

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2025-513252

(P2025-513252A)

(43)公表日 令和7年4月24日(2025.4.24)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 B 27/14 (2006.01)	B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 4 6
C 2 3 C 14/06 (2006.01)	C 2 3 C 14/06	A 4 K 0 2 9
C 2 3 C 26/00 (2006.01)	C 2 3 C 26/00	D 4 K 0 4 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全23頁)

(21)出願番号	特願2024-560843(P2024-560843)	(71)出願人	506297474 ヴァルター アーゲー
(86)(22)出願日	令和5年4月20日(2023.4.20)		ドイツ連邦共和国 デー・7 2 0 7 2 テュービンゲン デーレンディンガー シュトラーセ 5 3
(85)翻訳文提出日	令和6年12月9日(2024.12.9)	(74)代理人	110002077 園田・小林弁理士法人
(86)国際出願番号	PCT/EP2023/060313	(72)発明者	シーア, ファイト ドイツ国 7 2 0 7 2 テュービンゲン, デーレンディンガー シュトラーセ 5 3
(87)国際公開番号	WO2023/203147	(72)発明者	エンゲルハート, ヴォルフガング ドイツ国 7 2 0 7 2 テュービンゲン, デーレンディンガー シュトラーセ 5 3
(87)国際公開日	令和5年10月26日(2023.10.26)	F ターム(参考)	3C046 FF10 FF11 FF19 FF25 4K029 AA02 AA21 BA03 BA17
(31)優先権主張番号	22169222.1		最終頁に続く
(32)優先日	令和4年4月21日(2022.4.21)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV)		

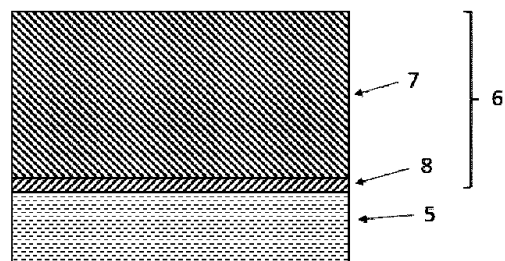
(54)【発明の名称】 被覆切削工具

(57)【要約】

本発明は、基材(5)およびコーティング(6)を含む被覆切削工具(1)であって、コーティング(6)が、平均組成 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ 、 $0.50 < x < 0.60$ 、 $0.03 < y < 0.08$ を有する(Ti、Al、Si)Nの0.5~15 μmのモノリシック層(7)を含み、(Ti、Al、Si)Nの層(7)が柱状結晶粒(9)の構造を有し、(Ti、Al、Si)Nの層(7)が2つの異なる立方相を含み、一方の立方相が柱状結晶粒(9)内に存在し、一方の立方相が柱状結晶粒(9)間に位置する粒界相(10)であり、(Ti、Al、Si)Nの層(7)が425 GPa以上の平面歪み弾性率を有する、被覆切削工具(1)に関する。

【選択図】図2

FIG. 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材 (5) およびコーティング (6) を含む被覆切削工具 (1) であって、コーティング (6) が、平均組成 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ 、 $0.50 \leq x \leq 0.60$ 、 $0.03 \leq y \leq 0.08$ を有する (Ti 、 Al 、 Si) N の $0.5 \sim 15 \mu m$ のモノリシック層 (7) を含み、(Ti 、 Al 、 Si) N の層 (7) が柱状結晶粒 (9) の構造を有し、(Ti 、 Al 、 Si) N の層 (7) が 2 つの異なる立方相を含み、一方の立方相が柱状結晶粒 (9) 内に存在し、一方の立方相が柱状結晶粒 (9) 間に位置する粒界相 (10) であり、(Ti 、 Al 、 Si) N の層 (7) が $425 GPa$ 以上の平面歪み弾性率を有する、被覆切削工具 (1)。

10

【請求項 2】

$Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ において、 $0.52 \leq x \leq 0.58$ および $0.03 \leq y \leq 0.07$ である、請求項 1 に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 3】

粒界相 (10) が、平均組成 $Ti_{1-z-v}Al_zSi_vN$ 、 $0.40 \leq z \leq 0.55$ および $0.06 \leq v \leq 0.13$ を有する、請求項 1 または 2 に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 4】

$v > y$ である、請求項 3 に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 5】

柱状結晶粒 (9) 間の粒界相 (10) の平均厚さが $0.5 \sim 10 nm$ である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

20

【請求項 6】

(Ti 、 Al 、 Si) N 層 (7) が、柱状結晶粒 (9) および粒界相 (10) を貫通する格子面を含む、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 7】

(Ti 、 Al 、 Si) N 層 (7) が $5 W/mK$ 以下の熱伝導率を有する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 8】

(Ti 、 Al 、 Si) N 層 (7) が、 $1.5 \sim 6 GPa$ の残留圧縮応力を有する、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

30

【請求項 9】

元素の周期表の第 4 族、第 5 族または第 6 族に属する 1 つ以上の元素の窒化物、または元素の周期表の第 4 族、第 5 族または第 6 族に属する 1 つ以上の元素と共に Al の窒化物のコーティングの最内層 (8) が、基材上に直接存在し、最内層 (8) の厚さが $5 nm \sim 2 \mu m$ である、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 10】

(Ti 、 Al 、 Si) N 層 (7) が、 $3500 HV$ ($15 mN$ 荷重) 以上のビッカース硬度を有する、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 11】

(Ti 、 Al 、 Si) N 層 (7) が、 $425 \sim 540 GPa$ の平面歪み弾性率を有する、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

40

【請求項 12】

(Ti 、 Al 、 Si) N 層 (7) の厚さが、 $0.5 \sim 10 \mu m$ である、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 13】

基材 (5) が、超硬合金、サーメット、立方晶窒化ホウ素 (cBN)、セラミック、多結晶ダイヤモンド (PCD) および高速度鋼 (HSS) から選択される、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の被覆切削工具 (1)。

【請求項 14】

50

インサート、ドリルまたはエンドミルの形態である、請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の被覆切削工具（1）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、(Ti、Al、Si)N層を含むコーティングを有する金属加工用の被覆切削工具に関する。

【背景技術】

【0002】

より長く持続し、より高い切削速度および/または他のますます要求の厳しい切削作業に耐えるように、金属加工用の切削工具を改善することが継続的に望まれている。 10

【0003】

一般に、金属加工用の切削工具は、超硬合金、立方晶窒化ホウ素、またはサーメットなどの硬質材料の基材、および基材の表面に堆積された耐摩耗性コーティングを含む。耐摩耗性コーティングは、通常、化学蒸着(CVD)または物理蒸着(PVD)のいずれかによって堆積される。

【0004】

コーティングは、理想的には高い硬度を有するべきであるが、同時に、可能な限り厳しい切削条件に耐えるために十分な靱性を有するべきである。

【0005】

金属切削工具用のコーティングはまた、理想的には、コーティングの耐熱性に相関するので、低い熱伝導率を有するべきである。 20

【0006】

PVDの異なる方法があり、それらは堆積したコーティングの異なる特性を与える。

【0007】

カソードアークエバポレーションは、電気アークを使用してカソードターゲットから材料を気化させる。次いで、気化した材料またはその化合物は、基材上で凝縮される。カソードアークエバポレーションは、高い堆積速度という利点を有するが、ターゲット材料の液滴などの欠点がコーティング中および表面上に含まれる。これにより、コーティングにおける脆弱性、および比較的粗い表面が生じる可能性がある。多くの金属切断用途では、堆積した耐摩耗性コーティングの滑らかな表面が有益である。 30

【0008】

反応性スパッタリングは、PVDの第2の方法である。この方法では、ターゲット材料に衝突させられるイオン化不活性ガスのプラズマが生じる。ターゲット材料からの原子は、反応性ガス、例えば窒素の存在下で基材に向かって放出および加速される。液滴形成に問題がないため、一般的に表面が平滑なコーティングが得られる。しかしながら、高い金属イオン化を得ることは非常に困難である。また、スパッタリングは非常に遅い堆積プロセスである。

【0009】

高出力インパルスマグネトロンスパッタリング(HIPIMS)は、様々なプロセスパラメータ、特にパルスオンタイムと組み合わせて、および高バイアス電圧を使用して、使用される電力レベル(平均電力、ピークパルス電力)において大きな柔軟性を可能にする特別な種類のスパッタリングである。HIPIMSは、高い金属イオン化を可能にし、高品質のコーティングが提供されることを可能にし、金属イオン化のレベルを制御することによって、非常に特殊なコーティングが生成され得る。 40

【0010】

厳しい切削条件では、コーティングの耐熱性が特に重要である。本明細書では、熱抵抗とは、コーティングの低い熱伝導率を意味し、これにより、基材に損傷を与えている過剰な熱から切削工具体を保護する。コーティングの熱保護性が高いほど、被覆切削工具の耐摩耗性が向上する。より良好な耐摩耗性は、より長い工具寿命を意味する。 50

【0011】

PVD (Ti、Al)Nコーティングは、切削工具における耐摩耗性コーティングとして一般的に使用されている。

【0012】

一般に、Al含有量が増加すると(Ti、Al)Nコーティングの酸化安定性が良好になるため、十分に高いAl含有量が望ましい。また、Al含有量を増加させることにより、熱間硬度が増加する。しかしながら、高い硬度および高い平面歪み弾性率を提供するために、立方晶構造が依然として望まれている。

【0013】

コーティングの高温安定性は、(Ti、Al、Si)Nコーティングを提供する(Ti、Al)N内にSiを含めることによって改善されることが知られている。 10

【0014】

しかしながら、(Ti、Al、Si)Nの欠点は、既に金属元素の中程度のAl含有量で、金属元素のほんの数%の量のSiと共に、アモルファス粒界相などの六方晶またはアモルファスであるさらなる構造が形成され得ることである。六方晶相は、アモルファス相と同様に、不十分な硬度および不十分な平面歪み弾性率などの不良な機械的特性の一因である。

【0015】

したがって、Siの利益を享受することができる比較的高いAl含有量を有する(Ti、Al、Si)Nコーティングであって、優れた機械的特性および熱安定性を有する(Ti、Al、Si)Nコーティングを提供することが望ましい。 20

【0016】

本発明の目的は、先行技術の被覆切削工具よりも改善された工具寿命を有する(Ti、Al、Si)Nの層を含む被覆切削工具を提供することである。

本発明

【0017】

ここで、基材およびコーティングを含む被覆切削工具が提供されており、コーティングは、平均組成 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ 、 $0.50 \leq x \leq 0.60$ 、 $0.03 \leq y \leq 0.08$ を有する(Ti、Al、Si)Nの $0.5 \sim 1.5 \mu m$ のモノリシック層を含み、(Ti、Al、Si)Nの層は柱状結晶粒の構造を有し、(Ti、Al、Si)Nの層は2つの異なる立方相を含み、一方の立方相は柱状結晶粒内に存在し、一方の立方相は柱状結晶粒間に位置する粒界相であり、(Ti、Al、Si)Nの層は $425 GPa$ 以上の平面歪み弾性率を有する。 30

【0018】

$Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ において、好適には、 $0.52 \leq x \leq 0.58$ である。

【0019】

$Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ において、好適には、 $0.03 \leq y \leq 0.07$ 、好ましくは、 $0.04 \leq y \leq 0.06$ である。

【0020】

好ましい実施形態では、 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ において、 $0.52 \leq x \leq 0.58$ および $0.03 \leq y \leq 0.07$ である。 40

【0021】

最も好ましい実施形態では、 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ において、 $0.52 \leq x \leq 0.58$ および $0.04 \leq y \leq 0.06$ である。

【0022】

本開示の(Ti、Al、Si)Nの層はモノリシックであり、すなわち、多層(Ti、Al、Si)N層とは対照的に、(Ti、Al、Si)N層全体にわたってその特性およびその元素含有量が実質的に均一である。 50

【0023】

$Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ におけるアルミニウム含有量 x が0.50未満である場合、酸化安定性および高温硬度が不十分であり、金属切削の性能が低下する。一方、 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ におけるアルミニウム含有量 x が0.60より高い場合、(Ti、Al、Si)N層内に六方晶相が導入され、金属切削の性能を低下させるより低い硬度およびより低い平面歪み弾性率などのより悪い機械的特性をもたらすリスクがある。

【0024】

$Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ 中のケイ素含有量 y が0.03未満である場合、金属切削の性能を低下させる粒界相が存在しないか、または不十分な量である。一方、 $Ti_{1-x-y}Al_xSi_yN$ におけるケイ素含有量 y が0.08より高い場合、(Ti、Al、Si)N層内に六方晶相が導入され、金属切削の性能を低下させるより低い硬度およびより低い平面歪み弾性率などのより悪い機械的特性をもたらすリスクがある。

10

【0025】

(Ti、Al、Si)N層に存在する1つまたは複数の結晶構造の決定は、X線回折分析、あるいはTEM分析によって適切になされる。

【0026】

X線回折分析における回折ピークのFWHM(半値幅)は、(Ti、Al、Si)N層の結晶化度と結晶子の粒径の両方に依存する。FWHM値が小さいほど、結晶化度が高く、および/または粒径が大きい。

【0027】

一実施形態では、(Ti、Al、Si)N層は立方晶構造を含み、Cu κ -アルファ照射を使用したX線回折において、シータ-2シータスキャンにおける立方(200)ピークのFWHM(半値幅)は、0.4~1.5度2シータ、好ましくは0.5~1.0度2シータである。

20

【0028】

(Ti、Al、Si)N層におけるそれ自体の結晶化度は、X線回折分析におけるピーク対バックグラウンド比によって測定されるように表すことができる。低い結晶化度では、シータ-2シータスキャンにおけるある特定の結晶構造からのすべての(hkl)ピークの回折強度は低く、したがってバックグラウンド強度との関係は低い。以下の式を使用することができる：ある特定の結晶構造のシータ-2シータスキャンにおける最高ピーク I_{max} の強度から、ピークの2シータ位置におけるバックグラウンドの強度 $I_{background}$ を減算し、ピークの2シータ位置におけるバックグラウンドの強度 $I_{background}$ で除算する、すなわち、

30

ピーク対バックグラウンド比 = $(I_{max} - I_{background}) / I_{background}$ 。

【0029】

結晶構造は異なる好ましい結晶学的配向のものであってもよく、結晶構造中の異なる(hkl)ピークの強度間の変化し得るので、結晶構造の最高ピークを式中の I_{max} として使用する。

【0030】

本発明の(Ti、Al、Si)N層では、立方(200)ピークは、一実施形態では、X線回折シータ-2シータスキャンにおいて最も高い強度を示す立方ピークの1つである。

40

【0031】

一実施形態では、(Ti、Al、Si)N層は、3以上、好ましくは4以上の立方(200)ピークに関するCu κ -アルファ照射を使用するX線回折分析におけるピーク対バックグラウンド比を有する。(Ti、Al、Si)N層の立方(200)ピークに関するCu κ -アルファ照射を使用するX線回折分析におけるピーク対バックグラウンド比は、適切には1.5以下、好ましくは1.2以下の下限のいずれか1つの組合せである。

【0032】

50

(Ti、Al、Si)Nの層における柱状結晶粒は、単相立方晶構造が好適である。

【0033】

粒界相は、適切には $0.40 \leq z \leq 0.55$ 、好ましくは $0.43 \leq z \leq 0.52$ 、適切には $0.06 \leq v \leq 0.13$ 、好ましくは $0.07 \leq v \leq 0.12$ の平均組成 $Ti_{1-z-v}Al_zSi_vN$ を有する。

【0034】

一実施形態では、 $v > y$ である。

【0035】

一実施形態では、 v/y は > 1 であるが 3.5 であるか、または v/y は 1.2 であるが 3 であるか、または v/y は 1.5 であるが 2.5 である。

10

【0036】

一実施形態では、 x/z は 1 であるが 1.5 であるか、または x/z は 1.1 であるが 1.3 である。

【0037】

一実施形態では、柱状結晶粒間の粒界相の平均厚さは、 $0.5 \sim 10$ nm、適切には $1 \sim 5$ nmである。

【0038】

一実施形態では、(Ti、Al、Si)N層は、柱状結晶粒および粒界相を貫通する格子面を含む。

【0039】

立方相が柱状結晶粒内に存在し、立方相が粒界相であることに加えて、六方晶相またはアモルファス相などの少量の別の相が(Ti、Al、Si)Nの層内に存在してもよい。そのような相は、約 $30 \sim 40$ 度 2θ の範囲をカバーする $2\theta - 2\theta$ X線回折において小さく広い回折ピークを与える。このピークにCu K α 照射を使用するX線回折分析におけるピーク対バックグラウンド比は、適切には 0.25 、好ましくは 0.2 、最も好ましくは 0.15 である。

20

【0040】

一実施形態では、(Ti、Al、Si)N層は、 5 W/mK、好ましくは $2 \sim 4$ W/mKの熱伝導率を有する。切削工具上の耐摩耗性コーティングでは、低熱伝導率は、工具基材上の切削プロセスからの熱負荷を可能な限り低く保つのに有益である。

30

【0041】

一実施形態では、(Ti、Al、Si)N層は、 $1.5 \sim 6$ GPa、好ましくは $2 \sim 4$ GPaの残留圧縮応力を有する。残留圧縮応力が低すぎると、コーティングの靱性が不十分になる可能性がある。一方、残留圧縮応力が高すぎる場合、コーティングのフレーキングが発生する可能性がある。

【0042】

一実施形態では、元素の周期表の第4族、第5族または第6族に属する1つ以上の元素の窒化物、または元素の周期表の第4族、第5族または第6族に属する1つ以上の元素と共にAlの窒化物のコーティングの最内層が、基材上に直接存在する。この最内層は、基材に対する結合層として作用し、基材に対するコーティング全体の接着性を高める。そのような結合層は当技術分野で一般的に使用され、当業者は適切なものを選択するであろう。この最内層の好ましい代替物は、TiNまたは(Ti、Al)Nである。この最内層の厚さは、様々であってもよく、例えば切削工具の種類に依存し、すなわち、コーティングされたインサートは、コーティングされたドリルとは別の最適な最内層の厚さを有してもよい。この最内層の厚さは、好適には $2 \mu\text{m}$ 未満である。この最内層の厚さは、一実施形態では $5 \text{ nm} \sim 2 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \text{ nm} \sim 1 \mu\text{m}$ である。コーティングへのCo拡散の障壁として機能する最内層を有する必要もあり得るので、厚さは少なくとも 50 nm である必要がある。Si含有窒化物層は、他のほとんどの金属窒化物層よりもCoを引き付けることが知られている。したがって、さらなる実施形態では、この最内層は、 $50 \text{ nm} \sim 2 \mu\text{m}$ 、好ましくは $100 \text{ nm} \sim 1 \mu\text{m}$ である。

40

50

【0043】

一実施形態では、(Ti、Al、Si)N層は、3500HV(15mN負荷)以上、好ましくは3500HVから3800HV(15mN負荷)のビッカース硬さを有する。

【0044】

(Ti、Al、Si)N層は、適切には425~540GPa、好ましくは450~530GPaの平面歪み弾性率を有する。

【0045】

(Ti、Al、Si)N層の厚さは、適切には0.5~10 μ m、好ましくは1~6 μ mである。

【0046】

(Ti、Al、Si)N層の厚さが0.5 μ m未満である場合、金属切削における(Ti、Al、Si)N層の効果が不十分である。一方、(Ti、Al、Si)N層の厚さが15 μ mを超えると、コーティングのフレーク化により金属切削の性能が低下するリスクがある。

【0047】

被覆切削工具の基材は、金属加工用の切削工具の分野で一般的な任意の種類のものであり得る。基材は、超硬合金、サーメット、立方晶窒化ホウ素(cBN)、セラミック、多結晶ダイヤモンド(PCD)および高速度鋼(HSS)から適切に選択される。

【0048】

好ましい一実施形態では、基材は超硬合金である。

【0049】

被覆切削工具は、好適には、少なくとも1つのすくい面、少なくとも1つの逃げ面、およびその間の刃先を有する。

【0050】

被覆切削工具は、好適にはインサート、ドリルまたはエンドミルの形態である。

【0051】

本発明による(Ti、Al、Si)N層は、適切にはスパッタリングによって堆積された層であり、好ましくは高出力インパルスマグネトロンスパッタリング(HIPIMS)堆積層である。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】 転削インサートである切削工具の一実施形態の概略図を示す。

【図2】 基材およびコーティングを示す、本発明の被覆切削工具の一実施形態の断面の概略図を示す。

【図3】 試料1(本発明)の暗視野TEM画像を示し、暗い領域が柱状結晶粒間に見られるように視覚化された粒界相を示す。

【図4】 高分解能TEM(HR-TEM)暗視野画像を示し、柱状結晶粒およびより暗い粒界相を横切る格子面が見える。

【図5】 堆積させた状態の、および950 $^{\circ}$ Cで熱処理した後の試料1(本発明)の(Ti、Al、Si)N層のシート-2シートスキャンからのX線回折図を示す。

【図6】 堆積させた状態の、および950 $^{\circ}$ Cで熱処理した後の試料2(本発明)の(Ti、Al、Si)N層のシート-2シートスキャンからのX線回折図を示す。

【図7】 堆積させた状態の、および950 $^{\circ}$ Cで熱処理した後の試料3(比較)の(Ti、Al、Si)N層のシート-2シートスキャンからのX線回折図を示す。

【図8】 堆積させた状態の試料4(比較)の(Ti、Al、Si)N層のシート-2シートスキャンからのX線回折図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0053】

図1は、すくい面(2)、逃げ面(3)、および刃先(4)を有する切削工具(1)の一実施形態の概略図を示す。切削工具(1)は、この実施形態では転削インサートである

10

20

30

40

50

。図2は、基材本体(5)およびコーティング(6)を有する本発明の被覆切削工具のある実施形態の断面の概略図を示す。コーティング(6)は、第1の薄い(Ti、Al)N最内層(8)と、それに続く(Ti、Al、Si)N層(7)とからなる。

【0054】

図3は、試料1(本発明)の暗視野TEM画像を示す。明領域(9)および暗領域(10)が異なる元素組成を示す構造が見られる。明領域(9)は柱状結晶粒であり、暗領域(10)は粒界相である。

【0055】

図4は、(Ti、Al、Si)N層のある実施形態の断面の高分解能透過型電子顕微鏡(HR-TEM)画像を示す。明領域(9)は柱状結晶粒であり、暗領域(10)は粒界相である。分析された(Ti、Al、Si)N層全体の結晶構造からストライプのパターンが見られ、したがって、格子面は柱状結晶粒(9)および粒界相(10)を横切っている。

方法

X線回折：

【0056】

X線回折パターンは、Panalytical(Empyrean)製の回折計のグレーシング入射モード(GIXRD)によって取得した。線焦点を有するCu-K α 照射を分析に使用した(高圧40kV、電流40mA)。入射ビームは、平行X線ビームを生じるX線ミラーに加えて、2mmのマスクおよび1/8 $^\circ$ の発散スリットによって規定された。横方向の広がりは、Sollerスリット(0.04 $^\circ$)によって制御された。回折ビーム経路には、比例カウンタ(OD検出器)と組み合わせた0,18 $^\circ$ 平行プレートコリメータを使用した。測定は、かすめ入射モード(オメガ=1 $^\circ$)で行った。2シータ範囲は、0.03 $^\circ$ の工程サイズおよび10秒のカウント時間で約20~80 $^\circ$ であった。ピーク分析は、PANalytical B.V.のソフトウェアHighScoreを使用して行った。

TEM分析：

【0057】

透過型電子顕微鏡データ(選択領域回折パターンおよび暗視野画像)は、透過型電子顕微鏡Joel ARM200Fによって取得した。分析には、300kVの高圧を使用した。

【0058】

本明細書において電子回折実験を参照する場合、これらは、平行照明を用いて行われたTEM測定である。目的の領域は、選択された領域開口部で選択された。

【0059】

TEM試料の調製には、FIB(集束イオンビーム)リフトアウトを使用した。最終研磨のために、Gaイオンビームを約5kVの低電圧で約200~500pAの低電流に調整した。

【0060】

コーティングの断面を、コーティングの表面に対して垂直に分析した。

【0061】

粒界相の厚さの分析は、交線に沿ったTEM画像の輝度の変化を決定することにより画像解析により行うことができる。粒界相は画像中で暗いので、厚さを決定することができる。十分な長さおよび/または交差する線の数、粒界相厚の信頼できる平均値を提供するように描かれる。好適には、少なくとも20個の粒界が交差し、平均値が計算される。

元素含有量：

【0062】

なお、コーティング中の金属元素、窒素およびアルゴンの含有量は、FIBにより調製試料の断面について、エネルギー分散型X線分光法(EDX)を用いる走査透過型電子顕微鏡法(STEM)によって測定することができる。本開示内の分析において使用される

10

20

30

40

50

TEM画像化およびEDX分析では、電界放出銃、二次電子検出器、およびOxford Instruments製のSi(Li)エネルギー分散型X線(EDX)検出器を備えたJeol ARM System機器を使用した。例えば粒界などの探査に十分に小さいスポットサイズを使用するか、またはSTEMモードを使用してコーティング内の距離にわたる元素マッピングを得る。

残留応力

【0063】

残留応力は、 \sin^2 法(M. E. Fitzpatrick, A. T. Fry, P. Holdway, F. A. Kandil, J. Shackleton and L. Suominen - A Measurement Good Practice Guide No. 52; "Determination of Residual Stresses by X-ray Diffraction - Issue 2", 2005を参照されたい)を使用するXRDによって測定した。

10

【0064】

側方傾斜法(φ-ジオメトリ)は、選択された \sin^2 範囲内で等距離にある8つの角度で使用されている。90°のセクタ内の角度の等距離分布が好ましい。残留応力値の計算には、ポアソン比=0.20およびヤング率 $E=450\text{ GPa}$ を適用した。(Ti, Al, Si)N層上の測定では、Pseudo-Voigt-Fit関数による(Ti, Al, Si)Nの(200)反射の位置を特定する市販のソフトウェア(Rayfle Xバージョン2.503)を使用してデータを評価した。コーティング自体の上にさらに堆積された層を有するコーティングの層の残留応力の測定では、コーティング材料は、測定される層の上で除去される。残りの(Ti, Al, Si)N多層材料内の残留応力を著しく変化させない材料の除去方法を選択し適用するように注意しなければならない。堆積したコーティング材料を除去するための適切な方法は研磨であってもよいが、微粒子研磨剤を使用する穏やかでゆっくりとした研磨が適用されるべきである。粗粒研磨剤を使用する強力な研磨は、当技術分野で知られているように、圧縮残留応力をむしろ増加させる。堆積したコーティング材料を除去するための他の適切な方法は、イオンエッチングおよびレーザーアブレーションである。

20

熱伝導率

【0065】

本発明において作製されたコーティングの熱伝導率は、以下の特性を有する時間領域サーモリフレクタンス(TDTR)法を使用した：

30

【0066】

1. レーザパルス(Pump)を使用して、試料を局所的に加熱する。

【0067】

2. 熱伝導率および熱容量に応じて、熱エネルギーは試料表面から基材に向かって伝達される。表面の温度は時間とともに低下する。

【0068】

3. 反射されるレーザーの部分は、表面温度に依存する。第2のレーザーパルス(プローブパルス)は、表面の温度低下を測定するために使用される。

40

【0069】

4. 数学的モデルを使用することにより、熱伝導率は、試料の熱容量値も使用して計算することができる。(D. G. Cahill, Rev. Sci. Instr. 75, 5119 (2004))が参照される。

【0070】

試料は、測定前に鏡面状に研磨されるべきである。

ピッカース硬度：

【0071】

ピッカース硬度は、Helmut Fischer GmbH, Sindelfingen, GermanyのPicodentor HM500を使用してナノインデンター

50

ション（荷重 - 深さグラフ）によって測定した。測定および計算のために、Oliver およびPharr 評価アルゴリズムを適用し、ピッカースによるダイヤモンド試験体を層内に押し込み、測定中に力 - 経路曲線を記録した。使用した最大荷重は15 mN（HV 0.0015）、荷重増加および荷重減少の時間はそれぞれ20秒、保持時間（クリープ時間）は10秒であった。この曲線から硬度を算出した。

平面歪み弾性率：

【0072】

コーティング試料の弾性特性は、Oliver およびPharr 法によるナノインデンテーションによって誘導されるいわゆる平面歪み弾性率 E_{ps} によって特徴付けた。ナノインデンテーションのデータは、上記のピッカース硬度について記載したように、インデンテーションから得た。

10

厚さ：

【0073】

コーティング層の厚さは、カロット粉碎によって決定した。これにより、ドーム状凹部の研削には直径30mmの鋼球を使用し、さらにリング径を測定し、そこから層厚を算出した。切削工具のすくい面（RF）の層厚の測定は、コーナから2000 μm の距離で行い、逃げ面（FF）の測定は、研磨された試験試料の逃げ面の中央で行った。

【実施例】

【0074】

実施例1（本発明）：

20

組成 $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}$ を有する3つのターゲットを使用して、(Ti、Al)N の開始層をWC - Co系基材上に堆積させた。次に、組成 $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.55}\text{Si}_{0.06}$ を有する3つのターゲットを使用して(Ti、Al、Si)N層をさらに堆積させた。WC - Co系基材は、幾何形状ADMT 160608R - F56、ROHX1204M0 - D67の転削インサート、ならびにS3p技術を使用するOerlikon Balzers Ingenia装置においてHIPIMSモードを使用するフラットインサートである切削工具であった（コーティングの分析を容易にするための）。基材は、8重量%のCoおよび残部WCの組成を有した。

【0075】

コーティングされていないインサートブランクを取り付け、コーティングの堆積中にPVDチャンバ内で回転させた。

30

【0076】

堆積プロセスは、以下のプロセスパラメータを使用してHIPIMSモードで実行した。

【0077】

(Ti、Al)Nの開始層：

ターゲット材料： $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}$ （3つのターゲット）

ターゲットサイズ：円形、直径160mm

厚さ：12mm

ターゲット当たりの平均電力：9.06kW

40

ピークパルス電力：60kW

パルスオンタイム：7.56ms

温度：430°C

全圧：0.6Pa (N₂ + Ar)

アルゴン圧：0.42Pa

バイアス電位：-40V

繰り返しパルス数

1サイクル当たり：1

【0078】

約200nmの層厚を堆積させた。

50

【0079】

(Ti、Al、Si)Nの層：

ターゲット材料： $Ti_{0.40}Al_{0.54}Si_{0.06}$

ターゲットサイズ：円形、直径160mm

厚さ：12mm

ターゲット当たりの平均電力：4.8kW

ピークパルス電力：60kW

パルスオンタイム：4ms

温度：430°C

全圧：0.6Pa

アルゴン圧：0.42Pa

バイアス電位：-40V

繰り返しパルス数

1サイクル当たり：1

【0080】

インサートの逃げ面で測定した場合、約2.5μmの厚さを有する(Ti、Al、Si)N層を転削インサート上に堆積させた。

【0081】

提供される被覆切削工具は、「試料1(本発明)」と呼ばれる。

実施例2(本発明)：

【0082】

(Ti、Al、Si)N層に堆積させるためのプロセスで使用されるターゲット材料が $Ti_{0.40}Al_{0.54}Si_{0.06}$ の代わりに $Ti_{0.40}Al_{0.56}Si_{0.04}$ であったことを除いて、例1に記載したのと同じ方法で本発明内のさらなる試料を作製した。

【0083】

WC-Co系基材は、フラットインサートである切削工具であった(コーティングの分析を容易にするための)。

【0084】

インサートのすくい面で測定した場合、約1.5μmの厚さを有する(Ti、Al、Si)N層をインサート上に堆積させた。

【0085】

提供される被覆切削工具は、「試料2(本発明)」と呼ばれる。

実施例3(比較)：

【0086】

(Ti、Al、Si)N層に堆積させるためのプロセスで使用されるターゲット材料が $Ti_{0.40}Al_{0.54}Si_{0.06}$ の代わりに $Ti_{0.39}Al_{0.59}Si_{0.02}$ であったことを除いて、実施例1に記載したのと同じ方法で本発明内のさらなる試料を作製した。

【0087】

WC-Co系基材は、フラットインサートである切削工具であった(コーティングの分析を容易にするための)。

【0088】

インサートのすくい面で測定した場合、約1.6μmの厚さを有する(Ti、Al、Si)N層をインサート上に堆積させた。

【0089】

提供される被覆切削工具は、「試料3(比較)」と呼ばれる。

実施例4(比較)：

【0090】

組成 $Ti_{0.35}Al_{0.55}Si_{0.10}$ を有するターゲットからの(Ti、Al、Si)N層を、転削インサートタイプADMT 160608R-F56およびフラット切

10

20

30

40

50

削インサートのWC - Coベースの基材上に堆積させた（コーティングの分析を容易にするために）。基材は、8重量%のCoおよび残部WCの組成を有した。コーティングされていないインサートブランクを取り付け、コーティングの堆積中にPVDチャンバ内で回転させた。

【0091】

堆積は、以下のプロセスパラメータを使用してS3p技術を使用するOerlikon Balzers装置においてHIPIMSモードを使用して行った：

ターゲット材料2：Ti_{0.35}Al_{0.55}Si_{0.10}

ターゲットサイズ：円形、直径150mm

ターゲット当たりの平均電力：5.1kW

ピークパルス電力：30kW

パルスオンタイム：0.2ms

パルス周波数20Hz

温度：450°C

全圧：0.64Pa

アルゴン圧：0.43Pa

バイアス電位：-80V

繰り返しパルス数

1サイクル当たり：43

10

【0092】

インサートの逃げ面で測定した場合、約2.5μmの厚さを有する(Ti、Al、Si)N層を転削インサート上に堆積させた。

20

【0093】

提供される被覆切削工具は、「試料4（比較）」と呼ばれる。

実施例5（比較）：

【0094】

組成Ti_{0.40}Al_{0.54}Si_{0.06}を有するターゲットからの(Ti、Al、Si)N層を、SPMW12幾何形状を有する転削インサートおよびフラット切削インサートのWC - Coベースの基材上に堆積させた（コーティングの分析を容易にするために）。基材は、8重量%のCoおよび残部WCの組成を有した。コーティングされていないインサートブランクを取り付け、コーティングの堆積中にPVDチャンバ内で回転させた。

30

【0095】

堆積は、以下のプロセスパラメータを使用してHauser HTC1000装置において陰極アーク堆積を使用して行った：

(Ti、Al)Nの開始層：

ターゲット材料：Ti_{0.40}Al_{0.60}

ターゲットサイズ：円形、直径104mm

アーク電流：150A

N₂圧力：10Pa

温度：430°C

バイアス電位：-40V

40

【0096】

約340nmの層厚を堆積させた。

(Ti、Al、Si)N層：

ターゲット材料：Ti_{0.40}Al_{0.54}Si_{0.06}

ターゲットサイズ：円形、直径104mm

アーク電流：150A

N₂圧力：10Pa

温度：430°C

バイアス電位：-60V

50

【0097】

インサートの逃げ面で測定した場合、約 $2.5\ \mu\text{m}$ の厚さを有する(Ti、Al、Si)N層を転削インサート上に堆積させた。

【0098】

提供される被覆切削工具は、「試料5(比較)」と呼ばれる。

実施例6(比較)：

【0099】

組成 $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}$ を有するターゲットからの(Ti、Al)N層を、S3p技術を使用するOerlikon Balzers装置におけるHIPIMSモードを使用して、転削インサートタイプROHX1204M0-D67およびフラットインサートの切削工具(コーティングの分析を容易にするための)であるWC-Coベースの基材上に堆積させた。このHIPIMS堆積コーティングは、ステンレス鋼(ISO-M)材料の機械加工において非常に良好な結果を与えることが知られていた。

10

【0100】

基材は、8重量%のCoおよび残部WCの組成を有した。コーティングされていないインサートブランクを取り付け、コーティングの堆積中にPVDチャンバ内で回転させた。

【0101】

堆積プロセスは、以下のプロセスパラメータを使用してHIPIMSモードで実行した。

ターゲット材料1： $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}$

ターゲットサイズ：円形、直径160mm

ターゲット厚さ：12mm

ターゲット当たりの平均電力：4.8kW

ピークパルス電力：60kW

パルスオンタイム：4ms

温度：430°C

全圧：0.55Pa

アルゴン圧：0.43Pa

バイアス電位：-80V

繰り返しパルス数

1サイクル当たり：1

20

30

【0102】

インサートの逃げ面で測定した場合、約 $2.5\ \mu\text{m}$ の厚さを有する(Ti、Al、Si)N層を転削インサート上に堆積させた。

【0103】

提供される被覆切削工具は、「試料6(比較)」と呼ばれる。

実施例7(分析)：

【0104】

X線回折(XRD)シート-2シート分析を試料1~4に対して行った。

【0105】

図5~図8は、試料1(本発明)、試料2(本発明)、試料3(比較)および試料4(比較)のXRDシート-2シートディフラクトグラムを示す。

40

【0106】

試料1(本発明)および試料2(本発明)のディフラクトグラムは、立方晶構造を示していることが分かる。回折図は、それぞれ約 $37\sim 38$ 度2シートおよび約 $43\sim 44$ 度2シートに有意な立方(111)ピークおよび立方(200)ピークを示す。ピークはまた非常に鋭いものであり、これは有意な結晶化度を意味する。最も強度の高いピークは(200)ピークである。(200)ピークのピーク対バックグラウンド比は、試料1(本発明)では約5.0、試料2(本発明)では約8.1であると推定される。

【0107】

50

立方(200)ピークのFWHM(半値幅)は、試料1(本発明)については約0.8度2シータであり、試料2(本発明)については約0.6度2シータである。

【0108】

試料4(比較)のディフラクトグラムは、試料1(本発明)および試料2(本発明)よりもはるかに有意でない立方(111)ピークおよび立方(200)のピークを示す。(111)ピークは、約31~39度2シータの範囲の広い基礎反射と区別することがほとんどできない。立方(200)ピークが存在する位置をカバーする約40~45度2シータの範囲の広い基礎反射もある。これらの広範な反射は、有意なアモルファス構造の存在を意味する。はるかに低い結晶化度は、約0.3であると推定されるにすぎない(200)ピークのピーク対バックグラウンド比から決定することができる。

10

【0109】

このあまり重要でない立方(200)ピークの半値全幅(FWHM)は、決定するのが非常に困難であるが、約4度2シータであると推定される。

【0110】

(Ti、Al、Si)N層中の各金属元素の平均含有量は、ターゲット組成を反映していると考えられ、すなわち、堆積された層は表1に見られるものとみなされる。

【0111】

表1

	平均組成
試料1(本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N
試料2(本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.56} Si _{0.04} N
試料3(比較)	Ti _{0.39} Al _{0.59} Si _{0.02} N
試料4(比較)	Ti _{0.35} Al _{0.55} Si _{0.10} N
試料5(比較、アーク堆積)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N
試料6(比較)	Ti _{0.40} Al _{0.60} N

20

【0112】

試料1(本発明)、試料2(本発明)および試料3(比較)について透過型電子顕微鏡(TEM)分析を行った。柱状微細構造がそれらの(Ti、Al、Si)N層に見られた。試料の(Ti、Al、Si)N層の暗視野画像化をさらに観察すると、試料1(本発明)および試料2(本発明)の粒界相の存在が明らかになった。試料3(比較)の暗視野TEM画像では、粒界相は見られなかった。試料5(比較)の(Ti、Al、Si)N層の暗視野TEM画像でも、粒界相は見られなかった。図3は、試料1(本発明)の(Ti、Al、Si)N層の暗視野TEM画像を示す。粒界相が、暗い領域が柱状結晶粒間に見られるように視覚化されたことが分かる。

30

【0113】

さらに、試料1(本発明)の(Ti、Al、Si)N層の高分解能TEM(HR-TEM)暗視野像から、図4を参照すると、柱状結晶粒およびより暗い粒界相を横切る格子面が見える。

40

【0114】

試料1(本発明)の(Ti、Al、Si)N層の電子エネルギー損失分光法(EELS)により、粒界相は立方(Ti、Al、Si)N相であると結論付けられた。EELSスペクトルにはイオン化エッジがなく、六方晶相の存在を示している。EELSスペクトルは、粒界相中のTi、AlおよびSiの元素含有量が、(Ti、Al、Si)N層全体の平均元素含有量と異なることをさらに示している。EELS分析では、Gatan Quantum ER分光計を備えた装置Jeol ARM200Fを使用した。高電圧は300kVに設定した。システムは、エネルギー分解能がわずかに1.3eVであったことを

50

意味する分解能ではなく、強度についてより調整された。スペクトルは、スポットサイズの尺度である Spot 5 を使用して STEM モードで取得した。

【 0 1 1 5 】

STEM - EDX を使用することによって、粒界相の異なる 4 箇所を測定したところ、試料 1 (本発明) の粒界相の Ti、Al および Si の平均元素含有量は、Ti : 43 at %、Al : 46 at % および Si : 11 at % であった。

【 0 1 1 6 】

試料 1 (本発明) については、TEM 分析から粒界相の厚さは約 2 nm であると推定された。

【 0 1 1 7 】

さらに、試料 5 (比較) の走査電子顕微鏡 (SEM) 分析は、(Ti、Al、Si) N 層の柱状微細構造を示した。

【 0 1 1 8 】

残留応力も試料 1 (本発明) および試料 2 (本発明) で測定し、堆積した試料について - 2 から - 3 GPa の値を示した。熱処理をさらに 950 °C で 1 時間行ったが、有意な緩和、すなわち残留応力の低下は見られず、六方晶相の実質的な形成は示されない。

【 0 1 1 9 】

表 2

	平均組成	残留応力 [GPa]	
		堆積させた	熱処理 950 °C
試料 1 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N	- 2. 1	- 3. 6
試料 2 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.04} N	- 2. 5	- 2. 2

【 0 1 2 0 】

さらに、相安定性は、950 °C で 1 時間熱処理した試料の XRD 測定によって決定した。例えば、見ると、試料 1 (本発明) および試料 2 (本発明) の約 42 ~ 43 度 2 シータにおける立方 (200) ピークは、(200) ピーク形状のわずかな変化しか示さなかった。図 5 および図 6 を参照されたい。しかしながら、試料 3 (比較) は、(200) ピークの有意な広がりを示し (図 7 を参照されたい)、これは、結晶化度の低下および / または構造の他の変化を示す。したがって、試料 3 (比較) は、試料 1 (本発明) および試料 2 (本発明) よりも熱安定性が低い。

【 0 1 2 1 】

熱伝導率は、時間領域サーモフレクタンス (TDTR) 法を使用して決定した。表 3 に結果を示す。

【 0 1 2 2 】

表 3

	平均組成	構造	熱伝導率 [W/mK]
試料 1 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N	単層	3. 1
試料 6 (比較)	Ti _{0.40} Al _{0.60} N	単層	5. 4

【 0 1 2 3 】

試料 1 (本発明) についての結果は、立方系の柱状構造であるにもかかわらず、3. 1 W/mK と熱伝導率が低く、発熱の激しい金属切削において有利であった。

【 0 1 2 4 】

ビッカース硬度および平面歪み弾性率を決定するために、試料 1 ~ 5 の被覆工具に対して硬度測定（荷重 15 mN）を行った。表 4 に結果を示す。

【0125】

表 4

	平均組成	硬度HV [ビッカース]	平面歪み弾性率、 [GPa]
試料 1 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N	3907	478
試料 2 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.04} N	3754	527
試料 3 (比較)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.02} N	3907	478
試料 4 (比較)	Ti _{0.35} Al _{0.55} Si _{0.10} N	2105	239
試料 5 (比較)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N (ARC堆積)	2798	348

10

【0126】

400 GPaをはるかに超える平面歪み弾性率の非常に高い値は、Ti、AlおよびSiのうちの4および6 at%のSiを有する本発明による試料についても高度の立方構造を反映する。驚くべきことに、試料 1 および試料 2 は、平面歪み弾性率についてそのような高い値を有した。

実施例 8 :

試料 1 (本発明) および試料 4 (参考) の切削試験 :

【0127】

ADMT160608R-F56型の転削インサートである試料 1 (本発明) および試料 4 (比較) を転削試験において試験し、平均フランク摩耗を測定した。切削条件を表 5 にまとめる。被加工材としてステンレス鋼 ISO-M を使用した。

切断条件 :

【0128】

表 5

被加工材	ISO-M; 1.4571/V4A
引張強度、R _m [N/mm ²]	470
カッター直径、D _c [mm]	63
歯数、Z	3
切削幅、a _e [mm]	50
切削深さ、a _p [mm]	3
切削速度V _c [m/分]	240
工具長、X _e [mm]	90

40

【0129】

各試料について3つの刃先を試験し、各切削長の平均値を表 6 に示す。

【0130】

表 6

50

試料 1 (本発明)	平均組成	切削長さ [mm]	平均摩耗 [mm]
試料 1 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N	6400	0.15
試料 4 (比較)	Ti _{0.35} Al _{0.55} Si _{0.10} N	5900	0.19

【0131】

試料 1 (本発明) は、試料 4 (比較) よりも良好な性能を示す。

10

試料 1 (本発明) および試料 6 (参考) の切削試験：

【0132】

ROHX1204M0-D67型の転削インサートである試料 1 (本発明) および試料 6 (比較) を転削試験において試験し、平均フランク摩耗を測定した。切削条件を表 7 にまとめる。被加工材としてステンレス鋼 ISO-M を使用した。

切断条件：

【0133】

表 7

被加工材	ISO-M; 1.4301
引張強度、R _m [HB]	150~170HB
カッター直径、D _c	40
歯数、Z	4
切削幅、a _e [mm]	23
切削深さ、a _p [mm]	1.5
切削速度、V _c [m/分]	255

20

【0134】

各試料について 4 つの刃先を試験し、各切削長の平均値を表 8 に示す。

30

【0135】

表 8

試料 1 (本発明)	平均組成	切削長さ [mm]	平均摩耗 [mm]
試料 1 (本発明)	Ti _{0.40} Al _{0.54} Si _{0.06} N	4000 5600	0.18 0.39
試料 6 (比較)	Ti _{0.40} Al _{0.60} N	4000 5600	0.54 (停止) ---

40

【0136】

試料 1 (本発明) は、試料 6 (比較) よりも良好な性能を示す。

試料 1 (本発明) および試料 5 (比較) の切削試験：

【0137】

SPMW12型の転削インサートである試料 1 (本発明) および試料 5 (比較) を転削試験において試験し、フランク摩耗を測定した。切削条件を表 9 にまとめる。被加工材としてステンレス鋼 ISO-P、42CrMo4 を使用した。

切断条件：

50

【 0 1 3 8 】

表 9

被加工材	I S O - P ; 4 2 C r M o 4
引張強度、 R_m [N/mm^2]	8 0 0
カッター直径、 D_c	1 2 5
歯数、 Z	1
切削幅 a_e [mm]	1 0 0
切削深さ a_p [mm]	3
切削速度 V_c [m/分]	2 8 0
工具長、 X_e [mm]	1 2 6

10

【 0 1 3 9 】

各切削長についての摩耗値（刃先にわたって平均化された）を表 1 0 に示す。

【 0 1 4 0 】

表 1 0

試料 1 (本発明)	平均組成	切削長さ [mm]	摩耗 [mm]
試料 1 (本発明)	$Ti_{0.40}Al_{0.54}Si_{0.06}N$	4 8 0 0 5 6 0 0	0 . 2 0 0 . 2 7
試料 5 (比較)	$Ti_{0.35}Al_{0.55}Si_{0.06}N$ (ARC 堆積、粒界相なし)	4 8 0 0 5 6 0 0	0 . 3 6 —

20

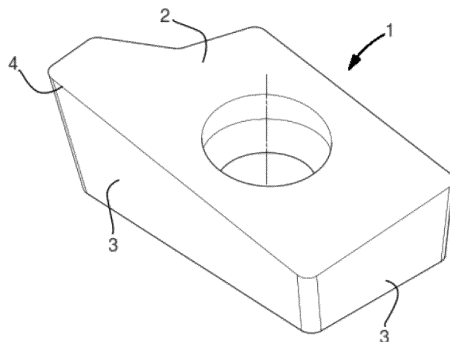
【 0 1 4 1 】

試料 1（本発明）は、試料 5（比較）よりも良好な性能を示す。

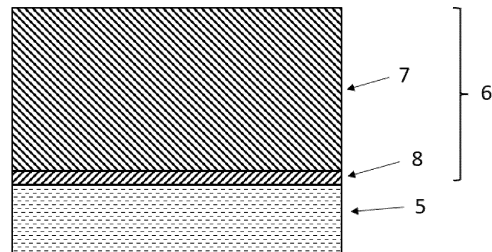
【 図面 】

30

【 図 1 】



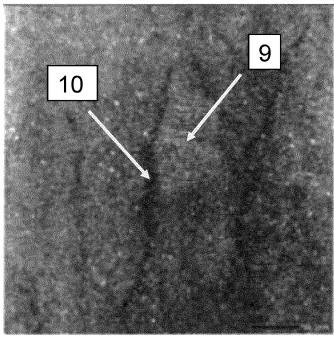
【 図 2 】



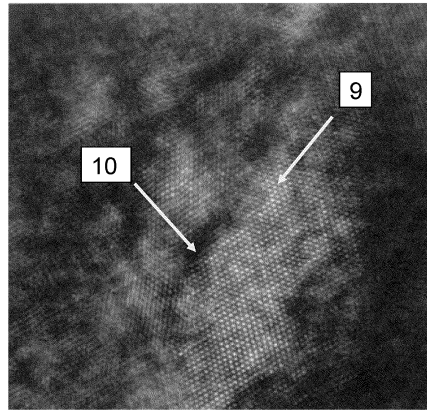
40

50

【 図 3 】

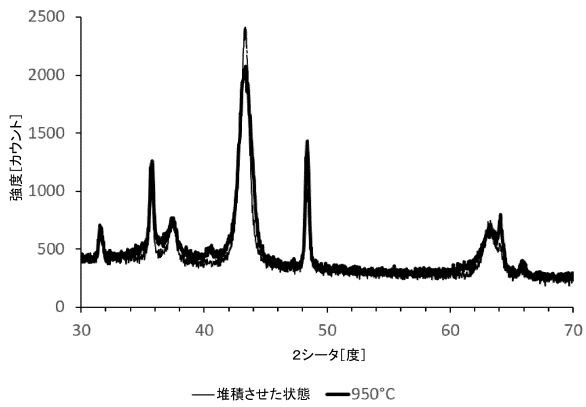


【 図 4 】

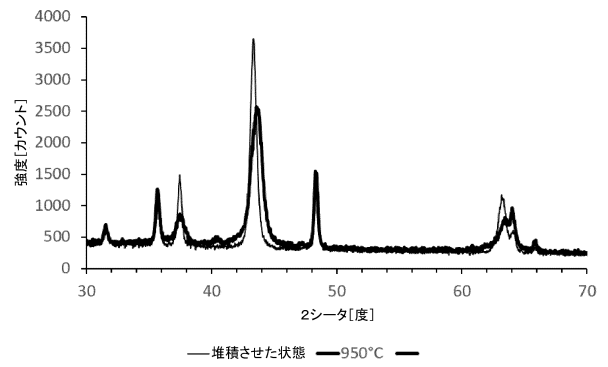


10

【 図 5 】



【 図 6 】



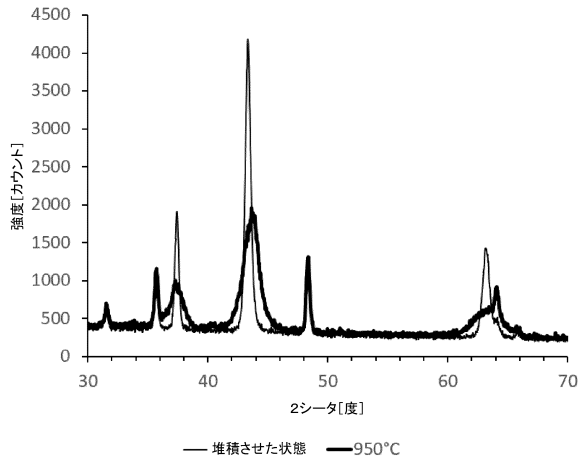
20

30

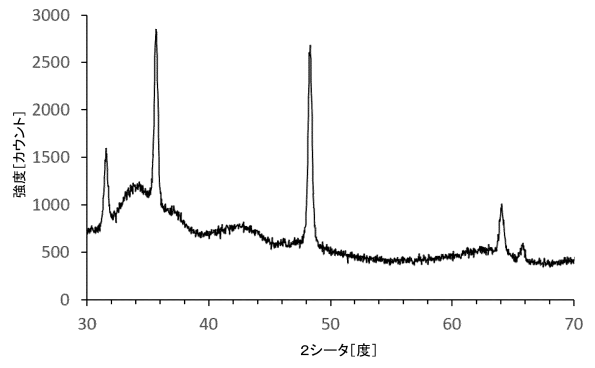
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/060313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	C23C28/04	C23C30/00 C23C14/06 C23C14/32 C23C14/34
	C23C14/35	
ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011 224716 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 10 November 2011 (2011-11-10) paragraphs [0001] - [0004]; claims 1-12	1-14
A	EP 3 228 726 A1 (SECO TOOLS AB [SE]) 11 October 2017 (2017-10-11) paragraphs [0017] - [0019], [0039], [0045], [0046]; claims 1-9	1-14
A	EP 3 225 337 A1 (MITSUBISHI MATERIALS CORP [JP]) 4 October 2017 (2017-10-04) paragraphs [0037], [0046]; claims 1-3	1-14
A	EP 3 839 098 A1 (WALTER AG [DE]) 23 June 2021 (2021-06-23) paragraphs [0023] - [0025]; claims 1, 8-10	1, 7, 10, 11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 May 2023		Date of mailing of the international search report 23/05/2023
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Chalaftris, Georgios

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2023/060313

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2011224716 A	10-11-2011	JP 5594576 B2 JP 2011224716 A	24-09-2014 10-11-2011
EP 3228726 A1	11-10-2017	CN 109072406 A EP 3228726 A1 EP 3440232 A1 US 2019161849 A1 WO 2017174801 A1	21-12-2018 11-10-2017 13-02-2019 30-05-2019 12-10-2017
EP 3225337 A1	04-10-2017	CN 107000068 A EP 3225337 A1 JP 6634647 B2 JP 2016107396 A KR 20170086043 A US 2017266733 A1	01-08-2017 04-10-2017 22-01-2020 20-06-2016 25-07-2017 21-09-2017
EP 3839098 A1	23-06-2021	CN 114829676 A EP 3839098 A1 JP 2023506295 A KR 20220117872 A US 2023028083 A1 WO 2021122892 A1	29-07-2022 23-06-2021 15-02-2023 24-08-2022 26-01-2023 24-06-2021

10

20

30

40

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,
ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,C
O,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,I
R,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW
,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL
,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

F ターム (参考)

BA35 BA58 BB02 BB08 BC02 BD05 CA06 DC04 DC16 EA01
4K044 AA09 AA13 AB05 BA02 BA10 BA18 BB01 BC01 BC06 BC07
CA13 CA34