

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5116777号
(P5116777)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 B 27/14 (2006.01)	B 2 3 B 27/14 A
B 2 3 B 51/00 (2006.01)	B 2 3 B 51/00 J
B 2 3 C 5/16 (2006.01)	B 2 3 C 5/16

請求項の数 10 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2009-551570 (P2009-551570)	(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
(86) (22) 出願日 平成21年1月29日(2009.1.29)	(72) 発明者 松澤 正人 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
(86) 国際出願番号 PCT/JP2009/051483	審査官 小川 真
(87) 国際公開番号 W02009/096476	(56) 参考文献 特開2002-003284(JP, A)
(87) 国際公開日 平成21年8月6日(2009.8.6)	特開2006-316351(JP, A)
審査請求日 平成22年7月20日(2010.7.20)	
(31) 優先権主張番号 特願2008-17105 (P2008-17105)	
(32) 優先日 平成20年1月29日(2008.1.29)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2008-167413 (P2008-167413)	
(32) 優先日 平成20年6月26日(2008.6.26)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2008-219246 (P2008-219246)	
(32) 優先日 平成20年8月28日(2008.8.28)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切削工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基体と、

該基体の表面を被覆するTiとAlとを含む窒化物または炭窒化物からなる被覆層であって、逃げ面における層厚が3~9μmであり、かつCu-K線の薄膜X線回折ピークについての(400)面の回折強度I(400)と(311)面の回折強度I(311)との比率I(400)/I(311)をpとすると、pが前記基体側よりも外表面側で大きい被覆層と、

からなることを特徴とする切削工具。

【請求項2】

前記被覆層の外表面で薄膜X線回折分析をしたときの前記比率pをp_sとすると、p_s=0.2~1であることを特徴とする請求項1記載の切削工具。

【請求項3】

前記被覆層の前記基体側の界面から厚み1.5μm以内の領域が露出した状態で薄膜X線回折分析をしたときの前記比率pをp_bとすると、p_b=0.1~0.5であることを特徴とする請求項1記載の切削工具。

【請求項4】

前記比率p_sとp_bとの比p_s/p_bをrとすると、r=1.5~7であることを特徴とする請求項2または3記載の切削工具。

【請求項5】

前記被覆層は下層および上層にて構成されており、前記被覆層を厚み方向に対して斜めに研磨した研磨面において、前記基体の表面に垂直な方向を中心に、該被覆層のCu-K線のX線回折ピークについての(400)面の回折強度 $I(400)$ と(311)面の回折強度 $I(311)$ との比率 $I(400)/I(311)$ をPとすると、前記被覆層の未研磨面で測定した $P_1 = 0.1 \sim 0.5$ であるとともに、前記研磨面の前記下層と前記上層との界面が露出した部分で測定した P_3 が前記研磨面のうちの上層が残存する部分で測定した P_2 よりも小さく、かつ該 P_2 が前記 P_1 よりも小さいことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか記載の切削工具。

【請求項6】

前記被覆層の前記切刃における総厚み T_e が $3 \sim 15 \mu\text{m}$ であり、前記逃げ面の中心位置における前記被覆層の厚み T_f に対する比 (T_e/T_f) が $1.2 \sim 3.8$ であることを特徴とする請求項5記載の切削工具。

10

【請求項7】

前記切刃における前記被覆層の総厚み T_e に対する前記下層の厚み t_e の比率 (t_e/T_e) をAとすると、比率Aが $0.2 \sim 0.6$ であるとともに、前記逃げ面の中心位置における前記被覆層の総厚み T_f に対する前記下層の厚み t_f の比率 (t_f/T_f) をaとすると、比率aに対する比率Aの比 (A/a) が $0.4 \sim 0.9$ であることを特徴とする請求項6記載の切削工具。

【請求項8】

前記被覆層の切刃における層厚が $3 \sim 10 \mu\text{m}$ であり、かつ前記被覆層のCu-K線の微小部X線回折ピークについての(111)、(200)、(220)、(222)、(400)面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(220)/(I(111) + I(200) + I(220) + I(222) + I(400))$ をq、すくい面におけるq値を q_r 、逃げ面におけるq値を q_f 、切刃におけるq値を q_e としたとき、 $q_e > q_r$ かつ $q_e > q_f$ であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか記載の切削工具。

20

【請求項9】

$q_e > q_r > q_f$ であることを特徴とする請求項8記載の切削工具。

【請求項10】

前記被覆層の(111)、(200)、(220)、(222)、(400)面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(400)/(I(111) + I(200) + I(220) + I(222) + I(400))$ をQ、すくい面におけるQ値を Q_r 、逃げ面におけるQ値を Q_f 、切刃におけるQ値を Q_e としたとき、 $Q_r > Q_e > Q_f$ であることを特徴とする請求項8または9記載の切削工具。

30

【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切削工具に関する。

【背景技術】

40

【0002】

現在、切削工具では耐摩耗性や摺動性、耐欠損性が必要とされるため、WC基超硬合金やTiCN基サーメット等の硬質基体の表面に様々な被覆層を成膜して切削工具の耐摩耗性、耐欠損性を向上させる手法が使われている。

【0003】

かかる被覆層として、TiCN層やTiAlN層が一般的に広く採用されているが、より高い耐摩耗性と耐欠損性の向上を目的として種々な被覆層が開発されつつある。

【0004】

例えば、特許文献1では、基体の表面を被覆するTiAl複合化合物層のX線回折について、(111)面の回折強度 $I(111)$ と(200)面の回折強度 $I(200)$ との

50

比率 $I(200)/I(111)$ の値を 1 以上に制御したスローアウェイインサートが開示されている。また、特許文献 2 では、被覆層の耐酸化性、耐剥離性を高めるために、TiAl 複合化合物層の X 線回折における回折強度を $I_b(220)/I_a(111)$ の値が $1.0 < I_b/I_a \leq 5.0$ の範囲としたスローアウェイインサートが開示されている。

【0005】

さらに、特許文献 3 では、TiAlCr 系複合窒化物または炭窒化物被覆層において、X 線回折にて測定される (111)、(200)、(220) 結晶面のピーク強度比率を制御することが記載されている。なお、この文献に図 6 として記載された X 線回折チャートでは (400) 面の回折ピークがほとんど存在していない。また、特許文献 4 では、TiAl 窒化物層において (200) 結晶面が最大高さの第 1 層と、(111) 結晶面が最大高さの第 2 層との積層構造としたことが記載されている。

10

【0006】

上記特許文献 1 ~ 4 のように、TiAl 複合窒化物層において X 線回折における回折強度を制御して被覆層の特性を制御すること、特に、回折強度の強い (111)、(200) および (220) 結晶面の回折強度を制御すれば、被覆層の硬度や耐酸化性を高めるとともに基体との密着性を高めることが知られている。

【特許文献 1】特開平 9 - 295204 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 300106 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 3284 号公報

20

【特許文献 4】特開平 10 - 330914 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、切削油を用いたいわゆる湿式条件で加工する湿式切削加工、中でもフライス切削においては、単純に被覆層の硬度や酸化性を高めても耐摩耗性が向上せず、逆に被覆層の層厚を厚くすると被覆層が部分的に剥離してしまい、結果的に切削工具の寿命を延ばすことができないという問題があった。

【0008】

本発明は、湿式切削のような耐摩耗性と耐剥離性が要求される切削条件においても工具寿命が長い切削工具を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の切削工具は、基体と、該基体の表面を被覆する Ti と Al とを含む窒化物または炭窒化物からなる被覆層であって、逃げ面における層厚が $3 \sim 9 \mu\text{m}$ であり、かつ Cu-K 線の薄膜 X 線回折ピークについての (400) 面の回折強度 $I(400)$ と (311) 面の回折強度 $I(311)$ との比率 $I(400)/I(311)$ を p とするとき、 p が前記基体側よりも外表面側で大きい被覆層と、からなることを特徴とする。

【0010】

ここで、上記構成において、前記被覆層の外表面で薄膜 X 線回折分析をしたときの前記比率 p を p_s とするとき、 $p_s = 0.2 \sim 1$ であることが望ましい。

40

【0011】

また、上記構成において、前記被覆層の前記基体側の界面から厚み $1.5 \mu\text{m}$ 以内の領域が露出した状態で薄膜 X 線回折分析をしたときの前記比率 p を p_b とするとき、 $p_b = 0.1 \sim 0.5$ であることが望ましい。

【0012】

さらに、上記構成において、前記比率 p_s と p_b との比 p_s/p_b を r とするとき、 $r = 1.5 \sim 7$ であることが望ましい。

【0013】

また、本発明の切削工具においては、前記被覆層が下層および上層にて構成されており

50

、該被覆層を厚み方向に対して斜めに研磨した研磨面において、前記基体の表面に垂直な方向を中心に、該被覆層のCu-K線のX線回折ピークについての(400)面の回折強度 $I(400)$ と(311)面の回折強度 $I(311)$ との比率 $I(400)/I(311)$ をPとすると、前記上層の未研磨面で測定した $P_1 = 0.1 \sim 0.5$ であるとともに、前記研磨面における前記下層と前記上層との界面が露出した部分で測定した P_3 が前記上層の研磨面で測定した P_2 よりも小さく、かつ該 P_2 が前記 P_1 よりも小さいものであっても良い。

【0014】

そして、上記構成において、前記被覆層の前記切刃における総厚み T_e が $3 \sim 15 \mu\text{m}$ であり、前記逃げ面の中心位置における前記被覆層の厚み T_f に対する比 (T_e/T_f) が $1.2 \sim 3.8$ であることが望ましい。

10

【0015】

また、この構成において、前記切刃における前記被覆層の総厚み T_e に対する前記下層の厚み t_e の比率 (t_e/T_e) をAとすると、比率Aが $0.2 \sim 0.6$ であるとともに、前記逃げ面の中心位置における前記被覆層の総厚み T_f に対する前記下層の厚み t_f の比率 (t_f/T_f) をaとすると、比率aに対する比率Aの比 (A/a) が $0.4 \sim 0.9$ であることが望ましい。

【0016】

さらに、本発明の切削工具においては、前記被覆層の前記切刃における層厚が $3 \sim 10 \mu\text{m}$ であり、かつ前記被覆層のCu-K線の微小部X線回折ピークについての(111)、(200)、(220)、(222)、(400)面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(220)/(I(111) + I(200) + I(220) + I(222) + I(400))$ をq、すくい面におけるq値を q_r 、逃げ面におけるq値を q_f 、切刃におけるq値を q_e としたとき、 $q_e > q_r$ かつ $q_e > q_f$ であることが望ましい。

20

【0017】

ここで、上記構成において、 $q_e > q_r > q_f$ であることが望ましい。

【0018】

また、上記構成において、前記被覆層の(111)、(200)、(220)、(222)、(400)面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(400)/(I(111) + I(200) + I(220) + I(222) + I(400))$ をQ、すくい面におけるQ値を Q_r 、逃げ面におけるQ値を Q_f 、切刃におけるQ値を Q_e としたとき、 $Q_r > Q_e > Q_f$ であることが望ましい。

30

【発明の効果】

【0019】

本発明の切削工具は、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が逃げ面における層厚 $3 \sim 9 \mu\text{m}$ で被覆され、かつ前記被覆層におけるCu-K線の薄膜X線回折ピークについての(400)面の回折強度 $I(400)$ と(311)面の回折強度 $I(311)$ との比率 $I(400)/I(311)$ をpとすると、前記被覆層におけるpが前記基体側よりも外表面側で大きいことが大きな特徴である。これによって、湿式切削加工、特にフライス切削加工においても、耐摩耗性が高くかつ被覆層が剥離することなく耐欠損性に優れた工具寿命の長い切削工具とすることができる。

40

【0020】

ここで、上記構成において、前記被覆層の外表面で薄膜X線回折分析をしたときの前記比率pを p_s とすると、 $p_s = 0.2 \sim 1$ であることによって、被覆層の耐摩耗性を高めることができるという効果がある。

【0021】

また、上記構成において、前記被覆層の前記基体側の界面から厚み $1.5 \mu\text{m}$ 以内の領域が露出した状態で薄膜X線回折分析をしたときの前記比率pを p_b とすると、 $p_b =$

50

0.1 ~ 0.5 であることによって、密着力を高めることができる。 p_b の特に望ましい範囲は $p_b = 0.15 \sim 0.35$ である。

【0022】

さらに、前記比率 p_s と p_b との比 p_s / p_b を r とするとき、 $r = 1.5 \sim 7$ であることによって、耐摩耗性、耐欠損性、耐剥離性の均整がとれ、長寿命化を達成できる。

【0023】

ここで、被覆層としては、下層と上層の多層構造で構成され、かつその配向方向 (P_1 、 P_2 、 P_3) を制御するものであってもよい。これによって、回転工具の切削加工においても、被覆層が剥離することなくかつ耐摩耗性が高い工具寿命の長い切削工具とすることができる。なお、(400)面と(311)面との回折ピークのピーク強度比が被覆層の密着性に関係する理由は不明であるが、被覆層の内部応力が関連しているものと推定される。

10

【0024】

なお、前記被覆層の前記切刃における総厚み T_e が $3 \sim 15 \mu\text{m}$ であり、前記逃げ面の中心位置における前記被覆層の厚み T_f に対する比 (T_e / T_f) が $1.2 \sim 3.8$ であることによって、切刃における耐欠損性を損なうことなく耐摩耗性を高めることができる。

【0025】

このとき、前記切刃における前記被覆層の総厚み T_e に対する前記下層の厚み t_e の比率 (t_e / T_e) を A とするとき、比率 A が $0.2 \sim 0.6$ であるとともに、前記逃げ面の中心位置における前記被覆層の総厚み T_f に対する前記下層の厚み t_f の比率 (t_f / T_f) を a とするとき、比率 a に対する比率 A の比 (A / a) が $0.4 \sim 0.9$ であることが、切刃における被覆層の剥離をより抑制できる点で望ましい。

20

【0026】

また、本発明の切削工具によれば、被覆層の前記切刃における層厚が $3 \sim 10 \mu\text{m}$ であり、かつ前記被覆層の Cu-K 線の微小部 X 線回折ピークについての (111)、(200)、(220)、(222)、(400) 面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(220) / (I(111) + I(200) + I(220) + I(222) + I(400))$ を q 、すくい面における q 値を q_r 、逃げ面における q 値を q_f 、切刃における q 値を q_e としたとき、 $q_e > q_r$ かつ $q_e > q_f$ であることが望ましい。これによって、回転工具の切削加工においても、被覆層が剥離することなくかつ耐摩耗性が高い工具寿命の長い切削工具とすることができる。

30

【0027】

なお、(220)面の回折ピークのピーク強度比が切削性能に関係する理由は不明であるが、交差稜線部に位置する切刃における被覆層の内部応力が関連しているものと推定される。すなわち、すくい面と逃げ面との交差稜線部に位置する切刃の結晶の配列を最適化することによって、切刃における被覆層のチップングや剥離が低減されるものと思われる。

【0028】

すくい面及び逃げ面共に高い耐摩耗性が必要となるが、切削開始時や断続加工時には衝撃負荷となるため、特にすくい面においては耐チップング性、耐欠損性が失われないことが望ましい。

40

【0029】

ここで、 $q_e > q_r > q_f$ であることが、切削加工時の耐溶着性の改善のために望ましい。

【0030】

また、前記被覆層の (111)、(200)、(220)、(222)、(400) 面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(400) / (I(111) + I(200) + I(220) + I($

50

222) + I(400))をQ、すくい面におけるQ値を Q_r 、逃げ面におけるQ値を Q_f 、切刃におけるQ値を Q_e としたとき、 $Q_r > Q_e > Q_f$ であることが、切削時の衝撃によるチッピングや剥離を生じることなく厚膜化を可能とし、優れた耐摩耗性を発揮するために望ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

(第1の実施態様)

本発明の切削工具の一例について、その好適例であるスローアウェイチップ(以下、単にチップと略す。)を装着したスローアウェイ式ミリング工具(以下、単に工具と略す。)Aの先端部についての概略斜視図である図1、装着されるチップ1の(a)概略斜視図、(b)平面図である図2、図2のチップ1について図2(a)のa-aラインについての断面図である図3、図3のチップ1の被覆層9について(s)外表面および(b)基体から $1.5\mu\text{m}$ 以内の層厚領域が露出した状態で薄膜X線回折測定したときのX線回折パターンの一例である図4を基に説明する。

10

【0032】

図1~3によれば、チップ1は、主面が略平板状を呈する基体2のすくい面3をなす主面および逃げ面4をなす側面との交差稜線がコーナー切刃5を挟んで主切刃6および副切刃7を具備した切刃8をなし、かつ基体2の表面が被覆層9にて被覆されている。また、工具Aではホルダ11のチップポケット12にチップ1が装着されている。そして、チップ1の中央部に形成されているねじ穴14にねじ13を挿入してホルダ11にねじ13を螺合することにより、チップ1がホルダ11にクランプされている。

20

【0033】

ここで、本発明によれば、図3、4に示すように、TiとAlとを含む窒化物または炭窒化物からなり逃げ面における層厚 $3\sim 9\mu\text{m}$ の被覆層9が被覆され、かつ被覆層9におけるCu-K線の薄膜X線回折の回折ピークについての(400)面の回折強度 $I(400)$ と(311)面の回折強度 $I(311)$ との比率 $I(400)/I(311)$ をpとすると、被覆層9におけるpが基体2側よりも外表面側で大きいことが大きな特徴である。これによって、湿式切削加工においても、耐摩耗性が高く、また被覆層が剥離することなく耐欠損性に優れた工具寿命の長い切削工具とすることができる。特に、フライス切削加工時に発生しやすい境界損傷の進行を大幅に抑制することができる。

30

【0034】

すなわち、被覆層9の逃げ面における層厚が $3\mu\text{m}$ 未満では耐摩耗性が急激に低下して境界損傷等により摩耗が進行して工具寿命に達してしまう。逆に、被覆層9の逃げ面における層厚が $10\mu\text{m}$ を越えると被覆層9の剥離が部分的に生じやすく、剥離から摩耗が進行して早期に工具寿命に至る場合がある。被覆層9の層厚の望ましい範囲は $5\sim 8\mu\text{m}$ である。また、前記比率pが基体2側よりも外表面側で小さいかまたは同じである場合にはチップ1の耐摩耗性が低下し、例えば、フライス湿式切削等の切削加工において特に境界損傷が発生しやすく工具寿命が短くなる。

【0035】

なお、上記構成において、被覆層9の外表面で薄膜X線回折分析をしたときの前記比率pを p_s とすると、 $p_s = 0.2\sim 1$ であることによって、被覆層9の耐摩耗性を高めることができる。 p_s の望ましい範囲は $p_s = 0.45\sim 0.9$ である。

40

【0036】

また、上記構成において、被覆層9の基体2側の界面から厚み $1.5\mu\text{m}$ 以内の領域が露出した状態で薄膜X線回折分析をしたときの前記比率pを p_b とすると、 $p_b = 0.1\sim 0.5$ であることによって、被覆層9の基体2への密着性が向上する。 p_b の望ましい範囲は $p_b = 0.2\sim 0.4$ である。

【0037】

さらに、前記比率 p_s と p_b との比 p_s/p_b をrとすると、 $r = 1.5\sim 7$ であることが望ましいものである。すなわち、rがこの範囲であれば、被覆層9の摩耗の進行が遅

50

くかつ被覆層9の微少剥離等が発生することも抑制できる。rのさらに望ましい範囲は $r = 2.5 \sim 4.5$ である。

【0038】

さらに、コーナー切刃5にホーニング10を設けることもできる。ホーニング10の形状は、被覆層9の剥離を抑制するためにRホーニングであることが望ましいが、Cホーニング(チャンファホーニング)であってもよい。なお、ホーニング量は、すくい面3側 R_r と逃げ面4側 R_f との比率 R_r / R_f が $1 \sim 1.5$ であることが切刃5における切れ味と耐チップング性能との兼ね合いで望ましい。また、底刃である主切刃6側が大きく外周刃である副切刃7側が小さいことが、切刃8の各位置での切削環境に適した構成を実現して、最適な切削性能を発揮できるように望ましい。

10

【0039】

また、被覆層9がスパッタリング法により形成されたものであることが、表面が平滑で耐溶着性が高いとともに、被覆層9に内在する内部応力が小さくて層厚を厚くしても自己破壊することなく被覆層9のチップングや剥離が発生しにくい点で望ましい。

【0040】

さらに、被覆層9は、単純な $Ti_{1-a}Al_aN$ にて構成されていても良いが、例えば、 $Ti_{1-a-b}Al_aM_b(C_xN_{1-x})$ (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、 $0 < a < 1$ 、 $0 < b < 1$ 、 $0 < x < 1$ である。)にて構成されていてもよい。なお、被覆層9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。

20

【0041】

また、基体としては、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。

【0042】

本発明の切削工具は、切削工具として種々の切削条件で使用することができるが、特に、切削油を使用しながら切削加工を行う湿式切削条件で、中でも、エンドミル加工、ドリル加工を含むフライス加工する際に優れた耐摩耗性および耐欠損性を示す。

30

【0043】

(製造方法)

次に、上述した第1の切削工具の実施態様についての製造方法の一例について説明する。

【0044】

まず、工具形状の基体を従来公知の方法を用いて作製する。次に、基体の表面に、被覆層を成膜する。被覆層の成膜方法として、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)法が好適に適応可能である。

【0045】

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。

40

【0046】

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(N_2)ガスや炭素源のメタン(CH_4)/アセチレン(C_2H_2)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 $1:9 \sim 4:6$ の割合の窒素(N_2)ガスとアルゴン(A

50

r) 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、成膜温度 450 ~ 550、スパッタ電力 6 kW ~ 9 kW またはバイアス電圧 30 ~ 200 V にて被覆層を成膜する。本発明によれば、スパッタリング法より被覆されたものであることが、アークイオンプレーティング法で成膜した際に生成するドロップレット等のような異常部が発生することなく均一な組織にできる点で望ましい。また、内部応力が低いために、層厚を増加させても内部応力の蓄積による耐チップング性の低下などが生じにくい傾向にある。そのため、より厚膜の成膜が可能となり、加工中における脆性的な剥離も抑制され、表面被覆による耐摩耗性向上の効果を発揮させることができる。

【0047】

そして、本発明によれば、成膜に際して試料の回転速度を成膜前期よりも成膜後期で速くなるように制御することによって、上述した被覆層の構成が達成できる。

10

【0048】

(第2の実施態様)

本発明の切削工具の第2の実施態様について、その好適例であるスローアウェイドリルの一例を基に説明する。図6は、本実施形態にかかるドリルを示す概略側面図である。図7は、図6のドリルを先端から見た概略正面図である。図8は、図6のドリルを用いて切削した際の外刃と内刃の配置を説明するための模式図である。なお、図8中、破線で示すインサートは、実線で示すインサートが180度回転したときの位置を示している。

【0049】

図6~8に示すように、本実施形態にかかるドリル21は、中心が回転軸Oとなる工具本体22の先端部に、後述する2つのスローアウェイインサート(以下、単にインサートと略す)23をそれぞれ装着したものである。一方のインサート23aは工具本体22の先端に内刃25が突出するようにネジ24によって装着され、他方のインサート23bは、工具本体22の先端のインサート23aよりも径方向外側であって工具本体22の外周方向から工具本体22の先端にわたって外刃26が突出するようにネジ24によって装着されている。すなわち、内刃25が工具本体22から突出するインサート23aは、外刃26が工具本体22から突出するインサート23bよりも径方向内側に設けられている。

20

【0050】

ここで、工具本体22は略円柱状をなして、ドリル21の回転軸(図6~8の線O)を有し、後端側に自身を工作機械に固定するためのシャンク部28を有するとともに、シャンク部28よりも先端側には切屑を工具本体22の先端から後端へと排出するための切屑排出溝29が螺旋状に形成されている。また、工具本体22の先端部には、インサート23を取り付けるためのインサートポケット30(30a、30b)が2つの位置に設けられ、内側のインサートポケット30aは工具本体22の軸線方向先端側に開放されてインサート23aが装着され、外側のインサートポケット30bには工具本体22の軸線方向先端側から外刃にかけて開放されてインサート23bが装着される。

30

【0051】

そして、ドリル21は、内刃25が被削材(図示せず。)の穴底面内周側を切削し、外刃26が被削材(図示せず。)の穴底面外側および外周面を切削するが、図7、図8に示すように、内刃25と外刃26との回転軌跡が互いに交叉して両方の切刃でドリル21の先端から外周までをカバーするように配置されている。

40

【0052】

ドリル21に装着されるインサート23の詳細について説明する。図9は、本実施形態のインサートを示す平面図である。図10は、図9のインサートを(a)矢印A側から見た側面図であり、(b)矢印B側から見た側面図である。図11は、図9のインサートについて(a)I-I線の断面を示す拡大図であり、(b)II-II線の断面を示す拡大図である。

【0053】

図9~11に示す実施形態にかかるインサート23は、上面視が略多角形の板状をなし、上面31の中央部には貫通穴34が形成されている。また、インサート23は、図11

50

に示すように、基体 35 の表面に被覆層 36 が被着形成されており、インサート 23 の上面 31 と側面 32 との交差稜線部 41 には互いに隣接して内刃 25 および外刃 26 が形成されている。

【0054】

ここで、本実施態様によれば、Ti と Al とを含む窒化物または炭窒化物からなり、交差稜線部 41 における層厚 3 ~ 15 μm の被覆層 36 が被覆されており、図 11 に示すように、被覆層 36 は下層 38 および上層 39 にて構成されている。そして、被覆層 36 を厚み方向に対して斜めに研磨した研磨面において、前記基体の表面に垂直な方向を中心に、被覆層 36 の Cu - K 線の微小部 X 線回折ピークについての (400) 面の回折強度 $I(400)$ と (311) 面の回折強度 $I(311)$ との比率 $I(400) / I(311)$ を P とするとき、上層 39 の未研磨面で測定した $P_1 = 0.1 \sim 0.5$ であるとともに、研磨面における下層 38 と上層 39 との界面が露出した部分で測定した P_3 が上層 39 の研磨面で測定した P_2 よりも小さく、かつ該 P_2 が前記 P_1 よりも小さい構成となっている。

10

【0055】

これによって、切削加工において耐摩耗性が高く、また被覆層 36 が剥離することなく耐欠損性に優れた工具寿命の長いインサート 23 とすることができる。特に、被覆層 36 の切刃 (内刃 25 および外刃 26) における層厚を 3 ~ 15 μm と厚くした場合でも、切刃 (内刃 25、外刃 26) の被覆層 36 において内部応力が增大して成膜した時点で欠けが発生したり、被覆層 36 内に残存した欠陥によって切削加工の初期に切刃にチッピングが発生することを防止する。被覆層 36 の層厚の望ましい範囲は 4 ~ 12 μm 、特に望ましくは 4 ~ 8 μm である。

20

【0056】

なお、本実施態様においても、 p は $p_s > p_b$ であり、基体側よりも外表面側で大きい構成となっている。

【0057】

ここで、被覆層 36 の切刃 (内刃 25 および外刃 26) における総厚み T_e が 3 ~ 15 μm であり、逃げ面 (側面 32) の中央であるインサート 23 の高さ方向 (切刃 (内刃 25 および外刃 26) に垂直な方向) の中心位置における被覆層 36 の厚み T_f に対する比 (T_e / T_f) が 1.2 ~ 3.8 であることによって、切刃における耐欠損性を損なうことなく耐摩耗性を高めることができる。

30

【0058】

このとき、切刃 (内刃 25 および外刃 26) における被覆層 36 の総厚み T_e に対する下層 38 の厚み t_e の比率 (t_e / T_e) を A とするとき、比率 A が 0.2 ~ 0.6 であるとともに、逃げ面 (側面 32) のインサート 23 の高さ方向の中心位置における被覆層 36 の総厚み T_f に対する下層 38 の厚み t_f の比率 (t_f / T_f) を a とするとき、比率 a に対する比率 A の比 (A / a) が 0.4 ~ 0.9 であることが、切刃 (内刃 25 および外刃 26) における被覆層 36 の剥離をより抑制できる点で望ましい。

【0059】

また、被覆層 36 は物理蒸着 (PVD) 法にて形成されたものであることが望ましく、中でも、下層 38 はスパッタリング法によって形成されたものであり、上層 39 はアーカイオンプレーティング法により形成されたものであることが、各層の配向性を制御して、被覆層 36 の硬度及び付着力を得る上でより望ましい。さらに、後述する組成の被覆層 36 であれば、被覆層 36 を厚く形成しても自己破壊することなく被覆層 36 のチッピングや自己破壊の発生を抑制することが可能となる。

40

【0060】

被覆層 36 の組成は、単純な $Ti_{1-a}Al_aN$ にて構成されていても良いが、例えば、 $Ti_{1-a-b}Al_aM_b(C_xN_{1-x})$ (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、 $0 < a < 1$ 、 $0 < b < 1$ 、 $0 < x < 1$ である。) にて構成されていてもよい。特に、 $Ti_{1-a-b-c}Al_a$

50

$M_b W_c (C_y N_{1-y})$ (ただし、 M は Ti および W を除く周期表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、 $0.4 < a < 0.65$ 、 $0 < b < 0.5$ 、 $0.01 < c < 0.3$ 、 $0 < y < 0.8$ である。)からなる場合には、被覆層36を厚く形成することができる。なお、被覆層36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。

【0061】

また、図11(a)に示すように、内刃25は、インサート23の上面31(内刃すくい面43)と側面32(内刃逃げ面44)との交差稜線部41に形成されているが、図11(a)に示すように、この内刃25から順に $0.05 \sim 0.15$ mmの内刃ランド42と、内刃すくい角 α_1 (内刃すくい面43の仮想延長線 L_2 と、下面40に平行な線 L_3 とがなす角度)が $5^\circ \sim 25^\circ$ で下向きに傾斜している内刃すくい面43とが続いて形成されている。さらに、内刃25の側面32には内刃逃げ面44が内刃逃げ角 β_1 で形成されている。なお、図11においては、下面(着座面)に垂直な線を L_1 と記載している。

10

【0062】

一方、外刃26は、図11(b)に示すように、上面31(外刃すくい面49)と外刃逃げ角 β_2 で形成された側面32(外刃逃げ面50)との交差稜線部41に形成されており、図9に示すように、その一端側に上面視でインサート23から外方に突出した突出部46を有している。そして、図11(b)に示すように、この外刃26から順に、 $0.05 \sim 0.15$ mmの外刃ランド47と、幅 $1.2 \sim 2$ mmで深さ $0.03 \sim 0.15$ mmの外刃ブレーカ溝48と、外刃陸部45とが続いて形成されている。また、外刃26の側面32には外刃逃げ面50が形成されている。

20

【0063】

外刃ブレーカ溝48は、すくい角 α_2 (外刃すくい面49の仮想延長線 L_4 と、下面40に平行な線 L_3 とがなす角度)が $5^\circ \sim 25^\circ$ の下向きに傾斜した外刃すくい面49と、この外刃すくい面49からインサート23の中央側(貫通穴34側)に向かって立ち上がり角 γ (外刃立ち上がり面51の仮想延長線 L_5 と、下面40に平行な線 L_3 とのなす角度) $20^\circ \sim 45^\circ$ で立ち上がる外刃立ち上がり面51とからなる。

【0064】

なお、インサート23を構成する基体35は、第1の実施態様と同様の材質が好適に使用できる。

30

【0065】

(製造方法)

そして、焼成後の基体35に被覆層36の成膜方法としては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。特に、本発明の好適な成膜方法の一例として、図13の模式図に示されるようなマグネトロンスパッタリングカソードとアークイオンプレーティングカソードとの両方を具備する成膜装置60を用いて被覆層36を成膜する方法が挙げられる。つまり、マグネトロンスパッタリング法によって下層38を成膜し、かつアークイオンプレーティング法によって上層39を成膜する方法が好適である。

【0066】

つまり、図13の成膜装置60は、真空チャンバ61の中に N_2 や Ar 等のガスをガス導入口62から導入し、カソード電極67とアノード電極64とを有するスパッタリング部68を具備しており、両者間でスパッタリングによって基体35の表面に下層38を成膜する。

40

【0067】

また、成膜装置60は、下層38の成膜が終了した後、カソード電極63とアノード電極64との間のアーク放電を停止し、カソード電極63とアノード電極64との間に高電圧を印加してプラズマを発生させ、このプラズマによってターゲット65から所望の金属あるいはセラミックスを蒸発させるとともにイオン化させて高エネルギー状態とし、このイオン化した金属を試料(基体35)の表面に付着させるアークイオンプレーティング部

50

66によって、成膜を続行することによって、下層38の表面に上層39を成膜する構造となっている。

【0068】

さらに、図13によれば、基体35を加熱するためのヒータ69と、ガスを系外に排出するためのガス排出口70と、基体35にバイアス電圧を印加するためのバイアス電源71が配置されている。そして、ターゲット65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(N_2)ガスや炭素源のメタン(CH_4) / アセチレン(C_2H_2)ガスと反応させることにより、基体35の表面に被覆層36が堆積する。

【0069】

具体的には、成膜温度を500~700として、マグネトロンスパッタリングカソードに3kW~7kWのパルス電力を加える。その際、繰り返し周波数を20-100kHzに、デューティサイクルを5~80%とする。バイアス電圧としてパルスDC電圧を30~150V、50kHz~350kHz印加するとともに、0.3~0.8Paの窒素ガスを流すことによって放電状態とし、下層38を成膜する。

【0070】

次に、バイアス電圧30~200V、成膜温度400~600で、アークイオンプレートティングカソードにアーク放電やグロー放電などを照射して金属源を蒸発させイオン化すると同時に、窒素源の窒素(N_2)ガスや炭素源のメタン(CH_4) / アセチレン(C_2H_2)ガスを2~5Paのガス圧で流して反応させることにより、下層38の表面に上層39を成膜する。

【0071】

また、図13によれば、基体35はテーブル72上に載置される試料支持治具73に設けられた複数の試料支持部74それぞれにすくい面がターゲット65に対向するように載置されてタワー76が複数(図13では試料支持治具73が8セット、タワー76が2セット図示されている。)配置された構成となっている。なお、試料支持治具73、タワー76およびテーブル72はそれぞれ回転しており、各試料が順にターゲット65に対向して被覆層の厚みは均一となるように配慮されている。本発明においては、下層38を成膜するときの回転速度に比べて上層39を成膜するときの回転速度を1.1~3.0の割合で速くすることによって、下層38と上層39の配向状態を制御することができる。

【0072】

なお、ターゲットとして、例えば、金属チタン(Ti)、金属アルミニウム(Al)、金属W、金属Si、金属M(ただし、MはTi、Wを除く周期表第4、5、6族元素、希土類元素から選ばれる1種以上)をそれぞれ独立に含有する金属ターゲット、これらを複合化した合金ターゲット、またはこれらの炭化物、窒化物、硼化物化合物粉末または焼結体からなる混合物ターゲットを用いることができる。

【0073】

(第3の実施態様)

本発明の切削工具の第3の実施態様について、その好適例であるスローアウェイドリルの一例を基に説明する。本実施形態にかかるドリルの基本的な構成は上述した第2の実施態様に示すドリルおよびインサートと同じ構成である。

【0074】

ここで、本実施態様によれば、図12に示すように、TiとAlとを含む窒化物または炭窒化物からなり切削における層厚3~10 μ mの被覆層52が被覆されるとともに、被覆層52のCu-K線の微小部X線回折ピークについての(111)、(200)、(220)、(222)、(400)面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(220)/(I(111)+I(200)+I(220)+I(222)+I(400))$ をq、すくい面(図9、10の上面31)におけるq値を q_r 、逃げ面(図9、10の側面32)におけるq値を q_f 、切削(図12の内刃25、外刃26)におけるq値を q_e としたとき、 $q_e >$

10

20

30

40

50

q_r かつ $q_e > q_f$ である。

【0075】

これによって、切削加工において耐摩耗性が高く、また被覆層52が剥離することなく耐欠損性に優れた工具寿命の長いインサート53とすることができる。特に、被覆層52の切刃(内刃25および外刃26)における層厚を3~10 μ mと厚くした場合でも、切刃(内刃25、外刃26)の被覆層52において内部応力が增大して成膜した時点で欠けが発生したり、被覆層52内に残存した欠陥によって切削加工の初期に切刃(内刃25、外刃26)にチッピングが発生することを防止する。

【0076】

ここで、 $q_e > q_r > q_f$ であることが、切削加工時の耐溶着性の改善のために望ましい。

10

【0077】

また、被覆層52の(111)、(200)、(220)、(222)、(400)面それぞれの回折強度 $I(111)$ 、 $I(200)$ 、 $I(220)$ 、 $I(222)$ 、 $I(400)$ に関する比率 $I(400)/(I(111)+I(200)+I(220)+I(222)+I(400))$ を Q 、すくい面図9、10の上面31)における Q 値を Q_r 、逃げ面図9、10の上面32)における Q 値を Q_f 、切刃(図12の内刃25、外刃26)における Q 値を Q_e としたとき、 $Q_r > Q_e > Q_f$ であることが、切削時の衝撃によるチッピングや剥離を生じることなく厚膜化を可能とし、優れた耐摩耗性を発揮するために望ましい。

20

【0078】

また、被覆層52は実施態様2と同じく物理蒸着(PVD)法にて形成されたものであることが望ましく、中でもアークイオンプレーティング法により形成されたものであることが、硬度及び付着力を得る上でより望ましい。

【0079】

そして、本実施態様によれば、成膜の途中で試料の向きをすくい面、切刃、逃げ面と45度ずつ回転させながら成膜を行う。この条件で成膜することによって、被覆層36の結晶成長方向を制御することができる。また、各試料の切刃全周の厚みばらつきを小さくできるので、全体の厚みが厚くなっても部分的に欠損しやすい部分ができにくい。その他の工程は、第2の実施態様と同様である。

30

【実施例1】

【0080】

平均粒径0.8 μ mの炭化タングステン(WC)粉末を主成分として、平均粒径1.2 μ mの金属コバルト(Co)粉末を10質量%、平均粒径1.0 μ mの炭化バナジウム(VC)粉末を0.2質量%、平均粒径1.0 μ mの炭化クロム(Cr₃C₂)粉末を0.6質量%の割合で添加し混合して、プレス成形により切刃交換式ミリング用切削工具形状(BDMT11T308ER-JT)に成形した後、脱バインダ処理を施し、0.01Paの真空中、1450で1時間焼成して超合金を作製した。また、各試料のすくい面表面をブラスト加工、ブラシ加工等によって研磨加工するとともに、切刃にホーニングを形成した。さらに、作製した超合金にブラシ加工を施し、ホーニング量が $R_r = 0.03$ mm、 $R_f = 0.02$ mmとなるように切刃処理(ホーニング)を行なった。このようにして作製した基体に対してスパッタリング法により成膜温度500で表1に示す条件でTiAlN組成の被覆層を成膜した。なお、表1に示す試料の回転速度は図5に示す成膜装置を上から見た模式図において、試料15を保持するタワー16が1周する回数を1回とカウントして1分間に回転した回転数を表記した。なお、図5において、17はターゲット、18は試料台を示す。また、被覆層の層厚は逃げ面の中心位置において測定した。

40

【0081】

【表 1】

試料No	成膜条件				被覆層			
	バイアス電圧 (V)	ガス圧 (Pa)	蒸着時間 (分)	回転速度 (rpm/分)	層厚 (μm)	p_s	p_b	p_s/p_b
I - 1	100	前期 2.5 後期 4	45 45	2.5 5	8.5	0.95	0.20	4.75
I - 2	100	4	55	2 6	4	0.31	0.23	1.35
I - 3	初期 80 最終 120	初期 3 最終 4	70	3.5 8	6.0	0.45	0.17	2.65
I - 4	初期 80 最終 100	3.5	80	3 7.5	8	0.64	0.21	3.05
I - 5	120	前期 3 後期 4.5	40 20	3.5 7.5	5.5	0.70	0.27	2.59
* I - 6	95	4	40	4	7.7	0.21	0.21	1.00
* I - 7	90	4	15 15	4 5	2.5	0.30	0.23	1.30
* I - 8	100	3	110 80	5.5 2	9.5	1.00	0.22	4.55
* I - 9	150	4	65	6	5.1	0.29	0.29	1.00

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

得られた試料 (I - 1 ~ I - 9) に対して、薄膜 X 線回折分析を行い、 $1(400)/1(311)$ のピーク強度比 p の測定を行った。なお、測定条件は、入射角度 2.0° 、Cu - K 線、Step $\cdot 0.02^\circ$ 、Time $\cdot 2\text{sec}$ とした。また、 p_s については被覆層の表面を研磨することなくそのまま X 線を照射して薄膜 X 線回折測定を行い、 p_b については、層厚が $1.5\mu\text{m}$ 以内 (およそ $1\mu\text{m}$) になるまでエッチング処理をした後に被覆層の露出面に X 線を照射して薄膜 X 線回折測定を行い、回折ピークから p_s 、 p_b を算出した。また、各チップをホルダに取り付けて図 1 のエンドミルを作製し、下記条件で切削試験を行った。

切削方法：肩削り (ミリング加工)

被削材：SKD11

切削速度：150m/min

送り：0.12mm/tooth

切り込み：横切り込み 10mm、深さ切り込み 3mm

切削状態：湿式

評価方法：15分間切削した時点で、切刃の観察を行うと共に、逃げ面における摩耗量 (幅) を測定した。なお、加工済みのホーニング量は摩耗幅には含めないように注意した。

【 0 0 8 2 】

10

20

30

40

【表 2】

試料No	切削評価		
	摩耗幅 (mm)	境界損傷寿命	切刃の状態
I - 1	0.06	45分	良好
I - 2	0.12	54分	良好
I - 3	0.03	>90分	良好
I - 4	0.03	70分	良好
I - 5	0.08	80分 (ノズル摩耗大でstop)	良好
* I - 6	0.11	30分	剥離
* I - 7	0.32	35分	境界損傷
* I - 8	10分後欠損		剥離
* I - 9	0.22	22分	微小剥離

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

表 1、2 より、成膜期間を通して試料の回転のタイミングを一定とした試料 No. I - 6、I - 9 では、 p_s と p_b が同じで p_s / p_b は 1 以下となったが、切削試験においても工具寿命が短いものであった。また、被覆層の層厚が $3 \mu\text{m}$ よりも薄い試料 No. I - 7 では早期に境界損傷が発生し、被覆層の層厚が $9 \mu\text{m}$ よりも厚い試料 No. I - 8 では被覆層の微少剥離が発生して、いずれも摩耗が進行し工具寿命は短いものであった。

【0083】

これに対し、 p_s / p_b が 1 より大きい、すなわち p_s が p_b よりも大きい試料 No. I - 1 ~ I - 5 では、切削性能に優れたものであった。

【実施例 2】

【0084】

平均粒径 $1.5 \mu\text{m}$ の炭化タングステン (WC) 粉末を主成分として、平均粒径 $1.2 \mu\text{m}$ の金属コバルト (Co) 粉末を 10 質量%、 $1.5 \mu\text{m}$ の炭化チタン (TiC) 粉末 3 質量%、平均粒径 $1.0 \mu\text{m}$ の炭化タンタル (TaC) を 7 質量% の割合で添加し混合して、プレス成形により切刃交換式穴あけドリル用切削工具形状 (ZCMT06T204) に成形した後、脱バインダ処理を施し、 0.01 Pa の真空中、 1450°C で 1 時間焼成して超硬合金を作製した。また、各試料のすくい面表面をブラスト加工、ブラシ加工等によって研磨加工した。さらに、作製した超硬合金にブラシ加工を施し、ホーニング量 R を、 $0.02 \text{ R} \sim 0.04 \text{ mm}$ となるように切刃処理 (ホーニング) を行った。

【0085】

このようにして作製した基体に対して、マグネトロンスパッタリングカソードとアークイオンプレーティングカソードとの両方を具備する成膜装置を用いて、表 1 に示す成膜条件によって種々の組成にて被覆層を成膜した。なお、下層の成膜条件はスパッタリング法により、成膜温度 500°C 、繰り返し周波数 50 kHz に、デューティサイクルを 75%、 $0.3 \sim 0.8 \text{ Pa}$ の窒素ガスを流しながら表 3 に示す条件とした。

【 0 0 8 6 】

次に、上層の成膜条件は、アークイオンプレティング法により成膜温度 5 5 0 、 3 . 8 P a の窒素 (N ₂) ガスをチャンバ内に導入して表 1 に示す条件で上層を成膜してインサートを作製した。

【 0 0 8 7 】

得られたサンプル (II - 1 ~ II - 9) のすくい面および逃げ面に対して、切刃と垂直になるように精密切断して断面観察を行い、走査型電子顕微鏡 S E M 写真から被覆層の膜厚を測定した。なお、被覆層の膜厚は切刃において最も厚くなっていた。また、逃げ面に対して 1 ° の角度で斜めに研磨して、未研磨面および研磨面の所定の位置で、基体の表面に垂直な方向が中心となる向きで X 線回折分析を行った。 コリメータ径は 0 . 3 m m 、出力は 4 5 k V 、 1 1 0 m A 、 C u - K 線、 Step · 0 . 0 2 °、 Time · 2 s e c とした。X 線回折分析で得られえた回折ピークから、 P ₁、 P ₂、 P ₃ を算出した。

10

【 0 0 8 8 】

そして、このインサートを図 6 の工具本体 (京セラ製スローアウェイドリルホルダ S 2 5 - D R Z 1 7 3 4 - 0 6) に装着して以下の切削試験を行い、切削性能を評価した。

切削方法：穴あけ (ドリル加工)

被削材：ダクタイル鋳鉄 (F C D 4 5 0)

切削速度： 1 4 0 m / m i n

送り： 0 . 1 2 m m / t o o t h

切り込み：穴径 2 0 m m、穴深さ 4 0 m m

20

切削状態：湿式

評価方法： 4 0 0 穴加工を上限として切削を行い、内刃 (あるいは外刃) に欠損が生じるまでの加工数を記録した。また、外刃については 1 5 0 穴加工後における逃げ面摩耗量を計測し、耐摩耗性の比較も行った。

結果は表 3 または 4 に示した。

【 0 0 8 9 】

【表 3】

試料No	成膜条件(下層)		成膜条件(上層)			切刃		逃げ面		
	ハルス 電力 (Kw)	回転速度 RL (rpm/分)	ハイス 電圧 (V)	回転速度 RU (rpm/分)	RU/RL	Te (μ m)	A (te/Te)	P ₃	P ₂	P ₁
II-1	5	3	80	4	1.1	7.5	0.41	0.14	0.20	0.25
II-2	5	3	50	6	2.7	8	0.15	0.11	0.12	0.15
II-3	3	3	35	4	1.3	7	0.33	0.11	0.22	0.41
II-4	4.5	3.5	30	4	1.5	5	0.30	0.18	0.23	0.30
II-5	6	6	50	6	2.0	12	0.53	0.10	0.15	0.34
* II-6	5	5	40	3	0.6	4	0.10	0.59	0.26	0.19
* II-7	4	6	100	4	0.7	5.5	0.35	0.48	0.14	0.07
* II-8	3.5	2	25	7	3.5	6.5	0.29	0.17	0.17	0.16
* II-9	4.5	2.5	50	4	1.0	13	0.20	0.40	0.38	0.38

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【 0 0 9 0 】

10

20

【表 4】

試料No	p			逃げ面の中心位置				切削評価		
	p_s	p_b	p_s/p_b	T_f (μm)	a (t_f/T_f)	T_e/T_f	A/a	摩耗幅 (mm)	境界損傷 寿命	切刃の状態
II- 1	0.38	0.23	1.65	4.5	0.32	1.7	1.3	0.15	350穴	良好
II- 2	0.81	0.17	4.76	7	0.30	1.1	0.5	0.18	320穴	良好
II- 3	0.52	0.33	1.58	3	0.47	2.3	0.7	0.09	>400穴	良好
II- 4	0.44	0.16	2.75	3.5	0.41	1.4	0.7	0.11	395穴	良好
II- 5	0.51	0.13	3.92	7	0.70	1.7	0.8	0.14	384穴	良好
* II- 6	0.12	0.31	0.39	2	0.05	2.0	2.0	0.55	250穴	境界損傷
* II- 7	1.02	0.82	1.24	4	0.56	1.4	0.6	0.32	182穴	剥離
* II- 8	0.31	0.33	0.94	7	0.20	0.9	1.5	0.64	227穴	剥離
* II- 9	0.65	0.62	1.05	10	0.32	1.3	0.6	122穴で欠損		欠損

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

表 3、4 の結果から明らかなように、下層を成膜するときの試料の回転速度と上層を成膜するときの回転速度が同じ試料 No. II- 9 では、 P_3 値が P_1 値と P_2 値よりも大きい値となり、切刃に欠損が発生した。また、バイアス電圧と回転速度を調整して P_1 値と P_2 値と P_3 値がほぼ同じとなる成膜条件で作製した試料 No. II- 8 は、被覆層の剥離によるチッピングが発生してしまった。さらに、下層を成膜するときの試料の回転速度よりも上層を成膜するときの回転速度が遅い試料 No. II- 6、II- 7 では、 P_1 値と P_2 値と P_3 値が $P_3 < P_2 < P_1$ となり、摩耗幅が大きく境界損傷寿命も大きいものとなった。

【0091】

これに対して、下層を成膜するときの試料の回転速度よりも上層を成膜するときの回転速度を 1.1 ~ 3.0 の割合として成膜した試料 No. II- 1 ~ II- 5 では、 $P_3 < P_2 < P_1$ となり、耐摩耗性および耐欠損性ともに優れたものであった。

【実施例 3】

【0092】

実施例 2 と同様にして作製した基体に対して、図 13 の状態で試料を成膜装置内に載置して、アークイオンプレーティング法により窒素 (N_2) ガスをチャンバ内に導入してバイアス電圧 35 V の条件で PVD 法によって表 1 に示す厚みの TiAlN 被覆層を成膜してインサートを作製した (III- 1 ~ III- 10)。なお、試料 No. III- 1 ~ III- 5 については、試料固定治具を用いて、成膜の中間段階で試料のターゲットに対する向きをすくい面、切刃、逃げ面と 45° ずつ回転させた。

【0093】

得られたサンプルのすくい面および逃げ面に対して、切刃と垂直になるように精密切断して断面観察を行い、走査型電子顕微鏡 SEM 写真から被覆層の膜厚を測定した。なお、被覆層の膜厚は切刃において最も厚くなっていた。また、すくい面、切刃、逃げ面に対し

10

20

30

40

50

て微小部 X 線回折分析を行った。コリメータ径は 0.3 mm とし、それぞれの面の平坦部中央において測定した。なお、線源は Cu - K 線であり、出力は 45 kV、110 mA、Cu - K 線、Step・0.02°、Time・2 sec とした。X 線回折分析で得られた回折ピークから、 q_e 、 q_r 、 q_f 、および Q_r 、 Q_e 、 Q_f を算出した。

【0094】

【表5】

試料No	層厚(μm)		$q^{1)}$			$Q^{2)}$			p		
	すくい面	逃げ面	q_r	q_f	q_e	Q_r	Q_f	Q_e	p_s	p_b	p_s/p_b
Ⅲ- 1	3.3	4.8	0.055	0.051	0.066	0.033	0.022	0.035	0.49	0.24	2.04
Ⅲ- 2	5.2	5.7	0.064	0.056	0.075	0.033	0.025	0.026	0.58	0.23	2.52
Ⅲ- 3	7.8	6.5	0.064	0.054	0.066	0.028	0.032	0.030	0.55	0.23	2.39
Ⅲ- 4	4.3	4.3	0.051	0.027	0.062	0.032	0.027	0.028	0.62	0.16	3.88
Ⅲ- 5	10.0	8.5	0.052	0.055	0.071	0.023	0.033	0.025	0.73	0.39	1.87
*Ⅲ- 6	5.5	5.6	0.055	0.052	0.050	0.035	0.031	0.030	0.48	0.08	6.00
*Ⅲ- 7	11.0	11.7	0.063	0.058	0.066	0.034	0.034	0.032	0.12	0.07	1.71
*Ⅲ- 8	1.7	1.8	0.052	0.030	0.058	0.029	0.023	0.024	0.49	0.54	0.91
*Ⅲ- 9	3.7	4.0	0.056	0.051	0.056	0.033	0.022	0.033	0.45	0.45	1.00
*Ⅲ- 10	5.0	5.6	0.048	0.061	0.046	0.031	0.033	0.034	0.44	0.51	0.86

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

そして、このインサートを図1の工具本体(京セラ製スローアウェイドリルホルダ S25 - DRZ1734 - 06)に装着して以下の切削試験を行い、切削性能を評価した。

切削方法：穴あけ(ドリル加工)

被削材：炭素鋼(S45C)

切削速度：150 m/min

送り：0.25 mm/tooth

切り込み：穴径20 mm、穴深さ20 mm

切削状態：湿式

評価方法：700穴加工を上限として切削を行い、内刃(あるいは外刃)に欠損が生じるまでの加工数を記録した。また、外刃については400穴加工後における逃げ面摩耗量を計測し、耐摩耗性の比較も行った。

結果は表6に示した。

【0095】

10

20

30

40

【表 6】

試料No	切削特性		
	エッジ部 外観状態	欠損寿命(内刃)	逃げ面摩耗量(外刃)
Ⅲ- 1	良好	>700 穴	0.043 mm
Ⅲ- 2	良好	>700 穴	0.029 mm
Ⅲ- 3	良好	>700 穴	0.041 mm
Ⅲ- 4	良好	>700 穴	0.034 mm
Ⅲ- 5	若干溶着あり	680穴	0.057 mm
*Ⅲ- 6	若干溶着あり	550 穴	0.093 mm
*Ⅲ- 7	剥離	116穴	-
*Ⅲ- 8	摩耗大	41穴	-
*Ⅲ- 9	チッピングあり	600穴	0.177 mm
*Ⅲ- 10	剥離	145穴	-

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

表 5、6 の結果から明らかなように、被覆層の切刃における層厚が $3 \mu\text{m}$ より薄い試料 No. III - 8 ではインサートの摩耗量が大きいものであった。また、被覆層の厚みが $10 \mu\text{m}$ を越える試料 No. III - 7 では耐欠損性が悪いものであった。さらに、 $q_e < q_f$ の試料 No. III - 6 では耐摩耗性が悪く、 $q_e = q_r$ の試料 No. III - 9 では内刃で早期に欠損した。また、 $q_e < q_r$ かつ $q_e < q_f$ の試料 No. III - 10 では成膜終了後の外観検査の際に切刃に被覆層の剥離が発生しており、切削加工においても早期に欠損した。

【0096】

これに対して、本発明に従い、切刃における被覆層の層厚が $3 \sim 10 \mu\text{m}$ であり、かつ $q_e > q_r$ かつ $q_e > q_f$ の試料 No. III - 1 ~ III - 5 では、いずれも耐欠損性および耐摩耗性に優れたものであった。

【実施例 4】

【0097】

表 7 に記載した組成の基体と被覆層を用いる以外は実施例 3 と同様に被覆層を成膜してインサートを作製し、表 8 の被削材を用いて下記条件で切削試験を行なって実施例 3 と同様に評価した (IV - 1 ~ IV - 6)。結果は表 8 に示した。

切削方法：穴あけ (ドリル加工)

切削速度： 120 m/min

送り： 0.1 mm/tooth

切り込み：穴径 20 mm 、穴深さ 40 mm

切削状態：湿式

評価方法：400 穴加工を上限として切削を行い、内刃 (あるいは外刃) に欠損が生じるまでの加工数を記録した。また、外刃については 200 穴加工後における逃げ面摩耗量を

10

20

30

40

50

計測し、耐摩耗性の比較も行った。

【 0 0 9 8 】

【表 7】

試料 No	調合組成 (質量%)				界面粗さ (μm)	成膜条件			
	WC	Co	他の添加物			ハイパス電圧 (V)	ガス圧 (Pa)	蒸着時間 (分)	回転速度 (rpm/分)
IV- 1	残	10	TiC TaC	2.1 7.2	0.1	100	前期 2 後期 4	45 45	2 5
IV- 2	残	10	Cr ₃ C ₂	0.6	0.05	100	4	55	2 5
IV- 3	残	7.3	TaC ZrC	0.7 0.6	0.05	初期 80 最終 120	初期 3 最終 4	70	3.5 7
* IV- 4	残	10	Cr ₃ C ₂	0.6	0.2	100	4	70	5
* IV- 5	残	6	TiC TaC	2.8 6.7	0.1	90	4	10 10	4 5
* IV- 6	残	6.2	TiC TaC ZrC	1.5 3.4 1.0	0.05	130	4	70	6 3

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【 0 0 9 9 】

【表 8】

試料 No	被覆層					被削材	寿命	切刃の状態
	組成	膜厚 (μm)	p_s	p_b	p_s/p_b			
IV- 1	(Ti _{0.45} Al _{0.49} W _{0.03} Si _{0.02} Nb _{0.01})N	4.8	0.41	0.24	1.71	SCM440H	>400 穴	良好
IV- 2	(Ti _{0.44} Al _{0.49} W _{0.02} Si _{0.03} Hf _{0.02})N	3.0	0.39	0.23	1.70	SUS304	>400 穴	良好
IV- 3	(Ti _{0.50} Al _{0.46} W _{0.02} Si _{0.01} Mo _{0.01})N	5.5	0.54	0.21	2.57	FCD450	>400 穴	良好
* IV- 4	(Ti _{0.48} Al _{0.47} W _{0.02} Nb _{0.02} Si _{0.01})N	6.5	0.45	0.45	1.00	SCM440H	228穴	摩耗大 チップングあり
* IV- 5	(Ti _{0.32} Al _{0.45} W _{0.05} Si _{0.06} Mo _{0.12})C _{0.5} N _{0.5}	1.3	0.28	0.21	1.33	FCD450	68穴	加工stop
* IV- 6	(Ti _{0.43} Al _{0.42} W _{0.07} Si _{0.06} Mo _{0.02})N	4.7	0.30	0.34	0.88	SUS304	251穴	摩耗大

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

表 7、8 より、 p_s / p_b が 1 以下の試料 No. IV - 4、IV - 6 では切削試験においても工具寿命が短いものであった。また、被覆層の層厚が 3 μm よりも薄い試料 No. IV - 5 では早期に境界損傷が発生し、摩耗が進行して工具寿命は短くなった。これに対し、 p_s / p_b が 1 より大きい、すなわち p_s が p_b よりも大きい試料 No. IV - 1 ~ IV - 3 では、切削性能に優れたものであった。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 0 】

【図 1】本発明の切削工具の第 1 の実施態様であるスローアウェイ式ミリング工具の一例を示す概略斜視図である。

【図 2】図 1 のスローアウェイ式ミリング工具に装着されるスローアウェイチップの一例を示し、(a) 概略斜視図、(b) 平面図である。

【図 3】図 2 (a) における a - a 線についての概略断面図である。

【図4】図3のスローアウェイチップの被覆層についての薄膜X線回折パターンを示し、(a)被覆層の外表面からX線を照射した際の薄膜X線回折パターン、(b)被覆層を基体から $1.5\mu\text{m}$ 以内の厚みとなるように上部を除去した後、露出した表面にX線を照射した際の薄膜X線回折パターンである。

【図5】本発明の切削工具の実施例1(第1の実施態様)の切削工具の被覆層を成膜する成膜装置の配置について説明するため、成膜装置を上から見たときの模式図である。

【図6】本発明の切削工具の第2の実施形態にかかるドリルを示す概略側面図である。

【図7】図6のドリルを先端から見た概略正面図である。

【図8】図6のドリルによって切削した際の外刃と内刃の配置を説明するための模式図である。

10

【図9】図6のドリルに装着されるスローアウェイインサート(インサート)を示す平面図である。

【図10】図9のインサートを(a)矢印A側から見た側面図であり、(b)矢印B側から見た側面図である。

【図11】図9のインサートについて(a)I-I線の断面を示す拡大図であり、(b)II-II線の断面を示す拡大図である。

【図12】第2の実施態様のドリルにおける図9のインサートについて、他の形態(第3の実施態様)についての(a)I-I線の断面を示す拡大図であり、(b)II-II線の断面を示す拡大図である。

【図13】図11、図12のインサートの被覆層の成膜方法の一例である成膜装置の模式図である。

20

【符号の説明】

【0101】

A スローアウェイ式ミリング工具(工具)

1 スローアウェイチップ(チップ)

2 基体

3 すくい面

4 逃げ面

5 コーナー切刃

6 主切刃

7 副切刃

8 切刃

9 被覆層

10 ホーニング

R_r すくい面3側のホーニング量

R_f 逃げ面4側のホーニング量

11 ホルダ

12 チップポケット

13 ねじ

14 ねじ穴

15 試料

16 タワー

17 ターゲット

18 試料台

21 ドリル

22 工具本体

23、53 スローアウェイインサート(インサート)

23a 一方のインサート

23b 他方のインサート

24 ネジ

30

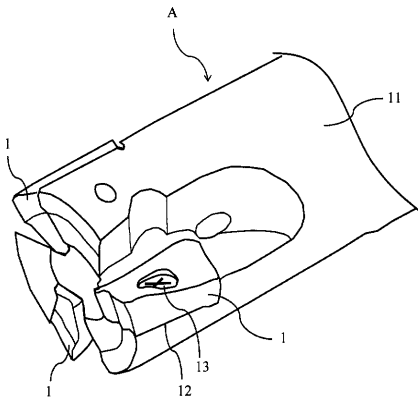
40

50

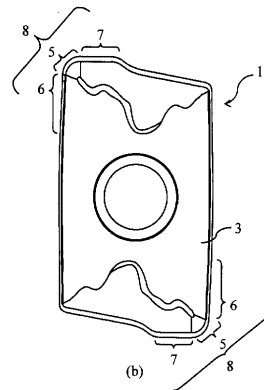
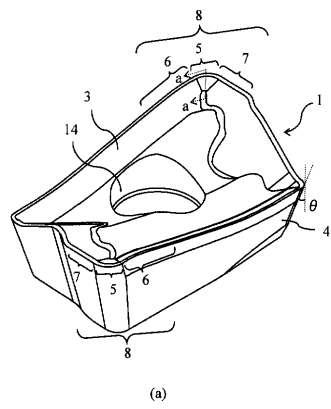
2 5	内刃	
2 6	外刃	
2 8	シャンク部	
2 9	切屑排出溝	
3 0	インサートポケット	
3 0 a	内側のインサートポケット	
3 0 b	外側のインサートポケット	
3 1	上面	
3 2	側面	
3 4	貫通穴	10
3 5	基体	
3 6、5 2	被覆層	
3 8	下層	
3 9	上層	
4 0	下面（着座面）	
4 1	交差稜線部	
4 2	内刃ランド	
4 3	内刃すくい面	
4 4	内刃逃げ面	
4 5	外刃陸部	20
4 6	突出部	
4 7	外刃ランド	
4 8	外刃ブレーカ溝	
4 9	外刃すくい面	
5 0	外刃逃げ面	
5 1	外刃立ち上がり面	
6 0	成膜装置	
6 1	真空チャンバ	
6 2	ガス導入口	
6 3、6 7	カソード電極	30
6 4	アノード電極	
6 5	ターゲット	
6 6	アークイオンプレーティング部	
6 8	スパッタリング部	
6 9	ヒータ	
7 0	ガス排出口	
7 1	バイアス電源	
7 2	テーブル	
7 3	試料支持治具	
7 4	試料支持部	40
7 6	タワー	
O	ドリルの回転軸	
L ₁	下面（着座面）に垂直な線	
L ₂	内刃すくい面の仮想延長線	
L ₃	下面（着座面）に平行な線	
L ₄	外刃すくい面の仮想延長線	
L ₅	外刃立ち上がり面の仮想延長線	
1	内刃すくい角	
2	外刃すくい角	
1	内刃逃げ角	50

- 2 外刃逃げ角
立ち上がり角

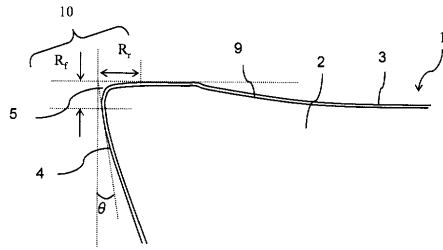
【図 1】



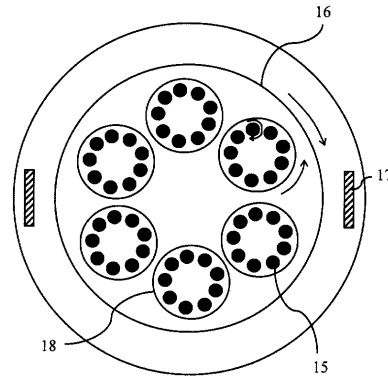
【図 2】



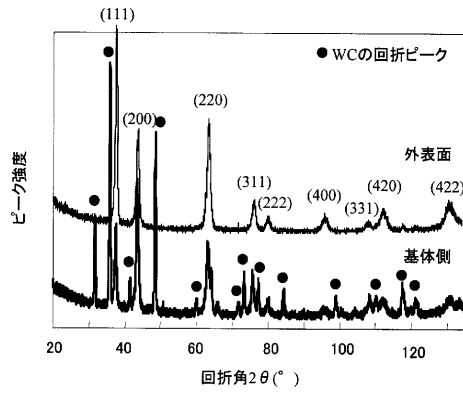
【 図 3 】



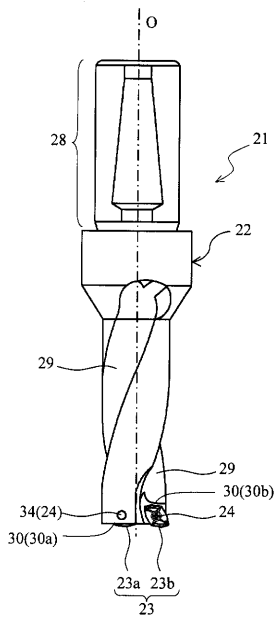
【 図 5 】



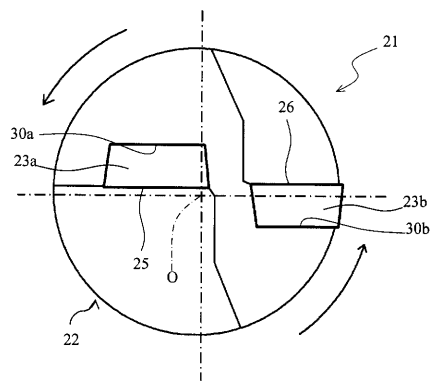
【 図 4 】



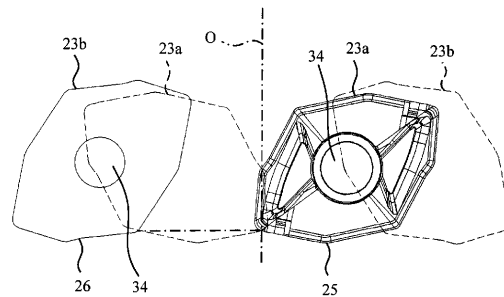
【 図 6 】



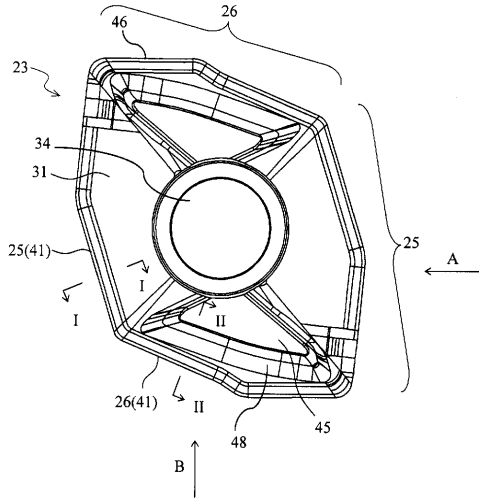
【 図 7 】



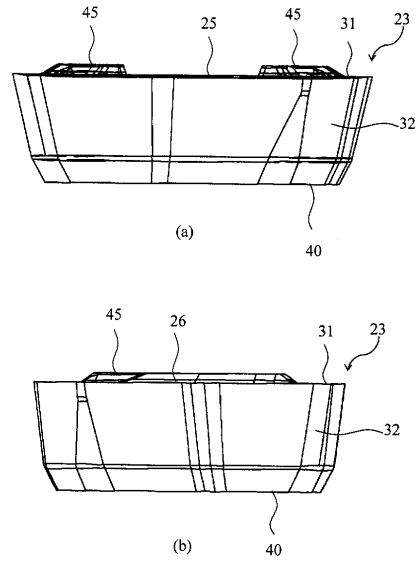
【 図 8 】



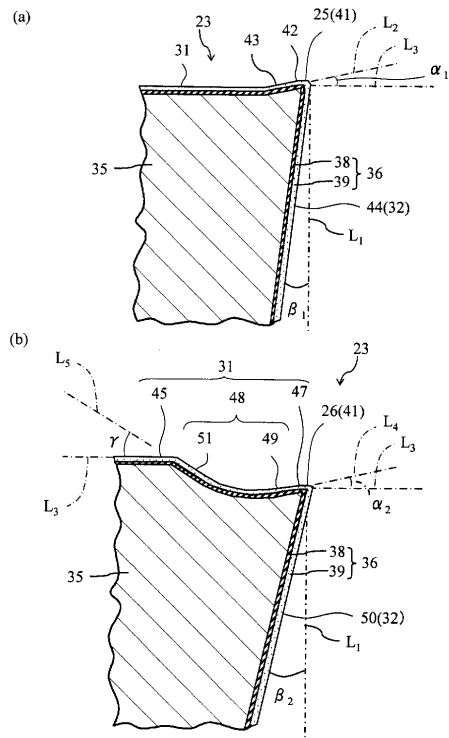
【図9】



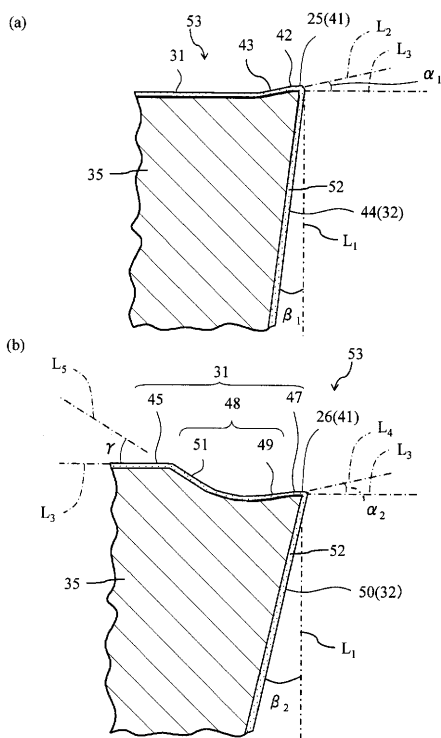
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

B23B 27/14

B23B 51/00

B23C 5/16

B23B 15/28

C23C 14/06