第２酸化物層とからなる積層体は、０．１ＧＰａ以上１０ＧＰａ以下の圧縮残留応力を有することが好ましく、０．５ＧＰａ以上５ＧＰａ以下の圧縮残留応力を有することがより好ましい。上記の積層体の圧縮残留応力が０．１ＧＰａ以上１０ＧＰａ以下、特に０．５ＧＰａ以上５ＧＰａ以下である場合には被膜の耐衝撃性を高め、被膜が形成される基材の靭性を高めることができる傾向にある。また、上記の積層体の圧縮残留応力が０．１ＧＰａ未満である場合には上記の積層体が圧縮残留応力を有することによる効果が認められず、１０ＧＰａよりも大きい場合には上記の積層体が自らの圧縮残留応力によって剥離しやすくなる。

【００４８】

上記の積層体の圧縮残留応力は、たとえば、基材上に上記の積層体を形成する際に基材にバイアス電圧を印加することなどによって付与することができる。このバイアス電圧を適宜調節することによって、上記の積層体の圧縮残留応力の大きさを適宜調節することができる。なお、基材に印加されるバイアス電圧としてはＤＣ電圧でもよいが、２０ｋＨｚ以上、好ましくは４０ｋＨｚ以上の周波数で正負が入れ替わるバイアス電圧であってもよい。

【００４９】

なお、上記の積層体の圧縮残留応力は、薄板状の基板の表面上に上記の積層体を形成し、上記の積層体の圧縮残留応力により発生した基板の反りの曲率半径を測定することによって算出することができる。具体的には、上記の積層体の圧縮残留応力は、「薄膜の力学的特性評価技術－トライポロジー・内部応力・密着性」（平成４年３月１９日発行、発行所：株式会社　リアライズ社）の２２８頁の（９）式である$S=E_sD^2/6(1-\nu_s)R$に、測定された上記基板の曲率半径Ｒを代入してＳを求めることによって算出することができる。なお、この式において、E_sは上記基板のヤング率を示し、Ｄは上記基板の厚さを示し、ν_sは上記基板のポアソン比を示している。

【００５０】

（化合物層）

本発明の被膜は、上記の第１酸化物層と第２酸化物層との積層体以外の層を少なくとも１層含んでいてもよい。上記の積層体以外の層としては、Ｔｉ、Ａｌ、ＣｒおよびＳｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属の窒化物、炭窒化物、窒酸化物、炭酸化物または炭窒酸化物からなる化合物層（以下、「化合物層」と称する）が含まれ得る。

【００５１】

ここで、炭窒化物とは炭素と窒素とを含む化合物のことであり、窒酸化物とは窒素と酸素とを含む化合物のことであり、炭酸化物とは炭素と酸素とを含む化合物のことであり、炭窒酸化物とは炭素と窒素と酸素とを含む化合物のことである。

【００５２】

化合物層は、高硬度であって耐熱性および化学的安定性に優れていることから、上記の酸化物層と組み合わせることで、優れた耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性を有する被膜を得ることができる場合がある。

【００５３】

化合物層としては、たとえばＴｉＡｌＮ層、ＴｉＳｉＮ層、ＡｌＣｒＮ層、ＴｉＡｌＳｉＮ層、ＴｉＡｌＮＯ層、ＡｌＣｒＳｉＣＮ層、ＴｉＣＮ層、ＴｉＳｉＣ層、ＣｒＳｉＮ層、ＡｌＴｉＳｉＣＯ層またはＴｉＳｉＣＮ層などを用いることができる。なお、本明細

書において、たとえば「ＴｉＡｌＮ層」のように、「層」の左側に記載されている元素の原子数の比が全く記載されていない場合には特に言及がない限りその原子数の比に限定がないことを意味している。すなわち、本明細書において、たとえば「ＴｉＡｌＮ層」と記載されている場合には、原子数の比がＴｉ：Ａｌ：Ｎ＝０．５：０．５：１である層に限られず、$Ti_zAl_{1-z}N$（ただし、０＜ｚ＜１）の式で表わされる従来から公知のあらゆる層のことを意味しており、これは「ＴｉＡｌＮ層」以外の層の記載についても同様である。また、本発明における化合物層において、Ｔｉ、Ａｌ、ＳｉまたはＣｒなどの金属元素と、Ｎ（窒素）、Ｏ（酸素）またはＣ（炭素）などの非金属元素と、は必ずしも化学量論的組成を構成している必要はない。

【００５４】

ここで、ＴｉＡｌＮ層は硬度が非常に高いために、本発明の被膜中にＴｉＡｌＮ層を含めた場合には耐摩耗性に優れる傾向にある。

【００５５】

また、ＴｉＳｉＮ層は、高硬度であって耐熱性に優れる上に、非常に微細な組織を有して酸素の透過を抑制するため、本発明の被膜中にＴｉＳｉＮ層を含めた場合には、被膜の耐摩耗性および耐熱性に優れるとともに被膜が形成される基材の酸化を抑制することができる。

【００５６】

また、ＡｌＣｒＮ層は、高硬度であって、Ｔｉを含まないことからＴｉＡｌＮ層やＴｉＳｉＮ層よりも耐酸化性に優れ、さらに高い耐熱性を有することから、本発明の被膜中にＡｌＣｒＮ層を含めた場合には被膜の耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性が向上する傾向にある。また、ＡｌＣｒＮ層は、上記の酸化物層との密着性にも優れている。

【００５７】

また、ＴｉＡｌＳｉＮ層は、上記のＴｉＡｌＮ層およびＴｉＳｉＮ層の双方の特性を併せもち、かつその特性がＴｉＡｌＮ層およびＴｉＳｉＮ層のそれぞれよりも優れているために、本発明の被膜中にＴｉＡｌＳｉＮ層を含めた場合には、被膜の耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性がさらに優れる傾向にある。ここで、ＴｉＡｌＳｉＮ層は、$Ti_{1-a-b}Al_aSi_bN$（０＜ａ＜１、０＜ｂ＜１）の式で表わされる化合物層であり、Ｓｉの原子数の比を示すｂは、０．０１＜ｂ＜０．３を満たすことが好ましい。なお、ここでも金属元素と非金属元素とは必ずしも化学量論的組成を構成している必要はない。

【００５８】

また、化合物層の層厚は、０．０５μｍ以上２０μｍ以下であることが好ましく、特に０．５μｍ以上１０μｍ以下であることがより好ましい。化合物層の層厚が０．０５μｍ未満である場合には化合物層の形成による耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性の向上などの効果が十分でなく、切削工具の寿命を延長する効果を得ることが難しい。また、化合物層の層厚が２０μｍを超える場合には化合物層が剥離しやすくなる傾向にある。化合物層の層厚が０．０５μｍ以上２０μｍ以下である場合、特に０．５μｍ以上１０μｍ以下である場合には、たとえば高温環境下などのより厳しい環境下においても被膜が安定した耐摩耗性、耐熱性および化学的安定性を発揮する傾向にある。

【００５９】

また、本発明の被膜中に化合物層が２層以上含まれる場合には、各化合物層はそれぞれ同一の組成からなる層であってもよく、それぞれ互いに異なる組成からなる層であってもよく、少なくとも２層の同一の組成の層とそれとは異なる組成の層とが混在していてもよい。

【００６０】

（切削工具）

本発明の切削工具は、基材と、基材上に被覆された上記の本発明の被膜と、を含む構造を有している。本発明の切削工具としては、たとえばドリル、エンドミル、フライス加工用または旋削加工用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップまたはクランクシャフトのピンミーリング加工用チップなどを挙げることができる。

【００６１】
本発明の切削工具に含まれる基材としては、上記のような切削工具の基材として知られる従来から公知のものを特に限定なく用いることができ、たとえば高速度鋼、超硬合金（たとえばＷＣ基超硬合金、ＷＣの他、Ｃｏを含み、あるいはさらにＴｉ、Ｔａ、Ｎｂなどの炭窒化物を添加したものなど）、サーメット（ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＴｉＣＮなどを主成分とするものなど）、セラミックス（炭化チタン、炭化ケイ素、窒化ホウ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムなど）焼結体、立方晶窒化硼素焼結体またはダイヤモンド焼結体などを用いることができる。
【００６２】
本発明の切削工具に含まれる基材として超硬合金を用いる場合には、超硬合金の組織中に遊離炭素やη相と呼ばれる異常相が含まれていてもよい。
【００６３】
また、本発明の切削工具に含まれる基材はその表面が改質されたものであってもよい。たとえば、本発明の切削工具に含まれる基材として超硬合金を用いる場合には、その表面に脱β層が形成されていてもよく、サーメットを用いる場合にはその表面に表面硬化層が形成されていてもよい。
【００６４】
（被膜の製造方法）
本発明の被膜は、たとえばＰＶＤ（Physical Vapor Deposition）法、熱ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法、ＭＯＣＶＤ（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法、ＰＣＶＤ（Plasma Chemical Vapor Deposition）法または湿式法などによって形成することができる。なかでも、緻密かつ圧縮残留応力を有する被膜を低温で容易に形成できる観点からは、本発明の被膜の製造方法としてはＰＶＤ法を用いることが好ましい。
【００６５】
ここで、ＰＶＤ法としては、たとえば、アーク式イオンプレーティング法、アンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法からなる群から選択された少なくとも１種を用いることができる。
【００６６】
（ｉ）アーク式イオンプレーティング法
以下に、アーク式イオンプレーティング法の一例として、アーク式イオンプレーティング法により基材上に上記の化合物層としてのＴｉＡｌＮ層を形成する方法の一例について説明する。
【００６７】
まず、装置内に基材を設置し、さらにこの基材と向かい合うようにしてアーク蒸発源としてＴｉ－Ａｌ合金からなるターゲット（Ｔｉ－Ａｌターゲット）を装置内にセットする。次に、この装置内に窒素を導入して、窒素からなるガス雰囲気を形成する。
【００６８】
そして、上記のＴｉ－Ａｌターゲットに電圧を印加した上でＴｉ－Ａｌターゲットからアーク放電を生じさせる。これにより、Ｔｉ－Ａｌターゲットが溶融し、Ｔｉ－Ａｌターゲットから Ｔｉ原子およびＡｌ原子が放出される。Ｔｉ－Ａｌターゲットから放出されたＴｉ原子およびＡｌ原子の少なくとも一部は、アーク放電中の電子と衝突してイオンとなる。そして、Ｔｉ原子および／またはＴｉイオン並びにＡｌ原子および／またはＡｌイオンはそれぞれ基材上に到達し、そこで窒素とともにＴｉＡｌＮ層を構成する。これにより、ＴｉＡｌＮ層が基材上に形成される。ここで、アーク式イオンプレーティング法においては、Ｔｉ－Ａｌターゲットの組成比と形成条件を適宜調節することによって、Ｔｉ、ＡｌおよびＮの原子比を適宜設定することが可能である。
【００６９】
このようなアーク式イオンプレーティング法においてはイオン化率が高く、堆積速度も大きいため、高硬度かつ緻密であって耐摩耗性に優れた、Ｔｉ、Ａｌ、ＣｒおよびＳｉからなる群から選択された少なくとも１種の金属の窒化物、炭窒化物、窒酸化物、炭酸化物

または炭窒酸化物からなる化合物層を低温で形成することができる傾向にある。

【００７０】

なお、上記においてはアーク式イオンプレーティング法を用いて化合物層を形成する場合について説明したが、本発明においてはアーク式イオンプレーティング法を用いて第１酸化物層および第２酸化物層を形成してもよく、その他の層を形成してもよいことは言うまでもない。また、本発明においてアーク式イオンプレーティング法としては上述した方法に限定されず、従来から公知のアーク式イオンプレーティング法を用いることができる。

【００７１】

（ｉｉ）アンバランストマグネトロンスパッタリング法

以下に、アンバランストマグネトロンスパッタリング法の一例として、アンバランストマグネトロンスパッタリング法により基材上の第１酸化物層上に第２酸化物層を形成する方法の一例について説明する。

【００７２】

まず、磁石を備えた１つのマグネトロン電極が設置された装置内に、そのマグネトロン電極と向かい合うようにしてCr_2O_3などからなる第１酸化物層が形成された基材をセットするとともに、上記のマグネトロン電極にＡｌ－Ｚｒ合金からなるターゲット（Ａｌ－Ｚｒターゲット）をセットする。

【００７３】

次に、この装置内に、たとえば、アルゴン、キセノン、クリプトンまたはヘリウムなどの希ガスと酸素とを含むガスを導入する。そして、上記のマグネトロン電極にパルス状ＤＣ電圧を印加して上記の希ガスと酸素ガスのプラズマを発生させる。このプラズマの発生により生じた希ガスイオンがＡｌ－Ｚｒターゲットに衝突してＡｌ原子およびＺｒ原子がそれぞれＡｌ－Ｚｒターゲットから放出される。

【００７４】

ここで、アンバランストマグネトロンスパッタリング法においては、マグネトロン電極により発生する磁場は非平衡となっているため、マグネトロン電極により発生する磁場が平衡となっているバランストマグネトロンスパッタリング法と比べて、プラズマを基材上の第１酸化物層近傍の範囲にまで広げることができる。

【００７５】

そして、Ａｌ原子および／またはＡｌイオン並びにＺｒ原子および／またはＺｒイオンはそれぞれ第１酸化物層上に到達し、そこで酸素とともに上記の第２酸化物層を形成する。これにより、第２酸化物層が第１酸化物層上に形成される。ここで、Ａｌ－Ｚｒターゲットの組成比とアンバランストマグネトロンスパッタリング法の条件を適宜調節することによって、Ａｌ、ＺｒおよびＯをそれぞれ上記の式（１）で表わされる組成とすることが可能である。

【００７６】

このようなアンバランストマグネトロンスパッタリング法において、基材に負のバイアス電圧を印加した場合には、基材とＡｌイオンおよびＺｒイオンとの間に働く引力を利用して第２酸化物層を形成することができるため、低い基材温度で第２酸化物層を形成することができるとともに、高硬度で緻密な第２酸化物層を形成することができる。

【００７７】

なお、アンバランストマグネトロンスパッタリング法においては、ターゲットに印加する電圧の極性を１０ｋＨｚ以上１ＭＨｚ以下の周波数で交互に変化させながら第２酸化物層を形成した場合には、より緻密な第２酸化物層を効率的に形成することができる点で好ましい。また、上記の周波数は、２０ｋＨｚ以上であることがより好ましく、４０ｋＨｚ以上であることがさらに好ましく、また、５００ｋＨｚ以下であることがより好ましい。

【００７８】

（ｉｉｉ）デュアルマグネトロンスパッタリング法

以下に、デュアルマグネトロンスパッタリング法の一例として、デュアルマグネトロン

スパッタリング法により基材上の第１酸化物層上に第２酸化物層を形成する方法の一例を説明する。

【００７９】

まず、装置内に設置された１対のマグネトロン電極の一方のマグネトロン電極にはＡｌからなるターゲット（Ａｌターゲット）をセットし、他方のマグネトロン電極にはＺｒからなるターゲット（Ｚｒターゲット）をセットする。ここで、マグネトロン電極はそれぞれ第１酸化物層と向かい合うようにして設置されており、これらのマグネトロン電極は１台のバイポーラ電源に接続されている。なお、それぞれのマグネトロン電極には磁石が備えられている。

【００８０】

次に、この装置内に、たとえば、アルゴン、キセノン、クリプトンまたはヘリウムなどの希ガスと酸素とを含むガスを導入する。そして、上記の一対のマグネトロン電極間にパルス状ＤＣ電圧を印加して上記の希ガスと酸素ガスのプラズマを発生させる。このプラズマの発生により生じた希ガスイオンが上記のターゲットに衝突してＡｌ原子およびＺｒ原子がそれぞれターゲットから放出される。ここで、１対のマグネトロン電極は交互に陽極と陰極とが入れ替わるために、希ガスイオンのＡｌターゲットへの衝突とＺｒターゲットへの衝突とが交互に行なわれることになる。

【００８１】

そして、希ガスイオンの衝突によってターゲットから放出したＡｌ原子およびＺｒ原子はそれぞれその少なくとも一部がイオンとなって第１酸化物層上に到達し、そこで酸素とともに第２酸化物層を形成する。これにより、第２酸化物層が第１酸化物層上に形成される。ここで、デュアルマグネトロンスパッタリング法の条件を適宜調節することによって、Ａｌ、ＺｒおよびＯをそれぞれ上記の式（１）で表わされる組成とすることが可能である。

【００８２】

なお、デュアルマグネトロンスパッタリング法においては、Ａｌターゲットの電圧および／または電力とＺｒターゲットの電圧および／または電力とをある程度独立に制御することができ、ＡｌターゲットとＺｒターゲットについてそれぞれ最適な条件でのスパッタリングが可能となるため、ＡｌとＺｒとが均一に分散した第２酸化物層の形成が可能となる。このようなＡｌとＺｒとが均一に分散した第２酸化物層は高温環境下においても非晶質構造を安定して保持することができる。

【００８３】

また、デュアルマグネトロンスパッタリング法においては、Ａｌターゲットがセットされたマグネトロン電極とＺｒターゲットがセットされたマグネトロン電極との間に強い放電が生じるために、低い基材温度で、緻密かつ表面が平滑な第２酸化物層の形成が可能となる。

【００８４】

ここで、Ａｌターゲットがセットされたマグネトロン電極とＺｒターゲットがセットされたマグネトロン電極において、陽極と陰極とを交互に切り替える周波数は２０ｋＨｚ以上であることが好ましく、４０ｋＨｚ以上であることがより好ましい。また、この周波数は１ＭＨｚ以下であることが好ましく、５００ｋＨｚ以下であることがより好ましい。

【００８５】

上記の周波数が２０ｋＨｚ未満である場合にはターゲットの表面に形成された第２酸化物層により異常放電が発生し、基材上の第１酸化物層上に第２酸化物層を安定して形成することができないことがある。また、上記の周波数が４０ｋＨｚ以上である場合にはターゲットの表面の汚れや傷に起因するような小さな異常放電までも抑制できる傾向にあり、より高品質の第２酸化物層を効率良く形成することができる傾向にある。

【００８６】

また、上記の周波数が１ＭＨｚよりも大きい場合には高周波対策などが必要となる観点から装置のコストが上昇する傾向ある。装置のコストの上昇を抑制する観点からは上記の

周波数は５００ｋＨｚ以下であることが好ましい。
【００８７】
また、デュアルマグネトロンスパッタリング法においては、１対のマグネトロン電極間に発生したプラズマを第１酸化物層近傍の範囲にまで到達させることができる。これにより、第１酸化物層近傍のプラズマ密度を向上させることができることから、より効率的に第２酸化物層の形成が可能となる。
【００８８】
なお、アンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法においては、基材に印加するパルス状ＤＣ電圧の極性を１０ｋＨｚ以上１ＭＨｚ以下の周波数で交互に変化させながら第２酸化物層を形成した場合には、より低い基材温度でより緻密な第２酸化物層を効率的に形成することができる点で好ましい。
【００８９】
また、上記において、アンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法については第２酸化物層を形成する場合について説明したが、本発明においては、アンバランストマグネトロンスパッタリング法またはデュアルマグネトロンスパッタリング法によって上記の第１酸化物層および化合物層を形成してもよく、その他の層を形成してもよいことは言うまでもない。また、本発明においてアンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法としてはそれぞれ上述した方法に限定されず、従来から公知のアンバランストマグネトロンスパッタリング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法をそれぞれ用いることができる。
【００９０】
また、上記においては、アーク式イオンプレーティング法、アンバランストマグネトロンスパッタリング法またはデュアルマグネトロンスパッタリング法を用いる場合のそれぞれの一例について説明したが、本発明の被膜の形成においては上記以外の方法を用いてもよいことは言うまでもない。
【００９１】
なお、本発明の被膜の製造方法において、たとえば上記の化合物層が２層以上含まれる場合には、それぞれの化合物層の形成方法は同一であってもよく、同一でなくてもよい。
【実施例】
【００９２】
（試料Ｎｏ．１～８）
組成がＪＩＳ規格Ｐ３０であり、形状がＪＩＳ規格ＳＮＧ４３２である超硬合金製切削チップを基材として用い、その基材上に、図１にその概略を示した装置を用いアーク式イオンプレーティング法およびデュアルマグネトロンスパッタリング法により表１の試料Ｎｏ．１～８の欄にそれぞれ記載された構成の被膜を形成して切削工具を作製した。以下、試料Ｎｏ．１～８の切削工具の被膜の形成方法について具体的に説明する。
【００９３】
まず、図１に示した装置１には、第１アーク蒸発源１３および第２アーク蒸発源１４という２つのアーク蒸発源がセットされているとともに、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１および第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２という２つのデュアルマグネトロンスパッタ源がセットされている。そして、第１アーク蒸発源１３、第２アーク蒸発源１４、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１および第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２の中心点を中心として回転する回転保持具８に上記の基材１０をセットした。なお、装置１は、ヒータ１６も備えている。
【００９４】
ここで、第１アーク蒸発源１３としてＴｉターゲットをセットし、第２アーク蒸発源１４としてＴｉ（８０原子％）－Ｓｉ（２０原子％）ターゲットをセットした。また、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１として、１対のマグネトロン電極の双方にＣｒターゲットをセットした。また、第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２として、１対のマ

グネトロン電極の一方にはＡｌターゲットをセットし、他方にＺｒターゲットをセットした。

【００９５】

そして、装置１内の真空度を7×10^{-4}Ｐａ以下に真空引きした後にアルゴンをガス導入口１５から導入し、その真空度を３Ｐａに維持しながら基材１０を６５０℃まで加熱し１時間保持した。

【００９６】

その後、基材１０に－１０００Ｖの電圧をかけてアルゴン中でグロー放電を発生させることにより、アルゴンイオンによる基材１０の表面のクリーニング処理を行なった。そして、上記クリーニング処理後に装置１からアルゴンを排気した。

【００９７】

次に、窒素をガス導入口１５から装置１内に導入した後、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第２アーク蒸発源１４を１００Ａの放電電流で放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上に$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$層（表１の試料Ｎｏ．１～８の第１層）を形成した。そして、$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$層の形成後は、装置１内のガスを排気した。

【００９８】

続いて、アルゴンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、真空度を０．５Ｐａに維持しながら、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１の１対のマグネトロン電極間に陽極と陰極とを交互に切り替える周波数が３００ｋＨｚである電圧を印加して放電させ、基材１０に１０１ｋＨｚの周波数で＋５０Ｖから－２００Ｖに切り替わるパルス状ＤＣ電圧を印加することによって、デュアルマグネトロンスパッタリング法により、Cr_2O_3からなる第１酸化物層（表１の試料Ｎｏ．１～８の第２層）を形成した。そして、上記の第１酸化物層の形成後は、装置１内のガスを排気した。

【００９９】

次いで、アルゴンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、真空度を１Ｐａに維持しながら、第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２の１対のマグネトロン電極間のそれぞれに陽極と陰極とを交互に切り替える周波数が４０ｋＨｚである電圧を印加して放電させ、基材１０に１００ｋＨｚの周波数で＋１５Ｖから－２００Ｖに切り替わるパルス状ＤＣ電圧を印加することによって、デュアルマグネトロンスパッタリング法により、$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$の式で表わされる第２酸化物層（表１の試料Ｎｏ．１～８の第３層）を形成した。ここでは、基材１０に印加するパルス状ＤＣ電圧の負の電圧値を調節することによって第２酸化物層に発生する圧縮残留応力を表１に示す値となるように調節した。そして、上記の第２酸化物層の形成後は、装置１内のガスを排気した。

【０１００】

次に、メタンおよび窒素をガス導入口１５から装置１内に導入した後に、第１アーク蒸発源１３を１００Ａの放電電流で放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上に$TiC_{0.2}N_{0.8}$層（表１の試料Ｎｏ．１～８の第４層）を形成した。

【０１０１】

これにより、表１に示す第１層、第２層、第３層および第４層が基材１０の表面上に形成された試料Ｎｏ．１～８の切削工具が得られた。

【０１０２】

また、試料Ｎｏ．１～８の切削工具の被膜の形成において、表１に示す第１層、第２層および第４層は試料Ｎｏ．１～８についてすべて同一の条件で形成されたが、表１に示す第３層については試料Ｎｏ．１についてはＺｒターゲットをセットすることなく形成され、試料Ｎｏ．２～８については形成条件、特に、ＡｌターゲットおよびＺｒターゲットのそれぞれに印加される電力を適宜変更して形成された。たとえば、試料Ｎｏ．２の切削工具の第３層は、Ａｌターゲットに印加される電力を３ｋＷ、Ｚｒターゲットに印加される電力を５００Ｗとし、基材温度が６５０℃の条件で形成された。

【０１０３】
【表１】

試料No.	第1層（化合物層）		第2層（第1酸化物層）			第3層（第2酸化物層）$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$				積層体	第4層（化合物層）		全膜厚（μm）
	組成	層厚（μm）	組成	結晶構造	層厚（μm）	x	y	結晶構造	層厚（μm）	応力（GPa）	組成	層厚（μm）	
1	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0	-0.05	γ	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
2	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.003	-0.02	amo	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
3	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.05	0.01	amo	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
4	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.10	0.01	amo	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
5	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.20	0.05	amo	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
6	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.30	0.10	amo	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
7	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.45	0.11	amo	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
8	$Ti_{0.8}Si_{0.2}N$	2.5	Cr_2O_3	α	0.05	0.60	0.2	amo $+ZrO_2$	1.2	-1.5	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	0.5	4.25
9	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	0.1	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	3.1
10	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	0.8	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	3.8
11	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	1.5	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	4.5
12	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	3.6	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	6.6
13	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	5.0	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	8.0
14	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	7.5	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	10.5
15	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N_{0.8}O_{0.2}$	2.0	$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.005	0.10	0.01	amo	15.0	-1	$TiC_{0.5}N_{0.5}$	1.0	18.0
16	$Al_{0.5}Cr_{0.4}Si_{0.1}C_{0.2}N_{0.8}$	1.1	$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.1	0.20	0.06	amo	3.2	-0.1	$Ti_{0.95}Si_{0.05}C$	0.5	4.9
17	$Al_{0.5}Cr_{0.4}Si_{0.1}C_{0.2}N_{0.8}$	1.1	$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.1	0.20	0.06	amo	3.2	-0.5	$Ti_{0.95}Si_{0.05}C$	0.5	4.9
18	$Al_{0.5}Cr_{0.4}Si_{0.1}C_{0.2}N_{0.8}$	1.1	$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.1	0.20	0.06	amo	3.2	-1.7	$Ti_{0.95}Si_{0.05}C$	0.5	4.9
19	$Al_{0.5}Cr_{0.4}Si_{0.1}C_{0.2}N_{0.8}$	1.1	$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.1	0.20	0.06	amo	3.2	-2	$Ti_{0.95}Si_{0.05}C$	0.5	4.9
20	$Al_{0.5}Cr_{0.4}Si_{0.1}C_{0.2}N_{0.8}$	1.1	$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.1	0.20	0.06	amo	3.2	-4	$Ti_{0.95}Si_{0.05}C$	0.5	4.9
21	$Al_{0.5}Cr_{0.4}Si_{0.1}C_{0.2}N_{0.8}$	1.1	$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.1	0.20	0.06	amo	3.2	-8	$Ti_{0.95}Si_{0.05}C$	0.5	4.9

	第1層		第2層			第3層			全膜厚（μm）
	組成	層厚（μm）	組成	層厚（μm）	応力（GPa）	組成	層厚（μm）	応力（GPa）	
22	TiN	0.5	$TiC_{0.3}N_{0.7}$	3	-	Al_2O_3	2	0.5	5.5
23	TiN	0.5	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N$	3	-3	-	-	-	3.5

【０１０４】
なお、表１における第２層の結晶構造の欄の「α」はα－アルミナ型の結晶構造であることを意味し、表１における第３層の結晶構造の欄の「γ」はγ－アルミナの結晶構造で

あることを意味し、「ａｍｏ」は非晶質であることを意味し、「ａｍｏ＋ＺｒＯ$_2$」は非晶質相とともにＺｒＯ$_2$相が出現したことを意味している。

【０１０５】

また、表１における第２層の結晶構造は、試料Ｎｏ．１～２１のそれぞれと同一の方法および同一の条件で基材上の第１層上に第２層をそれぞれ作製し、作製した第２層のそれぞれについてＸ線回折装置を用いて、Ｘ線の入射角を所定の角度に固定した薄膜法によりＸ線回折パターンを得て同定した。

【０１０６】

また、表１における第３層の結晶構造は、試料Ｎｏ．１～２１のそれぞれと同一の方法および同一の条件で基材上に第１層、第２層および第３層をこの順序でそれぞれ作製し、作製した第３層のそれぞれについてＸ線回折装置を用いて、Ｘ線の入射角を所定の角度に固定した薄膜法によりＸ線回折パターンを得て同定した。

【０１０７】

また、表１における応力の欄の「－」は層に圧縮残留応力が生じていることを意味し、「－」の右に位置する数値は層の圧縮残留応力の大きさを表わしている。また、表１における応力は、試料Ｎｏ．１～２１の第３層と第４層とからなる積層体の応力のことである。

【０１０８】

また、表１における試料Ｎｏ．１～２１の第３層の「ｘ」および「ｙ」の数値はそれぞれ、試料Ｎｏ．１～２１と同一の方法および同一の条件で基材上に第１層、第２層および第３層をこの順序でそれぞれ作製し、作製した第３層のそれぞれについてラザフォード後方散乱法（ＲＢＳ法）を用いて測定することにより求められた値である。

【０１０９】

また、試料Ｎｏ．４と同一の方法および同一の条件で基材上に試料Ｎｏ．４と同一の構成の被膜を別途作製した。そして、その被膜の結晶構造をＸ線回折法により評価した。その後、この被膜を大気雰囲気において６００℃で１時間熱処理を行なった後、再度、上記と同様にしてＸ線回折を行なった。その結果、Ｘ線回折パターンに変化が見られなかったことから、第３層である第２酸化物層の非晶質構造が維持されたことが確認された。

【０１１０】

（試料Ｎｏ．９～１５）

表１に示す試料Ｎｏ．９～１５の被膜については各蒸発源としてセットするターゲットと装置１内に導入されるガス（導入ガス）を下記のものとし、第４層の形成時に導入されるメタンと窒素の体積比を変更したこと以外は、試料Ｎｏ．２～７と同様に形成して試料Ｎｏ．９～１５の切削工具を得た。

【０１１１】

なお、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１としては試料Ｎｏ．２～７と同様に１対のマグネトロン電極の双方に$Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1}$ターゲットがセットされた。また、第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２としては試料Ｎｏ．２～７と同様に１対のマグネトロン電極の一方にはＡｌターゲットがセットされ、他方にはＺｒターゲットがセットされた。また、試料Ｎｏ．９～１５の第３層についてはその層厚を適宜変更して形成を行なった。

第１アーク蒸発源１３：Ｔｉターゲット

第２アーク蒸発源１４：Ｔｉ（５０原子％）－Ａｌ（５０原子％）ターゲット

導入ガス：窒素／酸素（第１層）、酸素／アルゴン（第２層、第３層）、窒素／メタン（第４層）

（試料Ｎｏ．１６～２１）

表１に示す試料Ｎｏ．１６～２１の被膜については各蒸発源としてセットするターゲットと導入ガスを下記のものとしたこと以外は、試料Ｎｏ．２～７と同様にして基材上に形成して試料Ｎｏ．１６～２１の切削工具を得た。

【０１１２】

なお、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１としては試料Ｎｏ．２～７と同様に１対のマグネトロン電極の双方に$Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2}$ターゲットがセットされた。また、第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２としては試料Ｎｏ．２～７と同様に１対のマグネトロン電極の一方にはＡｌターゲットがセットされ、他方にはＺｒターゲットがセットされた。また、試料Ｎｏ．１６～２１の第３層については基材１０に印加するパルス状ＤＣ電圧を適宜変更することによって第３層の圧縮残留応力を適宜変更して形成を行なった。

第１アーク蒸発源１３：Ｔｉ（９５原子％）－Ｓｉ（５原子％）ターゲット

第２アーク蒸発源１４：Ａｌ（５０原子％）－Ｃｒ（４０原子％）－Ｓｉ（１０原子％）ターゲット

導入ガス：窒素／メタン（第１層）、酸素／アルゴン（第２層、第３層）、メタン（第４層）

（試料Ｎｏ．２２）

従来の熱ＣＶＤ法を用いて、表１に示す第１層、第２層および第３層が基材１０の表面上に形成された試料Ｎｏ．２２の切削工具を得た。

【０１１３】

（試料Ｎｏ．２３）

図１に示す第１アーク蒸発源１３としてＴｉ（５０原子％）－Ａｌ（５０原子％）ターゲットをセットし、第２アーク蒸発源１４としてＴｉターゲットをセットした。また、第１デュアルマグネトロンスパッタ源１１および第２デュアルマグネトロンスパッタ源１２としては何もセットしなかった。

【０１１４】

そして、装置１内の真空度を7×10^{-4}Ｐａ以下に真空引きした後にアルゴンをガス導入口１５から導入し、その真空度を３Ｐａに維持しながら基材１０を６５０℃まで加熱し１時間保持した。

【０１１５】

その後、基材１０に－１０００Ｖの電圧をかけてアルゴン中でグロー放電を発生させることにより、アルゴンイオンによる基材１０の表面のクリーニング処理を行なった。そして、上記クリーニング処理後に装置１からアルゴンを排気した。

【０１１６】

次に、窒素をガス導入口１５から装置１内に導入した後、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第２アーク蒸発源１４を放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上にＴｉＮ層（表１の試料Ｎｏ．２３の第１層）を形成した。

【０１１７】

その後、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第１アーク蒸発源１３を放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上に$Ti_{0.5}Al_{0.5}N$層（表１の試料Ｎｏ．２３の第２層）を形成した。そして、$Ti_{0.5}Al_{0.5}N$層の形成後は、装置１内のガスを排気した。

【０１１８】

これにより、表１に示す第１層および第２層が基材１０の表面上に形成された試料Ｎｏ．２３の切削工具が得られた。

【０１１９】

（評価）

表１に示す試料Ｎｏ．１～２３の切削工具を用いて、図２の模式的拡大側面図に示すように切削工具２の角を被削材３に接触させた後に被削材３を回転させることによって、表２に示す切削条件で被削材３を連続切削（連続切削試験）および断続切削（断続切削試験）することにより、切削工具２の逃げ面４の摩耗幅を測定した。その結果を表３に示す。表３に示す逃げ面摩耗幅の値が小さいほど切削工具の被膜の耐摩耗性が優れていることを示す。

【０１２０】
【表２】

切削条件	連続切削試験	断続切削試験
被削材	FCD450	SCM435
切削速度(m/min)	180	300
送り(mm/rev.)	0.25	0.3
切り込み(mm)	1.5	2
切削時間(min)	20	20
湿式/乾式	乾式	乾式

【０１２１】
【表３】

試料No.	逃げ面摩耗幅(mm)	
	連続切削試験	断続切削試験
1	0.28	0.35
2	0.17	0.17
3	0.16	0.18
4	0.15	0.16
5	0.17	0.18
6	0.19	0.20
7	0.22	0.21
8	0.27	0.32
9	0.25	0.25
10	0.23	0.23
11	0.22	0.20
12	0.20	0.17
13	0.17	0.18
14	0.18	0.22
15	0.17	0.25
16	0.16	0.22
17	0.18	0.21
18	0.16	0.16
19	0.17	0.16
20	0.18	0.18
21	0.20	0.20
22	0.30	欠損
23	剥離	0.36

【０１２２】
表３から明らかなように、Cr_2O_3、$(Cr_{0.8}Ti_{0.1}Fe_{0.1})_2O_3$、$(Al_{0.4}Cr_{0.4}Fe_{0.2})_2O_3$からなる第１酸化物層と上記の式（１）で表わされる組成を有し非晶質である第２酸化物層との積層体を有する試料Ｎｏ．２～７および試料Ｎｏ．９～２１の切削工具の連続切削試験および断続切削試験における逃げ面摩耗幅は、その積層体を有しない試料Ｎｏ．１、８、２２および２３の切削工具の逃げ面摩耗幅よりも小さいため、切削環境が高温環境下であることを考慮すると、試料Ｎｏ．２～７および試料Ｎｏ．９～２１

の切削工具の被膜の高温環境下における耐摩耗性が優れていることがわかった。

【０１２３】

特に、試料Ｎｏ．２２の切削工具は断続切削試験において欠損し、試料Ｎｏ．２３の切削工具は連続切削試験において被膜の剥離が見られた。

【０１２４】

また、上記の連続切削試験後および断続切削試験後に、試料Ｎｏ．２～７および試料Ｎｏ．９～２１の切削工具の耐溶着性についても評価したところ、試料Ｎｏ．２～７および試料Ｎｏ．９～２１の切削工具の最表面には被削材が付着していないことが確認されたため、試料Ｎｏ．２～７および試料Ｎｏ．９～２１の切削工具の被膜は高温環境下における耐溶着性にも優れていることが確認された。

【０１２５】

（試料Ｎｏ．２４）

試料Ｎｏ．１～２３で用いた基材に代えて、基材の形状をＳＮＧＮ１２０４０８（ＪＩＳ－Ｂ－４１２１）とし、基材の材質をサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体とする、表５に示す２種の基材を用意した。

【０１２６】

そして、サーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体を材質とするそれぞれの基材上に、図１に示す装置を用いアーク式イオンプレーティング法およびアンバランストマグネトロンスパッタリング法により表４の試料Ｎｏ．２４の欄に記載された構成の被膜を形成して切削工具を作製した。以下、試料Ｎｏ．２４の切削工具の被膜の形成方法について具体的に説明する。

【０１２７】

まず、図１に示す第１アーク蒸発源１３としてＡｌ（７０原子％）－Ｃｒ（３０原子％）ターゲットをセットし、第２アーク蒸発源１４としてＴｉターゲットをセットした。また、第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１として、マグネトロン電極にＡｌ（５０原子％）－Ｃｒ（５０原子％）ターゲットをセットした。また、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２として、Ａｌ－Ｚｒターゲットをセットした。ここで、Ａｌ－Ｚｒターゲットの組成は、Ａｌが８２原子％で、Ｚｒが１８原子％であった。

【０１２８】

そして、装置１内の真空度を7×10^{-4}Ｐａ以下に真空引きした後にアルゴンをガス導入口１５から導入し、その真空度を３Ｐａに維持しながら基材１０を６５０℃まで加熱し１時間保持した。

【０１２９】

その後、基材１０に－１０００Ｖの電圧をかけてアルゴン中でグロー放電を発生させることにより、アルゴンイオンによる基材１０の表面のクリーニング処理を行なった。そして、上記クリーニング処理後に装置１からアルゴンを排気した。

【０１３０】

次に、窒素をガス導入口１５から装置１内に導入した後、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第２アーク蒸発源１４を１００Ａの放電電流で放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上にＴｉＮ層（表４の試料Ｎｏ．２４の第１層）を形成した。

【０１３１】

続いて、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第１アーク蒸発源１３を８０Ａの放電電流で放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上に$Al_{0.7}Cr_{0.3}N$層（表４の試料Ｎｏ．２４の第２層）を形成した。そして、$Al_{0.7}Cr_{0.3}N$層の形成後は装置１内からガスを排気した。

【０１３２】

次いで、アルゴンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、真空度を５Ｐａに維持しながら、第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１であるＡｌ（５０原子％）－Ｃｒ（５０原子％）ターゲットに５０ｋＨｚの周波数のパルス状ＤＣ電圧を印加す

ることにより１ｋＷの電力で放電させ、基材１０に５５ｋＨｚの周波数で＋１００Ｖから－１２０Ｖに切り替わるパルス状ＤＣ電圧を印加することによって、アンバランストマグネトロンスパッタリング法により、$(Al_{0.5}Cr_{0.5})_2O_3$からなる第１酸化物層（表４の試料Ｎｏ．２４の第３層）を形成した。そして、第１酸化物層の形成後は装置１内からガスを排気した。

【０１３３】

その後、アルゴンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、真空度を０．８Ｐａに維持しながら、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２であるＡｌ－Ｚｒターゲットに１００ｋＨｚの周波数のパルス状ＤＣ電圧を印加することにより２ｋＷの電力で放電させ、基材１０に１００ｋＨｚの周波数で＋１５Ｖから－２００Ｖに切り替わるパルス状ＤＣ電圧を印加することによって、アンバランストマグネトロンスパッタリング法により、$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$の式で表わされる第２酸化物層（表４の試料Ｎｏ．２４の第４層）を形成した。

【０１３４】

これにより、表４に示す第１層、第２層、第３層および第４層が基材１０の表面上に形成された、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．２４の切削工具が得られた。

【０１３５】

【表４】

試料No.	第1層（化合物層）		第2層（化合物層）		第3層（第1酸化物層）			第4層（第2酸化物層）$(Al_{1-x}Zr_x)_2O_{3(1+y)}$			積層体	全膜厚（μm）
	組成	層厚（μm）	組成	層厚（μm）	組成	結晶構造	層厚（μm）	x	結晶構造	層厚（μm）	応力（GPa）	
24	TiN	0.5	$Al_{0.7}Cr_{0.3}N$	1.1	$(Al_{0.5}Cr_{0.5})_2O_3$	α	0.02	0.15	amo	1.5	-1.5	3.12
25	$Ti_{0.9}Si_{0.1}N$	1	$Cr_{0.8}Si_{0.2}N$	1	$(Cr_{0.7}Ti_{0.3})_2O_3$	α	0.02	0.07	amo	2	-1.1	4.02
26	$TiC_{0.2}N_{0.8}$	2	$Ti_{0.7}Al_{0.15}Si_{0.15}N$	1.5	$(Cr_{0.9}Fe_{0.1})_2O_3$	α	0.02	0.10	amo	1	-2.2	4.52
27	—	—	$Al_{0.65}Ti_{0.3}Si_{0.05}C_{0.93}O_{0.05}$	2	$(Al_{0.3}Cr_{0.7})_2O_3$	α	0.02	0.20	amo	1	-2.7	3.02
28	—	—	$Ti_{0.8}Si_{0.2}C_{0.4}N_{0.58}$	0.5	$(Cr_{0.8}Al_{0.1}Ti_{0.1})_2O_3$	α	0.02	0.08	amo	3	-1.8	3.52
31	TiN	0.5	$Al_{0.7}Cr_{0.3}N$	1.1	—	—	—	0.15	amo	1.5	—	3.10
32	—	—	$Ti_{0.5}Al_{0.3}Cr_{0.2}N$	0.5	$(Al_{0.2}Cr_{0.8}Fe_{0.2})_2O_3$	α	0.02	0.10	amo	2	-0.5	2.52
33	—	—	$Ti_{0.8}Al_{0.2}N$	0.5	$(Al_{0.95}Ti_{0.05})_2O_3$	α	0.02	0.10	amo	2	-0.5	2.52
	第1層		第2層			第3層					全膜厚（μm）	
	組成	層厚（μm）	組成	層厚（μm）	応力（GPa）	組成	層厚（μm）	応力（GPa）				
29	TiN	0.5	Al_2O_3	2	0.5	$TiC_{0.3}N_{0.7}$	3	—			5.5	
30	TiN	0.5	—	—	—	$Ti_{0.5}Al_{0.5}N$	3	-4			3.5	

【０１３６】

なお、表４における第３層の結晶構造の欄の「α」はα－アルミナ型の結晶構造であることを意味し、第４層の結晶構造の欄の「ａｍｏ」は非晶質であることを意味している。

【０１３７】
また、表４における第３層の結晶構造は、試料Ｎｏ．２４～２８のそれぞれと同一の方法および同一の条件で基材上に第１層、第２層および第３層をこの順序で作製し、作製した第３層のそれぞれについてＸ線回折装置を用いて、Ｘ線の入射角を所定の角度に固定した薄膜法によりＸ線回折パターンを得て同定した。
【０１３８】
また、表４における第４層の結晶構造は、試料Ｎｏ．２４～２８および３１～３３のそれぞれと同一の方法および同一の条件で基材上に第１層、第２層、第３層および第４層をこの順序でそれぞれ作製し、作製した第４層のそれぞれについてＸ線回折装置を用いて、Ｘ線の入射角を所定の角度に固定した薄膜法によりＸ線回折パターンを得て同定した。
【０１３９】
また、表４における応力の欄の「－」は層に圧縮残留応力が生じていることを意味し、「－」の右に位置する数値は層の圧縮残留応力の大きさを表わしている。また、表４における応力は、試料Ｎｏ．２４～２８の第３層と第４層とからなる積層体の応力のことである。
【０１４０】
また、表４における試料Ｎｏ．２４～２８および３１～３３の第４層の「ｘ」の数値はそれぞれ、試料Ｎｏ．２４～２８および３１～３３のぞれぞれと同一の方法および同一の条件で基材上に第１層、第２層、第３層および第４層をこの順序でそれぞれ作製し、作製した第４層のそれぞれについてラザフォード後方散乱法（ＲＢＳ法）を用いて測定することにより求められた値である。さらに、表４には示されていないが、試料Ｎｏ．２４～２８および３１～３３の第４層の「ｙ」の数値はすべて－０．１≦ｙ≦０．２の範囲内にあった。
【０１４１】
（試料Ｎｏ．２５）
表４に示す試料Ｎｏ．２５の被膜については各蒸発源としてセットするターゲットおよび第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１としてセットされるターゲットを下記のものとし、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２としてセットされるＡｌ－Ｚｒターゲットの組成などの条件を変更して第１層～第４層を形成したこと以外は、試料Ｎｏ．２４と同様に形成して、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．２５の切削工具を得た。
第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１：Ｃｒ（７０原子％）－Ｔｉ（３０原子％）ターゲット
第１アーク蒸発源１３：Ｃｒ（８０原子％）－Ｓｉ（２０原子％）ターゲット
第２アーク蒸発源１４：Ｔｉ（９０原子％）－Ｓｉ（１０原子％）ターゲット
（試料Ｎｏ．２６）
表４に示す試料Ｎｏ．２６の被膜については各蒸発源としてセットするターゲットおよび第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１としてセットされるターゲットを下記のものとし、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２としてセットされるＡｌ－Ｚｒターゲットや導入ガスの組成などの条件を変更して第１層～第４層を形成したこと以外は、試料Ｎｏ．２４と同様に形成して、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．２６の切削工具を得た。
第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１：Ｃｒ（９０原子％）－Ｆｅ（１０原子％）ターゲット
第１アーク蒸発源１３：Ｔｉ（７０原子％）－Ａｌ（１５原子％）－Ｓｉ（１５原子％）ターゲット
第２アーク蒸発源１４：Ｔｉターゲット
（試料Ｎｏ．２７）
試料Ｎｏ．１～２３で用いた基材に代えて、基材の形状をＳＮＧＮ１２０４０８（ＪＩＳ－Ｂ－４１２１）とし、基材の材質をサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体とする、

表５に示す２種の基材を用意した。

【０１４２】

そして、サーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体を材質とするそれぞれの基材上に、図１に示す装置を用いアーク式イオンプレーティング法およびアンバランストマグネトロンスパッタリング法により表４の試料Ｎｏ．２７の欄に記載された構成の被膜を形成して切削工具を作製した。以下、試料Ｎｏ．２７の切削工具の被膜の形成方法について具体的に説明する。

【０１４３】

まず、図１に示す第２アーク蒸発源１４としてＡｌ（６５原子％）－Ｔｉ（３０原子％）－Ｓｉ（５原子％）ターゲットをセットした。また、第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１としてＡｌ（３０原子％）－Ｃｒ（７０原子％）ターゲットをセットした。さらに、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２としてＡｌ－Ｚｒターゲットをセットした。

【０１４４】

そして、装置１内の真空度を7×10^{-4}Ｐａ以下に真空引きした後にアルゴンをガス導入口１５から導入し、その真空度を３Ｐａに維持しながら基材１０を６５０℃まで加熱し１時間保持した。

【０１４５】

その後、基材１０に－１０００Ｖの電圧をかけてアルゴン中でグロー放電を発生させることにより、アルゴンイオンによる基材１０の表面のクリーニング処理を行なった。そして、上記クリーニング処理後に装置１からアルゴンを排気した。

【０１４６】

次に、メタンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第２アーク蒸発源１４を１００Ａの放電電流で放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上に$Al_{0.65}Ti_{0.3}Si_{0.05}C_{0.93}O_{0.05}$層（表４の試料Ｎｏ．２７の第２層）を形成した。なお、試料Ｎｏ．２７および後述するＮｏ．２８においては第１層は形成されず、第２層が基材と接触する層として形成され、第２層上に第３層が形成され、第３層上に第４層が最表面に位置する層として形成された。

【０１４７】

次いで、アルゴンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、真空度を０．２Ｐａに維持しながら、第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１であるＡｌ（３０原子％）－Ｃｒ（７０原子％）ターゲットに１２０ｋＨｚの周波数のパルス状ＤＣ電圧を印加することにより３ｋＷの電力で放電させ、基材１０に２４５ｋＨｚの周波数で＋１００Ｖから－１５０Ｖに切り替わるパルス状ＤＣ電圧を印加することによって、アンバランストマグネトロンスパッタリング法により、$(Al_{0.3}Cr_{0.7})_2O_3$からなる第１酸化物層（表４の試料Ｎｏ．２７の第３層）を形成した。そして、第１酸化物層の形成後は装置１内からガスを排気した。

【０１４８】

その後、アルゴンおよび酸素をガス導入口１５から装置１内に導入し、真空度を０．８Ｐａに維持しながら、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２であるＡｌ－Ｚｒターゲットに１００ｋＨｚの周波数のパルス状ＤＣ電圧を印加することにより２ｋＷの電力で放電させ、基材１０に１００ｋＨｚの周波数で＋１５Ｖから－２００Ｖに切り替わるパルス状ＤＣ電圧を印加することによって、アンバランストマグネトロンスパッタリング法によりＡｌ、ＺｒおよびＯからなる第２酸化物層（表４の試料Ｎｏ．２７の第４層）を形成した。

【０１４９】

これにより、表４に示す第２層、第３層および第４層が基材１０の表面上に形成され、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．２７の切削工具が得られた。

【０１５０】
（試料Ｎｏ．２８）
表４に示す試料Ｎｏ．２８の被膜については第２アーク蒸発源１４としてセットするターゲットおよび第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１としてセットされるターゲットを下記のものとし、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２としてセットされるＡｌ－Ｚｒターゲットや導入ガスの組成などの条件を変更して第２層～第４層を形成したこと以外は、試料Ｎｏ．２７と同様にして基材上に形成して、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．２８の切削工具を得た。
第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１：Ｃｒ（８０原子％）－Ａｌ（１０原子％）－Ｔｉ（１０原子％）ターゲット
第２アーク蒸発源１４：Ｔｉ（８０原子％）－Ｓｉ（２０原子％）ターゲット
（試料Ｎｏ．３２）
表４に示す試料Ｎｏ．３２の被膜については第２アーク蒸発源１４としてセットするターゲットおよび第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１としてセットされるターゲットを下記のものとし、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２としてセットされるＡｌ－Ｚｒターゲットや導入ガスの組成などの条件を変更して第２層～第４層を形成したこと以外は、試料Ｎｏ．２７と同様にして基材上に形成して、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．３２の切削工具を得た。
第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１：Ａｌ（２０原子％）－Ｃｒ（６０原子％）－Ｆｅ（２０原子％）ターゲット
第２アーク蒸発源１４：Ｔｉ（５０原子％）－Ａｌ（３０原子％）－Ｃｒ（２０原子％）ターゲット
（試料Ｎｏ．３３）
表４に示す試料Ｎｏ．３３の被膜については第２アーク蒸発源１４としてセットするターゲットおよび第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１としてセットされるターゲットを下記のものとし、第２アンバランストマグネトロンスパッタ源１２としてセットされるＡｌ－Ｚｒターゲットや導入ガスの組成などの条件を変更して第２層～第４層を形成したこと以外は、試料Ｎｏ．２７と同様にして基材上に形成して、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．３３の切削工具を得た。
第１アンバランストマグネトロンスパッタ源１１：Ａｌ（９５原子％）－Ｔｉ（５原子％）ターゲット
第２アーク蒸発源１４：Ｔｉ（８０原子％）－Ａｌ（２０原子％）ターゲット
（試料Ｎｏ．２９）
従来の熱ＣＶＤ法を用いて、表４に示す第１層、第２層および第３層が基材１０の表面上に形成された試料Ｎｏ．２９の切削工具を得た。
【０１５１】
（試料Ｎｏ．３０）
図１に示す第１アーク蒸発源１３としてＴｉ（５０原子％）－Ａｌ（５０原子％）ターゲットをセットし、第２アーク蒸発源１４としてＴｉターゲットをセットした。
【０１５２】
そして、装置１内の真空度を7×10^{-4}Ｐａ以下に真空引きした後にアルゴンをガス導入口１５から導入し、その真空度を３Ｐａに維持しながら基材１０を６５０℃まで加熱し１時間保持した。
【０１５３】
その後、基材１０に－１０００Ｖの電圧をかけてアルゴン中でグロー放電を発生させることにより、アルゴンイオンによる基材１０の表面のクリーニング処理を行なった。そして、上記クリーニング処理後に装置１からアルゴンを排気した。

【０１５４】
次に、窒素をガス導入口１５から装置１内に導入した後、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第２アーク蒸発源１４を放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上にＴｉＮ層（表４の試料Ｎｏ．３０の第１層）を形成した。
【０１５５】
その後、基材１０に－２００Ｖの電圧を印加した状態で第１アーク蒸発源１３を放電させることによって、アーク式イオンプレーティング法により基材１０の表面上に$Ti_{0.5}Al_{0.5}N$層（表４の試料Ｎｏ．３０の第３層）を形成した。
【０１５６】
これにより、表４に示す第１層および第３層が基材１０の表面上に形成され、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．３０の切削工具が得られた。
【０１５７】
（試料Ｎｏ．３１）
第３層を形成しなかったこと以外は試料Ｎｏ．２４と同様に表４に示す構成の被膜を形成して、基材１０の材質がサーメットおよび立方晶窒化硼素焼結体のそれぞれからなる２種類の試料Ｎｏ．３１の切削工具を得た。
【０１５８】
（評価）
表４に示す構成の被膜が形成された試料Ｎｏ．２４～３３の切削工具を用いて、表５に示す切削条件で被削材の連続切削試験および溝のついた丸棒切削試験を行なうことにより、１分毎に切削工具の逃げ面摩耗幅を測定し、逃げ面摩耗幅が０．２ｍｍを超えた時間を寿命として評価した。その結果を表６に示す。なお、表６に示す寿命の時間が長いほど耐摩耗性に優れた被膜であることを示している。また、基材がサーメットからなる試料Ｎｏ．２４～３３の切削工具については連続切削試験を行い、基材がｃＢＮ焼結体からなる試料Ｎｏ．２４～３３の切削工具については溝のついた丸棒切削試験を行なった。
【０１５９】
【表５】

基材	サーメット	ｃＢＮ焼結体
基材の形状	SNGN120408 (JIS-B-4121)	
切削の種類	連続切削	溝のついた丸棒
被削材	SCM435	SUJ2
切削速度(m/min)	300	180
送り(mm/rev.)	0.25	0.2
切り込み(mm)	0.7	0.15
湿式/乾式	乾式	乾式

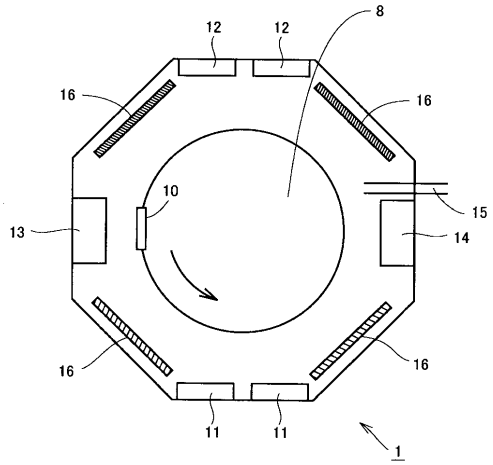
【０１６０】

【表６】

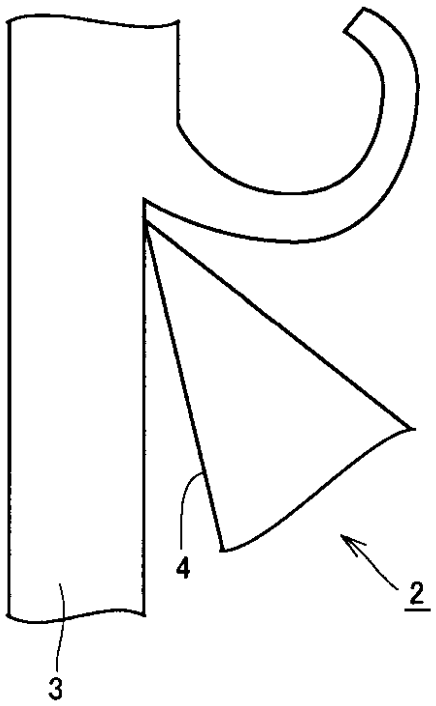
試料No.	寿命（分）	
	サーメット	ｃＢＮ焼結体
	連続切削試験	溝のついた丸棒切削試験
24	25	29
25	27	32
26	28	30
27	24	28
28	23	27
29	19	欠損
30	13	15
31	19	20
32	30	35
33	31	34

【０１６１】
表６から明らかなように、試料Ｎｏ．２４～２８、３２、３３のそれぞれの第１酸化物層と上記の式（１）で表わされる組成を有し非晶質である第２酸化物層との積層体を有する試料Ｎｏ．２４～２８、３２、３３の切削工具の寿命はその積層体を有しない試料Ｎｏ．２９～３１の切削工具の寿命よりも長かった。切削環境が高温環境であることを考慮すると、試料Ｎｏ．２４～２８、３２、３３の切削工具の被膜の高温環境下における耐摩耗性は試料Ｎｏ．２９～３１の被膜に比べて優れていることがわかった。特に、試料Ｎｏ．２９の切削工具は溝のついた丸棒切削試験において欠損が見られた。
【０１６２】
また、上記の連続切削試験後および溝のついた丸棒切削試験後に、試料Ｎｏ．２４～２８、３２、３３の切削工具の耐溶着性についても評価した。その結果、試料Ｎｏ．２４～２８、３２、３３の切削工具の表面には被削材が付着していないことが確認されたため、試料Ｎｏ．２４～２８、３２、３３の切削工具の被膜は高温環境下における耐溶着性にも優れていることが確認された。
【０１６３】
今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。
【産業上の利用可能性】
【０１６４】
本発明によれば、高温環境下での耐摩耗性および耐溶着性に優れた被膜、その被膜を含む切削工具およびその被膜の製造方法を提供することができる。
【符号の説明】
【０１６５】
１　装置、２　切削工具、３　被削材、４　逃げ面、８　回転保持具、１０　基材、１１　第１デュアルマグネトロンスパッタ源または第１アンバランストマグネトロンスパッタ源、１２　第２デュアルマグネトロンスパッタ源または第２アンバランストマグネトロンスパッタ源、１３　第１アーク蒸発源、１４　第２アーク蒸発源、１５　ガス導入口、１６　ヒータ。

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
	Ｃ２３Ｃ 14/08	Ｊ

(74)代理人 100096781
弁理士 堀井 豊
(74)代理人 100109162
弁理士 酒井 將行
(74)代理人 100111246
弁理士 荒川 伸夫
(74)代理人 100124523
弁理士 佐々木 眞人
(72)発明者 瀬戸山 誠
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伊丹製作所内
(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伊丹製作所内
(72)発明者 亀井 雅之
茨城県つくば市千現一丁目２番地１ 独立行政法人物質・材料研究機構内

Ｆターム(参考) 3C037 CC02
3C046 FF09 FF13 FF16
4K029 AA02 AA07 AA21 BA43 BA50 BA54 BA58 BB02 BB10 BC02
BD05 CA04 CA06 CA13 DC03 DC16 DC35 DC39 DD06 EA01
FA05 JA02