

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5488824号
(P5488824)

(45) 発行日 平成26年5月14日(2014.5.14)

(24) 登録日 平成26年3月7日(2014.3.7)

(51) Int.Cl.		F I	
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
B 2 3 B	51/00	(2006.01)	B 2 3 B 51/00 J
C 2 3 C	14/06	(2006.01)	C 2 3 C 14/06 C

請求項の数 1 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-180787 (P2010-180787)	(73) 特許権者	000006264 三菱マテリアル株式会社 東京都千代田区大手町一丁目3番2号
(22) 出願日	平成22年8月12日(2010.8.12)	(74) 代理人	100139240 弁理士 影山 秀一
(65) 公開番号	特開2012-40615 (P2012-40615A)	(74) 代理人	100076679 弁理士 富田 和夫
(43) 公開日	平成24年3月1日(2012.3.1)	(74) 代理人	100119921 弁理士 三宅 正之
審査請求日	平成25年3月29日(2013.3.29)	(72) 発明者	柿沼 宏彰 茨城県那珂市向山1002-14 三菱マ テリアル株式会社 中央研究所内
		(72) 発明者	田中 裕介 茨城県那珂市向山1002-14 三菱マ テリアル株式会社 中央研究所内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 硬質難削材の高速切削加工で硬質被覆層がすぐれた耐剥離性とすぐれた耐摩耗性を発揮する表面被覆切削工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

炭化タングステン基超硬合金または炭窒化チタン基サーメットからなる工具基体の最表面に、少なくとも、0.5~5μmの平均層厚を有するZr硼化物層を被覆してなる切削工具であって、

上記Zr硼化物層は、複数の平均粒径を有する結晶粒組織の複合組織として構成され、該複合組織は、5~30nmの平均粒径を有する一次結晶粒の集合体からなる平均粒径50~100nmの二次結晶粒と、該二次結晶粒の集合体からなる平均粒径200~1000nmの三次結晶粒とから構成されていることを特徴とする表面被覆切削工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、硬質被覆層がすぐれた耐溶着性とすぐれた硬さを有する表面層によって構成され、したがって特に各種のTi系合金や高Si含有Al-Si系合金などの硬質難削材の切削加工を、高熱発生を伴う高速切削条件で行った場合にも、溶着が発生することによる硬質被覆層の剥離を抑制し、長期に亘ってすぐれた耐剥離性と耐摩耗性を発揮する表面被覆切削工具(以下、被覆工具という)に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、被覆工具には、各種の鋼や鋳鉄などの被削材の旋削加工や平削り加工にバイトの

先端部に着脱自在に取り付けて用いられるスローアウェイチップ、前記被削材の穴あけ切削加工などに用いられるドリルやミニチュアドリル、さらに前記被削材の面削加工や溝加工、肩加工などに用いられるソリッドタイプのエンドミルなどがあり、また前記スローアウェイチップを着脱自在に取り付けて前記ソリッドタイプのエンドミルと同様に切削加工を行うスローアウェイエンドミル工具などが知られている。

【0003】

また、被覆工具として、炭化タングステン（以下、WCで示す）基超合金または炭窒化チタン（以下、TiCNで示す）基サーメットで構成された工具基体の表面に、

(a) 0.8 ~ 5 μmの平均層厚を有し、かつ、組成式： $(Al_{1-x}Ti_x)N$ （ただし、原子比で、Xは0.25 ~ 0.60を示す）を満足する $(Al, Ti)N$ 層からなる下部層、

(b) 0.1 ~ 0.5 μmの平均層厚を有するZrBN（窒化ジルコニウム）層からなる密着接合層、

(c) 0.8 ~ 5 μmの平均層厚を有するZrB₂（窒化ジルコニウム）層からなる上部層、

上記(a) ~ (c)からなる硬質被覆層を形成した被覆工具（以下、従来被覆工具という）が知られており、そして、この従来被覆工具は、合金工具鋼や軸受鋼の焼き入れ材などの高硬度鋼の高速切削加工ですぐれた耐摩耗性を発揮することが知られている。

【0004】

さらに、上記の従来被覆工具は、アークイオンプレーティング装置と直流スパッタリング装置を併設した物理蒸着装置に上記の工具基体を装入し、まず、ヒータで装置内を加熱した状態で、装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入し、アークイオンプレーティング装置のアノード電極と所定組成を有するTi-Al合金がセットされたカソード電極（蒸発源）との間にアーク放電を発生させることにより上記(a)の $(Al, Ti)N$ 層からなる下部層を成膜し、次いで、直流スパッタリング装置のカソード電極（蒸発源）として配置したZrB₂焼結体のスパッタリングを開始し、装置内の雰囲気、窒素雰囲気から順次Ar雰囲気で置換していくことによって、まず、上記(b)の密着接合層としてZrBN層を成膜し、次いで、上記ZrBN層上に重ねて上記(c)のZrB₂層からなる上部層を成膜することにより製造されることも知られている。

【0005】

また、硬質被覆層を成膜する手段としては、アークイオンプレーティング、直流スパッタリングばかりでなく、高出力パルススパッタリングを利用した成膜も提案されており、例えば、特許文献2、3に示されるように、パルスの瞬間印加電力を200 W/cm²以上、パルスの一波長さを100 μsec以下という条件で高出力パルススパッタリングを行うことにより $(Al, M)_2O_3$ （但し、Mは、Mg、Zn、Mn、Fe等）あるいは $-Al_2O_3$ を、高成膜速度で成膜できることも知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-1004号公報

【特許文献2】国際公開第2008/148673号

【特許文献3】国際公開第2009/010330号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年の切削加工装置の高性能化および自動化はめざましく、一方で切削加工に対する省力化および省エネ化、さらに低コスト化の要求は強く、これに伴い、切削加工は高速化し、かつ被削材の種類に限定されない汎用性のある被覆工具が強く望まれる傾向にあるが、上記の従来被覆工具においては、これを合金工具鋼や軸受鋼の焼き入れ材などの高硬度鋼の高速切削加工に用いた場合にはすぐれた耐摩耗性を発揮するものの、これを特に各種のT

10

20

30

40

50

i系合金や高Si含有Al-Si系合金などの硬質難削材の切削加工を高速切削条件で行うのに用いた場合には、切削時に発生するきわめて高い発熱によって溶着が生じやすく、これを原因として硬質被覆層の剥離が起こり、比較的短時間で使用寿命に至るのが現状である。

【課題を解決するための手段】

【0008】

そこで、本発明者等は、上述のような観点から、上記の硬質難削材の高速切削加工で硬質層がすぐれた耐溶着性、耐剥離性を発揮する被覆工具を開発すべく、鋭意研究を行った結果、次のような知見を得た。

まず、従来被覆工具（特許文献1）においては、 ZrB_2 層を直流スパッタリングで成膜しており、これを焼き入れ材などの高硬度鋼の高速切削加工に用いた場合には特段の問題も生じないが、これを特に各種のTi系合金や高Si含有Al-Si系合金などの硬質難削材の切削加工を高速切削条件で行うのに用いた場合には、表面組織が密であることから被削材との接触面積が大きく、きわめて高い発熱によって溶着が生じ、また、 ZrB_2 層の結晶粒子間の結合も弱かったために、その溶着による硬質被覆層の剥離が起こることを突き止めた。

そこで、本発明者等は、溶着発生が起こりにくく、かつ、結晶粒相互の結合強度の高い ZrB_2 層組織に着目して研究を行ったところ、 ZrB_2 層を成膜するに当たり、特許文献1に示される直流スパッタリングではなく、特定条件の高出力パルススパッタリングを採用することによって、各種のTi系合金や高Si含有Al-Si系合金などの硬質難削材の高速切削条件における切削加工においても、表面組織がポラスであることから、被削材との接触面積が小さいために発熱しにくく、溶着も生じにくい上に、 ZrB_2 層の結晶粒相互の結合強度が強いために硬質被覆層の剥離が生じにくい ZrB_2 層を成膜し得ることを見出したのである。

【0009】

具体的に言うならば、図1に、高出力パルススパッタリング装置の概略平面図を示すが、高出力パルススパッタリング装置にZr硼化物（以下、 ZrB_2 で示す）粉末の焼結体（以下、 ZrB_2 焼結体という）ターゲットを配置し、装置内雰囲気、Ar雰囲気にし、8kW以上の高い平均投入電力で高出力パルススパッタリングを行い、工具基体の表面に ZrB_2 層を蒸着成膜すると、溶着が生じにくいためにすぐれた耐溶着性を有するとともに、結晶粒相互の結合強度が強く、膜硬度が高い（例えば、荷重200mgで測定した場合のナノインデンテーション硬さが3600kgf/mm²以上）、 ZrB_2 層が成膜されることを見出したのである。

それにより、この結果の被覆工具は、特に著しい高熱発生を伴う各種のTi系合金や高Si含有Al-Si系合金などの硬質難削材の高速切削において、すぐれた耐溶着性、結晶粒相互の結合強度、硬さを有する ZrB_2 層からなる表面層によって、特に、溶着に起因する硬質被覆層の剥離が抑制されることで、すぐれた耐剥離性と耐摩耗性を長期に亘って発揮するようになる、ということを見出したのである。

【0010】

この発明は、上記知見に基づいてなされたものであって、

「炭化タングステン基超硬合金または炭窒化チタン基サーメットからなる工具基体の最表面に、少なくとも、0.5～5μmの平均層厚を有するZr硼化物層を被覆してなる切削工具であって、

上記Zr硼化物層は、複数の平均粒径を有する結晶粒組織の複合組織として構成され、該複合組織は、5～30nmの平均粒径を有する一次結晶粒の集合体からなる平均粒径50～100nmの二次結晶粒と、該二次結晶粒の集合体からなる平均粒径200～1000nmの三次結晶粒とから構成されていることを特徴とする表面被覆切削工具。」

に特徴を有するものである。

【0011】

つぎに、この発明の被覆工具について、詳細に説明する。

【 0 0 1 2 】

硬質被覆層の平均層厚

炭化タングステン基超硬合金または炭窒化チタン基サーメットからなる工具基体の最表面に形成するZr硼化物層は、その平均層厚が0.5 μm未満では、自身のもつすぐれた耐摩耗性を長期に亘って発揮するには不十分であり、一方その平均層厚が5 μmを越えると、Ti系合金、高Si含有Al-Si系合金などの硬質難削材の高速切削では溶着に起因する剥離は抑制できるが、高出力パルススパッタリングが有する皮膜への高い打ち込み効果に起因する大きな圧縮残留応力により、切刃部にチッピングが発生し易くなることから、その平均層厚を0.5 ~ 5 μmと定めた。

【 0 0 1 3 】

複合組織の効果及び結晶粒の平均粒径

該複合組織の効果は結晶粒の集合体をなすことにより、該一次結晶粒同士はもとより該二次結晶粒同士の結合力を利用することが出来る点である。該複合組織を構成する一次結晶粒の平均粒径は、5 nm未満の結晶粒を有する被膜を成膜することは難しく、一方その平均粒径が30 nmを超えると転位運動を阻害する粒界が減ってしまうために、高い硬さを維持することが出来ない。また、該一次結晶粒の集合体からなる二次結晶粒の平均粒径が50 nm未満であると複合組織の長所である結晶粒同士の強い結合力を得るための二次結晶粒を構成する一次結晶粒の数が十分ではなく、100 nmを超えると三次結晶粒を構成する二次結晶粒の数が十分ではない。さらに、該二次結晶粒の集合体からなる三次結晶粒の平均粒径は200 nm未満では切削時に被削材と接触する面積が大きくなるために、溶着が起きやすく、該複合組織ごと剥離してしまい、一方1000 nmを超えると切削時の負荷に耐えることが出来なくなってしまう。

【 0 0 1 4 】

この発明の被覆工具の製造方法を次に説明する。

図1に、この発明の被覆工具、例えば、工具基体表面に(Ti, Al)N層を所定厚さで成膜し、次いで、最表面にZrB₂層を蒸着成膜した被覆工具、を製造するための装置の一例として、高出力パルススパッタリング装置を示す。

即ち、図1に示す高出力パルススパッタリング装置において、該高出力パルススパッタリング装置の中央部に工具基体装着用回転テーブルを設け、前記回転テーブルを挟んで対向する2か所に、例えば、所定の組成を有するTi-Al合金ターゲットを配置し、また、Ti-Al合金ターゲットとは90度ずれた位置で、回転テーブルを挟んで対向する2か所にZrB₂粉末の焼結体(ZrB₂焼結体)ターゲットを配置し、前記回転テーブル上の中心軸から半径方向に所定距離離れた位置に外周部に沿って複数の工具基体をリング状に装着し、この状態で装置内雰囲気室を窒素雰囲気として前記回転テーブルを回転させると共に、蒸着形成される耐摩耗硬質層の層厚均一化を図る目的で工具基体自体も自転させながら、まず、前記Ti-Al合金ターゲットに対する6 kW以上の高い平均投入電力の高出力パルススパッタリングを行い、前記工具基体の表面に(Ti, Al)N層を0.8 ~ 5 μmの平均層厚で耐摩耗硬質層として蒸着成膜し、ついで、装置内の雰囲気を実質的にAr雰囲気に変えると共に、ZrB₂焼結体ターゲットに対し、8 kW以上の高い平均投入電力で高出力パルススパッタリングを行い、前記(Ti, Al)N層の上に最表面層として0.5 ~ 5 μmの平均層厚でZrB₂層を蒸着成膜することによって製造することができる。

特に、上記特定の条件下の高出力パルススパッタリングによって成膜されたZrB₂層は、従来被覆工具のように密着接合層(ZrBN層)を介さずとも(Ti, Al)N層に対してすぐれた密着強度を有し、さらに、膜硬度が高まる。

【 0 0 1 5 】

さらに、上記の高出力パルススパッタリングにおいては、そのスパッタリング条件として、好ましくは、パルス印加時の発生プラズマ密度が 10^{18} m^{-3} 以上となるようにし、また、パルスの一波長の長さは200 μsec以上でかつ一周期毎のパルスの非印加時間は10 μsec以上となるスパッタリング条件でスパッタリングすることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0016】

上記のエネルギーレベルを高めた矩形パルスによる高出力パルススパッタリングでは、ターゲットに対する熱負荷を減ずることができるためターゲットの無用な温度上昇を抑制することができる。

また、上記高出力パルススパッタリングによって成膜された(Ti, Al)N層、ZrB₂層は、何れも密着強度が大であり、高硬度を有している。

【発明の効果】

【0017】

この発明の被覆工具は、硬質被覆層として、被削材との接触面積が小さくなるポーラスな表面組織を有するとともに結晶粒相互の結合強度が強い結晶粒組織の複合組織であり、高い硬さを有するZrB₂層からなる表面層を備えることから、硬質難削材の高熱発生を伴う高速切削条件加工を行った場合に、溶着に起因する硬質被覆層の剥離を抑制できることから、長期の使用にわたって、すぐれた耐摩耗性を発揮するものである。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明被覆工具の表面被覆層を成膜するのに用いた高出力パルススパッタリング装置の概略平面図である。

【図2】本発明被覆インサート9のZr硼化物層の水平断面の走査型電子顕微鏡写真(倍率:10万倍)を示す。

【図3】従来被覆インサート9のZr硼化物層の水平断面の走査型電子顕微鏡写真(倍率:10万倍)を示す。

20

【図4】本発明被覆インサートの複合組織からなるZr硼化物層の水平断面模式図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0019】

つぎに、この発明による被覆工具およびその製造方法を、実施例により具体的に説明する。

【実施例1】

【0020】

原料粉末として、いずれも1~3μmの平均粒径を有するWC粉末、TiC粉末、ZrC粉末、VC粉末、TaC粉末、NbC粉末、Cr₃C₂粉末、TiN粉末、Ta₂N粉末、およびCo粉末を用意し、これら原料粉末を、表1に示される配合組成に配合し、ボールミルで72時間湿式混合し、乾燥した後、100MPaの圧力で圧粉体にプレス成形し、この圧粉体を6Paの真空中、温度:1400に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、切削部分にR:0.03のホーニング加工を施してISO規格・CNMG120408のインサート形状をもったWC基超硬合金製の工具基体A-1~A-10を形成した。

30

【0021】

また、原料粉末として、いずれも0.5~2μmの平均粒径を有するTiCN(重量比でTiC/TiN=50/50)粉末、Mo₂C粉末、ZrC粉末、NbC粉末、TaC粉末、WC粉末、Co粉末、およびNi粉末を用意し、これら原料粉末を、表2に示される配合組成に配合し、ボールミルで24時間湿式混合し、乾燥した後、100MPaの圧力で圧粉体にプレス成形し、この圧粉体を2kPaの窒素雰囲気中、温度:1500に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、切削部分にR:0.03のホーニング加工を施してISO規格・CNMG120408のインサート形状をもったTiCN基サーメット製の工具基体B-1~B-6を形成した。

40

【0022】

(a) ついで、上記の工具基体A-1~A-10およびB-1~B-6のそれぞれを、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図1に示される高出力パルススパッタリング装置内の回転テーブル上の中心軸から半径方向に所定距離離れた位置に外周部に沿って装着し、一方、高出力パルススパッタリング装置内には、回転テーブルを挟んで対向する4

50

か所にTi-Al合金ターゲットとZrB₂焼結体ターゲットを配置し、

(b)まず、装置内を排気して0.1Pa以下の真空に保持しながら、ヒーターで装置内を400℃に加熱した後、前記回転テーブル上で自転しながら回転する工具基体に-200Vの直流バイアス電圧を印加することによって、前記工具基体を1時間Arボンバード処理し、

(c)装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して0.6Paの反応雰囲気とすると共に、前記Ti-Al合金ターゲットに表3条件記号aに示される所定のパルススパッタ条件で高出力パルススパッタを行い、もって前記工具基体の表面に、表4に示される目標組成および目標層厚の(Ti, Al)N層を硬質被覆層の耐摩耗硬質層として成膜し

(d)引き続き、ZrB₂焼結体ターゲットに表3に示される所定のパルススパッタ条件で高出力パルススパッタを行い、装置内に導入するガスを窒素ガスからArガスに切り替えると共に、装置内雰囲気を0.5Paとし、この条件で層厚に対応した時間でスパッタリングを行い、同じく表4に示される目標層厚のZrB₂層を硬質被覆層の表面層として成膜することにより、本発明被覆工具としての本発明表面被覆インサート(以下、本発明被覆インサートという)1~16をそれぞれ製造した。

【0023】

また、比較の目的で、これら工具基体A-1~A-10およびB-1~B-6を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、それぞれアークイオンプレティング装置と直流スパッタリング装置を併設した物理蒸着装置に装入し、装置内には、種々の成分組成をもったTi-Al合金ターゲット、ZrB₂焼結体ターゲットを装着し、

まず、装置内を排気して0.1Pa以下の真空に保持しながら、ヒーターで装置内を500℃に加熱した後、前記Ti-Al合金ターゲットとアノード電極との間にアーク放電を発生させ、前記工具基体の表面に下部層として

目標組成および目標層厚の(Ti, Al)N層を硬質被覆層の耐摩耗硬質層として成膜し、ついで、前記Al-Ti合金のカソード電極(蒸発源)とアノード電極との間のアーク放電を停止し、前記直流スパッタリング装置のカソード電極(蒸発源)として配置したZrB₂焼結体の直流スパッタリングを開始し、前記蒸着装置内の雰囲気を窒素雰囲気に代わって、Arと窒素の混合ガス雰囲気とするが、経時的にArの導入割合を漸次増加させ、一方窒素の導入割合は漸次減少させた雰囲気とする条件で、密着接合層としてZrBN層を表6に示す平均層厚で蒸着し、引続いて前記蒸着装置内の雰囲気を最終的にAr雰囲気として、前記直流スパッタリング装置のカソード電極(蒸発源)として配置したZrB₂焼結体の直流スパッタリングを続行し、もって前記ZrBN層を重ねて上部層として表5に示される所定の直流スパッタ条件で、表6に示す平均層厚のZrB₂層を蒸着することにより従来被覆工具としての従来表面被覆インサート(以下、従来被覆インサートという)1~16をそれぞれ製造した。

【0024】

なお、参考のため、図1に示される本発明被覆インサート1~16を製造した装置と同じ装置(即ち、装置内には、Ti-Al合金ターゲットとZrB₂焼結体ターゲットが装着されている)で、本発明被覆インサート1~16と異なる組成、膜厚、スパッタ条件で成膜することにより、表6に示される参考被覆工具としての参考表面被覆インサート(以下、参考被覆インサートという)1~4をそれぞれ製造した。

【0025】

上記の本発明被覆インサート1~16、従来被覆インサート1~16および参考被覆インサート1~4のZrB₂層について、その結晶粒組織を走査型電子顕微鏡(Carl Zeiss社製、ultra55)により10万倍の視野で観察し、一次結晶粒、二次結晶粒および三次結晶粒の平均粒径を結晶粒の粒子断面の面積を円の面積として置き換えた場合の直径を10点測定し、その平均値とした。

表4、表6に、その測定値を示す。

また、図2に、本発明被覆インサート9のZrB₂層の水平断面の走査型電子顕微鏡写真(倍率:10万倍)を、図3に、従来被覆インサート9のZrB₂層の水平断面の走査型

10

20

30

40

50

電子顕微鏡写真（倍率：10万倍）を、図4に、本発明被覆インサートの複合組織からなるZr硼化物層の水平断面模式図を示す。

【0026】

上記の本発明被覆インサート1～16、従来被覆インサート1～16および参考被覆インサート1～4のZrB₂層について、その表面硬さを超微小押し込み硬さ試験機（エリオニクス社製、ENT-1100a）により測定した。

表4、表6に、その測定値を示す。

【0027】

また、上記の本発明被覆インサート1～16、従来被覆インサート1～16および参考被覆インサート1～4の硬質被覆層を構成する耐摩耗硬質層の組成を、透過型電子顕微鏡を用いてのエネルギー分散X線分析法により測定したところ、それぞれ目標組成と実質的に同じ組成を示した。

さらに、上記の硬質被覆層のZrB₂層および耐摩耗硬質層の平均層厚を走査型電子顕微鏡を用いて断面測定したところ、いずれも目標層厚と実質的に同じ平均値（5ヶ所の平均値）を示した。

【0028】

つぎに、上記の各種の被覆インサートを、いずれも工具鋼製バイトの先端部に固定治具にてネジ止めした状態で、本発明被覆インサート1～16、従来被覆インサート1～16および参考被覆インサート1～4について、

被削材：質量％で、Ti-6%Al-4%V合金の丸棒、

切削速度：100m/min、

切り込み：1.5mm、

送り：0.2mm/rev、

切削時間：5分、

の条件（切削条件Aという）でのTi系合金の乾式連続高速切削加工試験（通常の切削速度は60m/min）、

を行い、切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。

この測定結果を表7に示した。

【0029】

10

20

【表 1】

種 別	配 合 組 成 (質 量%)										
	Co	TiC	ZrC	VC	TaC	NbC	Cr ₃ C ₂	TiN	TaN	WC	
A-1	10.5	8	-	-	8	1.5	-	-	-	残	
A-2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	残	
A-3	5.7	-	-	-	1.5	0.5	-	-	-	残	
A-4	5.7	-	-	-	-	-	1	-	-	残	
A-5	8.5	-	0.5	-	-	-	0.5	-	-	残	
A-6	9	-	-	-	2.5	1	-	-	-	残	
A-7	9	8.5	-	-	8	3	-	-	-	残	
A-8	11	8	-	-	4.5	-	-	1.5	-	残	
A-9	12.5	2	-	-	-	-	-	1	2	残	
A-10	14	-	-	0.2	-	-	0.8	-	-	残	

工 具 基 体

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

【表 2】

種 別	配 合 組 成 (質 量%)							
	Co	Ni	ZrC	TaC	NbC	Mo ₂ C	WC	TiCN
B-1	13	5	-	10	-	10	16	残
B-2	8	7	-	5	-	7.5	-	残
B-3	5	-	-	-	-	6	10	残
B-4	10	5	-	11	2	-	-	残
B-5	9	4	1	8	-	10	10	残
B-6	12	5.5	-	10	-	9.5	14.5	残

工 具 基 体

10

20

30

【 0 0 3 1 】

【表3】

条件記号	高出力パルススパッタリング条件			
	平均投入電力 (kW)	パルス印加時発生プラズマ密度 (m^{-3})	パルスの一波長の長さ (μsec)	一周期毎のパルスの非印加時間 (μsec)
A	6	10^{18}	200	10
B	6	10^{18}	400	50
C	8	10^{18}	200	10
D	8	10^{18}	400	50
E	10	10^{18}	200	10
F	10	10^{18}	400	50
G	12	10^{19}	200	10
H	12	10^{19}	400	50
Z	2	10^{17}	200	50
Y	4	10^{18}	200	100
a	12	10^{18}	100	50

(注)条件記号Z,Yは、本発明の範囲外の高出力パルススパッタリング条件である。

また、条件記号aは(AI,Ti)Nの成膜条件である。

【0032】

10

20

30

【表4】

種別	工具 基体 記号	高出力 パルス スパッタ 条件 記号	(Al,Ti)N層の 目標組成(原子比)			(Al,Ti)N層 の目標 平均 層厚 (μm)	ZrB ₂ 層 の目標 平均 層厚 (μm)	表面 硬さ (kgf/mm^2)	平均結晶粒径(nm)		
			Ti	Al	N				一 次 結 晶 粒	二 次 結 晶 粒	三 次 結 晶 粒
1	A-1	A	0.36	0.64	1.00	3.3	1.6	3770	26	85	710
2	A-2	A	0.25	0.75	1.00	3.3	2.8	3720	24	82	850
3	A-3	B	0.43	0.57	1.00	2.9	3.2	3760	25	86	690
4	A-4	B	0.58	0.42	1.00	2.2	5.0	3800	19	88	880
5	A-5	C	0.38	0.62	1.00	3.6	3.3	3820	18	82	620
6	A-6	C	0.55	0.45	1.00	3.7	2.7	3780	18	79	550
7	A-7	D	0.44	0.56	1.00	4.0	4.1	3900	17	70	560
8	A-8	D	0.34	0.76	1.00	3.8	3.5	3880	16	68	610
9	A-9	E	0.54	0.46	1.00	2.9	2.9	3830	13	65	520
10	A-10	E	0.38	0.62	1.00	3.4	4.0	3870	11	61	460
11	B-1	F	0.40	0.60	1.00	3.3	3.6	3940	10	69	430
12	B-2	F	0.25	0.75	1.00	3.1	2.7	4030	9	60	490
13	B-3	G	0.53	0.47	1.00	2.2	4.1	4110	8	58	320
14	B-4	G	0.29	0.71	1.00	4.5	3.5	4160	8	57	290
15	B-5	H	0.56	0.44	1.00	2.7	2.2	4270	7	56	250
16	B-6	H	0.41	0.59	1.00	2.9	1.5	4320	7	54	300

本表明被覆インサート

【0033】

【表 5】

条件 記号	直流スパッタリング条件				
	平均 投入 電力 (kW)	パルス 瞬間印加 電力 (W/cm ²)	電力印加時 発生プラズマ 密度 (m ⁻³)	パルスの 一波長の 長さ (μsec)	一周期毎の パルスの 非印加時間 (μsec)
ア	1	-	10 ¹⁶	-	-
イ	2	-	10 ¹⁶	-	-
ウ	3	-	10 ¹⁶	-	-
エ	4	-	10 ¹⁶	-	-
オ	5	-	10 ¹⁶	-	-
カ	6	-	10 ¹⁶	-	-
キ	7	-	10 ¹⁷	-	-
ク	8	-	10 ¹⁷	-	-

10

20

【 0 0 3 4 】

【表 6】

種別	工具 基体 記号	スパッタ 条件 記号	(Al,Ti)N層の 目標組成(原子比)			(Al,Ti)N層 の目標 平均 膜厚 (μm)	ZrB ₂ 層 の目標 平均 膜厚 (μm)	ZrB ₂ 層 の目標 膜厚 (μm)	表面 摩耗 (kgf/mm^2)	平均結晶粒径 (nm)		
			Ti	Al	N					一 次 結 晶 粒	二 次 結 晶 粒	三 次 結 晶 粒
従 来 被 覆 イ ン サ ー ト	1 A-1	ア	0.36	0.64	1.00	3.3	0.2	1.6	1910	45	—	—
	2 A-2	ア	0.25	0.75	1.00	3.3	0.3	2.8	1720	43	—	—
	3 A-3	イ	0.43	0.57	1.00	2.9	0.2	3.2	1890	38	—	—
	4 A-4	イ	0.58	0.42	1.00	2.2	0.2	3.3	2120	40	—	—
	5 A-5	ウ	0.38	0.62	1.00	3.6	0.4	5.0	2340	39	—	—
	6 A-6	ウ	0.55	0.45	1.00	3.7	0.3	2.7	2200	34	—	—
	7 A-7	エ	0.44	0.56	1.00	4.0	0.3	4.1	2010	36	—	—
	8 A-8	エ	0.34	0.76	1.00	3.8	0.2	1.8	2260	29	—	—
	9 A-9	オ	0.54	0.46	1.00	2.9	0.2	2.9	2370	27	—	—
	10 A-10	オ	0.38	0.62	1.00	3.4	0.3	4.0	2400	25	—	—
	11 B-1	カ	0.40	0.60	1.00	3.3	0.5	1.6	2390	22	—	—
	12 B-2	カ	0.25	0.75	1.00	3.1	0.4	2.7	2580	27	—	—
	13 B-3	キ	0.53	0.47	1.00	2.2	0.1	4.1	2440	19	—	—
	14 B-4	キ	0.29	0.71	1.00	4.5	0.2	3.5	2550	20	—	—
	15 B-5	ク	0.56	0.44	1.00	2.7	0.3	2.2	2780	17	—	—
	16 B-6	ク	0.41	0.59	1.00	2.9	0.5	4.5	2820	15	—	—
参 考 被 覆 イ ン サ ー ト	1 A-1	Z	0.36	0.64	1.00	3.6	—	3.2	3280	28	79	1630
	2 A-5	Z	0.25	0.75	1.00	2.9	—	4.6	3300	29	122	750
	3 A-9	Y	0.43	0.57	1.00	3.7	—	4.1	3330	39	69	1200
	4 B-3	Y	0.58	0.42	1.00	2.8	—	2.5	3390	42	120	820

(注1)条件記号ZYは、本発明の範囲外の高出力パルススパッタリング条件である。
(注2)従来被覆インサートは複合組織を形成していないため、結晶粒径を一次粒子径として記載している。

【 0 0 3 5 】

【表 7】

種 別	切削条件A の逃げ面 摩耗幅 (mm)	種 別	切削条件A の逃げ面 摩耗幅 (mm)	種 別	切削条件A の逃げ面 摩耗幅 (mm)
本 発 明 被 覆 イ ン サ ー ト	1	0.11	従 来 被 覆 イ ン サ ー ト	1	0.22
	2	0.09		2	0.27
	3	0.10		3	*3:44
	4	0.11		4	0.28
	5	0.08		5	*2:34
	6	0.08		6	0.35
	7	0.07		7	0.34
	8	0.05		8	1.23
	9	0.05		9	0.24
	10	0.04		10	*3:02
	11	0.05		11	*3:45
	12	0.04		12	0.29
	13	0.06		13	0.85
	14	0.04		14	*2:14
	15	0.09		15	0.30
	16	0.12		16	*3:27

*印は、剥離により寿命に至るまでの切削時間を示す。

【実施例 2】

【0036】

原料粉末として、平均粒径：5.5 μmを有するWC粉末、同0.8 μmの微粒WC粉末、同1.3 μmのTaC粉末、同1.2 μmのNbC粉末、同1.2 μmのZrC粉末、同2.3 μmのCr₃C₂粉末、同1.5 μmのVC粉末、同1.0 μmの(Ti, W)C [質量比で、TiC/WC = 50/50]粉末、および同1.8 μmのCo粉末を用意し、これら原料粉末をそれぞれ表8に示される配合組成に配合し、さらにワックスを加えてアセトン中で24時間ボールミル混合し、減圧乾燥した後、100 MPaの圧力で所定形状の各種の圧粉体にプレス成形し、これらの圧粉体を、6 Paの真空雰囲気中、7 / 分の昇温速度で1370 ~ 1470 の範囲内の所定の温度に昇温し、この温度に1時間保持後、炉冷の条件で焼結して、直径が6 mmの工具基体形成用丸棒焼結体を形成し、さらに前記丸棒焼結体から、研削加工にて、切刃部の直径×長さがそれぞれ6 mm×12 mmの寸法並びにねじれ角30度の2枚刃スクエア形状をもった工具基体(エンドミル)C-1~C-8をそれぞれ製造した。

【0037】

ついで、これらの工具基体(エンドミル)C-1~C-8の表面をアセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図1に示される蒸着装置に装入し、上記実施例1と同一の

10

20

30

40

50

条件で、表 9 に示される目標組成および目標層厚の (Ti, Al) N 層からなる耐摩耗硬質層と、同じく表 9 に示される目標層厚の ZrB₂ 層からなる表面層で構成された硬質被覆層を蒸着形成することにより、本発明被覆工具としての本発明表面被覆エンドミル（以下、本発明被覆エンドミルという）1～8 をそれぞれ製造した。

【0038】

また、比較の目的で、上記の工具基体（エンドミル）C-1～C-8 の表面をアセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、上記実施例 1 と同一の条件で、同じく表 10 に示される目標組成および目標層厚の (Ti, Al) N 層からなる耐摩耗硬質層を硬質被覆層として蒸着することにより、従来被覆工具としての従来表面被覆エンドミル（以下、従来被覆エンドミルという）1～8 をそれぞれ製造した。

10

さらに、参考のため、上記の工具基体（エンドミル）C-1, C-3, C-5, C-7 の表面をアセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、上記実施例 1 と同一の条件で、本発明被覆エンドミル 1～8 と異なる組成、膜厚、スパッタ条件で成膜することにより、表 10 に示される参考被覆工具としての参考表面被覆エンドミル（以下、参考被覆エンドミルという）1～4 をそれぞれ製造した。

【0039】

上記の本発明被覆エンドミル 1～8、従来被覆エンドミル 1～8 および参考被覆エンドミル 1～4 の ZrB₂ 層について、その結晶粒組織を走査型電子顕微鏡（Carl Zeiss 社製、ultra55）により 10 万倍の視野で観察し、一次結晶粒、二次結晶粒および三次結晶粒の平均粒径を結晶粒の粒子断面の面積を円の面積として置き換えた場合の直径を 10 点測定し、その平均値とした。

20

表 9、表 10 に、その測定値を示す。

【0040】

上記の本発明被覆エンドミル 1～8、従来被覆エンドミル 1～8 および参考被覆エンドミル 1～4 の ZrB₂ 層について、その表面硬さを超微小押し込み硬さ試験機（エリオニクス社製、ENT-1100a）により測定した。

表 9、表 10 に、その測定値を示す。

【0041】

また、上記の本発明被覆エンドミル 1～8、従来被覆エンドミル 1～8 および参考被覆エンドミル 1～4 の硬質被覆層を構成する耐摩耗硬質層の組成を、透過型電子顕微鏡を用いてのエネルギー分散 X 線分析法により測定したところ、それぞれ目標組成と実質的に同じ組成を示した。

30

さらに、上記の硬質被覆層の ZrB₂ 層および耐摩耗硬質層の平均層厚を走査型電子顕微鏡を用いて断面測定したところ、いずれも目標層厚と実質的に同じ平均値（5ヶ所の平均値）を示した。

【0042】

つぎに、上記本発明被覆エンドミル 1～8、従来被覆エンドミル 1～8 および参考被覆エンドミル 1～4 について、

被削材 - 平面：100 mm × 250 mm、厚さ：50 mm の寸法をもった Ti 系合金（質量%で、Ti - 6% Al - 4% V 合金）の板材、

40

切削速度：150 m/min、

溝深さ（切り込み）：4 mm、

テーブル送り：960 mm/分、

の条件（切削条件 B という）での Ti 系合金の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は 80 m/min）、

を行い、溝切削加工試験における切刃部の外周刃の逃げ面摩耗幅が使用寿命の目安とされる 0.1 mm に至るまでの切削溝長を測定した。

この測定結果を表 11 にそれぞれ示した。

【0043】

【表 8】

種 別	配 合 組 成 (質 量 %)							
	Co	(Ti, W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr ₃ C ₂	VC	WC
C-1	5	5	-	-	-	-	-	残部
C-2	6	-	1	0.5	-	-	-	残部
C-3	6	-	1	-	1	0.5	0.5	残部
C-4	8	-	-	-	-	0.5	0.5	残部
C-5	9	25	10	1	-	-	-	残部
C-6	10	-	-	-	-	1	-	残部
C-7	12	17	9	1	-	-	-	残部
C-8	16	-	10	5	10	-	-	残部
工具基体 (エンドミル)								

10

20

30

40

【 0 0 4 4 】

【 表 9 】

種別	工具 基体 記号	高出力 パルス スパッタ 条件 記号	(Al,Ti)N層の 目標組成(原子比)			(Al,Ti)N層 の目標 平均 層厚 (μm)	ZrB ₂ 層 の 目標 平均 層厚 (μm)	表面 硬さ (kgf/mm ²)	平均結晶粒径(nm)			
			Ti	Al	N				一次結晶粒	二次結晶粒	三次結晶粒	
本発明被覆工シドミル	1	C-1	A	0.36	0.64	1.00	3.6	3.2	3690	25	78	880
	2	C-2	B	0.25	0.75	1.00	3.7	1.5	3730	22	85	800
	3	C-3	C	0.43	0.57	1.00	3.1	2.9	3820	19	76	740
	4	C-4	D	0.58	0.42	1.00	3.6	3.6	3880	16	66	670
	5	C-5	E	0.38	0.62	1.00	2.9	4.9	3980	13	65	520
	6	C-6	F	0.55	0.45	1.00	2.6	3.8	4030	11	62	510
	7	C-7	G	0.44	0.56	1.00	2.9	2.5	4180	8	60	350
	8	C-8	H	0.34	0.76	1.00	2.2	3.2	4210	7	52	280

10

20

30

40

【 0 0 4 5 】

【 表 10 】

種別	工具 基体 記号	スパッタ 条件 記号	(Al,Ti)N層の 目標組成(原子比)			(Al,Ti)N層 の目標 平均 層厚 (μm)	ZrBN層 の目標 平均 層厚 (μm)	ZrB ₂ 層 の目標 層厚 (μm)	表面 硬さ (kgf/mm^2)	平均結晶粒径 (nm)			
			Ti	Al	N					一 次 結 晶 粒	二 次 結 晶 粒	三 次 結 晶 粒	
従来被覆エントミル	1	C-1	ア	0.36	0.64	1.00	3.6	0.2	3.2	2140	41	—	—
	2	C-2	イ	0.25	0.75	1.00	3.7	0.2	2.9	2330	37	—	—
	3	C-3	ウ	0.43	0.57	1.00	3.1	0.4	1.5	2450	31	—	—
	4	C-4	エ	0.58	0.42	1.00	3.6	0.3	3.6	2540	37	—	—
	5	C-5	オ	0.38	0.62	1.00	2.9	0.4	4.9	2480	28	—	—
	6	C-6	カ	0.55	0.45	1.00	2.6	0.3	3.8	2660	25	—	—
	7	C-7	キ	0.44	0.56	1.00	2.9	0.3	2.5	2860	22	—	—
	8	C-8	ク	0.34	0.76	1.00	2.2	0.2	4.2	2960	19	—	—
参考 被覆 エントミル	1	C-1	Z	0.36	0.64	1.00	3.6	—	2.1	3230	28	134	680
	2	C-2	Z	0.25	0.75	1.00	3.7	—	5.0	3180	30	109	1160
	3	C-3	Y	0.43	0.57	1.00	3.1	—	4.5	3230	37	72	1320
	4	C-4	Y	0.58	0.42	1.00	3.6	—	3.8	3360	35	121	860

(注1) 条件記号Z,Yは、本発明の範囲外の高出カバラスパッタリング条件である。
(注2) 従来被覆インサートは複合組織を形成していないため、結晶粒径を一次粒子径として記載している。

【 0 0 4 6 】

【表 1 1】

種 別		切削条件B における 切削溝長 (m)	種 別		切削条件B における 切削溝長 (m)	種 別		切削条件B における 切削溝長 (m)
本発明被覆 エンドミル	1	98	従来被覆 エンドミル	1	18	参考被覆 エンドミル	1	72
	2	105		2	*1:57		2	*3:22
	3	120		3	*1:42		3	78
	4	162		4	71		4	84
	5	175		5	*2:49			
	6	176		6	76			
	7	152		7	39			
	8	159		8	*4:13			

* は剥離により寿命に至るまでの切削時間を示す。

【 0 0 4 7 】

表 3 ~ 1 1 に示される結果から、Z r B₂ 層がすぐれた耐溶着性と硬さを有する本発明被覆工具は、各種の T i 系合金や高 S i 含有 A l - S i 系合金などの硬質難削材の高熱発生を伴う高速切削で、すぐれた耐剥離性と耐摩耗性を発揮する。

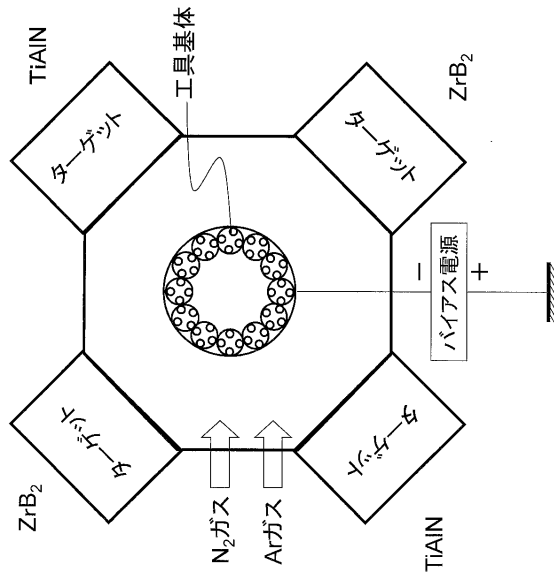
これに対して、従来被覆工具では、表 6、表 1 0 に示されるように、該複合組織を形成していないため耐溶着性に劣り、硬質難削材の高熱発生を伴う高速切削条件で硬質被覆層の剥離を抑制することができず、硬さも十分でないために耐摩耗性に劣る。また、本発明で規定する範囲から外れる Z r B₂ 層を有する参考被覆工具においては、硬質難削材の高熱発生を伴う高速切削加工では切刃部の摩耗進行が速く、比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

【産業上の利用可能性】

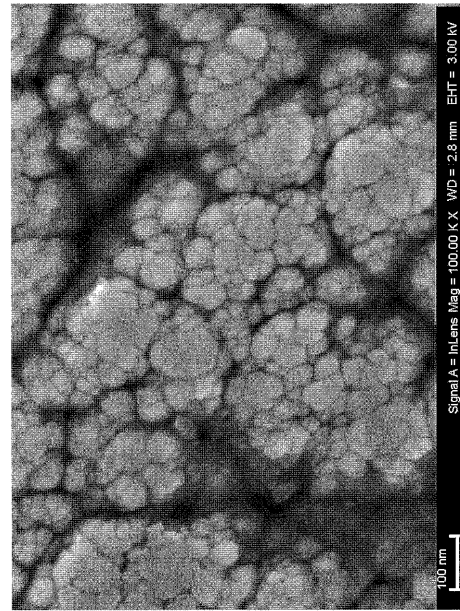
【 0 0 4 8 】

上述のように、この発明の被覆工具およびその製造方法によれば、各種の鋼や鋳鉄などの通常の切削条件での切削加工は勿論のこと、特に高い発熱を伴う上記の硬質難削材の高速切削加工でもすぐれた耐剥離性と耐摩耗性を発揮し、長期に亘ってすぐれた切削性能を示すものであるから、切削加工装置の高性能化および自動化、並びに切削加工の省力化および省エネ化、さらに低コスト化に十分満足に対応できるものである。

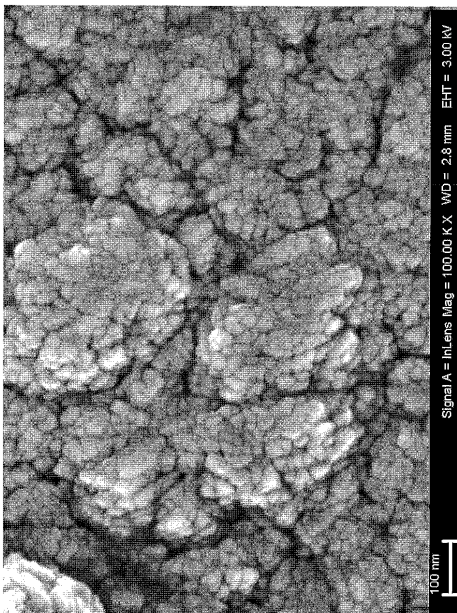
【 図 1 】



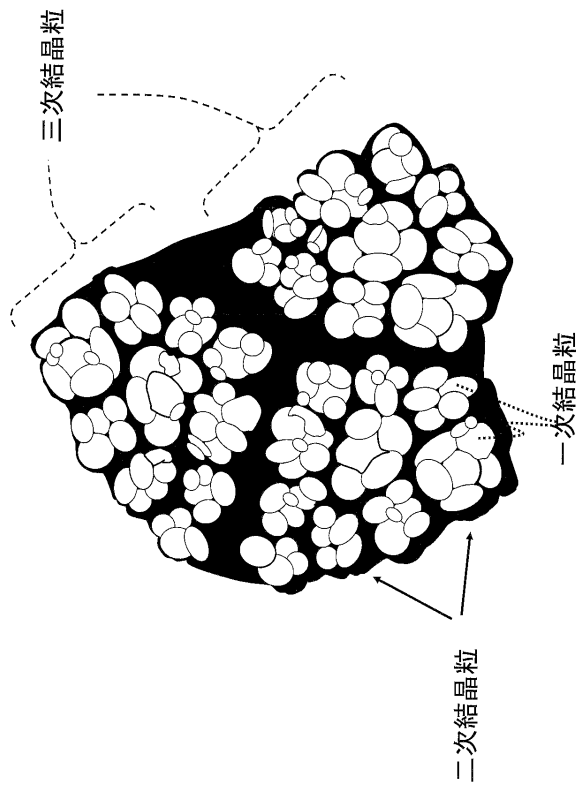
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

審査官 山本 忠博

- (56)参考文献 特開2002-355704(JP,A)
特開2006-001006(JP,A)
特開2006-001005(JP,A)
特開2006-001004(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23B 27/14, 51/00,
B23C 5/16,
B23P 15/28,
C23C 14/06