

(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2012-192517

(P2012-192517A)

(43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 F 21/16 (2006.01)	B 2 3 F 21/16	3 C 0 2 5
B 2 3 B 27/14 (2006.01)	B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 4 6
B 2 3 C 5/16 (2006.01)	B 2 3 C 5/16	
B 2 3 F 21/12 (2006.01)	B 2 3 F 21/12	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2012-131827 (P2012-131827)	(71) 出願人	000006264
(22) 出願日	平成24年6月11日 (2012.6.11)		三菱マテリアル株式会社
(62) 分割の表示	特願2007-209323 (P2007-209323)		東京都千代田区大手町一丁目3番2号
	の分割	(74) 代理人	100139240
原出願日	平成19年8月10日 (2007.8.10)		弁理士 影山 秀一
		(74) 代理人	100119921
			弁理士 三宅 正之
		(74) 代理人	100076679
			弁理士 富田 和夫
		(72) 発明者	前田 浩一
			兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179番
			地1 三菱マテリアル株式会社明石製作所
			内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面被覆切削工具

(57) 【要約】

【課題】 高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工等の高速切削加工において、すぐれた耐欠損性、耐摩耗性を発揮する表面被覆切削工具を提供する。

【解決手段】 超硬基体、サーメット基体、高速度工具鋼基体等の工具基体表面に、組成式： $[Al_xCr_ySi_z]N$ （原子比で、 $0.2 \leq x \leq 0.45$ 、 $0.4 \leq y \leq 0.75$ 、 $0.01 \leq z \leq 0.2$ 、 $x+y+z=1$ ）を満足する（Al，Cr，Si）N層からなる薄層Aと、 $[Al_uTi_vSi_w]N$ （原子比で、 $0.05 \leq u \leq 0.75$ 、 $0.15 \leq v \leq 0.94$ 、 $0.01 \leq w \leq 0.1$ 、 $u+v+w=1$ ）を満足する（Al，Ti，Si）N層からなる薄層Bとの交互積層構造からなる上部層、及び、該上部層と工具基体表面との間に介在形成された前記（Al，Ti，Si）N層による下地層からなる硬質被覆層を形成する。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工具基体表面に硬質被覆層が形成された表面被覆切削工具において、
硬質被覆層は、薄層 A と薄層 B の交互積層構造からなる上部層と、該上部層と工具基体表面との間に介在形成された下地層とからなり、

前記上部層の薄層 A と薄層 B は、それぞれ $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ の層厚を有し、かつ、薄層 A と薄層 B は $1 \sim 10 \mu\text{m}$ の合計層厚を有し、さらに、

(a) 薄層 A は、

組成式： $[\text{Al}_X \text{Cr}_Y \text{Si}_Z] \text{N}$ で表した場合、

$0.2 \leq X \leq 0.45$ 、 $0.4 \leq Y \leq 0.75$ 、 $0.01 \leq Z \leq 0.2$ 、 $X + Y + Z = 1$ 10

(ただし、X、Y、Z はいずれも原子比) を満足する Al と Cr と Si の複合窒化物層、

(b) 薄層 B は、

組成式： $[\text{Al}_U \text{Ti}_V \text{Si}_W] \text{N}$ で表した場合、

$0.05 \leq U \leq 0.75$ 、 $0.15 \leq V \leq 0.94$ 、 $0.01 \leq W \leq 0.1$ 、 $U + V + W = 1$ (ただし、U、V、W はいずれも原子比) を満足する Al と Ti と Si の複合窒化物層、であり、

前記下地層は、 $0.5 \sim 10 \mu\text{m}$ の層厚を有し、前記薄層 B の組成式を満足する組成を有することを特徴とする表面被覆切削工具。

【請求項 2】

表面被覆切削工具が、高速度工具鋼を工具基体とする歯切工具であることを特徴とする請求項 1 に記載の表面被覆切削工具。 20

【請求項 3】

表面被覆切削工具が、高速度工具鋼を工具基体とするエンドミルであることを特徴とする請求項 1 に記載の表面被覆切削工具。

【請求項 4】

表面被覆切削工具が、炭化タングステン基超硬合金を工具基体とするエンドミルまたはドリルであることを特徴とする請求項 1 に記載の表面被覆切削工具。

30

【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高温硬さ、高温韌性、高温強度、耐熱塑性変形性を備え、例えば、高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工などのような、高熱発生を伴うとともに、切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる切削加工に用いたような場合であっても、硬質被覆層がすぐれた耐欠損性と耐摩耗性を示し、すぐれた工具特性を長期に亘って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】

40

【0002】

一般に、被覆工具として、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、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エンドミル、前記被削材の歯形の歯切加工などに用いられるソリッドホブ、ピニオンカッタなどが知られている。

【0003】

また、具体的な被覆工具としては、例えば、炭化タングステン（以下、WC で示す）基超硬合金、炭窒化チタン（以下、TiCN で示す）基サーメット、高速度工具鋼（以下、ハイスという）で構成された工具基体の表面に、

50

組成式： $[Al_xCr_ySi_z]N$ で表した場合、
 $0.75 \leq X \leq 0.95$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.25$ 、 $X + Y + Z = 1$ （ただし、 X 、 Y 、 Z はいずれも原子比）を満足する Al と Cr と Si の複合窒化物層（以下、 $(Al, Cr, Si)N$ 層で示す）からなる硬質被覆層を少なくとも1層以上設けることにより、被覆工具の耐熱性及び耐摩耗性の改善を図ることが知られている。

また、前記工具基体の表面に、

組成式： $[Al_uTi_vSi_w]N$ で表した場合、
 $0.05 \leq U \leq 0.75$ 、 $0.01 \leq W \leq 0.10$ 、 $U + V + W = 1$ （ただし、 U 、 V 、 W はいずれも原子比）を満足する Al と Ti と Si の複合窒化物層（以下、 $(Al, Ti, Si)N$ 層で示す）からなる硬質被覆層を設けることにより、被覆工具の耐酸化性及び耐摩耗性の改善を図ることも知られている。

10

【0004】

そして、上記従来の被覆工具は、例えば図2に概略説明図で示される物理蒸着装置の1種であるアークイオンプレーティング装置に上記の工具基体を装入し、装置内を、例えば500℃の温度に加熱した状態で、蒸着形成する硬質被覆層の種類に応じた成分組成を有するカソード電極（蒸発源）とアノード電極との間に、例えば電流：90Aの条件でアーク放電を発生させ、同時に装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して2Paの反応雰囲気とし、一方、上記工具基体には、例えば-100Vのバイアス電圧を印加した条件で、前記工具基体の表面に、上記硬質被覆層を蒸着形成することにより製造されることも知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-175569号公報

【特許文献2】特許第2793773号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年の切削加工装置の高性能化はめざましく、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、切削加工はますます高速化の傾向にあるが、上記従来の被覆工具においては、これを鋼や鋳鉄などの通常の切削条件での切削加工に用いた場合には、特段の問題は生じないが、これを、例えば、高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工などのような、高熱発生を伴い、しかも、切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる切削加工に用いた場合には、硬質被覆層の韌性不足、あるいは、熱塑性変形による偏摩耗の発生等により、チッピング、欠損の発生を抑制することができず、また、摩耗進行も促進されるため、比較的短時間で使用寿命に至るのが現状である。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

そこで、本発明者等は、上述のような観点から、高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工などのような、高熱発生を伴い、しかも、切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる切削加工条件下で、硬質被覆層がすぐれた耐欠損性と耐摩耗性を発揮する被覆工具を開発すべく、上記従来の被覆工具の硬質被覆層を構成する層形成材料およびその構造に着目し研究を行った結果、以下のような知見を得た。

40

【0008】

(a) 上記従来の被覆工具（特許文献1参照）の硬質被覆層を構成する $(Al, Cr, Si)N$ 層における Al 成分には高温硬さ、同 Cr 成分には高温韌性、高温強度を向上させると共に、 Al および Cr が共存含有した状態で高温耐酸化性を向上させ、さらに同 Si 成分には耐熱塑性変形性を向上させる作用があるが、高熱発生を伴い、しかも、切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル

50

加工等の厳しい切削条件下においては、高温靱性、高温強度が充分であるとはいえないため、これがチッピング、欠損等の発生原因となりやすく、逆に、Cr含有割合を増加して高温靱性、高温強度の改善を図ろうとしても、相対的なAl含有割合の減少によって、耐摩耗性が劣化してしまうため、(Al, Cr, Si)N層からなる硬質被覆層における耐チッピング性、耐欠損性の抑制・向上には限界があること。

【0009】

(b) 一方、上記従来の被覆工具（特許文献2参照）の硬質被覆層を構成する(Al, Ti, Si)N層におけるAl成分、Si成分には前記と同様な作用があり、そして、Ti成分には、高温靱性、高温強度を一段と向上させる作用があるため、前記高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工等の厳しい切削条件下でも、前記(Al, Ti, Si)N層からなる硬質被覆層は、すぐれた耐チッピング性、耐欠損性を発揮するが、その一方で、高温硬さ、耐熱塑性変形性が不足するために、耐摩耗性が劣るものであること。

【0010】

(c) そこで、所定組成かつ所定層厚の上記(a)の(Al, Cr, Si)N層からなる薄層Aと、同じく、所定組成かつ所定層厚の上記(b)の(Al, Ti, Si)N層からなる薄層Bとを交互に積層して硬質被覆層を構成したところ、薄層Aと薄層Bの交互積層構造からなる硬質被覆層は、各薄層を所定の組成範囲のものとし、かつ、薄層の層厚を所定範囲に定めることにより、硬質被覆層全体として、薄層Aの有するすぐれた耐摩耗性を損なうことなく薄層Bの有するすぐれた高温靱性・高温強度を相兼ね備えるようになるため、薄層Aと薄層Bの交互積層構造からなる硬質被覆層を形成した被覆工具は、高熱発生を伴い、しかも、切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工等の厳しい切削条件下の切削加工に用いた場合であっても、すぐれた耐チッピング性、耐欠損性および耐摩耗性を示すこと。

【0011】

この発明は、上記の知見に基づいてなされたものであって、

「(1) 工具基体表面に硬質被覆層が形成された表面被覆切削工具において、硬質被覆層は、薄層Aと薄層Bの交互積層構造からなる上部層と、該上部層と工具基体表面との間に介在形成された下地層とからなり、前記上部層の薄層Aと薄層Bは、それぞれ $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ の層厚を有し、かつ、薄層Aと薄層Bは $1 \sim 10 \mu\text{m}$ の合計層厚を有し、さらに、

(a) 薄層Aは、

組成式： $[\text{Al}_x \text{Cr}_y \text{Si}_z] \text{N}$ で表した場合、

$0.2 \leq x \leq 0.45$ 、 $0.4 \leq y \leq 0.75$ 、 $0.01 \leq z \leq 0.2$ 、 $x + y + z = 1$ （ただし、x、y、zはいずれも原子比）を満足するAlとCrとSiの複合窒化物層、

(b) 薄層Bは、

組成式： $[\text{Al}_u \text{Ti}_v \text{Si}_w] \text{N}$ で表した場合、

$0.05 \leq u \leq 0.75$ 、 $0.15 \leq v \leq 0.94$ 、 $0.01 \leq w \leq 0.1$ 、 $u + v + w = 1$ （ただし、u、v、wはいずれも原子比）を満足するAlとTiとSiの複合窒化物層、であり、

前記下地層は、 $0.5 \sim 10 \mu\text{m}$ の層厚を有し、前記薄層Bの組成式を満足する組成を有することを特徴とする表面被覆切削工具（被覆工具）。

(2) 表面被覆切削工具（被覆工具）が、高速度工具鋼を工具基体とする歯切工具であることを特徴とする前記(1)に記載の表面被覆切削工具（被覆工具）。

(3) 表面被覆切削工具（被覆工具）が、高速度工具鋼を工具基体とするエンドミルであることを特徴とする前記(1)に記載の表面被覆切削工具（被覆工具）。

(4) 表面被覆切削工具（被覆工具）が、炭化タングステン基超硬合金を工具基体とするエンドミルまたはドリルであることを特徴とする前記(1)に記載の表面被覆切削工具（被覆工具）。」

【0012】

つぎに、この発明の被覆工具の硬質被覆層に関し、上記の通りに数値限定した理由を説

明する。

【0013】

(a) 薄層 A

(Al, Cr, Si) N 層からなる薄層 A における Al 成分には高温硬さ、同 Cr 成分には高温韌性、高温強度を向上させると共に、Al および Cr が共存含有した状態で高温耐酸化性を向上させ、さらに同 Si 成分には耐熱塑性変形性を向上させる作用がある。そして、Al の含有割合を示す X 値 (原子比) が Cr と Si の含量に占める割合で 0.2 未満では、最低限の高温硬さおよび高温耐酸化性を確保することができず、摩耗促進の原因となり、一方同 X 値が 0.45 を超えると、高温韌性、高温強度が低下するようになり、チッピング・欠損発生の原因となることから、X 値を 0.2 ~ 0.45 と定めた。また、Cr の含有割合を示す Y 値 (原子比) が Al と Si の含量に占める割合で 0.4 未満では、最低限必要とされる高温韌性、高温強度を確保することができないため、チッピング・欠損の発生を抑制することができず、一方同 Y 値が 0.75 を超えると、相対的な Al 含有割合の減少により、摩耗進行が促進することから、Y 値を 0.4 ~ 0.75 と定めた。さらに、Si の含有割合を示す Z 値 (原子比) が Al と Cr の含量に占める割合で 0.01 未満では、耐熱塑性変形性の改善による耐摩耗性向上を期待することはできず、一方同 Z 値が 0.2 を越えると、耐摩耗性向上効果に低下傾向がみられるようになることから、Z 値を 0.01 ~ 0.2 と定めた。

なお、上記 X、Y、Z について、特に望ましい範囲は、 $0.35 \leq X \leq 0.45$ 、 $0.4 \leq Y \leq 0.55$ 、 $0.03 \leq Z \leq 0.10$ である。

【0014】

(b) 薄層 B

薄層 A との交互積層構造を構成する (Al, Ti, Si) N 層からなる薄層 B は、云わば、薄層 A に不足する特性 (高温韌性および高温強度) を補完するために設けた層である。

すでに述べたように、薄層 A は、特に、Al 成分、Si 成分を含有することによりすぐれた耐摩耗性を備え、さらに、Cr 成分を含有することにより所定の耐チッピング性、耐欠損性を保持しているが、高熱発生を伴い、しかも、高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工等の切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる厳しい切削条件下での使用に耐えるためには、薄層 A にはさらに一段とすぐれた高温韌性、高温強度が求められ、これを確保するためには薄層 A により多くの Cr を含有させる必要があるが、そうすると、薄層 A における Al、Si の含有割合は、少なからざるを得ず、その場合には、薄層 A は高温硬さおよび高温耐酸化性が不十分となり、ひいては、耐摩耗性の低下につながることから、薄層 A において Cr 含有割合の更なる増加を図ることは不可能である。

そこで、この発明では、(Al, Ti, Si) N 層からなる薄層 B を、上記薄層 A と交互に積層し、薄層 A と薄層 B の交互積層構造からなる硬質被覆層を形成することにより、薄層 A の有するすぐれた高温硬さ、耐熱塑性変形性を損なうことなく、薄層 A に不足する高温韌性、高温強度を、隣接する薄層 B の備えるすぐれた高温韌性、高温強度によって補い、もって、硬質被覆層全体として、すぐれた耐チッピング性、耐欠損性、耐摩耗性を発揮せしめるのである。

薄層 B の組成式における Al 成分、Si 成分の作用効果は、薄層 A の場合と同様であるが、Al の含有割合を示す U 値 (原子比) が 0.05 未満、或いは、Si の割合を示す W 値 (原子比) が 0.01 未満では、最低限必要とされる所定の高温硬さ、高温耐酸化性、耐熱塑性変形性を確保することができなくなるため、耐摩耗性低下の原因となり、また U 値が 0.75 を超えた場合は、相対的な Ti 成分含有割合の減少により、Ti 成分添加による高温韌性、高温強度改善効果が期待できず、また、W 値が 0.1 を超えると、耐摩耗性向上作用に低下傾向がみられるようになる。したがって、Al の含有割合を示す U 値は、 $0.05 \sim 0.75$ 、また、Si の含有割合を示す W 値は、 $0.01 \sim 0.1$ と定めた。また、Ti の含有割合を示す V 値 (原子比) が 0.15 未満の場合には、より一段とすぐれた高温韌性、高温強度の向上効果を期待できず、一方、V 値が 0.94 を超えるような場

合には、相対的な A l 成分、S i 成分の含有割合の減少により、最低限必要とされる高温硬さおよび高温耐酸化性を確保することができなくなることから、T i 成分の含有割合を示す V 値を、0.15~0.94 と定めた。

なお、上記 U、V、W について、特に望ましい範囲は、 $0.45 \leq U \leq 0.55$ 、 $0.4 \leq V \leq 0.5$ 、 $0.03 \leq W \leq 0.07$ である。

【0015】

(c) 層厚

薄層 A、薄層 B それぞれの層厚が 0.01 μm 未満では、それぞれの薄層を所定組成のものとして明確に形成することが困難であるばかりか、薄層 A による耐摩耗性向上効果、薄層 B による高温韌性改善効果が十分発揮されず、一方、薄層 A、薄層 B それぞれの層厚が 0.1 μm を超えた場合には、それぞれの薄層がもつ欠点、すなわち薄層 A であれば韌性不足、強度不足が、また、薄層 B であれば耐摩耗性不足が層内に局部的に現れ、硬質被覆層全体としての特性低下を招く恐れがあるので、薄層 A、薄層 B それぞれの層厚を 0.01~0.1 μm と定めた。

すなわち、薄層 B は、薄層 A の有する特性のうちの不十分な特性を補うために設けたものであるが、薄層 A、薄層 B それぞれの層厚が 0.01~0.1 μm の範囲内であれば、薄層 A と薄層 B の交互積層構造からなる硬質被覆層は、すぐれた高温硬さ、高温耐酸化性、耐熱塑性変形性を損なうことなく、すぐれた高温韌性、高温強度を具備したあたかも一つの層であるかのように作用するが、薄層 A、薄層 B の層厚が 0.1 μm を超えると、薄層 A の韌性不足、強度不足が、また、薄層 B の耐摩耗性不足が顕在化する。

また、薄層 A と薄層 B の交互積層構造からなる層（上部層）は、その合計層厚が 1 μm 未満ではすぐれた特性を発揮することはできず、また、合計層厚が 10 μm を超えると、チッピング、欠損を発生しやすくなるので、薄層 A と薄層 B の交互積層構造からなる層（上部層）の合計層厚は、1~10 μm 、望ましくは、1~5 μm と定めた。

【0016】

(d) 下地層

工具基体表面上に直接、薄層 A、薄層 B を交互に、例えば、物理蒸着で積層形成すると、層内には残留圧縮応力が発生し、このような硬質被覆層を設けた被覆工具を一段と厳しい切削加工条件下で使用すると、この圧縮残留応力によって、工具基体—硬質被覆層間の密着力が不安定になる。そこで、このような場合には、工具基体表面と、交互積層構造の硬質被覆層との間の付着強度をより高めておく必要があるが、そのための手段としては、工具基体表面に下地層を形成し、付着強度を高めることが有効である。特に、本発明では、硬質被覆層を、薄層 A と薄層 B の交互積層構造からなる上部層と、該上部層と工具基体表面との間に介在形成された下地層とから形成し、かつ、下地層を、0.5~10 μm の層厚を有し、薄層 A 或いは薄層 B と同様な組成のものとして形成することによって、工具基体—硬質被覆層間の密着力が改善され、一段と厳しい切削条件下で使用された場合であっても、硬質被覆層の剥離、欠落を生じることなく、安定した切削を行えることを確認している。

なお、下地層の層厚が 0.5 μm 未満では、密着力向上効果が得られず、一方、層厚が 10 μm を超えると、残留圧縮応力の蓄積により、クラックが発生しやすくなり安定した密着力を確保できなくなることから、下地層の層厚は、0.5~10 μm 、望ましくは、2~6 μm と定めた。

【0017】

(e) 工具基体

被覆工具の工具基体としては、WC 基超硬合金、TiCN 基サーメット、高速度工具鋼（ハイス）等、従来から知られている各種の基体を用いることができる。

このような各種工具基体に、例えば、物理蒸着で硬質被覆層を形成するが、基体—硬質被覆層間での密着強度をより高めるためには、工具基体の表面粗度を、JIS Rz 1.6 μm 以下としておくことが望ましい。

なお、この発明では、被覆工具の最表面に、使用、未使用等の識別を目的として、例え

ば、TiN層（金色）等の色付け層を設けることもできるが、その厚さは0.5 μm以下で十分である。

【発明の効果】

【0018】

この発明の表面被覆切削工具は、硬質被覆層が、少なくとも、(Al, Cr, Si)N層からなる薄層Aと、(Al, Ti, Si)N層からなる薄層Bの交互積層構造として構成されていることによって、すぐれた高温硬さ、高温靱性、高温強度、耐熱塑性変形性を備え、下部層として、薄層Bと同様な組成の下地層を設けることによって、付着強度も向上することから、特に高熱発生を伴い、かつ、切刃に対して大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工でも、硬質被覆層がすぐれた高温硬さ、高温靱性、高温強度、耐熱塑性変形性を発揮し、この結果、チッピング、欠損、偏摩耗、剥離の発生はなく、すぐれた耐欠損性およびすぐれた耐摩耗性を長期に亘って発揮するものである。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の被覆工具の硬質被覆層を形成するのに用いたアークイオンプレーティング装置を示し、(a)は概略平面図、(b)は概略正面図である。

【図2】通常のアークイオンプレーティング装置の概略説明図である。

【図3】ソリッドホブの概略斜視図である。

【図4】ディスク型ピニオンカッタの概略斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

つぎに、この発明の被覆工具を実施例により具体的に説明する。

【実施例1】

【0021】

材質がJIS・SKH51および同SKH55の高速度工具鋼からなる直径：90mm×長さ：130mmの寸法をもった素材から、機械加工にて外径：85mm×長さ：100mmの全体寸法をもち、かつ4条左戻れ×16溝の形状をもった図3に概略斜視図で示されるハイス歯切工具本体基体（ソリッドホブ）を製造した。

【0022】

(a) ついで、上記の2種の材質のハイス歯切工具本体基体（ソリッドホブ）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に示されるアークイオンプレーティ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そって装着し、一方側のカソード電極（蒸発源）として、それぞれ表1に示される目標組成に対応した成分組成をもった薄層A形成用Al-Cr-Si合金、他方側のカソード電極（蒸発源）として、同じくそれぞれ表1に示される目標組成に対応した成分組成をもった薄層B形成用Al-Ti-Si合金を前記回転テーブルを挟んで対向配置する（2種のカソード電極の場合には、薄層A或いは薄層B形成用カソード電極の一方を、下地層形成用カソード電極として兼用することができる。なお、下地層形成用の専用カソード電極として、3番目の電極を別途も受けることも勿論可能である）。

(b) まず、装置内を排気して0.1 Pa以下の真空中に保持しながら、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歯切工具本体基体に-800Vの直流バイアス電圧を印加し、かつボンバード洗浄用電極（例えば、薄層A形成用Al-Cr-Si合金）とアノード電極との間に100Aの電流を流してアーク放電を発生させ、もって歯切工具本体基体表面をボンバード洗浄する。

(c) 装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して3Paの反応雰囲気とすると共に、前記回転テーブル上で自転しながら回転する歯切工具本体基体に-35~-45Vの直流バイアス電圧を印加し、かつ前記薄層B形成用Al-Ti-Si合金とアノード電極との間に100Aの電流を流してアーク放電を発生させ、もって前記ハイス歯切工具本体基体の表面に、表1に示される目標組成および目標層厚の下地層（薄層Bと同様な組成）を蒸着

10

20

30

40

50

形成する。

(d) ついで、装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して2 Paの反応雰囲気とすると共に、前記回転テーブル上で自転しながら回転する歯切工具本体基体に $-25 \sim -35$ Vの直流バイアス電圧を印加した状態で、薄層B形成用Al-Ti-Si合金のカソード電極とアノード電極との間に50~200 Aの範囲内の所定の電流を流してアーク放電を発生させて、前記歯切工具本体基体上の下地層上に所定層厚の薄層Bを形成し、前記薄層B形成後、アーク放電を停止し、代って前記薄層A形成用Al-Cr-Si合金のカソード電極とアノード電極間に同じく50~200 Aの範囲内の所定の電流を流してアーク放電を発生させて、所定層厚の薄層Aを形成した後、アーク放電を停止し(下地層が薄層Bと同様な組成の層であれば、薄層Aの形成から開始してもよい)、再び前記薄層B形成用Al-Ti-Si合金のカソード電極とアノード電極間のアーク放電による薄層Bの形成と、前記薄層A形成用Al-Cr-Si合金のカソード電極とアノード電極間のアーク放電による薄層Aの形成を交互に繰り返し行う。

上記(a)~(d)の手順により、前記ハイス歯切工具本体基体の表面に、層厚方向に沿って表1に示される目標組成および目標層厚の下地層、同じく表1に示される目標組成および目標層厚の薄層Aと薄層Bの交互積層からなる上部層を蒸着形成することにより、本発明被覆ハイス歯切工具1~3をそれぞれ製造した。

【0023】

また、比較の目的で、上記の2種類の材質のハイス歯切工具本体基体を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、それぞれ図2に示されるアークイオンプレーティング装置に装入し、カソード電極(蒸発源)として、それぞれ表2に示される目標組成に対応した成分組成をもったAl-Cr-Si合金(Al-Ti-Si合金)を装着し、まず、装置内を排気して0.1 Pa以下の真空中に保持しながら、ヒーターで装置内を400℃に加熱した後、前記歯切工具本体基体に -800 Vの直流バイアス電圧を印加し、かつカソード電極の前記Al-Cr-Si合金(あるいはAl-Ti-Si合金)とアノード電極との間に100 Aの電流を流してアーク放電を発生させ、もって歯切工具本体基体表面を前記Al-Cr-Si合金(あるいはAl-Ti-Si合金)でボンバード洗浄し、ついで装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して3 Paの反応雰囲気とすると共に、前記歯切工具本体基体に印加するバイアス電圧を $-35 \sim -45$ Vに下げて、前記Al-Cr-Si合金(あるいはAl-Ti-Si合金)のカソード電極とアノード電極との間にアーク放電を発生させ、もって前記ハイス歯切工具本体基体の表面に、表2に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する(Al, Cr, Si)N層からなる硬質被覆層(或いは、表2に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する(Al, Ti, Si)N層)からなる硬質被覆層を蒸着形成することにより、被覆ハイス歯切工具1~16(以下、比較被覆ハイス歯切工具1~16と云う)をそれぞれ製造した。

【0024】

つぎに、上記の本発明被覆ハイス歯切工具1~3および比較被覆ハイス歯切工具1~8を用いて、材質がJIS・SCr420Hの被削材に対して、
モジュール：1.75、 圧力角：17.5度、 歯数：48、 ねじれ角：25度左振り、 歯幅：50 mmの寸法および形状をもった歯車の加工を、

切削速度(回転速度)：250 m/min、

送り：2.5 mm/rev、

加工形態：クライム、シフトなし、ドライ(エアブロー)、

の条件で高速歯切加工(なお、上記被削材からなる歯車の加工の場合の切削速度は、通常200 m/min)で行い、

逃げ面摩耗幅が0.2 mmに至るまでの歯車加工数を測定した。

この測定結果を表1, 2それぞれに示した。

【実施例2】

【0025】

また、ハイス歯切工具本体として、同じく材質がJIS・SKH51および同SKH5

5 の高速度工具鋼からなる外径：105 mm×厚さ：22 mmの寸法をもった素材から、機械加工にてピッチ円直径：100 mm×厚さ：18 mmの全体寸法をもち、かつカッタ歯数：50の形状をもった図4に概略斜視図で示されるディスク型ピニオンカッタ本体基体（JIS・B・4356記載の100形）を製造した。

【0026】

ついで、上記のハイス歯切工具本体（ピニオンカッタ）基体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に示されるアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、層厚方向に沿って表1に示される目標組成および目標層厚の下地層、同じく表1に示される目標組成および目標層厚の薄層Aと薄層Bの交互積層からなる上部層を蒸着形成することにより、本発明被覆ハイス歯切工具4～6をそれぞれ製造した。

10

【0027】

また、比較の目的で、上記のハイス歯切工具本体（ピニオンカッタ）基体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2に示されるアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、層厚方向に沿って表2に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する（Al，Cr，Si）N層からなる硬質被覆層（或いは、表2に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する（Al，Ti，Si）N層）を蒸着することにより、被覆歯切工具9～16（以下、比較被覆ハイス歯切工具9～16と云う）をそれぞれ製造した。

20

【0028】

つぎに、上記の本発明被覆ハイス歯切工具4～6および比較被覆ハイス歯切工具9～16を用いて、材質がJIS・SCr420Hの被削材に対して、モジュール：2、圧力角：20度、歯数：15、歯幅：22.5 mmの寸法および形状をもった歯車の加工を、

ストローク数：1200 ストローク／min、

円周送り：0.3 mm／ストローク、

半径送り：0.03 mm／ストローク、

の条件で高速歯切加工（なお、上記被削材からなる歯車の加工の場合のストローク数は、通常800ストローク／min）で行い、

逃げ面摩耗幅が0.2 mmに至るまでの歯車加工数を測定した。

30

この測定結果を表1，2にそれぞれ示した。

なお、表1、2、4～9では、目標組成として、Al成分、Cr成分、Ti成分およびSi成分についての含有割合を原子比で示している。

【0029】

【表 1】

種別	基体 材質	硬 質 被 覆 層												齒車 加工数 (個)	
		下部層				上部層・薄層A				上部層・薄層B					上部層 合計 目標 層厚 (μm)
		目標組成(原子比)			目標 層厚 (μm)	目標組成(原子比)			一層 目標 層厚 (nm)	目標組成(原子比)			一層 目標 層厚 (nm)		
		Al	Ti	Si		Al	Cr	Si		Al	Ti	Si			
1	SKH51	0.47	0.50	0.03	2	0.45	0.52	0.03	30	0.47	0.50	0.03	5	110	
2	SKH55	0.53	0.40	0.07	5	0.43	0.49	0.08	50	0.53	0.40	0.07	3	110	
3	SKH55	0.15	0.80	0.05	10	0.30	0.65	0.05	100	0.15	0.80	0.05	5	105	
4	SKH51	0.55	0.40	0.05	2	0.45	0.45	0.10	40	0.55	0.40	0.05	6	110	
5	SKH55	0.05	0.94	0.01	10	0.20	0.75	0.05	80	0.05	0.94	0.01	3	100	
6	SKH55	0.35	0.63	0.02	5	0.40	0.45	0.15	20	0.35	0.63	0.02	4	105	
本発明被覆ハイス齒切工具															

本 発 明 被 覆 ハ イ ス 歯 切 工 具

【表 2】

種別		基体 材質	硬質被覆層					齒車 加工数 (個)
			目標組成(原子比)				目標 層厚 (μm)	
			Al	Cr	Ti	Si		
比較被覆 ハイス 齒切工具	1	SKH51	0.75	－	0.24	0.01	1	20
	2	SKH51	0.24	0.75	－	0.01	2	25
	3	SKH51	0.47	－	0.50	0.03	7	35
	4	SKH51	0.42	0.52	－	0.06	5	40
	5	SKH55	0.43	0.49	－	0.08	3	22
	6	SKH55	0.53	－	0.40	0.07	8	30
	7	SKH55	0.20	0.60	－	0.20	17	25
	8	SKH55	0.15	－	0.80	0.05	15	30
	9	SKH51	0.45	－	0.48	0.07	2	22
	10	SKH51	0.35	0.55	－	0.10	6	40
	11	SKH51	0.55	－	0.40	0.05	8	35
	12	SKH51	0.45	0.40	－	0.15	8	35
	13	SKH55	0.20	0.75	－	0.05	3	20
	14	SKH55	0.05	－	0.94	0.01	13	25
	15	SKH55	0.30	0.55	－	0.15	8	33
	16	SKH55	0.35	－	0.63	0.02	9	28

【0031】

本発明被覆ハイス歯切工具 1～6 の硬質被覆層を構成する下地層、薄層 A および薄層 B、さらに、比較被覆ハイス歯切工具 1～16 の硬質被覆層の組成を、透過型電子顕微鏡を用いてのエネルギー分散型 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。

また、上記の硬質被覆層の各構成層の層厚を透過型電子顕微鏡により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。

【0032】

表 1，2 に示される結果から、本発明被覆ハイス歯切工具の硬質被覆層は、薄層 A と薄層 B の交互積層構造と、さらに下地層とで構成され、硬質被覆層がすぐれた高温硬さ、耐熱塑性変形性ととともに、すぐれた高温韌性、高温強度を兼ね備えたものであるため、高い

発熱を伴い、かつ、大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速歯切加工条件で行なった場合にも、チッピング・欠損の発生なく、すぐれた耐摩耗性を発揮するのに対して、硬質被覆層が単一相構造の (Al, Cr, Si) N 層、あるいは、(Al, Ti, Si) N 層からなる比較被覆ハイス歯切工具は、前記高速歯切加工条件では、特に韌性不足で欠損、チッピングが発生したり、あるいは、耐摩耗性が劣るため、比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

【実施例 3】

【0033】

原料粉末として、平均粒径：5.5 μm を有する中粗粒 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 3 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 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の昇温速度で 1370 ~ 1470 $^{\circ}\text{C}$ 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 8 mm、13 mm、および 26 mm の 3 種の超硬基体形成用丸棒焼結体を形成し、さらに前記の 3 種の丸棒焼結体から、研削加工にて、表 3 に示される組合せで、切刃部の直径×長さがそれぞれ 6 mm×13 mm、10 mm×22 mm、および 20 mm×45 mm の寸法、並びにいずれもねじれ角 30 度の 4 枚刃スクエア形状をもった WC 基超硬合金製の超硬エンドミル 1 ~ 11 をそれぞれ製造した。

【0034】

ついで、これらの超硬エンドミル 3、4、7、11 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 に示されるアーキイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 1 と同一の条件で、表 4 に示される目標組成および目標層厚の下部層と、同じく層厚方向に沿って表 4 に示される目標組成および目標層厚の薄層 A と薄層 B の交互積層からなる上部層を蒸着形成することにより、本発明表面被覆切削工具としての本発明表面被覆超硬製エンドミル（以下、本発明被覆超硬エンドミルと云う）1 ~ 4 を製造した。

【0035】

また、比較の目的で、上記の超硬エンドミル 1 ~ 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 2 に示されるアーキイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 1 と同一の条件で、同じく表 5 に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する硬質被覆層を蒸着することにより、比較表面被覆超硬製エンドミル（以下、比較被覆超硬エンドミルと云う）1 ~ 11 を製造した。

【0036】

(a) つぎに、上記本発明被覆超硬エンドミル 1 ~ 4 および比較被覆超硬エンドミル 1 ~ 11 のうち、

(a1) 本発明被覆超硬エンドミル 1、2 および比較被覆超硬エンドミル 1 ~ 4 については、

被削材—平面：100 mm×250 mm、厚さ：50 mm の寸法の JIS・SKD61 の板材、

切削速度：150 m/min、

溝深さ（切り込み）：1.0 mm、

テーブル送り：1000 mm/分、

の条件での、金型鋼の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は 120 m/min）を行い、

(a2) 本発明被覆超硬エンドミル 3 および比較被覆超硬エンドミル 5 ~ 8 については、

被削材—平面：100 mm×250 mm、厚さ：50 mm の寸法の JIS・SCM440 の板材、

10

20

30

40

50

切削速度： 160 m/min、
溝深さ（切り込み）： 1.0 mm、
テーブル送り： 1200 mm/分、
の条件での、合金鋼の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は100m/min.）
を行い、

（a3）本発明被覆超硬エンドミル4および比較被覆超硬エンドミル9～11については、

被削材－平面：100mm×250mm、厚さ：50mmの寸法のJIS・SKD11
の板材、

切削速度： 100 m/min、
溝深さ（切り込み）： 1.0 mm、
テーブル送り： 600 mm/分、
の条件での、冷間金型用鋼の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は50m/min.）
を行い、

上記（a1）～（a3）のいずれの溝切削加工試験でも、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0.1mmに至るまでの切削溝長を測定し、その測定結果を表
4、表5にそれぞれ示した。

【0037】

【表 3】

種別	基体 記号	配 合 組 成 (質 量 %)								切刃部の 直径×長さ (mm)
		Co	(Ti, W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr ₃ C ₂	VC	WC	
超硬エントール用原料粉末	イ	5	5	—	—	—	—	—	中粗粒:残	6×13
	ロ	6	—	1	0.5	—	—	—	微粒:残	6×13
	ハ	6	—	1	—	1	0.5	0.5	微粒:残	6×13
	ニ	8	—	—	—	—	0.5	0.5	微粒:残	10×22
	ホ	9	25	10	1	—	—	—	中粗粒:残	10×22
	ク	10	—	—	—	—	1	—	微粒:残	10×22
	ト	12	17	9	1	—	—	—	中粗粒:残	20×45
	チ	16	—	10	5	10	—	—	中粗粒:残	20×45

【表 4】

種別	基体 記号	硬質被覆層											上部層 合計 目標層厚 (μm)	切削 溝長 (m)	
		下部層			上部層・薄層A				上部層・薄層B						
		目標組成(原子比)			目標組成(原子比)			目標組成(原子比)			一層 目標層厚 (nm)				
Al	Ti	Si	Al	Cr	Si	Al	Ti	Si	一層 目標層厚 (nm)						
1	□	0.45	0.48	0.07	2	0.45	0.52	0.03	30	0.45	0.48	0.07	50	5	100
2	ハ	0.05	0.94	0.01	6	0.20	0.75	0.05	90	0.05	0.94	0.01	60	8	93
3	ホ	0.15	0.80	0.05	5	0.30	0.65	0.05	50	0.15	0.80	0.05	30	3	95
4	子	0.75	0.15	0.10	10	0.45	0.40	0.15	100	0.75	0.15	0.10	80	5	92
		本発明被覆超硬 エンドミル													

【表 5】

種別		基 体 記 号	硬質被覆層					切削 溝長 (m)
			目標組成(原子比)				目標 層厚 (μm)	
			Al	Cr	Ti	Si		
比較被覆超硬エンドミル	1	イ	0.47	－	0.50	0.03	1	28
	2	イ	0.35	0.55	－	0.10	2	35
	3	ロ	0.45	－	0.48	0.07	7	40
	4	ハ	0.05	－	0.94	0.01	14	32
	5	ニ	0.50	－	0.45	0.05	1.5	31
	6	ニ	0.42	0.52	－	0.06	5	38
	7	ホ	0.15	－	0.80	0.05	8	33
	8	ヘ	0.40	0.45	－	0.15	17	32
	9	ト	0.55	－	0.40	0.05	4	30
	10	ト	0.45	0.45	－	0.10	8	36
	11	チ	0.75	－	0.15	0.10	15	34

【実施例 4】

【0040】

直径が 8 mm、13 mm、および 26 mm の 3 種の寸法の高速度工具鋼（JIS・SKH55）素材を用意し、この素材から、機械加工にて、切刃部の直径×長さがそれぞれ 6 mm×13 mm、10 mm×22 mm、および 20 mm×45 mm の寸法、並びにいずれもねじれ角 30 度の 4 枚刃スクエア形状をもったハイスエンドミル 1～9 をそれぞれ製造した。

なお、ハイスエンドミル 1～3、4～6、7～9 の寸法・形状は、それぞれ、実施例 3 に記載の前記超硬エンドミル 1～4、5～8、9～11 のそれらと同じである。

【0041】

ついで、これらのハイスエンドミル 3、6、9 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 に示されるアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 1 と同一の条件で、表 6 に示される目標組成および目標層厚の下部層と、同じく層厚方向に沿って表 6 に示される目標組成および目標層厚の薄層 A と薄層 B の交互積層からなる上部層を蒸着形成することにより、本発明表面被覆切削工具としての本発明表面被覆ハイス製エンドミル（以下、本発明被覆ハイスエンドミルと云う）1～3 をそれぞれ製造した。

【0042】

また、比較の目的で、上記のハイスエンドミル 1～9 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 2 に示されるアーキオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 1 と同一の条件で、同じく表 7 に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する硬質被覆層を蒸着することにより、比較表面被覆ハイスエンドミル（以下、比較被覆ハイスエンドミルと云う）1～9 をそれぞれ製造した。

【0043】

（b）つぎに、本発明被覆ハイスエンドミル 1～3 および比較被覆ハイスエンドミル 1～9 のうち、

（b 1）本発明被覆ハイスエンドミル 1 および比較被覆ハイスエンドミル 1～3 については、

被削材－平面：100 mm×250 mm、厚さ：50 mm の寸法の J I S ・ S 5 5 C の 10
板材、

切削速度：60 m/min、

溝深さ（切り込み）：6 mm、

テーブル送り：400 mm/分、

の条件での、炭素鋼の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は、30 m/min。）
を行い、

（b 2）本発明被覆ハイスエンドミル 2 および比較被覆ハイスエンドミル 4～6 については、

被削材－平面：100 mm×250 mm、厚さ：50 mm の寸法の
J I S ・ S K D 6 1 の板材、 20

切削速度：50 m/min、

溝深さ（切り込み）：10 mm、

テーブル送り：400 mm/分、

の条件での、金型鋼の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は、25 m/min。）
を行い、

（b 3）本発明被覆ハイスエンドミル 3 および比較被覆ハイスエンドミル 7～9 については、

被削材－平面：100 mm×250 mm、厚さ：50 mm の寸法の J I S ・ S C M 4 4
0 の板材、

切削速度：50 m/min、 30

溝深さ（切り込み）：20 mm、

テーブル送り：350 mm/分、

の条件での、合金鋼の乾式高速溝切削加工試験（通常の切削速度は、25 m/min。）
を行い、

上記（b 1）～（b 3）のいずれの溝切削加工試験でも、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、その測定結果を表
6、表 7 にそれぞれ示した。

【0044】

【表 6】

種別	基体記号	硬質被覆層											切削 溝長 (m)	
		下部層				上部層・薄層A				上部層・薄層B				上部層 合計 目標層厚 (μm)
		目標組成(原子比)			目標組成(原子比)			目標組成(原子比)			一層 目標層厚 (nm)			
Al	Ti	Si	Al	Cr	Si	Al	Ti	Si	一層 目標層厚 (nm)	一層 目標層厚 (nm)				
1	ハ	0.15	0.80	0.05	0.30	0.65	0.05	0.30	0.15	0.80	0.05	90	3	25
		0.45	0.48	0.07	0.45	0.52	0.03	0.45	0.48	0.07	10	6	30	
		0.05	0.94	0.01	0.20	0.75	0.05	0.05	0.94	0.01	10	4	23	
本発明 ハード コート 用 合金														

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

【表 7】

種別		基体記号	硬質被覆層					切削溝長 (m)
			目標組成(原子比)				目標層厚 (μm)	
			Al	Cr	Ti	Si		
比較被覆ハイスエンドミル	1	イ	0.47	－	0.50	0.03	2	6
	2	ロ	0.35	0.55	－	0.10	6	10
	3	ハ	0.15	－	0.80	0.05	13	8
	4	ニ	0.35	－	0.63	0.02	7	5.5
	5	ホ	0.40	0.45	－	0.15	8	8
	6	ヘ	0.45	－	0.48	0.07	8	9.5
	7	ト	0.55	－	0.40	0.05	1	6
	8	ト	0.45	0.45	－	0.10	8	7.5
	9	チ	0.05	－	0.94	0.01	9	7

10

20

【 0 0 4 6 】

実施例 3 における本発明被覆超硬エンドミル 1～4、実施例 4 における本発明被覆ハイスエンドミル 1～3 硬質被覆層を構成する薄層 A および薄層 B の交互積層構造からなる上部層さらに下地層、さらに、比較被覆超硬エンドミル 1～11、比較被覆ハイスエンドミル 1～9 の硬質被覆層の組成を、透過型電子顕微鏡を用いてのエネルギー分散型 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。

また、上記の硬質被覆層の各構成層の層厚を透過型電子顕微鏡により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。

【 0 0 4 7 】

表 4～7 に示される結果から、本発明被覆超硬エンドミル、本発明被覆ハイスエンドミルの硬質被覆層は、薄層 A と薄層 B の交互積層構造と、さらに下地層とで構成され、硬質被覆層がすぐれた高温硬さ、耐熱塑性変形性ととともに、すぐれた高温韌性、高温強度を兼ね備えたものであるもので、高い発熱を伴い、かつ、大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速ミーリング加工でも、チップング・欠損の発生なく、すぐれた耐摩耗性を発揮するのに対して、硬質被覆層が単一相構造の (Al, Cr, Si) N 層、あるいは、(Al, Ti, Si) N 層からなる比較被覆超硬エンドミル、比較被覆ハイスエンドミルは、前記高速ミーリング加工条件では、特に韌性不足で欠損、チップングが発生したり、あるいは、耐摩耗性が劣るため、比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

30

40

【実施例 5】

【 0 0 4 8 】

上記の実施例 3 で製造した直径が 6 mm（超硬エンドミル用原料粉末の基体記号イ～ハ）、10 mm（超硬エンドミル用原料粉末の基体記号ニ～ヘ）、および 20 mm（超硬エ

50

ンドミル用原料粉末の基体記号ト、チ)の3種の丸棒焼結体を用い、この3種の丸棒焼結体から、研削加工にて、いずれもねじれ角30度の4枚刃形状をもち、かつ、溝形成部の直径×長さがそれぞれ4mm×13mmのWC基超硬合金製の超硬ドリル1～4、8mm×22mmのWC基超硬合金製の超硬ドリル5～8、および16mm×45mmのWC基超硬合金製の超硬ドリル9～11をそれぞれ製造した。

【0049】

ついで、これらの超硬ドリル3、4、7、11の切刃に、ホーニングを施し、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図1に示されるアーキオンプレティング装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、表8に示される目標組成および目標層厚の下部層と、同じく層厚方向に沿って表8に示される目標組成および目標層厚の薄層Aと薄層Bの交互積層からなる上部層を蒸着形成することにより、本発明表面被覆超硬製ドリル(以下、本発明被覆超硬ドリルと云う)1～4をそれぞれ製造した。

10

【0050】

また、比較の目的で、上記の超硬ドリル1～11の表面に、ホーニングを施し、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図2に示されるアーキオンプレティング装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、同じく表9に示される目標組成および目標層厚の単一相構造を有する硬質被覆層を蒸着することにより、比較表面被覆超硬製ドリル(以下、比較被覆超硬ドリルと云う)1～11をそれぞれ製造した。

【0051】

(c) つぎに、上記本発明被覆超硬ドリル1～4および比較被覆超硬ドリル1～11のうち、

20

(c1) 本発明被覆超硬ドリル1、2および比較被覆超硬ドリル1～4については、

被削材—平面：100mm×250、厚さ：50mmの寸法のJIS・SKD61の板材

切削速度： 50 m/min、

送り： 0.18 mm/rev、

穴深さ： 10 mm、

の条件での、熱間金型用合金工具鋼の湿式高速穴あけ切削加工試験(通常切削速度は、35m/min)を行い、

(c2) 本発明被覆超硬ドリル3および比較被覆超硬ドリル5～8については、

30

被削材—平面：100mm×250mm、厚さ：50mmの寸法のJIS・SCM440の板材、

切削速度： 85 m/min、

送り： 0.3 mm/rev、

穴深さ： 20 mm、

の条件での、クロムモリブデン鋼の湿式高速穴あけ切削加工試験(通常切削速度は、60m/min)を行い、

(c3) 本発明被覆超硬ドリル4および比較被覆超硬ドリル9～11については、

被削材—平面：100mm×250mm、厚さ：50mmの寸法のJIS・S55Cの板材、

40

切削速度： 110 m/min、

送り： 0.3 mm/rev、

穴深さ： 40 mm、

の条件での、機械構造用炭素鋼の湿式高速穴あけ切削加工試験(通常切削速度は、80m/min)を行い、

上記(c1)～(c3)のいずれの湿式高速穴あけ切削加工試験(水溶性切削油使用)でも、先端切刃面の逃げ面摩耗幅が0.3mmに至るまでの穴あけ加工数を測定し、その測定結果を表8、表9にそれぞれ示した。

【0052】

【表 8】

種別	基体記号	硬質被覆層												穴あけ加工数 (個)	
		下部層				上部層・薄層A				上部層・薄層B					上部層 合計 目標 層厚 (μm)
		目標組成(原子比)			目標 層厚 (μm)	目標組成(原子比)			一層 目標 層厚 (nm)	目標組成(原子比)			一層 目標 層厚 (nm)		
		Al	Ti	Si		Al	Cr	Si		Al	Ti	Si			
1	口	0.45	0.48	0.07	2	0.45	0.52	0.03	30	0.45	0.48	0.07	50	5	7500
2	ハ	0.05	0.94	0.01	6	0.20	0.75	0.05	90	0.05	0.94	0.01	60	8	6800
3	ホ	0.15	0.80	0.05	5	0.30	0.65	0.05	50	0.15	0.80	0.05	30	3	7300
4	チ	0.75	0.15	0.10	10	0.45	0.40	0.15	100	0.75	0.15	0.10	80	5	3000
		本発明被覆超硬ドリル													

【表 9】

種別		基 体 記 号	硬質被覆層					穴あけ 加工数 (個)
			目標組成(原子比)				目標 層厚 (μ m)	
			Al	Cr	Ti	Si		
比較被覆超硬ドリル	1	イ	0.47	－	0.50	0.03	1	3000
	2	イ	0.35	0.55	－	0.10	2	3700
	3	ロ	0.45	－	0.48	0.07	7	3800
	4	ハ	0.05	－	0.94	0.01	14	3200
	5	ニ	0.50	－	0.45	0.05	1.5	2800
	6	ニ	0.42	0.52	－	0.06	5	4100
	7	ホ	0.15	－	0.80	0.05	8	3500
	8	ヘ	0.40	0.45	－	0.15	17	3300
	9	ト	0.55	－	0.40	0.05	4	1100
	10	ト	0.45	0.45	－	0.10	8	1400
	11	チ	0.75	－	0.15	0.10	15	1200

【0054】

この結果得られた本発明被覆超硬ドリル1～4の硬質被覆層を構成する薄層Aおよび薄層Bの交互積層構造からなる上部層とさらに下地層、および比較被覆超硬ドリル1～11の硬質被覆層の組成を、透過型電子顕微鏡を用いてのエネルギー分散型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。

また、上記の硬質被覆層の各構成層の層厚を透過型電子顕微鏡により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。

【0055】

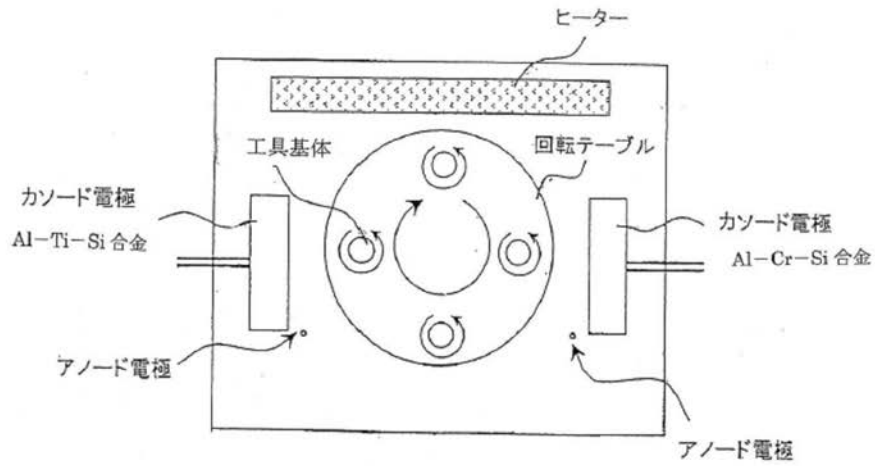
表8、表9に示される結果から、本発明被覆超硬ドリルの硬質被覆層は、薄層Aと薄層Bの交互積層構造と、さらに下地層とで構成され、硬質被覆層がすぐれた高温硬さ、耐熱塑性変形性ととともに、すぐれた高温韌性、高温強度を兼ね備えたものであるもので、高い発熱を伴い、かつ、大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速ドリル加工でも、チップング・欠損の発生なく、すぐれた耐摩耗性を発揮するのに対して、硬質被覆層が単一相構造の（Al, Cr, Si）N層、あるいは、（Al, Ti, Si）N層からなる比較被覆超硬ドリルは、前記高速ドリル加工条件では、特に韌性不足で欠損、チップングが発生したり、あるいは、耐摩耗性が劣るため、比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

【0056】

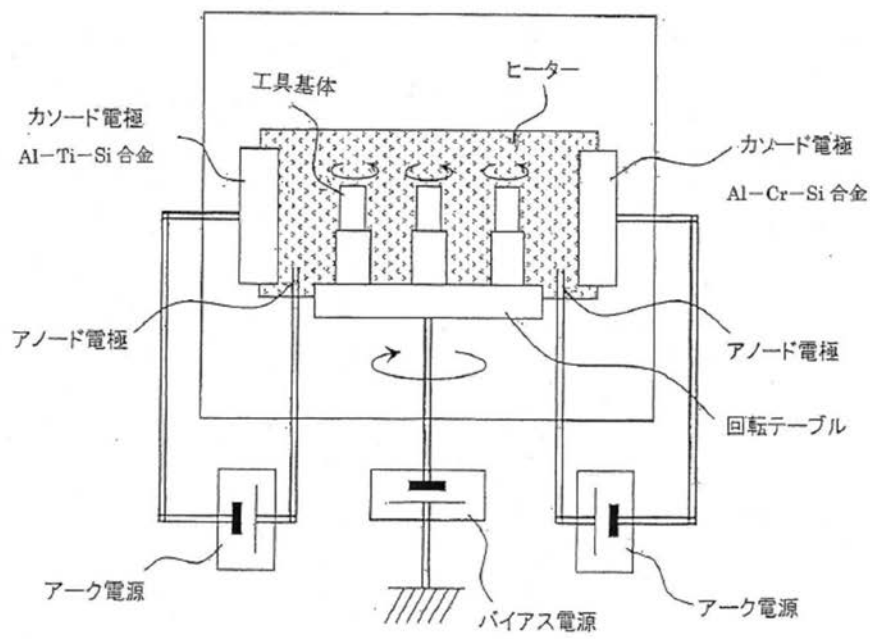
上記実施例1～実施例5からも明らかなように、この発明の表面被覆切削工具（例えば、本発明被覆ハイス歯切工具、本発明被覆超硬エンドミル、本発明被覆ハイスエンドミル

、本発明被覆超硬ドリル）は、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、特に高い発熱を伴い、かつ、大きな衝撃的・機械的負荷がかかる高速歯切加工、高速ミーリング加工、高速ドリル加工でも、すぐれた耐欠損性、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、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】

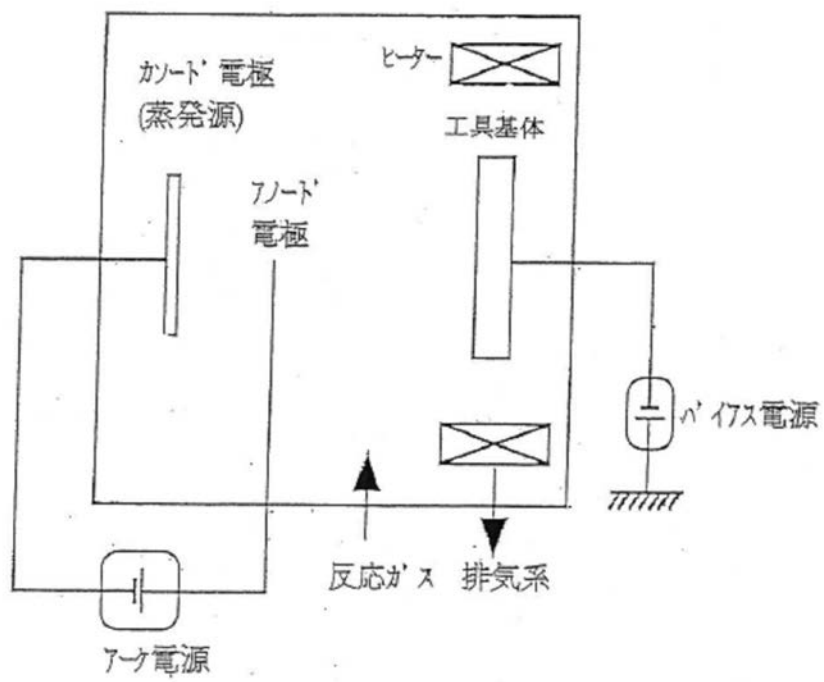


(a)

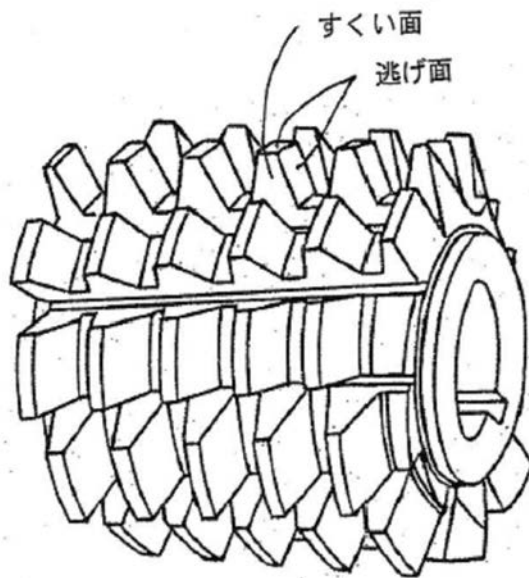


(b)

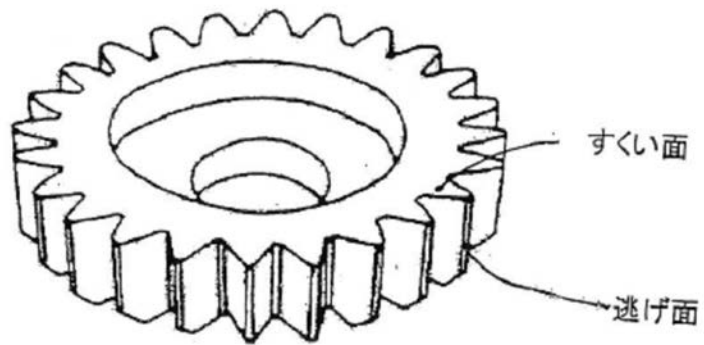
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 森川 正宣

兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179番地1 三菱マテリアル株式会社明石製作所内

(72)発明者 松岡 勇樹

兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179番地1 三菱マテリアル株式会社明石製作所内

(72)発明者 一宮 夏樹

兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179番地1 三菱マテリアル株式会社明石製作所内

Fターム(参考) 3C025 FF03

3C046 FF09 FF10 FF13 FF16