



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0028992
(43) 공개일자 2024년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/40 (2006.01) B23B 27/14 (2006.01)
B23C 5/16 (2006.01) C23C 16/02 (2006.01)
C23C 16/36 (2006.01) C23C 16/52 (2018.01)
C23C 16/56 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/405 (2013.01)
B23B 27/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7044541
(22) 출원일자(국제) 2022년06월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년12월22일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/068049
(87) 국제공개번호 WO 2023/275237
국제공개일자 2023년01월05일
(30) 우선권주장
21183417.1 2021년07월02일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
발터 악티엔게젤샤프트
독일연방공화국 데-72072 튀빙겐 데렌딩거스트라
세 53
(72) 발명자
만스 토르슈텐
독일 72072 튀빙겐 데렌딩거 슈트라세 53
얀센 비베케
독일 72072 튀빙겐 데렌딩거 슈트라세 53
(74) 대리인
특허법인코리아나

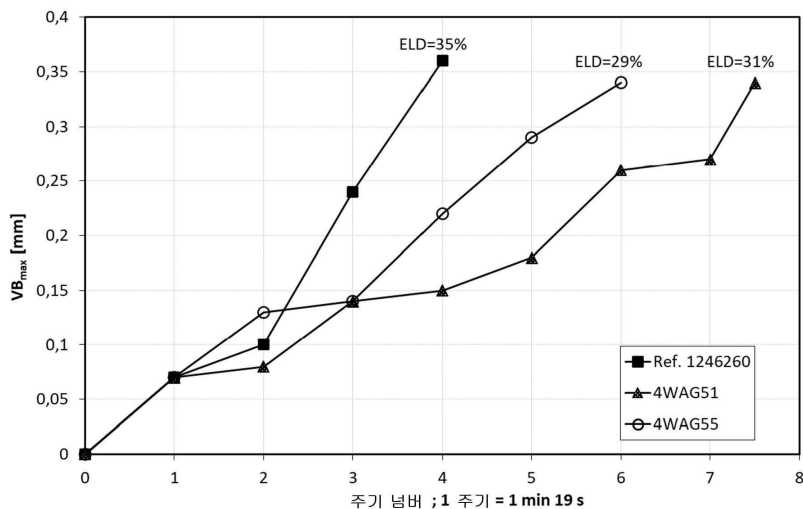
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 코팅된 절삭 공구

(57) 요약

본 발명은 기재 및 다층 내마모성 경질 코팅으로 구성된 코팅된 절삭 공구 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 상기 경질 코팅의 층들은 화학적 기상 증착 (CVD) 에 의해 성막되고, 3.0 내지 5.5 범위의 텍스처 계수 TC(4 2 2), 산소 함유 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층, 및 텍스처 계수 TC(0 0 12) > 5 를 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 갖는 결합층의 상부 상의 α -Al₂O₃ 층을 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

B23C 5/16 (2013.01)

C23C 16/0272 (2013.01)

C23C 16/36 (2013.01)

C23C 16/52 (2018.01)

C23C 16/56 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기재 및 다층 내마모성 경질 코팅으로 이루어진 칩-형성 금속 기계가공용 코팅된 절삭 공구로서,

a) 2 μm 내지 20 μm 의 총 두께를 가진 TiCN 층으로서,

상기 TiCN 층은 총 p 개의 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 다중-서브층 구조를 가지며, p 는 5 내지 25, 바람직하게는 5 내지 12 범위의 짝수 또는 홀수이고,

상기 C-유형 및 N-유형 서브층들은 탄소와 질소의 원자비에 대해 상이한 화학량론들을 갖고, C-유형 TiCN 서브층들은 $1.0 \leq C/N \leq 2.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, N-유형 TiCN 서브층들은 $0.5 \leq C/N < 1.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, 인접한 C-유형 및 N-유형 층들의 C/N 비 사이의 차이는 0.2 이상이고,

상기 TiCN 층은 3.0 내지 5.5 범위의 텍스처 계수 TC (4 2 2) 를 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 가지며, 상기 TC (4 2 2) 는 다음과 같이 규정되며:

$$TC(422) = \frac{I(422)}{I_0(422)} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right)^{-1}$$

$I(h\ k\ l) = (h\ k\ l)$ 반사의 XRD 강도,

$I_0(h\ k\ l) = \text{ICDD 의 PDF-카드 01-071-6059 번에 따른 표준 분말 회절 데이터의 표준 강도,}$

$n = 7 =$ 계산에 사용되는 반사들이 수이고, 여기서 사용된 일곱 $(h\ k\ l)$ 반사들은 (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (3 3 1), (4 2 0), 및 (4 2 2) 인, 상기 TiCN 층,

b) 0.5 μm 내지 3 μm 의 총 두께를 갖는, TiCN 층의 상부 상의 단일-층 또는 다중-서브층 산소 함유 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층,

c) 2 μm 내지 15 μm 의 총 두께를 갖는, 상기 결합층의 상부 상의 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층으로서,

상기 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층은 텍스처 계수 TC (0 0 12) > 5 를 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 가지며, TC (0 0 12) 는 다음과 같이 규정되고:

$$TC(0012) = \frac{I(0012)}{I_0(0012)} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right)^{-1}$$

$I(h\ k\ l) = (h\ k\ l)$ 반사의 XRD 강도,

$I_0(h\ k\ l) = \text{NIST 표준 분말 SRM676a 에서 측정된 표준 강도}$

$n = 8 =$ 계산에 사용되는 반사들이 수이고, 여기서 사용된 여덟 $(h\ k\ l)$ 반사들은 (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (0 2 4), (1 1 6), (3 0 0), (0 0 12) 및 (0 1 14) 이고,

표준 강도는 다음 값을 가진, 상기 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층을 포함하는, 코팅된 절삭 공구.

{h k l}	{1 0 4}	{1 1 0}	{1 1 3}	{0 2 4}	{1 1 6}	{3 0 0}	{0 0 12}	{0 1 14}
$I_0(h\ k\ l)$	87.93	37.68	100.00	45.76	92.43	53.93	2.05	5.16

청구항 2

제 1 항에 있어서,

TiN 또는 TiC 의 적어도 하나의 베이스 층은 상기 기재 표면 바로 위에 그리고 상기 TiCN 층 아래에 성막되고, 상기 베이스 층은 0.3 내지 1.5 μm , 또는 0.3 내지 1.0 μm , 또는 0.3 내지 0.7 μm 범위의 두께를 갖는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 TiCN 층은 3.5 내지 5.5 또는 4.0 내지 5.3 범위의 텍스처 계수 TC (4 2 2) 를 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 갖는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성장 방향으로의 상기 TiCN 층의 상기 다중-서브층 구조에서, 상기 베이스 층의 상부 상의 상기 제 1 서브층 및 상기 결합층 아래의 최종 서브층은 C-유형 층들인, 코팅된 절삭 공구.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 TiCN 층의 다중-서브층 구조에서 각각의 N-유형 서브층은 인접한 C-유형 서브층들 각각의 50% 미만, 또는 40% 미만, 또는 30% 미만의 두께를 갖는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 TiCN 층의 다중-서브층 구조에서 각각의 N-유형 서브층은 적어도 0.05 μm , 또는 적어도 0.1 μm , 또는 적어도 0.2 μm 의 두께를 갖는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성장 방향으로 상기 TiCN 층의 다중-서브층 구조에서

- 제 1 C-유형 서브층은 2 내지 15 μm 범위의 두께를 갖고, 후속 C-유형 서브층들은 0.5 내지 4 μm 범위의 두께를 갖거나,
- 모든 C-유형 서브층들은 0.5 내지 4 μm 범위의 두께를 갖는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층은 다중-서브층 구조 및 TiCN 또는 TiAlCN 의 전체 조성을 갖는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기재는 초경합금, 세라믹, 강 또는 입방정 질화붕소, 바람직하게는 초경합금으로 이루어지는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경질 코팅의 층들은 화학적 기상 증착 (CVD) 에 의해 성막되고, 상기 TiCN 은 600°C 내지 900°C 범위의 반

응 온도에서 MT-CVD 에 의해 성막된 MT-TiCN 층이고, 그리고/또는 상기 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층은 900℃ 내지 1200℃ 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해 성막되고, 그리고/또는 상기 α -Al₂O₃ 층은 900℃ 내지 1200℃ 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해 성막되는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 11

ISO P 또는 ISO K 강 재료의 연속적인 및 중단된 칩-형성 기계가공을 위한, 바람직하게는 선삭 작업을 위해 제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항의 코팅된 절삭 공구의 용도.

청구항 12

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 코팅된 절삭 공구의 제조 방법으로서,

상기 다층 내마모성 경질 코팅은 화학적 기상 증착 (CVD) 에 의해 상기 기재 상에 성막되고,

상기 제조 방법은,

- 적어도 TiCl₄, H₂, N₂ 및 CH₃CN 및 선택적으로 HCl 을 포함하는 공정 가스 조성물로부터 600℃ 내지 900℃ 범위의 반응 온도에서 MT-CVD 에 의해, p 가 5 내지 20 범위의 짝수 또는 홀수인 총 p 개의 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 다중-서브층 구조에서 TiCN 층을 2 μm 내지 20 μm 의 총 두께로 성막하는 단계로서,

상기 C-유형 및 N-유형 서브층들은 탄소와 질소의 원자비에 대해 상이한 화학량론들을 갖고, C-유형 TiCN 서브층들은 $1.0 \leq C/N \leq 2.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, N-유형 TiCN 서브층들은 $0.5 \leq C/N < 1.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, 인접한 C-유형 및 N-유형 층들의 C/N 비 사이의 차이는 0.2 이상이고, 상기 C/N 비는 공정 가스 조성물에서 N₂/CH₃CN 의 비에 의해 조정되는, 상기 성막하는 단계,

- 적어도 TiCl₄, H₂, N₂, CO 및 Al 이 존재하는 경우, AlCl₃ 및 선택적으로 CH₄ 및/또는 HCl 을 포함하는 공정 가스 조성물로부터 열적 HT-CVD 또는 MT-CVD 에 의해, TiCN 층의 상부 상에 단일-층 또는 다중-서브층 산소 함유 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층을 0.5 μm 내지 3 μm 의 총 두께로 성막하는 단계,

- 900 ~ 1200℃ 범위의 온도, 30 내지 150 mbar 범위의 압력, 2 ~ 20 분의 시간에서, 그리고 H₂, N₂, 1 ~ 10 vol.% CO₂ 및 1 ~ 20 vol.% CO 를 포함하는 (이루어지는) 가스 분위기에서 상기 결합층에 산화 단계를 수행하는 단계,

- 900℃ 내지 1200℃ 의 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해, 2 μm 내지 15 μm 의 총 두께를 갖는, 산화 단계 처리된 결합층의 상부 상에 α -Al₂O₃ 층을 성막하는 단계

를 포함하는, 코팅된 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

적어도 TiCl₄, H₂ 및 N₂ 를 포함하는 공정 가스 조성물로부터 열적 HT-CVD 또는 MT-CVD 에 의해 0.3 내지 1.5 μm 범위의 베이스 층 두께로 기재 표면 바로 위에 TiN 또는 TiC 의 적어도 하나의 베이스 층을 성막하는 단계를 포함하는, 코팅된 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층은 다중-서브층 구조를 얻기 위해 다수의 후속 성막 단계들에 의해 성막되며, 각각의 성막 단계는 900℃ 내지 1200℃ 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해 수행되는, 코팅된 절삭 공구의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기재 및 다층 내마모성 경질 코팅으로 이루어진 칩-형성 금속 기계가공용 코팅된 절삭 공구에 관한 것으로서, 상기 경질 코팅의 층들은 화학적 기상 증착 (CVD) 에 의해 성막된다.

배경 기술

[0002] 금속 기계가공에 사용되는 일반적인 절삭 공구들은 초경합금, 서멧, 세라믹, 강 또는 입방정 질화붕소 등의 베이스 본체 및 CVD 또는 PVD 에 의해 성막된 단층 또는 다층 내마모성 경질 재료 코팅으로 이루어진다. 구체적으로, 한 유형의 고성능 절삭 공구들은 초경합금의 베이스 본체 (기재), TiC 또는 TiN 의 얇은 베이스 층, 대부분의 경우에 MT-TiCN (중온 CVD) 로서 성막된 TiCN 층, 이어서 알파, 카파 또는 혼합된 알파 + 카파 Al_2O_3 층을 포함한다. TiCN 층 및 Al_2O_3 층 사이에 Ti 화합물 또는 Ti+Al 화합물 결합층을 제공하는 것이 또한 알려져 있으며, 이 결합층은 기초가 되는 TiCN 층으로부터 Al_2O_3 층 내로 결정학적 특성을 전달하기에 적합할 수 있고, Al_2O_3 층의 변형, 텍스처 및 접착력에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층의 표면에서의 특정 정도의 산화는 카파 변형에 걸쳐 알파 Al_2O_3 의 형성을 촉진할 수 있다. 예로서는 US 7,172,807 에서 발견할 수 있다.

[0003] 이러한 절삭 공구들의 성능과 수명은 다양한 파라미터에 의해 영향을 받는다. 가공물 재료, 의도된 절삭 작업 등과 같은 원하는 기계가공 적용으로 인해 일부 파라미터들이 다소 주어진다. 그러나, 특히 상이한 마모 유형에 영향을 미치고 공구 수명 및 절삭 성능을 증가시키기 위한 코팅의 상이한 부분들과 층들 사이의 균형 및 코팅 특성에 관하여 절삭 공구 자체의 개선에 대한 잠재성이 여전히 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은, 특히 ISO P 및 ISO K 강 적용을 위한 연속 및 중단 절삭에서 개선된 내마모성 및 내산화성 뿐만 아니라 향상된 에지 라인 인성 (edge line toughness) 을 갖는 코팅된 절삭 공구를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 이러한 목적은 기재 및 다층 내마모성 경질 코팅으로 이루어진 칩-형성 금속 기계가공용 코팅된 절삭 공구에 의해 해결되고, 상기 코팅된 절삭 공구는 다음을 포함한다:

[0006] a) 2 μm 내지 20 μm 의 총 두께를 가진 TiCN 층으로서,

[0007] 상기 TiCN 층은 총 p 개의 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 다중-서브층 구조를 가지며, p 는 5 내지 25, 바람직하게는 5 내지 12 범위의 짝수 또는 홀수이고,

[0008] C-유형 및 N-유형 서브층들은 탄소와 질소의 원자비에 대해 상이한 화학량론들을 갖고, C-유형 TiCN 서브층들은 $1.0 \leq C/N \leq 2.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, N-유형 TiCN 서브층들은 $0.5 \leq C/N < 1.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, 인접한 C-유형 및 N-유형 층들의 C/N 비 사이의 차이는 0.2 이상이고,

[0009] 상기 TiCN 층은 3.0 내지 5.5 범위의 텍스처 계수 TC (4 2 2) 를 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 가지며, TC (4 2 2) 는 다음과 같이 규정되며:

$$TC(422) = \frac{I(422)}{I_0(422)} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{hkl} \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right)^{-1}$$

[0010]

[0011] $I(h \ k \ l) = (h \ k \ l)$ 반사의 XRD 강도,

[0012] $I_0(h \ k \ l) = ICDD$ 의 PDF-카드 01-071-6059 번에 따른 표준 분말 회절 데이터의 표준 강도,

[0013] $n = 7 =$ 계산에 사용되는 반사들이 수이고, 여기서 사용된 일곱 $(h \ k \ l)$ 반사들은 (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (3 3 1), (4 2 0), 및 (4 2 2) 이고,

[0014] b) 0.5 μm 내지 3 μm 의 총 두께를 갖는, TiCN 층의 상부 상의 단일-층 또는 다중-서브층 산소 함유 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층,

[0015] c) 2 μm 내지 15 μm 의 총 두께를 갖는 결합층의 상부 상의 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층,

[0016] $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층은 텍스처 계수 $TC(0\ 0\ 12) > 5$ 를 특징으로 하는 전체 섬유 텍스처를 가지며, $TC(0\ 0\ 12)$ 는 다음과 같이 규정되고:

$$TC(0\ 0\ 12) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_1^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right)^{-1}$$

[0017]

[0018] $I(h\ k\ l) = (h\ k\ l)$ 반사의 XRD 강도,

[0019] $I_0(h\ k\ l) = \text{NIST 표준 분말 SRM676a 에서 측정된 표준 강도}$

[0020] $n = 8 =$ 계산에 사용되는 반사들이 수이고, 여기서 사용된 여덟 $(h\ k\ l)$ 반사들은 $(1\ 0\ 4)$, $(1\ 1\ 0)$, $(1\ 1\ 3)$, $(0\ 2\ 4)$, $(1\ 1\ 6)$, $(3\ 0\ 0)$, $(0\ 0\ 12)$ 및 $(0\ 1\ 14)$ 이고,

[0021] 표준 강도는 다음 값을 가진다:

$\{h\ k\ l\}$	$\{1\ 0\ 4\}$	$\{1\ 1\ 0\}$	$\{1\ 1\ 3\}$	$\{0\ 2\ 4\}$	$\{1\ 1\ 6\}$	$\{3\ 0\ 0\}$	$\{0\ 0\ 12\}$	$\{0\ 1\ 14\}$
$I_0(h\ k\ l)$	87.93	37.68	100.00	45.76	92.43	53.93	2.05	5.16

[0022]

[0023] 이하에서, 용어 "TiCN 층의 $\{2\ 1\ 1\}$ 텍스처" 및 " $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 $\{0\ 0\ 1\}$ 텍스처" 는, 랜덤 배향에서보다 더 빈번하게, 각각의 결정학적 평면들이 (층들의 성장 방향에 수직으로) 기재 표면에 평행하게 배향되는 다결정질 층들에서의 바람직한 결정학적 배향들을 의미한다. 바람직한 결정학적 배향은 본원에서 XRD 에 의해 결정되고, 각각 대응하는 (평행한) 결정학적 $\{4\ 2\ 2\}$ 및 $\{0\ 0\ 12\}$ 평면들, TiCN 층의 $TC(4\ 2\ 2)$, 및 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 $TC(0\ 0\ 12)$ 의 텍스처 계수들에 의해 표현된다.

[0024] 절삭 공구들의 특성들과 성능을 개선하기 위한 시도는, 동시에 몇 가지 양태들을 고려해야 한다. 텍스처 계수 $TC(0\ 0\ 12) > 5$ 로 표현되는 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 높은 $\{0\ 0\ 1\}$ 텍스처의 제어는 높은 내산화성 및 크레이터 내마모성을 위한 핵심임을 발견하였다. 바람직하게는, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 텍스처 계수 $TC(0\ 0\ 12)$ 는 6 초과이다.

반면, 플랭크 내마모성은 코팅층 시퀀스에서 TiCN 층의 미세조직과 텍스처에 의해 강하게 영향을 받는 것으로 발견되었다. 절삭 공구 성능 및 공구 수명에 대한 다른 필수적인 특징은, 예지 라인 인성인데, 이는 그러나 층 계면에서의 코팅층의 접착력에 의해 제한될 수 있다. 낮은 접착력은 파단, 치핑 및/또는 필-오프, 및 이에 따라 공구의 조기 파손으로 이어진다. 특정한 코팅 시퀀스 및 코팅층들 각각의 특성들에 의해, 본 발명자들은 개선된 예지 라인 인성 및 플랭크 내마모성 뿐만 아니라 개선된 내산화성 및 크레이터 내마모성을 제공하는 새로운 코팅된 절삭 공구를 발견하였다.

[0025] 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 최상의 모드에서, 경질 코팅의 층들은 화학적 기상 증착 (CVD) 에 의해 성막되고, 다중-서브층 구조를 갖는 TiCN 층은 600 $^{\circ}\text{C}$ 내지 900 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 반응 온도에서 MT-CVD 에 의해 성막된 MT-TiCN 층이다. 다결정 TiCN 층은 주상 결정립들로 구성된다.

[0026] Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층은 바람직하게는 900 $^{\circ}\text{C}$ 내지 1200 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해 성막되고, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층도 바람직하게는 900 $^{\circ}\text{C}$ 내지 1200 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해 성막된다.

[0027] Al_2O_3 층 아래의 Ti 또는 Ti+Al 화합물 층에서의 특정 정도의 산화 상태는 다른 변형에 비해 알파-변형의 핵생성 및 후속 성장을 촉진하는 것으로 알려져 있다. 그러나, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 텍스처의 전개 및 수준은 이와 같은 Al_2O_3 층의 성막 조건에 의해서 뿐만 아니라 기초가 되는 TiCN 층의 미세조직 및 결정학적 배향에 의해서도 어느 정도 결정된다는 것이 밝혀졌다. 따라서, TiCN 층의 제어는 또한 후속 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 특성을 제어하기 위해 필수적이다.

[0028] 본 발명자들은 높은 $\{211\}$ 텍스처를 갖는 미세 결정립 TiCN 층이 높게 $\{001\}$ 텍스처링된 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 제어된 핵생성과 성막 및 코팅의 높은 플랭크 내마모성을 촉진시킨다는 것을 인식하였다. 따라서, 제 1 시도에서, TiCN 층의 가능한 한 높은 $\{211\}$ 텍스처는 높게 $\{001\}$ 텍스처링된 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층 및 플랭크 내마모성으로부터 기인

하는 유리한 특성들을 개선하는 것으로 가정될 것이다.

[0029] 그러나, 수많은 실험들 및 분석들에 의해 발명자에 의해, 특히 α - Al_2O_3 층과 코팅의 기초가 되는 결합층 사이의 계면에서의 접착력이 TiCN 층의 미세조직 및 결정학적 배향에 의해 강하게 영향을 받는다는 것이 추가로 밝혀졌다. 높은 {001} 텍스처링된 α - Al_2O_3 및 높은 플랭크 내마모성의 장점들을 향상시키는 TiCN 층의 높은 {211} 텍스처는, α - Al_2O_3 와 결합층 사이의 계면에서 종종 매우 약한 접착력으로 결합됨이 발견되었고, 이는 특히 공구의 에지 라인에서 파손 및 치평을 유발하여, 공구 성능 및 공구 수명을 저하시킨다.

[0030] 이러한 모순은 본 명세서에 규정된 바와 같은 다층 내마모성 경질 코팅에 의해 본 발명에 의해 해결될 수 있으며, TiCN 층은 잘 규정된 C/N 비의 5 내지 25 개의 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 특정 수의 다중-서브층 조직을 가지고, TiCN 층은 3.0 내지 5.5 의 특정 범위 내의 텍스처 계수 TC(4 2 2) 에 의해 표현되는 {211} 텍스처를 갖는다. 바람직하게는, 텍스처 계수 TC(4 2 2) 는 3.5 내지 5.5, 또는 4.0 내지 5.3 이다.

[0031] 한편, TiCN 층의 텍스처 계수 TC (4 2 2) 는 후속 α - Al_2O_3 층의 성장 및 유리한 특성들을 촉진하기에 충분히 높다. 다른 한편, TiCN 층의 텍스처 계수 TC (4 2 2) 의 제한은 α - Al_2O_3 층과 결합층 사이의 접착력 문제를 감소시키거나 회피하는 것으로 밝혀졌다.

[0032] 이러한 특성들을 달성하기 위해, 주로 C-유형 TiCN 으로 구성되는 다중-서브층의 TiCN 층을 성막하는 것이 유리하다는 것이 발견되었으며, 여기서 C-유형 TiCN 의 성장은 N-유형 TiCN 서브층들의 성막에 의해 규칙적으로 중단된다. N-유형 TiCN 의 서브층에 의한 C-유형 TiCN 성장 조건들의 중단이 본 명세서에서 텍스처 계수 TC (4 2 2) 에 의해 표현되는 TiCN 층의 {211} 텍스처를 제어한다는 것이 가정되고 발견되었다. C-유형 TiCN 이 TiCN 층의 {211} 텍스처를 촉진하는 반면, N-유형 TiCN 서브층들의 유형 및 개수는 TiCN 층의 {211} 텍스처의 제한들을 제어 및 조정하기에 적합하다. N-유형 층 단일-층 단독의 성막은, 랜덤하게 텍스처링된 결정 및/또는 매우 조대한 결정립들과 같은 단점과 함께 진행되는 것으로 밝혀졌다.

[0033] N-유형 서브층들이 TiCN 층의 다중-서브층 구조에서 인접한 C-유형 서브층들과 비교하여 얇은 경우, TiCN 층의 최상의 특성들 및 {211} 텍스처의 제어가 달성되는 것으로 나타났다. 바람직하게는, 각각의 N-유형 서브층은 인접한 C-유형 서브층들 각각의 50% 미만, 또는 40% 미만, 또는 30% 미만의 두께를 갖는다. 다른 한편, 각각의 N-유형 서브층은 적어도 0.05 μm , 또는 적어도 0.1 μm , 또는 적어도 0.2 μm 의 두께를 가져야 한다. 그렇지 않으면, TiCN 다층의 텍스처를 제어하기 위한 N-유형 서브층들의 효과가 너무 낮을 것이다.

[0034] TiCN 층의 성막 동안 C-유형 서브층과 N-유형 서브층 사이의 변화는 성막 조건, 특히 반응 가스 조성의 변화에 의해 제어된다. C-유형 및 N-유형 서브층들의 두께들은 각각의 C-유형 및 N-유형 조건들 하에서 성막 시간들에 의해 제어된다. 상이한 C-유형 및 N-유형 조건들 하에서의 성막 비율들이 반드시 동일해야만 하는 것은 아니지만, 간단한 실험에 의해 특정 조건들 하에서의 각각의 성막 비율들을 찾는 것은 숙련공의 기술 내에 있다는 것을 언급해야 한다.

[0035] 또한, 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 수는 TiCN 층의 원하는 특성들을 달성하기에 너무 낮거나 너무 높지 않아야 한다는 것이 밝혀졌다. 5 내지 25 개의 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 수는 유리한 텍스처 계수 TC(4 2 2) 범위 내에서 TiCN 층의 {211} 텍스처를 제어하는데 유리한 것으로 밝혀졌다.

[0036] 본 발명에 따르면, C-유형 TiCN 서브층들은 $1.0 \leq \text{C/N} \leq 2.0$ 범위의 C/N 비를 갖고, N-유형 TiCN 서브층들은 $0.5 \leq \text{C/N} < 1.0$ 범위의 C/N 비를 갖는다. 본 발명의 일 실시형태에 따르면, C-유형 TiCN 서브층들은 $1.2 \leq \text{C/N} < 1.5$ 범위의 C/N 비를 갖고, N-유형 TiCN 서브층들은 $0.7 < \text{C/N} < 1.0$ 범위의 C/N 비를 갖는다. 교번하는 N-유형 TiCN 서브층들의 성막에 의한 C-유형 TiCN 의 성장의 중단의 효과는 C-유형 중단하는 N-유형 서브층들의 수에 의해서 뿐만 아니라 C/N 비들의 조정 및 C-유형 및 N-유형 서브층들 사이의 C/N 비들의 차이에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 성막 공정에서, 성막된 층들에서의 C/N 비들은 성막 조건들에 의해, 주로 N-공여체 및 C-공여체의 비에 의해 조정된다. N 및 C 공급원으로서 N_2 및 CH_3CN 을 갖는 반응 가스 시스템에서, C/N 비는 이들 전구체 가스의 비에 의해 조정된다.

[0037] 본 발명에 따르면, 인접한 C-유형 층과 N-유형 층의 C/N 비들 사이의 차이는 0.2 이상이다. 본 발명의 바람직한 실시형태에서, C-유형 층 및 N-유형 층의 C/N 비들 사이의 차이는 0.3 내지 1.5, 또는 0.4 내지 1.0, 또는 0.5 내지 0.8 의 범위 내에 있다. 인접한 C-유형 층 및 N-유형 층의 C/N 비들 사이의 차이가 너무 낮으면, TiCN 층의 결정학적 특성들을 제어하기 위한 원하는 효과가 너무 약하다.

- [0038] 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 기재는 초경합금, 서멧, 세라믹, 강 또는 입방정 질화붕소와 같은 금속 절삭 공구에 적합한 것으로 당업계에 공지된 임의의 유형일 수 있으며, 이에 의해 초경합금이 특히 적합하고 바람직하다.
- [0039] 본 발명의 코팅된 절삭 공구는, 특히 ISO-P 및 ISO K 강 가공물 적용을 위한 선택 작업에서, 연속 및 중단 절삭에서 향상된 에지 라인 인성 뿐만 아니라 우수한 내마모성 및 내산화성을 나타내는 것으로 밝혀졌다. 따라서, 본 발명은 ISO-P 및 ISO K 강 재료의 연속 및 중단 절삭을 위한 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 사용을 포함한다.
- [0040] 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 바람직한 실시형태에서, TiN 또는 TiC의 적어도 하나의 베이스 층은 기재 표면 바로 위에 그리고 TiCN 층 아래에 성막된다. 적합한 베이스 층은 0.3 내지 1.5 μm , 또는 0.3 내지 1.0 μm , 또는 0.3 내지 0.7 μm 범위의 두께를 갖는다. 베이스 층은 열적 HT-CVD 또는 MT-CVD에 의해 성막될 수 있다.
- [0041] 베이스 층은 기재에 대한 TiCN 층의 접착력을 개선하기에 적합하다. 베이스 층은 또한 HT-CVD 알루미늄 산화물 동안과 같은 후속 고온 처리 동안 기재로부터 TiCN 코팅 층으로 그리고 그 반대로 Co와 같은 성분들의 확산을 피하거나 또는 적어도 낮추기 위한 장벽 층으로서 기능할 수 있다.
- [0042] TiCN 층의 다중-서브층 구조에서 성장 방향으로 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 바람직한 실시형태에서, 베이스 층의 상부 상의 제 1 서브층은 C-유형 층이다. 다른 바람직한 실시형태에서, 베이스 층의 상부 상의 제 1 서브층 및 결합층 아래의 최종 서브층 둘 다는 C-유형 층들이다.
- [0043] 진술한 바와 같이, 다층 TiCN 층의 주요 비율은 C-유형 TiCN 이고, 이는 TiCN 층의 {211} 텍스처를 촉진하는 유형으로 밝혀졌으며, 이는 결국 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 {001} 텍스처를 촉진하는 반면, N-유형 서브층들은 바람직하게는 TiCN 층의 {211} 텍스처 성장을 제어하기 위해 개재된다. 그러나, N-유형 층이 베이스 층의 상부 상에 제 1 서브층으로서 성막되는 경우, TiCN 층의 {211} 텍스처의 성장이 낮은 것으로 밝혀졌으며, 그 결과 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 {001} 텍스처가 더 낮았다. 또한 결합층 아래의 최종 서브층이 C-유형 층인 경우, 효과는 심지어 증가될 수 있고, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 {001} 텍스처의 더 양호한 제어가 달성된다.
- [0044] TiCN 층의 다중-서브층 구조와 관련하여 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 2 개의 바람직한 변형예가 있다.
- [0045] 제 1 변형예에서, 성장 방향으로 제 1 C-유형 서브층은 5 내지 15 μm 범위의 두께를 갖는 비교적 두껍고, 후속 C-유형 서브층들은 0.5 내지 4 μm 범위의 두께를 갖는 더 얇으며, 훨씬 더 얇은 N-유형 서브층들은 C-유형 층들 사이에 성막된다. 이 변형예에서, 제 1 스테이지에서, 제 1 더 두꺼운 C-유형 서브층은 뚜렷한 {211} 텍스처를 개발하고 후속 층들에 대한 일종의 템플릿을 설정한다.
- [0046] 제 2 변형예에서, 성장 방향으로 각각의 C-유형 서브층은 0.5 내지 4 μm 범위의 두께를 가지며, C-유형 층들 사이에 훨씬 더 얇은 N-유형 서브층들이 성막된다. 이 변형예는, 또한 매우 양호하게 작동하고, TiCN 층 내의 교번하는 C-유형 서브층 및 N-유형 서브층의 수가 상위 범위 내에 있고 TiCN 층의 총 두께가 너무 높아지지 않아야 하는 경우에 특히 적합하다.
- [0047] 본 발명의 코팅의 결합층은, 0.5 μm 내지 3 μm 의 총 두께를 갖는 TiCN 층의 상부 상에 성막된 단일-층 또는 다중-서브층 산소 함유 Ti 또는 Ti+Al 화합물 층이다. 바람직하게는, 결합층은 다중-서브층 구조 및 TiCN 또는 TiAlCN의 총 조성물을 갖는다. 결합층의 CVD 성막에서, 반응 가스 조성물에 일산화탄소, CO를 첨가하여 산소를 도입할 수 있다. 바람직한 실시형태에서, 성막된 결합층은 후속 Al_2O_3 층의 핵생성 및 성장 이전에 산화 단계를 추가적으로 받는다. Ti 또는 Ti+Al 결합층 내의 산소의 존재 및 결합층 표면의 산화는 α -변형에서 Al_2O_3 층의 성장을 촉진하기에 적합하다.
- [0048] 본 발명은 또한 본 명세서에 규정된 바와 같은 본 발명의 코팅된 절삭 공구의 제조 공정을 포함하며, 여기서 다층 내마모성 경질 코팅은 화학적 기상 증착 (CVD)에 의해 기재 상에 성막되며, 하기 단계를 포함한다:
- [0049] - 적어도 TiCl_4 , H_2 , N_2 및 CH_3CN 및 선택적으로 HCl을 포함하는 공정 가스 조성물로부터 600°C 내지 900°C 범위의 반응 온도에서 MT-CVD에 의해, p가 5 내지 20 범위의 짝수 또는 홀수인 총 p개의 교번하는 C-유형 및 N-유형 서브층들의 다중-서브층 구조에서 TiCN 층을 2 μm 내지 20 μm 의 총 두께로 성막하는 단계로서,
- [0050] C-유형 및 N-유형 서브층들은 탄소와 질소의 원자비에 대해 상이한 화학량론들을 갖고, C-유형 TiCN 서브층들은

1.0 ≤ C/N ≤ 2.0 범위의 C/N 비를 갖고, N-유형 TiCN 서브층들은 0.5 ≤ C/N < 1.0 범위의 C/N 비를 갖고, 인접한 C-유형 및 N-유형 층들의 C/N 비 사이의 차이는 0.2 이상이고, C/N 비는 공정 가스 조성물에서 N₂/CH₃CN의 비에 의해 조정되는, 상기 성막하는 단계,

[0051] - 적어도 TiCl₄, H₂, N₂, CO 및 Al 이 존재하는 경우, AlCl₃ 및 선택적으로 CH₄ 및/또는 HCl 을 포함하는 공정 가스 조성물로부터 열적 HT-CVD 또는 MT-CVD 에 의해, TiCN 층의 상부 상에 단일-층 또는 다중-서브층 산소 함유 Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층을 0.5 μm 내지 3 μm 의 총 두께로 성막하는 단계,

[0052] - 900 ~ 1200℃ 범위의 온도, 30 내지 150 mbar 범위의 압력, 2 ~ 20 분의 시간에서, 그리고 H₂, N₂, 1 ~ 10 vol.% CO₂ 및 1 ~ 20 vol.% CO 로 이루어지거나 포함하는 가스 분위기에서 결합층에 산화 단계를 수행하는 단계,

[0053] - 900℃ 내지 1200℃ 의 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해, 2 μm 내지 15 μm 의 총 두께를 갖는, 산화 단계 처리된 결합층의 상부 상에 α-Al₂O₃ 층을 성막하는 단계.

[0054] 바람직하게는, 공정은 적어도 TiCl₄, H₂ 및 N₂ 를 포함하는 공정 가스 조성물로부터 열적 HT-CVD 또는 MT-CVD 에 의해 0.3 내지 1.5 μm 범위의 베이스 층 두께로 기재 표면 바로 위에 TiN 또는 TiC 의 적어도 하나의 베이스 층을 성막하는 추가 단계를 포함한다.

[0055] Ti 또는 Ti+Al 화합물 결합층은 다중-서브층 구조를 얻기 위해 다수의 후속 성막 단계들에 의해 바람직하게 성막되며, 여기서 각각의 성막 단계는 900℃ 내지 1200℃ 범위의 반응 온도에서 HT-CVD 에 의해 수행된다. 본원의 실시예들에서, 결합층은 TiCN 서브층으로 시작하여, 5-단계 공정으로 성막된 후, 층 내로 산소를 포함하기 위해 반응 가스 내의 CO 를 포함하는 공정 조건들 하의 여러 단계들, 및 층 내로 Al 을 포함하기 위해 AlCl₃ 을 포함하는 단계들이 이어진다. 결합층의 총 (전체) 조성물은 Ti+Al+C+N+O 이다. 결합층의 성막 후에, H₂, N₂, CO₂ 및 CO 를 함유하는 가스 분위기에서 900℃ 내지 1200℃, 바람직하게는 약 1000℃ 의 고온에서 산화 단계를 수행한다.

도면의 간단한 설명

[0056] 도 1 은 상이한 A 접착력 분류들 (도 1a: A = 1; 도 1b: A = 2; 도 1c: A = 3) 의 코팅들의 연마된 칼로트 연삭 표면들의 광 광학 현미경 사진들 (LOM) 의 실시예들을 도시한다.

도 2 는 각각 TiCN 층에서 서브층들의 수에 걸쳐 플롯팅되고 (도 2a) TiCN 층의 텍스처 계수 TC(4 2 2) 에 걸쳐 플롯팅된 (도 2b) 코팅된 절삭 공구 샘플들의 본 발명 및 비교예의 A 및 Z 접착력에 대한 평균값을 도시한다.

도 3 은 12 분의 절삭 시간 (도 3a, 도 3c, 도 3e) 및 15 분의 절삭 시간 (도 3b, 도 3d, 도 3f) 동안 크레이터 마모 시험 (C45E 강에서의 선삭 작업) 후에 본 발명의 샘플들 (도 3a, 도 3b: 4WAG51; 도 3c, 도 3d: 4WAG60) 및 참조 샘플 (도 3e, 도 3f: 1246260) 의 크레이터 마모의 광 광학 사진촬영을 도시한다.

도 4 는 크레이터 마모 시험에서 각 3 분 주기 후에 도 3 에 도시된 샘플들 4WAG51, 4WAG60 및 참조 1246260 의 플랭크 마모를 도시한다.

도 5 는 인성 시험에서 본 발명의 샘플들 4WAG51 및 4WAG55 및 참조 샘플 1246260 의 플랭크 마모를 도시하고, 최대 마모 폭은 주기 넘버에 걸쳐 플롯팅되고, 에지 라인 손상 (ELD) 은 공구 수명 종료시 각각의 샘플에 대해 표시된다 (플랭크면 상의 VB_{max} ≥ 0.3 mm).

도 6 은 본 발명의 TiCN 층의 샘플 상에서 층 성장 방향으로 라인 A-B 를 따라 TEM (도 5a) 및 EDXS 라인 스캔 (도 5b) 의 실시예를 도시한다. TEM 표현에서, 더 두꺼운 C-유형 서브층들 (밝음) 은 6 개의 얇은 N-유형 서브층들 (어두움) 에 의해 중단된다. EDXS 라인 스캔은 라인 A-B 의 약 4 μm 의 길이에 걸쳐 at-% 로 Ti, C 및 N 의 농도를 도시한다. 이 샘플에서, EDXS 에 의해 결정된, C-유형 서브층들의 평균 C/N 비는 약 1.42 였고, n-유형 서브층들의 평균 C/N 비는 약 0.85 였다. C/N 비 결과들은 EELS 라인 스캔에 의해 확인될 수 있었다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0057] **규정들 및 방법들**

[0058] MT-TiCN

[0059] 본 명세서에서 사용되는 용어 "MT-TiCN" 은 TiCN 이 HT-CVD (High Temperature CVD) 에 의해 성막되는 재료를 구분해주는 MT-CVD (Moderate Temperature CVD) 에 의해 성막됨을 의미한다.

[0060] X-선 회절 (XRD) 측정들

[0061] X-선 회절 측정들은 CuK α -방사선 및 PIXcel 1D RTMS 검출기를 사용하여 Panalytical CubiX3 회절계 상에서 수행되었다. X-선관은 45 kV 및 40 mA 에서 초점 맞춰 작동되었다. 측정은 Bragg-Brentano 기하학적 형상에서 수행되었다. 일차 빔 측에서, 0.04 rad 의 Soller 슬릿, 0.5° 의 고정 발산 슬릿 및 1° 의 산란 방지 슬릿이 사용되었다. 샘플의 코팅된 면에 걸쳐 X-선 빔의 스피일 오버 (spill over) 를 방지하기 위해, 1.6 mm 폭의 빔 마스크를 삽입하였다. 일차 측에서, 8 mm 의 고정된 산란 방지 슬릿, 0.04 rad 의 Soller 슬릿 및 20 μ m 두께의 NiK β 필터가 사용되었다. 0.0158° 및 대략 0.2 초 카운팅 시간의 증분으로 19° $\leq 2\theta \leq 130^\circ$ 의 각도 범위 내에서 대칭 θ -2 θ 스캔이 수행되었다.

[0062] Cu-K α_2 스트리핑 (Rachinger 방법) 및 배경 감산 (background subtraction) 을 수행한 후 측정된 2 θ 스캔에 Pseudo-Voigt 프로파일들을 피팅함으로써 Matlab 기반 피크 피팅 절차를 사용하여 데이터 분석을 수행하였다. 여기서 피크 강도는 피크 면적 강도이다. 박막 흡수 (TF) 를 위한 보정은 모든 샘플에 적용되었으며, 이는 벌크 재료에서의 자연 침투 깊이와 대조적으로 층의 제한된 두께를 고려한다. 또한, 각각의 관심 층 위에 성막된 층들에 대해 흡수 보정 (Abs) 이 적용되었다. 박막 (TF) 보정 및 흡수 (Abs) 보정에 적용되는 식은 당업자에게 공지되어 있으며, 하기에 나타낸다:

$$I_{corr}^{TF} = \frac{I_0}{1 - \exp(-2\mu S / \sin\theta)} \quad I_{corr}^{Abs} = \frac{I_0}{\exp(-2\mu S / \sin\theta)}$$

[0063]

[0064] 박막 보정을 위한 식 (I_{corr}^{TF}) 에서, S 는 관심 층의 두께이고, 흡수 보정을 위한 식 (I_{corr}^{Abs}) 에서, S 는 흡수 상부 층의 두께이다. " μ " 는 $\mu(\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3) = 0.01258 \mu\text{m}^{-1}$ 및 $\mu(\text{TiCN}) = 0.08150 \mu\text{m}^{-1}$ 인 각 층 재료의 선형 흡수 계수이다. (참조: Birkholz, Thin Film Analysis by X-ray Scattering, 2006, Wiley-VCH, ISBN 3-527-31052-5, chapter 5.5.3, pages 211-215).

[0065] 결합층은 얇고, TiCN 코팅과 비교하여 동일한 결정 구조 및 유사한 화학적 조성을 갖기 때문에, 양 층들의 중첩된 간섭 피크들은 분리되거나 신뢰가능하게 디콘볼루션될 수 없다. 따라서, TiCN 코팅을 덮는 결합층에 대하여 각각 별도의 흡수 보정 및 박막 보정을 하지 않았다. 대신 그들은 하나의 층으로 취급된다.

[0066] 텍스처 계수 TC(h k l)

[0067] 기상 증착에 의해 제조된 다결정 박막과 관련하여 일반적으로 사용되는 용어 "섬유 텍스처" 는, 기하학적으로 동등한 결정학적 평면 {h k l} 의 세트가 기재 표면에 평행하게 우선적으로 배향되는 것으로 발견된다는 점에서 랜덤 배향과 비교하여 성장된 결정립들의 우선적인 결정학적 배향을 설명한다.

[0068] 바람직한 성장, 즉 기하학적으로 동등한 결정학적 평면들 {h k l} 의 하나의 세트가 우선적으로 기재에 평행하게 배향된다는 것이 발견되는 것을 나타내기 위한 수단은, 각각의 샘플에서 측정된 XRD 반사들의 규정된 세트에 기반하여 Harris 에 의해 제안된 식을 사용하여 계산된 텍스처 계수 TC(h k l) 이다 (Harris, G. B., Philosophical Magazine Series 7, 43/336, 1952, pp. 113-123). Harris 식에 따르면, 측정된 피크 강도 $I(h k l)$ 는 각각의 ICDD 의 PDF-카드로부터 취해지거나 표준 기준 분말 상에서 측정된 상대 표준 강도들 $I_0(h k l)$ 과 상관되어 있다.

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right)^{-1}$$

[0069]

[0070] 결정질 재료 층의 텍스처 계수 TC(h k l) > 1 은, 결정질 재료의 결정립들이 적어도 Harris 식에 사용되는 XRD 반사들과 비교하여 랜덤 분포에서보다 더 빈번하게 그들의 {h k l} 결정학적 평면이 기재 표면에 평행하게 배향된다는 것을 나타낸다. 본 명세서에서 텍스처 계수 TC(h k l) 의 계산을 위해, 측정된 피크 강도들 $I(h k l)$

1) 은 전술한 바와 같이 보정된 순 피크 영역 강도들을 의미한다.

[0071] TiCN 의 경우, ICDD 의 PDF-카드 01-071-6059 번이 적용되었고, 다음의 (h k l) 반사들이 계산에 사용되었다 (n=7):

{h k l}	{1 1 1}	{2 0 0}	{2 2 0}	{3 1 1}	{3 3 1}	{4 2 0}	{4 2 2}
Std. Intensity I_0	803	999	464	198	62	124	100

[0072]

[0073] α -Al₂O₃ 에 대해, 표준 피크 영역 강도들 $I_0(h k l)$ 은, 인증된 NIST (National Institute of Standards and Technology) 표준 분말 SRM676a 상에서, 전술한 바와 같이, 측정에 의해 얻어졌다. 다음의 (h k l) 반사들이 계산에 사용되었다 (n=8):

{h k l}	{1 0 4}	{1 1 0}	{1 1 3}	{0 2 4}	{1 1 6}	{3 0 0}	{0 0 12}	{0 1 14}
Std. Intensity I_0	87.93	37.68	100.00	45.76	92.43	53.93	2.05	5.16

[0074]

[0075] 주사 전자 현미경 (SEM)

[0076] SEM 분석을 위해, 인서트들을 단면으로 절단하고, 홀더에 장착한 다음, i) Struers Piano220 디스크로 6 분 동안 물로 연삭함으로써; ii) 9 μ m MD-Largo 다이아몬드 현탁액으로 3 분 동안 연마함으로써; iii) 3 μ m MD-Dac 다이아몬드 현탁액으로 3:40 분 동안 연마함으로써; iv) 1 μ m MD-Nap 다이아몬드 현탁액으로 2 분 동안 연마함으로써; v) OP-S 콜로이드성 실리카 현탁액으로 적어도 12 분 동안 (콜로이드성 실리카의 평균 결정립 크기 = 0.04 μ m) 연마/에칭함으로써 처리하였다. 시험편들은 SEM 검사 전 초음파로 세정되었다. SEM 이미지들을 30 μ m 개구, 2.5 kV 가속 전압 및 5 mm 의 작동 거리를 사용하여 Zeiss Supra 40 VP 전계 방출 주사 전자 현미경 상에서 획득하였다.

[0077] TEM 분석을 위한 샘플 준비

[0078] TEM 을 위한 샘플들의 준비는 갈륨 액체 금속 이온 공급원이 장착된 조합된 FIB/SEM 장비 Zeiss Crossbeam 540 전계 방출 주사 전자 현미경을 사용하여 현장 리프트-아웃 기법에 의해 행해져서 표면 밖으로 얇은 단면 조각을 절단하고 샘플을 충분한 전자 투명으로 얇게 하였다.

[0079] 분석 투과 전자 현미경 (TEM) 조사 (STEM-EDXS)

[0080] 에너지-분산 X-선 분광법 (EDXS) 을 통한 조합된 주사 투과 전자 현미경 (STEM) 이미징 및 요소 맵핑은 1 nA 의 전자 전류로 200 keV 일차 전자 에너지로 FEI Tecnai Osiris 현미경 상에서 수행되었으며, 현미경에는 고휘도 전계 방출 전자 총 및 4 개의 규소-드리프트 검출기들 (FEI Super-X EDX 시스템) 이 장착되었다.

[0081] STEM-EDXS 맵핑은 각각 C-유형 및 N-유형 층들의 서브층 두께의 결정에 사용되었다. 요소 분포들의 유도된 정량적 라인 프로파일들은 교번하는 C-유형 및 N-유형 층 적층체에 대해 높은 균질성 및 재현성을 입증한다. C/N 비들은 Matlab 을 사용하여 라인 프로파일 피팅에 의해 결정되었다.

[0082] 전자 에너지 손실 분광법 (EELS)

[0083] 전자 에너지 손실 분광법 (EELS) 은 300 kV 에서 FEI Titan 80-300 현미경 상에서 유형 GIF Tridiem 865 ER 의 Gatan 이미징 에너지 필터에 의해 수행되었다. EELS 라인-프로파일 분석을 STEM 모드에서 수행하였다. C/N 비들의 정확한 정량화를 위해, 높은 공간 해상도를 갖는 EELS 분석을 적용하였다. 이들 측정들은 STEM EDXS 분석으로부터의 데이터를 확인한다.

[0084] 칼로트 연삭/볼 크레이터링

[0085] 칼로트 연삭을 사용하여 코팅 두께 및 접착력을 평가하였다. 인서트는 볼 크레이터링 셋업의 경사진 자기 홀더 상에 배치되었다. 구형 칼로트를 3 μ m 수계 다이아몬드 현탁액 (Struers, DP-Lubricant Green) 의 액적으로 습윤되고 500 rpm 초과에서 구동 샤프트에 의해 구동되는 회전하는 30 mm 강 볼에 의해 코팅 및 기재 재료에서 연삭하였다. 기재 재료 중의 칼로트 직경이 대략 600 ~ 1100 μ m 에 도달했을 때 연삭 공정을 중단하였다. 칼로트의 기하학적 형상을 고려한 두께 측정은 광 광학 현미경 (LOM) 을 사용하여 전용 소프트웨어에 의해 수행되었다.

- [0086] 접착력 및 Z 접착력
- [0087] "접착력" 은 결합층에 대한 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층의 접착력을 규정하고, "Z 접착력" 은 결합층 내의, 즉 결합층의 개별 서브층들 사이의 내부 접착력을 규정한다. A 및 Z 접착력은 연마된 칼로트 연삭된 표면들 상에서 LOM 관찰에 의해 평가되었고 1.0 (= 완벽한 접착력) 내지 3.0 (= 접착력 없음) 의 스케일로 시각적으로 분류되었다.
- [0088] 층들/서브층들의 계면들에서 A 및 Z 접착력에 대한 기준은 다음과 같다:
- [0089] A 또는 Z = 1: 계면들에서 브레이크아웃이 관찰되지 않거나 무시가능한 브레이크아웃이 관찰될 수 있고, 계면 라인은 온전하다.
- [0090] A 또는 Z = 2: 계면에서 사소한 브레이크아웃이 관찰될 수 있으며, 전체 계면 라인의 약 51 ~ 80% 가 열화 없이 존재한다.
- [0091] A 또는 Z = 3: 계면에서 주요한 브레이크아웃 또는 연속적인 박리가 관찰될 수 있으며, 칼로트 내의 계면 라인의 50 ~ 100% 가 열화된다.
- [0092] 도 1a, 도 1b 및 도 1c 는 A 접착력의 실시예들을 도시한다 (도 1a: A = 1; 도 1b: A = 2; 도 1c: A = 3).
- [0093] CVD 코팅들
- [0094] 본원의 모든 CVD 코팅들은 1580 mm 의 내부 반응기 높이, 500 mm 의 내부 반응기 직경 및 약 300 리터의 내부 부피를 갖는 유형 Bernex BPX530L 의 산업용 크기의 반경방향 유동 CVD 코팅 챔버에서 제조되었다. 반응 가스는 중심 가스 유입 파이프를 통해 반응기로 공급되었고, 기재 본체들 위에 본질적으로 반경방향 가스 유동을 제공하기 위해 유입 파이프를 따라 분포된 개구들을 통해 반응 구역내로 도입되었다.
- [0095] (최대 약 15,000 개의 인서트들의 순서로) 많은 수의 절삭 공구 인서트 기재들이 반응 가스 유출 개구들로부터 반경방향으로 상이한 거리들에서 그리고 다양한 트레이 레벨들 상에서 반응기 내에 배치될 수 있다는 것이 주목된다. 따라서, 전체 가스 유동, 가스 속도 및 성막 반응의 유형에 따라, 반응 가스 조성, 및 따라서 동일한 반응기 내의 상이한 기재 위치들에서의 반응성이 변할 수 있고, 동일한 공칭 반응 조건 하에서 동일한 성막 런 내에서 코팅된 기재들의 코팅 두께들 및 다른 생성물 파라미터들을 변화시키는 결과를 초래할 수 있다. 이는 당업자에게 잘 알려진 현상이다. 그러나, 본 발명의 코팅 특성을 달성하기 위해 전체 가스 유동, 가스 속도, 성막 시간 등의 조정과 같은 당업계에 공지된 조정에 의해 이러한 변화를 낮추거나 극복하는 것은 당업자의 의도 내에 있다.
- [0096] 달리 나타내지 않는 한, 본원의 실시예들에서, 반응기는 그의 최대 용량까지의 인서트들로 충전되었고, 이에 의해 조사될 샘플 인서트들이 반응기의 높이 내에서 중심 입구 파이프로부터 트레이 상의 3 개의 상이한 반경방향 위치들 (위치: 중심 (C), 중간 (M), 주변부 (P)) 및 6 개의 상이한 트레이 레벨들에 배치되었다. 트레이들 상의 나머지 위치들은 가능한 한 근접하게, 반응기 내의 전체 스케일 성막 조건들 및 체적 사용을 시뮬레이팅하기 위해 "스크랩" 인서트들로 충전되었다.
- [0097] 달리 나타내지 않는 한, 본원의 실시예들에서, 층 두께, 텍스처 계수, A 및 Z 접착력 등과 같은 샘플에 대해 나타낸 측정된 값들은 상기 기재된 바와 같이 반응기 내의 18 개의 다양한 위치들로부터 취한 18 개의 샘플들의 평균을 나타낸다.
- [0098] 블라스팅
- [0099] 성막된 코팅의 블라스팅이 수행되면, 인서트들의 경사면들 상에서 블라스팅이 수행되었다. 건식 블라스팅 (TS) 은 직경 70 ~ 120 μm , 블라스팅 압력 5 bar (인젝터 프레스 = 1.8 bar), 블라스팅 거리 90 mm 의 ZrO_2 라운드 매체로 수행되었다. 습식 블라스팅 ("TT") 은 수중 20 부피% Al_2O_3 (F240 마이크로 그릿) 의 블라스팅 슬러리, 2.8 ~ 3.8 bar (인젝터 프레스 = 1. ~ 2.0 bar) 의 블라스팅 압력, 75° 의 블라스팅 각도, 및 94.5 mm 의 블라스팅 거리로 수행되었다.
- [0100] 크레이터 마모 시험:
- [0101] 코팅된 절삭 공구들을 하기 절삭 데이터를 사용하여 C45E 강에서 시험하였다:
- [0102] 절삭 속도 v_c : 270 m/min

- [0103] 절삭 공급량, f : 0.32 mm/회전
- [0104] 절삭 깊이, a_p : 2.5 mm
- [0105] 인서트 스타일: WNMG080412
- [0106] (절삭 유체 없음)
- [0107] 절삭 공구당 하나의 절삭날을 평가하였다. 크레이터 마모의 분석에서, 광학 현미경을 사용하여, 노출된 기재의 영역을 측정하였다. 공구의 수명은 유동하는 칩들에 의해 형성된 마모 크레이터가 이차 절삭날을 관통/도달할 때 도달되는 것으로 간주되었다. 광 광학 현미경에서 3 분 절삭 후에 각각의 절삭 공구의 마모를 평가하였다. 그리고 나서, 절삭 공정은 공구 수명 기준에 도달할 때까지 각 3 분 런 후 측정으로 계속되었다. 크레이터 마모 외에, 플랭크 마모도 또한 관찰되었다.
- [0108] 인성 시험 - 에지 라인 손상 (ELD)
- [0109] 코팅된 절삭 공구들 (블라스팅되거나 언블라스팅) 은 다음의 절삭 데이터를 사용하여 C45E 강에서 중간 선삭 작업으로 시험되었다:
- [0110] 절삭 속도 v_c : 200 m/min
- [0111] 절삭 공급량, f : 0.2 mm/회전
- [0112] 절삭 깊이, a_p : 2.64 mm
- [0113] 인서트 스타일: WNMG080412
- [0114] 가공물 재료는 C45E 로 구성되었다. 이러한 유형의 시험 동안 중단된 절삭 공정은 공구의 수명에 중요한 것으로 나타났다. 70% 의 에지-라인 손상 (ELD) (기준 #1) 또는 0.3 mm 의 플랭크 먼 상의 마모 VB_{max} (기준 #2) 중 더 앞서 발생한 것에 도달하거나 초과하는 경우, 공구 수명의 종료에 도달한 것으로 가정되었다. 물 혼화성 금속 가공 유체를 사용하였다.
- [0115] **실시예들**
- [0116] 기재들
- [0117] 본 예들에서, 절삭 인서트 기하학적 형상 ISO-유형 CNMA120412 및 WNMG080412 를 갖는 초경합금의 기재를 사용하였다. 초경합금 조성물은 86.11 중량% WC, 5.48 중량% Co, 3.52 중량% TaC, 2.12 중량% TiC, 2.33 중량% NbC 및 0.44 중량% 다른 탄화물이었다. 기재들은 기재 표면으로부터 약 20 μ m 의 Co 결합체 풍부 표면 구역을 갖는다.
- [0118] CVD 성막의 경우에, 2 개의 상이한 기하학적 형상 CNMA120412 및 WNMG080412 의 인서트들은 CVD 반응기 내의 동일한 반경방향 및 트레이 레벨 위치들에서 서로 옆에 기하학적 형상 CNMA120412 의 적어도 하나의 인서트 및 기하학적 형상 WNMG080412 의 하나의 인서트를 배치함으로써 동일한 조건 하에서 동일한 성막 런에서 코팅되었다. 그의 보다 단순한 기하학적 형상 및 편평한 표면들, 및 따라서 보다 용이한 취급으로 인해, CNMA120408 인서트들은 코팅 분석 및 측정 (A 및 Z 접착력 분석을 포함) 을 위해 사용되는 반면, 강 기계가공을 위한 일반적인 선삭 공구 인서트 기하학적 형상인 WNMG080412 인서트들은 절삭 시험들에 사용되었다.
- [0119] 성막들
- [0120] 본원의 실시예들의 성막에서의 코팅 시퀀스는 TiN 베이스 층/TiCN 코팅 (MT-TiCN)/TiAlCN로 결합층/ α -Al₂O₃ 층이었다. 산화 단계는 α -Al₂O₃ 층의 성막 전에 결합층에 적용되었다. 본 명세서에 제조된 모든 본 발명 및 비교 실시예들에서, TiN 베이스 층, TiAlCN로 결합층, 산화 단계 및 α -Al₂O₃ 층은 각각 단일 층 또는 다중 층 TiCN 코팅들의 변형과 관련하여 비교가능한 실시예들을 만들기 위해 동일한 공정 조건 하에서 성막되고 수행되었다.
- [0121] 본 발명 및 비교 샘플들의 층의 성막을 위한 공정 파라미터들은 표 1 에 주어지고, TiCN 코팅 시퀀스는 표 3 에 주어진다. 참조 샘플 (1246260) 의 층들의 성막들을 위한 공정 단계들 및 파라미터들은 표 2 에 주어진다. 샘플들 (전술한 바와 같이 반응기에 분포된, 각각 18 개의 본 발명 및 비교 샘플들의 평균) 에 대해 측정된

파라미터는 표 4 에 주어진다.

[0122] TiN 베이스 층은 약 $0.3 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 의 두께를 가졌다. TiAlCN로 결합층은 약 $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 의 두께를 가졌다. $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 층은 약 $5.5 \sim 6.5 \mu\text{m}$ 의 두께를 가졌다. TiCN 코팅의 두께는 약 $7.5 \sim 11.0 \mu\text{m}$ 의 범위였다.

[0123] 결합층은 5 개의 코팅 단계들 (BL-a 내지 B-e) 에서 성막된 다중-서브층 구조로 이루어졌다. $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 의 성막은 2 단계들, 단계 1 및 단계 2 로 수행되었다.

[0124] 접착력 분석들

[0125] 본 발명 및 비교 샘플들 (표 3 및 표 4 참조) 로부터의 A 및 Z 접착력에 대한 평균값들을 결정하였고, 각각 TiCN 층 (도 2b) 의 다층의 수 (도 2a; #ML) 및 텍스처 계수 TC(4 2 2) 에 대해 플롯팅하였다. 도 2a 및 도 2b 의 점선 박스에서, TiCN-C 및 TiCN-D 를 사용하는 단일층 샘플들 (#ML = 1) 이 표시된다. 결과는 #ML 및 TC(4 2 2) 가 단층 샘플들에 대해서도 Z 접착력에 매우 작은 영향만을 가진다는 것을 보여준다. 그러나, #ML 에 대한 A-접착력의 강한 음의 선형 의존성 및 TC (4 2 2) 에 대한 A 접착력의 강한 양의 선형 의존성이 관찰되었다. 단일층 실시예들 둘 다는 매우 약한 A 접착력을 나타낸다. 본 발명의 TiCN 층의 #ML 및 TC(4 2 2) 범위 내의 다중-서브층 샘플들은 개선된 A 접착력을 나타내고, 동시에 개선된 절삭 특성들을 나타낸다.

표 1

표 1: 본 발명 및 비교 샘플들에서의 총들에 대한 성분 동안의 공정 파라미터들 및 반응 가스들

총 유형	온도 [°C]	압력 [mbar]	시간 [min]	H ₂ [vol%]	N ₂ [vol%]	TiCl ₄ [vol%]	CH ₄ [vol%]	CH ₃ CN [vol%]	HCl [vol%]	AlCl ₃ [vol%]	CO ₂ [vol%]	CO [vol%]	H ₂ S [vol%]	전체 [l/min]
TiN (베이스 총)	885	300	60	54.9	43.9	1.2	---	---	---	---	---	---	---	90.9
TiCN-A (N 유형)	885	70	var.	57.3	41.7	0.9	---	0.1	---	---	---	---	---	96.0
TiCN-B (C 유형)	885	70	var.	81.8	14.9	2.7	---	0.6	---	---	---	---	---	67.2
TiCN-C (C 유형)	885	55	320	87.8	8.8	2.7	---	0.7	---	---	---	---	---	113.9
TiCN-D (C 유형)	885	70	320	81.5	14.8	3.0	---	0.7	---	---	---	---	---	67.5
TiCN-E (N 유형)	885	70	var.	63.1	36.0	0.8	---	0.1	---	---	---	---	---	96.0
TiCN-F (C 유형)	885	70	var.	85.1	12.2	2.2	---	0.5	---	---	---	---	---	67.2
BL-a	1000	400	25	67.5	25.9	1.5	---	3.4	1.7	---	---	---	---	88.9
BL-b	1000	70	12	83.1	12.5	1.5	0.4	---	1.3	---	---	1.2	---	120.4
BL-c	1000	70	5	71.6	23.1	2.3	0.5	---	---	0.2	---	2.3	---	129.9
BL-d	1000	70	7	71.9	23.2	2.3	---	---	---	0.3	---	2.3	---	129.3
BL-e	1000	55	10	99.5	---	---	---	---	---	0.5	---	---	---	65.3
산화 단계	1000	65	5	57.1	31.7	---	---	---	---	---	3.2	8.0	---	63.0
α-Al ₂ O ₃ (단계 1)	1000	65	30	93.2	---	---	---	---	1.4	1.4	2.7	1.3	---	74.0
α-Al ₂ O ₃ (단계 2)	1000	65	270	93.7	---	---	---	---	1.8	0.8	3.4	---	0.3	135.2

"BL" = 결함층 (다중층)

표 2

표 2: 참조 샘플 (1246260 = 선행 기술)에서의 총 성막을 위한 공정 단계들 및 파라미터들

총 유형	온도 [°C]	압력 [mbar]	시간 [min]	H ₂ [vol%]	N ₂ [vol%]	TiCl ₄ [vol%]	CH ₃ CN [vol%]	CH ₄ [vol%]	HCl [vol%]	AlCl ₃ [vol%]	CO ₂ [vol%]	CO [vol%]	H ₂ S [vol%]	전체 [l/min]
TiN (베이스 층)	900	160	51	59.4	39.6	1.0	-	-	-	-	-	-	-	88.4
TiCN (단계 1)	900	75	90	71.5	25.7	2.2	0.6	-	-	-	-	-	-	69.9
TiCN (단계 2)	900	70	240	89.4	7.9	2.0	0.7	-	-	-	-	-	-	76.1
BL-1	1000	400	20	67.7	25.4	1.9	-	3.3	1.7	-	-	-	-	59.1
BL-2	1000	70	4	84.1	12	1.5	-	-	1.2	-	-	1.2	-	83.2
BL-3	1000	70	14	83.8	12	1.4	0.4	-	1.2	-	-	1.2	-	83.6
BL-4	1000	70	6	65.3	28.1	2.7	0.6	-	-	0.5	-	2.8	-	71.2
BL-5	1000	70	14	64.8	27.9	2.7	-	-	-	0.4	-	4.2	-	71.8
BL-6	1000	45	10	99.5	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	62.8
산화 단계	1000	55	6	57.1	31.7	-	-	-	-	-	3.2	8	-	63.0
α-Al ₂ O ₃ (단계 1)	1000	55	30	93	-	-	-	-	1.4	-	2.8	1.4	-	71.5
α-Al ₂ O ₃ (단계 2)	1000	75	320	95.2	-	-	-	-	0.9	-	2.8	-	0.3	130.3

"BL" = 결함층 (다중층)

표 3

표 3: 본 발명 및 비교 샘플에서의 TiCN 코팅 시퀀스들

#	샘플 #	MT-TiCN - „X“ 층 시퀀스	성막 시간 [min]	전체 층 수	두께 [μm]
1	WAG1719_V40	1x C	320	1	13.8
2	4WAG25	1x D	320	1	10.1
3	4WAG44	1x B	270	6	9.0
		2x (A + B)	2x (7 +25)		
		1x A	32		
4	4WAG48	1x B	300	7	10.4
		3x (A + B)	3x (7 +25)		
5	4WAG28.1	9x (B + A)	9x (25 +7)	19	7.9
		1x B	32		
6	4WAG28.2	9x (B + A)	9x (25 +7)	19	7.7
		1x B	32		
7	4WAG49	9x (B + A)	9x (30 +10)	19	8.7
		1x B	30		
8	4WAG51	1x B	300	7	10.3
		3x (A + B)	3x (7 +25)		
9	4WAG55	1x F	25	25	9.2
		12x (E + F)	12x (7 +25)		
10	4WAG56	1x B	70	21	9.6
		10x (A + B)	10x (7 +25)		
11	4WAG59	1x B	134	17	9.7
		8x (A + B)	8x (7 +25)		
12	4WAG60	1x B	134	17	10.4
		8x (A + B)	8x (7 +25)		
		12x (A + B)			

[0128]

표 4

표 4: 측정된 파라미터들

#	샘플	TiCN 두께 [μm]	TiCN TC(4 2 2)	Al ₂ O ₃ TC(0 0 12)	A 점착력	Z 점착력	TiCN # 시브들 [#-ML]
1	WAG1719_V40	13.8	6.1	7.4	3.0	2.0	1
2	4WAG25	10.1	5.1	6.0	3.0	2.2	1
3	4WAG44	9.0	5.3	6.3	2.2	1.9	6
4	4WAG48	10.4	5.2	6.1	2.2	1.6	7
5	4WAG28.1	7.9	3.9	5.5	1.1	1.6	19
6	4WAG28.2	7.7	3.9	5.4	1.1	1.9	19
7	4WAG49	8.7	4.1	5.9	1.4	1.6	19
8	4WAG51	10.3	5.2	6.2	2.3	1.4	7
9	4WAG55	9.2	4.5	6.0	1.5	2.0	25
10	4WAG56	9.6	4.8	5.8	1.5	1.9	21
11	4WAG59	9.7	4.9	6.2	2.0	1.8	17
12	4WAG60	10.4	4.9	6.2	1.8	1.5	17

[0129]

[0130]

인성 시험

[0131]

에지 라인 인성 시험들을 참조 샘플 (1246260) 및 2 개의 본 발명의 샘플들 (4WAG51 및 4WAG55) 에서 수행하였다. 각각의 샘플은 전술한 바와 같이 "TS+TT" = 건식 블라스팅 및 후속 습식 블라스팅으로 후처리되었다.

모든 샘플들은 70% 의 에지-라인 손상 (ELD) (공구 수명 기준 #1 의 종료) 에 도달하기 훨씬 전에 0.3 mm (공구 수명 기준 #2 의 종료) 의 플랭크 마모 $V_{B_{max}}$ 에 도달하거나 이를 초과하였다. 따라서, ELD 는 플랭크 마모로 인해 공구 수명의 종료 후에 각각의 샘플에 대해 결정되었다. 결과들을 하기 표 5 및 도 5 에 나타낸다.

표 5

표 5: 에지 라인 인성 시험

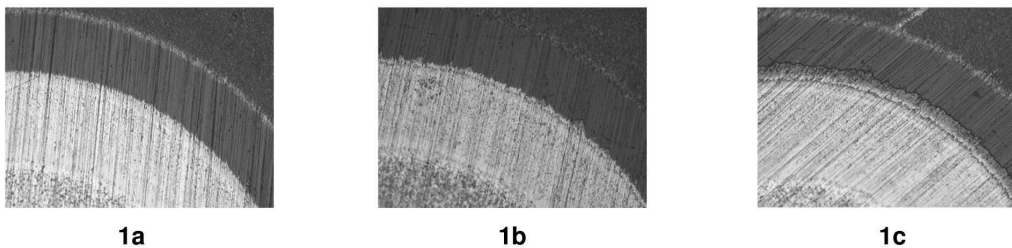
샘플 #	VBmax >0.3mm 까지 사이클의 #	4 주기 이후에 플랭크 마모 폭 VBmax [mm]	6 주기 이후에 플랭크 마모 폭 VBmax [mm]	공구 수명의 종료 후 ELD
참조 1246260	4	0.36	---	35 %
4WAG51	>7	0.15	0.26	31 %
4WAG55	6	0.22	0.34	29 %

크레이터 마모

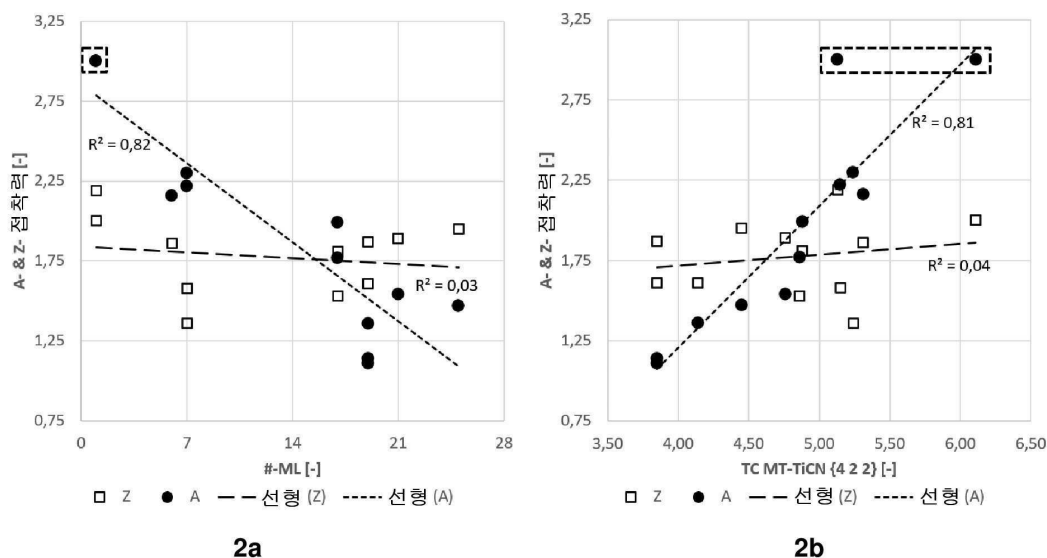
본 발명의 샘플 4WAG51 및 4WAG60 및 참조 샘플 1246260 을 각각 12 분 및 15 분 동안 전술한 바와 같이 (C45E 강에서의 선삭 작업) 크레이터 마모 시험에 적용하였다. 도 3 은 본 발명의 샘플들의 관찰된 (LOM) 마모를 도시한다. (도 3a = 4WAG51, 12분; 도 3b = 4WAG51, 15분, 도 3c = 4WAG60, 12분; 도 3d = 4WAG60, 15분; 도 3e = 1246260, 12분; 도 3f = 1246260, 15분). 결과들은 12 분 후에 본 발명의 샘플들 및 참조 샘플의 유사한 크레이터 마모를 나타내지만, 15 분 후에 본 발명의 샘플들의 마모는 여전히 허용가능하지만, 참조 샘플의 절삭날 및 레이크 및 플랭크면들 거의 완전히 파괴되었다. 도 4 는 크레이터 마모 시험에서 각 3 분 주기 후 샘플들의 플랭크 마모를 나타내었다.

도면

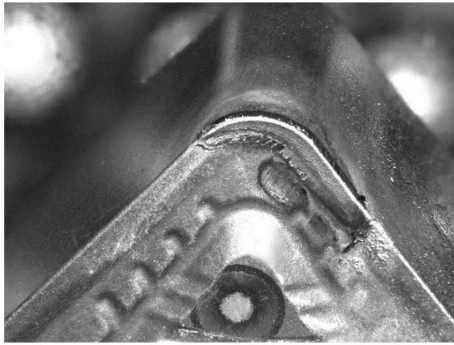
도면1



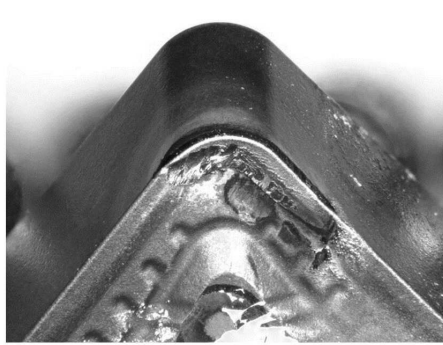
도면2



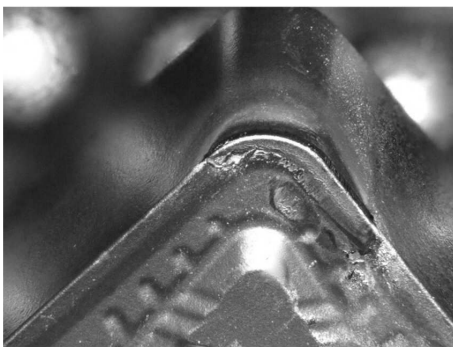
도면3



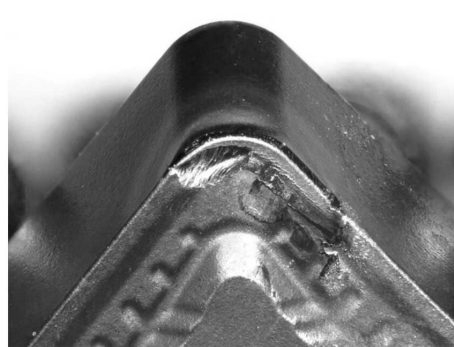
3a



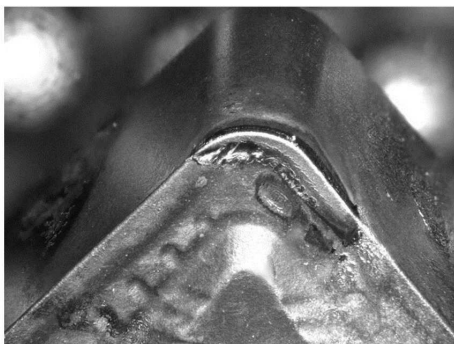
3b



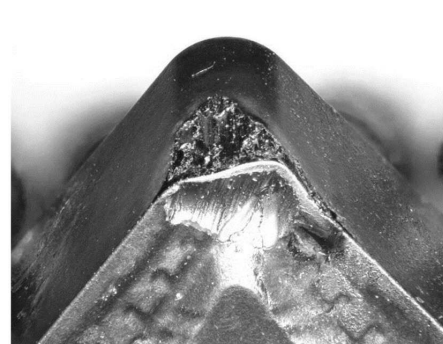
3c



3d

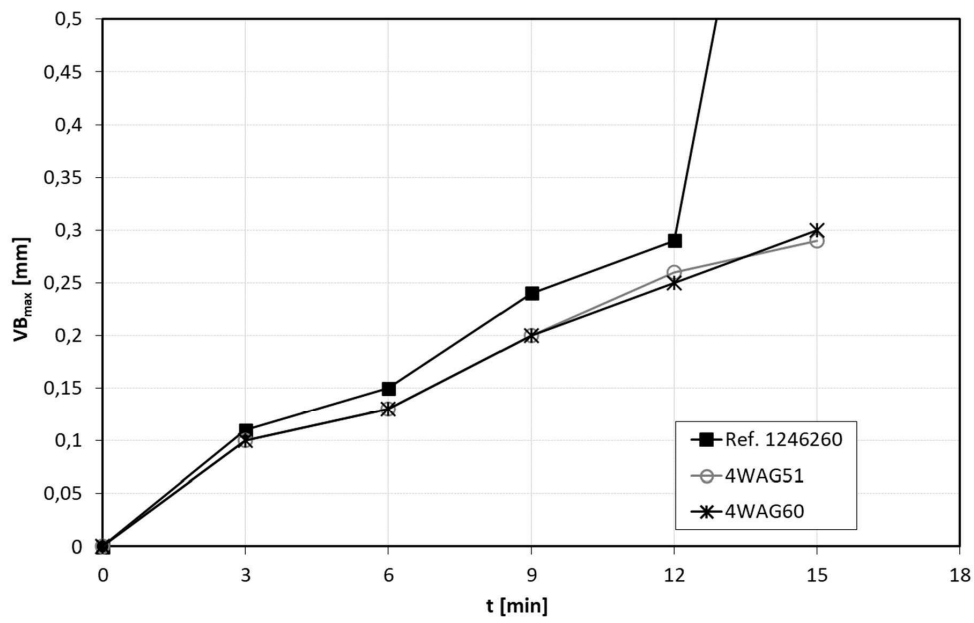


3e

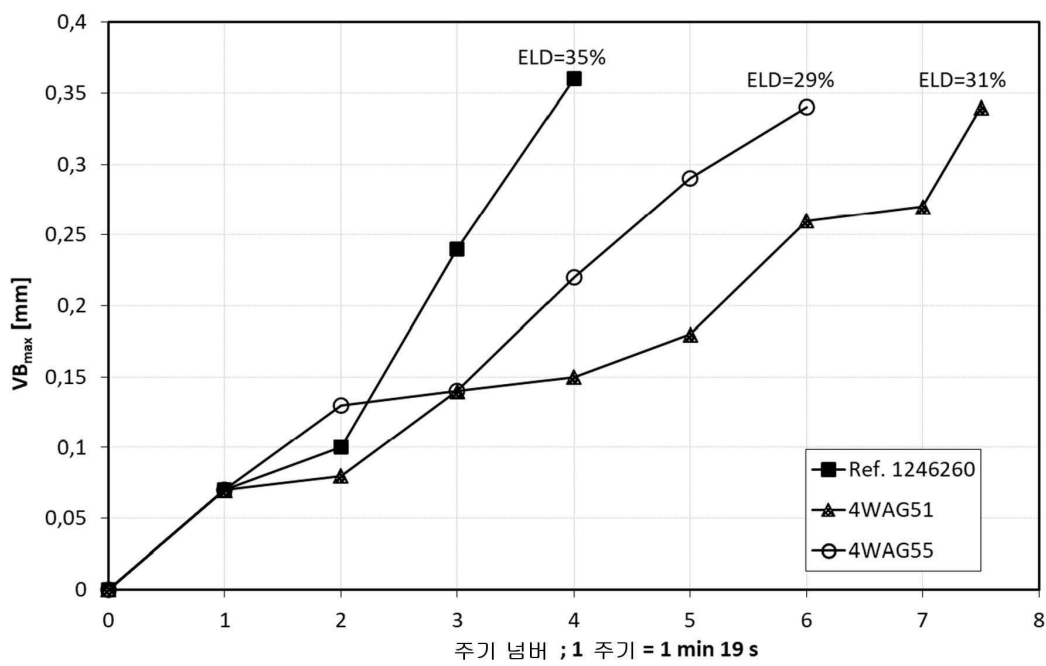


3f

도면4



도면5



도면6

