



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0172484
(43) 공개일자 2023년12월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 - C23C 16/36 (2006.01) C23C 16/02 (2006.01)
 - C23C 16/34 (2006.01) C23C 16/52 (2018.01)
 - C23C 28/04 (2006.01) C23C 30/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 - C23C 16/36 (2013.01)
 - C23C 16/0272 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7035378
- (22) 출원일자(국제) 2022년04월22일
 - 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2023년10월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2022/060698
- (87) 국제공개번호 WO 2022/223786
 - 국제공개일자 2022년10월27일
- (30) 우선권주장
 - 21170080.2 2021년04월23일
 - 유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인
 - 에이비 산드빅 코로만트
 - 스웨덴 811 81 산드비켄
- (72) 발명자
 - 모르얀 브렌닝 칼루카
 - 스웨덴 811 81 산드비켄 모스베엔 10
 - 폰 피안트 리누스
 - 스웨덴 811 81 산드비켄 모스베엔 10
 - 앵크비스트 얀
 - 스웨덴 811 81 산드비켄 모스베엔 10
- (74) 대리인
 - 특허법인코리아나

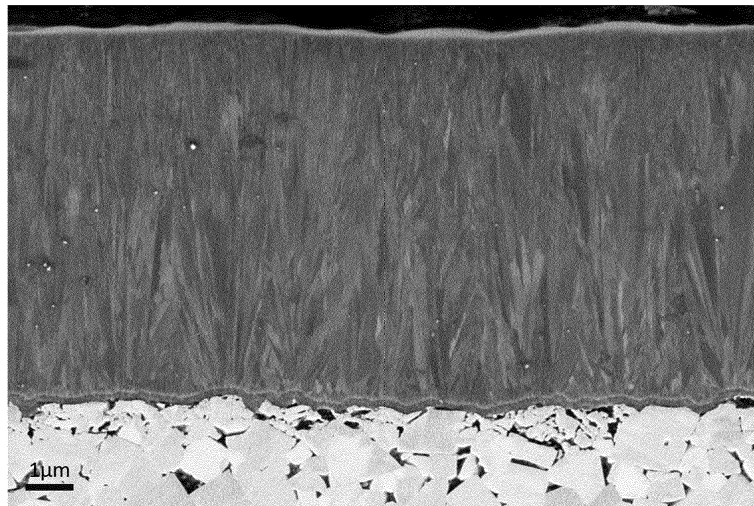
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 절삭 공구

(57) 요약

본 발명은 금속 절삭을 위한 절삭 공구에 관한 것이고, 상기 절삭 공구는 3-30 μm 코팅으로 적어도 부분적으로 코팅된 기재를 포함하고, 상기 기재는 초경합금, 서멧 (cermet) 또는 세라믹이고, 상기 코팅은 하나 이상의 층들을 포함하고, 적어도 하나의 층은 3-25 μm 의 두께를 갖는 Ti(C,N) 층이고, 상기 Ti(C,N) 층은 평균 입자 크기 ≥ 25 nm 및 ≤ 35 nm 를 갖는 칼럼형 결정립들 (columnar grains) 로 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C23C 16/34 (2013.01)

C23C 16/52 (2018.01)

C23C 28/044 (2013.01)

C23C 30/005 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

금속 절삭을 위한 절삭 공구로서,

상기 절삭 공구는 3-30 μm 코팅으로 적어도 부분적으로 코팅된 기체를 포함하고, 상기 기체는 초경합금, 서멧(cermet) 또는 세라믹이고, 상기 코팅은 하나 이상의 층들을 포함하고,

적어도 하나의 층은 3-25 μm 의 두께를 갖는 Ti(C,N) 층이고,

상기 Ti(C,N) 층은 칼럼형 결정립들 (columnar grains) 로 구성되고,

상기 Ti(C,N) 층의 평균 결정립 크기 D_{422} 가 CuK α 방사선을 이용한 X-선 회절로 측정될 때, 상기 결정립 크기 D_{422} 는 다음의 Scherrer 식에 따라 (422) 피크의 반치전폭 (full width at half maximum (FWHM)) 으로부터 계산되고;

$$D_{422} = \frac{K\lambda}{B_{422}\cos\theta}$$

D_{422} 는 상기 Ti(C,N) 층에서의 상기 Ti(C,N) 결정립들의 평균 결정립 크기이고, K 는 여기서 0.9 로 설정된 형상 인자이고, λ 는 여기서 1.5405 Å 로 설정된 CuK α_1 방사선에 대한 파장이고, B_{422} 는 (422) 반사에 대한 상기 FWHM 값이고, θ 는 Bragg 각도이고,

D_{422} 는 ≥ 25 nm 및 ≤ 35 nm 인, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

4.5 - 25 μm 의 두께를 갖는 적어도 하나의 상기 Ti(C,N) 층은 CuK α 방사선 및 θ -2 θ 스캔을 사용하여 측정될 때, X-선 회절 패턴을 나타내고, TC(hkl) 는 다음의 Harris 식에 따라 정의되고;

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

$I(hkl)$ 은 (hkl) 반사의 측정 강도 (적분 영역) 이고, $I_0(hkl)$ 은 ICDD 의 PDF 카드 제 42-1489 호에 따른 표준 강도이며, n 은 반사들의 수이며, 계산에 사용된 반사들은 (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (3 3 1), (4 2 0) 및 (4 2 2) 이고,

$TC(422) \geq 3$ 인, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 Ti(C,N) 층은 6-25 μm 의 두께를 갖고 $TC(422) \geq 4$ 인, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 Ti(C,N) 층은 X-선 회절 패턴을 나타내고,

상기 TC(422) 는 가장 높고 TC(311) 는 두 번째로 높은, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 Ti(C,N) 층에서 비 C/(C+N) 은 50% 내지 70%, 바람직하게는 55% 내지 65% 인, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 코팅은 TiN 의 최내부 층을 포함하는, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 Ti(C,N) 층은 상기 코팅의 최외부 층인, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 절삭 공구는 드릴, 밀링 인서트 또는 선삭 인서트, 바람직하게는 선삭 인서트인, 금속 절삭을 위한 절삭 공구.

청구항 9

금속 절삭에서의 제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 절삭 공구의 용도.

청구항 10

고 합금 강, 경화 강, 주철 또는 스테인리스 강에서의 금속 절삭에서의, 바람직하게는 고 합금 강에서의 금속 절삭에 사용되는, 제 9 항에 따른 절삭 공구의 용도.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기재 및 코팅을 포함하는 코팅된 절삭 공구에 관한 것이며, 여기서 코팅은 25 nm 내지 35 nm 의 평균 입자 크기를 갖는 Ti(C,N) 층을 포함한다.

배경 기술

[0002] 금속 기계가공용 절삭 공구의 기술 분야에서, CVD 코팅의 사용은 공구의 내마모성을 향상시키는 잘 알려진 방법이다. TiN, TiC, Ti(C,N) 및 Al₂O₃ 와 같은 세라믹 재료들의 CVD 코팅이 통상적으로 사용된다.

[0003] EP2791387호는 미세한 결정립형 티타늄 탄질화물 층이 제공된 코팅된 절삭 공구를 개시한다. 이 코팅은 노듈라 주철 (nodular cast iron) 의 선삭에서 플레이킹에 대한 높은 저항성을 보이며 고속 절삭에 유리하다. 칼럼형 MTCVD Ti(C,N) 층은 0.05 내지 0.4 μm 의 평균 입자 폭으로 설명된다.

[0004] 절삭 공구의 수명을 연장할 수 있는 그리고/또는 알려진 절삭 공구 코팅보다 더 높은 절삭 속도를 견딜 수 있는 절삭 공구 코팅을 찾는 지속적인 요구가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 목적은 금속 절삭 적용에서 개선된 내마모성을 갖는 코팅된 절삭 공구를 제공하는 것이다. 또 다른 목적은 선삭 작업, 특히 강 및 경화 강의 선삭에서 저항성을 개선하는 것이다. 강 및 경화 강의 선삭에서 높은 크레이터 및 플랭크 내마모성을 제공하는 내마모성 코팅을 제공하는 것이 또 다른 목적이다.

과제의 해결 수단

[0006] 이 목적들 중 적어도 하나는 청구항 1 에 따른 코팅된 절삭 공구로 달성된다.

[0007] 바람직한 실시예들은 종속 청구항들에서 열거된다.

[0008] 본 개시는 금속 절삭을 위한 절삭 공구에 관한 것이고, 상기 절삭 공구는 3-30 μm 코팅으로 적어도 부분적으로 코팅된 기재를 포함하고, 상기 기재는 초경합금, 서멧 (cermet) 또는 세라믹이고, 상기 코팅은 하나 이상의 층들을 포함하고, 적어도 하나의 층은 3-25 μm 의 두께를 갖는 Ti(C,N) 층이고, 상기 Ti(C,N) 층은 칼럼형 결정립들 (columnar grains) 로 구성되고 상기 Ti(C,N) 층의 평균 결정립 크기 D_{422} 가 CuK α 방사선을 이용한 X-선 회절로 측정될 때, 상기 결정립 크기 D_{422} 는 Scherrer 식에 따라 (422) 피크의 반치전폭 (full width at half maximum (FWHM)) 으로부터 계산되고:

[0009]
$$D_{422} = \frac{K\lambda}{B_{422}\cos\theta}$$

[0010] D_{422} 는 상기 Ti(C,N) 층에서의 상기 Ti(C,N) 결정립들의 평균 결정립 크기이고, K 는 여기서 0.9 로 설정된 형상 인자이고, λ 는 여기서 1.5405 Å 로 설정된 CuK α_1 방사선에 대한 파장이고, B_{422} 는 (422) 반사에 대한 상기 FWHM 값이고, θ 는 Bragg 각도이고, D_{422} 는 ≥ 25 nm 및 ≤ 35 nm 이다.

[0011] 놀랍게도, 매우 미세한 결정립 Ti(C,N) 층이 제공된 절삭 공구가 고 합금 강에서의 선삭과 같은 금속 절삭 적용들에서 사용될 때 마모에 대해 매우 높은 저항성을 나타낸다는 것이 발견되었다. 많은 양의 결정립계를 갖는 칼럼형 결정립 및 결정화도의 조합이 높은 내마모성에 기여하는 것으로 여겨진다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 하나 이상의 Ti(C,N) 층은 CuK α 방사선 및 θ -2 θ 스캔을 사용하여 측정될 때, X선 회절 패턴을 나타내고, TC(hkl) 는 다음의 Harris 식에 따라 정의되고;

[0013]
$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

[0014] $I(hkl)$ 은 (hkl) 반사의 측정 강도 (적분 영역) 이고, $I_0(hkl)$ 은 ICDD 의 PDF 카드 제 42-1489 호에 따른 표준 강도이며, n 은 반사들의 수이며, 계산에 사용된 반사들은 (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (3 3 1), (4 2 0) 및 (4 2 2) 이고, $TC(422) \geq 3$ 이다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 적어도 하나의 Ti(C,N) 층은 6-25 μm 의 두께이고 X-선 회절 패턴을 나타내고, 여기서 $TC(422) \geq 4$ 이다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 적어도 하나의 Ti(C,N) 층은 4.5-25 μm 의 두께이고 X-선 회절 패턴을 나타내며, 여기서 $TC(422)$ 가 가장 높고 $TC(311)$ 가 두 번째로 높다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 Ti(C,N) 층에서 비 C/(C+N) 은 50% 내지 70%, 바람직하게는 55% 내지 65% 이다. 이 조성물은 이 Ti(C,N) 층이 높은 화학적 안정성을 나타낸다는 점에서 유리하다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에서, 코팅은 TiN 의 최내부 층을 포함한다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에서, Ti(C,N) 층은 코팅의 최외부 층이다.

[0019] 본 발명은 또한 금속 절삭에서 상기 설명된 절삭 공구의 용도에 관한 것이다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 절삭 공구는 고 합금 강, 경화 강, 주철 또는 스테인리스 강에서의 금속 절삭에서, 바람직하게는 고 합금 강에서의 금속 절삭에 사용된다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에서, 절삭 공구는 드릴, 밀링 인서트, 선삭 인서트, 바람직하게는 선삭 인서트이다.

- [0022] 본원에서 설명된 코팅된 절삭 공구는 블라스팅, 브러싱 또는 슛피닝과 같은 후처리를 임의의 조합으로 거칠 수 있다. 블라스팅 후처리에는 예컨대 알루미늄 입자를 사용하는 습식 블라스팅 또는 건식 블라스팅일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 목적 및 특징은 이하의 정의 및 첨부 도면과 함께 고려되는 예로부터 명백해질 것이다.
- [0024] 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명한다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1 은 본 발명 코팅, 샘플 A 의 일례의 단면의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다.
- 도 2 은 기준 코팅, 샘플 B 의 일례의 단면의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다.
- 도 3 은 기준 코팅, 샘플 C 의 일례의 단면의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다.
- 도 4 는 본 발명의 코팅, 샘플 A 의 일례의 외부 표면의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다.
- 도 5 는 기준 코팅, 샘플 B 의 일례의 외부 표면의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다.
- 도 6 은 기준 코팅, 샘플 C 의 일례의 외부 표면의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다.
- 도 7 은 샘플 A 의 Ti(C,N) 층에서의 평면도의 TKD (투과 Kikuchi 회절) 맵을 보여준다. 평면도는 기재-코팅 계면으로부터 약 6 μm 의 거리에 있다.
- 도 8 은 샘플 B 의 Ti(C,N) 층에서의 평면도의 TKD (투과 Kikuchi 회절) 맵을 보여준다. 평면도는 기재-코팅 계면으로부터 약 6 μm 의 거리에 있다.
- 도 9 는 샘플 C 의 Ti(C,N) 층에서의 평면도의 TKD (투과 Kikuchi 회절) 맵을 도시한다. 평면도는 기재-코팅 계면으로부터 약 6 μm 의 거리에 있다.
- 도 10 은 샘플 A 의 Ti(C,N) 층에서 평면도의 투과 전자 현미경 (TEM) 분석으로부터의 라이트 필드 이미지를 도시한다. 평면도는 기재-코팅 계면으로부터 약 6 μm 의 거리에 있다.
- 도 11 은 샘플 B 의 Ti(C,N) 층에서 평면도의 투과 전자 현미경 (TEM) 분석으로부터의 라이트 필드 이미지를 도시한다. 평면도는 기재-코팅 계면으로부터 약 6 μm 의 거리에 있다.
- 도 12 은 샘플 C 의 Ti(C,N) 층에서 평면도의 투과 전자 현미경 (TEM) 분석으로부터의 라이트 필드 이미지를 도시한다. 평면도는 기재-코팅 계면으로부터 약 6 μm 의 거리에 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 정의들
- [0027] 여기에서 사용되는 용어 "절삭 공구" 는 인서트, 엔드 밀 또는 드릴과 같은 금속 절삭 적용에 적합한 절삭 공구를 의미한다. 적용 영역은 예를 들어 강과 같은 금속의 선삭, 밀링 또는 드릴링일 수 있다.
- [0028] 방법
- [0029] XRD
- [0030] 층(들) 또한 평균 결정립 크기의 텍스처 (texture) 또는 배향을 조사하기 위해, PIXcel 검출기가 장착된 PANalytical CubiX3 회절계를 사용하여 플랭크 면에서 X선 회절 (XRD) 을 수행하였다. 샘플의 플랭크 면이 샘플 홀더의 기준 표면에 평행하고 또한 플랭크 면이 적절한 높이에 있는 것을 보장하도록 코팅된 절삭 공구들을 샘플 홀더들에 장착하였다. 측정에는 45 kV 의 전압 및 40 mA 의 전류로 Cu-K α 방사선을 사용하였다. 1/2 도의 산란방지 슬릿 및 1/4 도의 발산 슬릿을 사용하였다. 코팅된 절삭 공구로부터 회절된 강도는 20° 내지 140° 의 범위의 2 θ 에서, 즉 10 내지 70° 범위의 입사 각도 θ 에서 측정되었다. 데이터의 배경 조정 (background fitting), Cu-K α_2 스트리핑 및 프로파일 조정을 포함하는 데이터 분석은 PANalytical 의 X'Pert HighScore Plus 소프트웨어를 사용하여 수행되었다.
- [0031] PANalytical 의 X'Pert HighScore Plus 소프트웨어로부터 달성된 프로파일 맞춤 곡선에 대한 적분된 피크 반치 전폭은 Scherrer 식 (Eq1) (Birkholz, 2006) 에 따라 층의 결정립 크기를 계산하였다.

[0032] 평균 결정립 크기 D_{422} 는 Scherrer 식에 따라 (422) 피크의 반치전폭 (FWHM) 으로부터 계산된다:

$$D_{422} = \frac{K\lambda}{B_{422}\cos\theta}$$

[0033] D_{422} 는 상기 Ti(C,N) 의 평균 결정립 크기이고, K 는 여기서 0.9 로 설정된 형상 인자이고, λ 는 여기서 1.5405 Å 로 설정된 CuK α_1 방사선에 대한 파장이고, B 는 (422) 반사에 대한 상기 FWHM 값이고, θ 는 Bragg 각도, 즉 입사각이다.

[0035] β 는 기기적 확장 (0.00174533 라디안) 을 차감한 후 FWHM 에서 라인 확장 (라디안) 이고, θ 는 입사각이다. 상기 기기적 확장을 차감하여 확장을 계산하기 위해 가우시안 근사법 (Gaussian approximation) 을 사용하였다 (Eq2)(Birkholz, 2006).

$$\beta = \sqrt{((FWHM_{obs})^2 - (FWHM_{ins})^2)}$$

[0037] 여기서, β 는 결정립 크기 계산에 사용되는 실제 확장 (라디안) 이고, $FWHM_{obs}$ 은 측정된 확장 (라디안) 이고, $FWHM_{ins}$ 은 기계적 확장 (라디안) 이다.

[0038] 층(들)의 텍스처 또는 배향은 CuK α 방사선 및 $\theta-2\theta$ 스캔을 사용하여 측정된 X-선 회절 패턴에 기초하여 정의되었고, 여기서 $TC(hkl)$ 은 다음의 Harris 식에 따라 정의되었다:

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

[0039] 여기서 $I(hkl)$ 은 (hkl) 반사의 측정 강도 (적분 영역) 이고, $I_0(hkl)$ 은 ICDD 의 PDF 카드 제 42-1489 호에 따른 표준 강도이며, n 은 반사들의 수이며, 계산에 사용된 반사는 (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (3 3 1), (4 2 0) 및 (4 2 2) 이다.

[0041] Ti(C,N)-층 위의 가능한 추가의 층들은 Ti(C,N)-층을 진입하고 전체 코팅을 진출하는 X-레이 강도들에 영향을 주기 때문에, 보정들은 층에서 각각의 화합물에 대해 선형 흡수 계수를 고려하여 이들에 대해 행해질 필요가 있다. 대안적으로, Ti(C,N)-단일 층 위의 추가의 층은 XRD 측정 결과에 실질적으로 영향을 미치지 않는 방법, 예컨대 화학적 에칭에 의해 제거될 수 있다.

[0042] 피크 오버랩은 결정질 상들을 포함하는 기재 상에 디포징되고 그리고/또는 예를 들어 여러 결정질 층들을 포함하는 코팅의 X선 회절 분석에서 일어날 수 있는 현상이며, 이는 당업자에 의해 고려되고 보상되어야 한다는 것에 주의해야 한다. 예를 들어 기재 내의 WC 가 본 발명의 관련 피크들에 가까운 회절 피크들을 가질 수 있다는 것에 또한 주의해야 한다.

[0043] 원소 분석은 도 1, 도 2 및 도 3 에 제시된 Ti(C,N) 층의 C/(C+N) 비를 결정하기 위해 파장 분산 분광계(WDS)가 장착된 JEOL 전자 마이크로프로브 JXA-8530F 를 사용하여 전자 마이크로프로브 분석에 의해 수행된다. Ti(C,N) 층의 분석은 레이크 면 상에 폴리싱된 단면에 대해 수행되었다. 각각의 타입의 Ti(C,N) 층에 대해, 기재와 TiN 층 사이의 계면으로부터 4 내지 6 μm 의 거리에서 기재 표면에 평행한 직선을 따라 50 μm 의 간격을 갖는 10개의 지점에서 3개의 샘플을 분석하였다. 데이터는 10kV, 29nA 및 10.22 wt% C, 10.68 wt% N, 78.86 wt% Ti 및 0.24 wt% O 의 조성과 함께 Ti(C,N) 기준을 사용하여 획득되었다.

[0044] 예

[0045] 본 발명의 예시적인 실시예들이 참조 실시예들과 비교하여 그리고 보다 상세하게 설명된다. 코팅된 절삭 공구 (인서트) 를 제조하여, 분석하고, 절삭 테스트에서 평가하였다.

[0046] 초경합금 기재는 밀링, 혼합, 분무 건조, 프레스 및 소결을 포함하는 종래의 프로세스를 활용하여 제조되었다. 소결된 기재는 10.000 1/2 인치 크기 절삭 인서트들을 수용할 수 있는 Ionbond Type 크기 530 의 방사형 CVD 반응기에서 CVD 코팅되었다. 기재는 플레이트 상에 배치되었고, 추가로 테스트되고 분석될 샘플은 챔버의 중간으로부터 그리고 플레이트의 반경의 절반을 따른 포지션에서 선택되었다. 초경합금 기재들 (인서트

들) 의 ISO 타입 기하학적 형상은 CNMG-120408-PM 이었다. 초경합금의 조성은 7.2 중량% Co, 2.9 중량% TaC, 0.5 중량% NbC, 1.9 중량% TiC, 0.4 중량% TiN 및 잔부 WC 이었다.

[0047] CVD 디포지션

[0048] 400 mbar 및 885 °C 의 프로세스에서 약 0.2 μm TiN 의 제1 최내측 코팅을 모든 기재 상에 디포징팅시켰다. 48.8 부피% H₂, 48.8 부피% N₂ 및 2.4 부피% TiCl₄ 의 기체 혼합물을 사용하였다. 그후, Ti(C,N) 층이 아래에 개시된 바와 같이 디포징팅되었다.

[0049] 샘플 A 상에, Ti(C,N) 층을 2.95 vol% TiCl₄, 0.45 vol% CH₃CN 및 나머지 H₂ 의 기체 혼합물에 870°C 로 80 mbar 에서 하나의 스텝으로 (in one step) 디포징팅시켰다.

[0050] 샘플 B 상에, Ti(C,N) 층을 2.95 vol% TiCl₄, 0.45 vol% CH₃CN 및 나머지 H₂ 의 기체 혼합물에 830°C 로 80 mbar 에서 하나의 스텝으로 디포징팅시켰다.

[0051] 샘플 C 상에 Ti(C,N) 층을 2개의 스텝, 즉 내부 Ti(C,N) 및 외부 Ti(C,N) 로 디포징팅시켰다. 내부 Ti(C,N) 을 3.0 부피% TiCl₄, 0.45 부피% CH₃CN, 37.6 부피% N₂ 및 나머지 H₂ 의 기체 혼합물에 885 °C 로 55 mbar 에서 10 분 동안 디포징팅시켰다. 외부 Ti(C,N) 을 7.8 부피% N₂, 7.8 부피% HCl, 2.4 부피% TiCl₄, 0.65 부피% CH₃CN 및 나머지 H₂ 의 기체 혼합물에서 885 °C 로 55 mbar 에서 디포징팅시켰다.

[0052] 코팅 분석

[0053] 층 두께는 라이트 광학 현미경을 사용하여 절삭 공구 샘플의 레이크 먼 상에서 측정하였다. 샘플 A-C 의 코팅의 층 두께는 표 1 에 나타내었다.

[0054] 표 1. 층 두께

샘플	층 두께 TiN [μm]	층 두께 Ti(C,N) [μm]
A	0.2	9.3
B	0.2	8.3
C	0.2	9.0

[0055]

[0056] Ti(C,N) 층의 결정립 크기는 상기 개시된 바와 같이 422 피크를 분석하는 X-선 회절로 분석하였다. Ti(C,N) 층의 비 C/(C+N) 은 상기 개시된 바와 같이 전자 마이크로프로브 분석을 사용하여 분석되었다. 샘플 A, B 및 C 에 대한 생성된 결정립 크기 및 탄소 함량을 표 2 에 나타내었다.

[0057] 표 2. 결정립 크기 및 탄소 함량

샘플	결정립 크기 [nm]	Ti(C,N) 에서의 C/(C+N) 비
A	33	60.3%
B	37	59.5%
C	>67*	55.8%

[0058]

[0059] * 작은 결정립 크기로 인해 생성된 피크 확장이 발생하지 않으므로 Scherrer 를 사용하는 것은 적절하지 못함.

[0060] Ti(C,N) 층의 배향을 상기 개시된 바와 같이 X-선 회절을 사용하여 분석하였다.

[0061] 표 3. 텍스츄어 계수

샘플	TC(111)	TC(200)	TC(220)	TC(311)	TC(331)	TC(420)	TC(422)
A	0.31	0.01	0.20	1.58	0.64	0.18	4.08
B	0.38	0.01	0.06	1.71	0.37	0.14	4.33
C	0.41	0.01	0.07	1.98	0.41	0.16	3.96

[0062]

[0063] 샘플에서 Ti(C,N)의 결정립 크기는 또한 Ti(C,N) 층의 평면도의 TEM 이미지를 통해 연구되었다. 먼저 인서트를 중간에서 절삭하고 그이후 단면을 폴리싱함으로써 각각의 샘플의 단면을 준비하였다. 이후, FIB(집속 이온 빔) 라멜라를 리프트-아웃 기술을 사용하여 코팅-기재 계면으로부터 약 6 μm 에서, 기판 표면에 평행한 Ti(C,N) 코팅으로부터 취하였다. 라멜라는 전자 투명도가 달성될 때까지 이온 빔을 사용하여 얇게 되었다. 300 kV 에서 작동되는 ThermoFisherScientific Titan 투과 전자 현미경 상에서 브라이트-필드 스캐닝 TEM 이미지를 얻었다. TKD (투과 Kikuchi 회절) 맵을 ThermoFisherScientific Helios FIB-SEM 상에 설치된 Oxford Aztec 시스템으로 수집하였다. 결정립계 오버레이를 갖는 IPF (역 극 수치 : inverse pole figure) 맵은 AztecCrystal 소프트웨어로 생성되었다. 브라이트 필드 이미지는 도 10 내지 도 12 에 나타내었다. TKD 이미지는 도 7 내지 도 9 에 나타내었다. 모든 샘플에서 결정립 크기의 분포가 존재함을 알 수 있다. 또한, 샘플 A 의 Ti(C,N) 이 샘플 B 의 Ti(C,N) 보다 더 작은 결정립을 나타냄을 알 수 있다.

[0064] 절삭 테스트 1

[0065] 절삭 공구를 고 합금 강인 SS2310 의 작업편 재료에서 종방향 선삭 작업으로 테스트하였다. 절삭 속도 V_c 는 125 m/분이었고, 피드 f_n 은 0.072 mm/회전이었고, 절삭 깊이 a_p 는 2 mm 였고 수혼화성 절삭 유체를 사용하였다. 수명 종료 기준에 도달할 때까지 기계가공을 계속하였다. 절삭 공구당 하나의 절삭 에지를 평가하였다.

[0066] 공구 수명 기준은 1차 또는 2차 플랭크 마모에 대해 $> 0.3 \text{ mm}$ 또는 크레이터 영역에 대해 $> 0.2 \text{ mm}^2$ 로 설정되었다. 이들 기준 중 임의의 것이 충족되자마자, 샘플의 수명에 도달한 것으로 간주되었다. 절삭 테스트의 결과는 표 4 에 나타낸다.

[0067] 표 4 절삭 테스트 1 결과들

샘플	수명 [min]	기준 세팅 수명
A	84	2차 플랭크 마모
B	52	2차 플랭크 마모
C	40	1차 플랭크 마모

[0068]

[0069] 표 4 에서 알 수 있는 바와 같이, 샘플 A 는 샘플 B 및 C 와 비교하여 2배에 가까운 수명을 갖는 예상치 못하게 높은 내마모성을 나타낸다.

[0070] 절삭 테스트 2

[0071] 절삭 공구는 또한 SS1672 강의 사각형 바아 100*100mm 작업편 재료에서 간헐적인 면 선삭 작업으로 테스트되었다. 절삭 속도 V_c 는 250 m/분이었고, 피드 f_n 은 0.1 mm/회전이었고, 절삭 깊이 a_p 는 2.5 mm 였고 수혼화

성 절삭 유체를 사용하였다. 기계가공은 수명 종료 기준에 도달할 때까지 계속되었다. 절삭 공구당 하나의 절삭 에지를 평가하였다.

[0072] 공구 마모를 평가할 때, 1차 에지 라인의 손상 % 는 1차 에지가 작업편 재료와 접촉한 접촉 길이를 따라 측정되었다. 공구 수명 기준은 기계가 작업편 재료와 접촉하는 영역에서 1차 에지 라인을 따라 노출되도록 $\geq 40\%$ 손상으로 설정되었다. 공구 마모는 매 3 사이클마다, 즉 3개의 페이싱 패스 후에 측정되었다. 기준이 충족되자마자 도구의 수명에 도달한 것으로 간주되었다. 40% 의 손상의 최종 공구 수명을 계산하기 위해, 손상의 40% 에 도달하기 전과 후의 손상 사이의 간단한 보간을 하였다. 샘플 타입 당 4회의 평행 절삭 테스트의 평균 결과를 표 5 에 나타내었다. 때때로, 절삭 에지 파손이 관찰되었고, 이들은 결과로부터 제거되었다. 연속적인 마모를 나타내고 이에 의해 공구 수명에 대한 코팅으로부터의 기여를 반영하는 샘플만이 여기에 포함된다.

[0073] 표 5 절삭 테스트 2 결과들

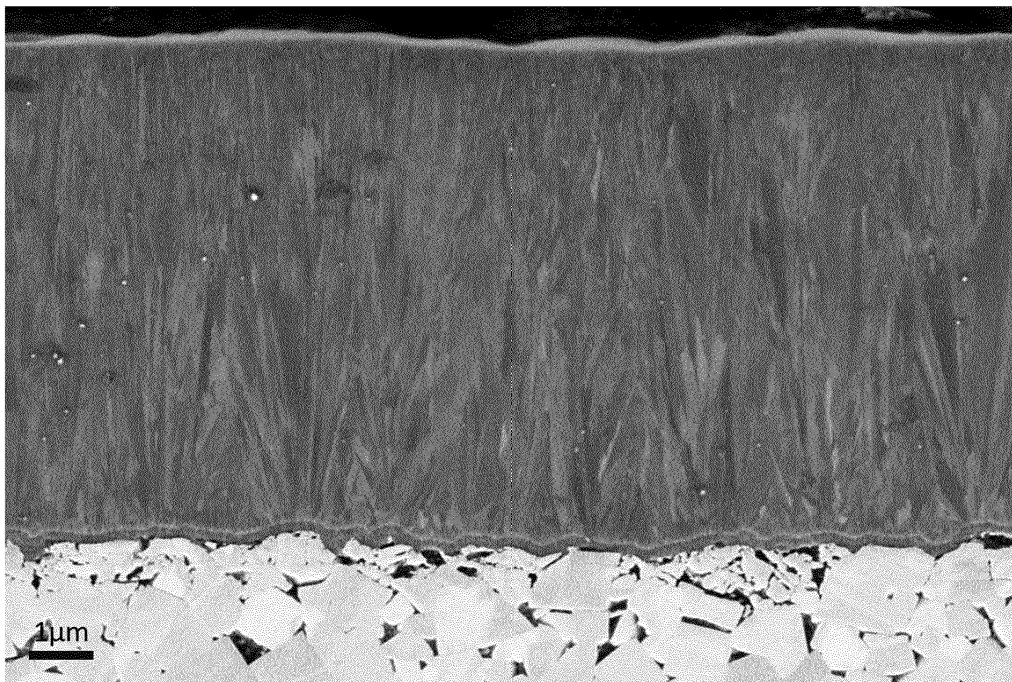
샘플	수명[사이클들]
A	24.2
B	15.7
C	7.2

[0074]

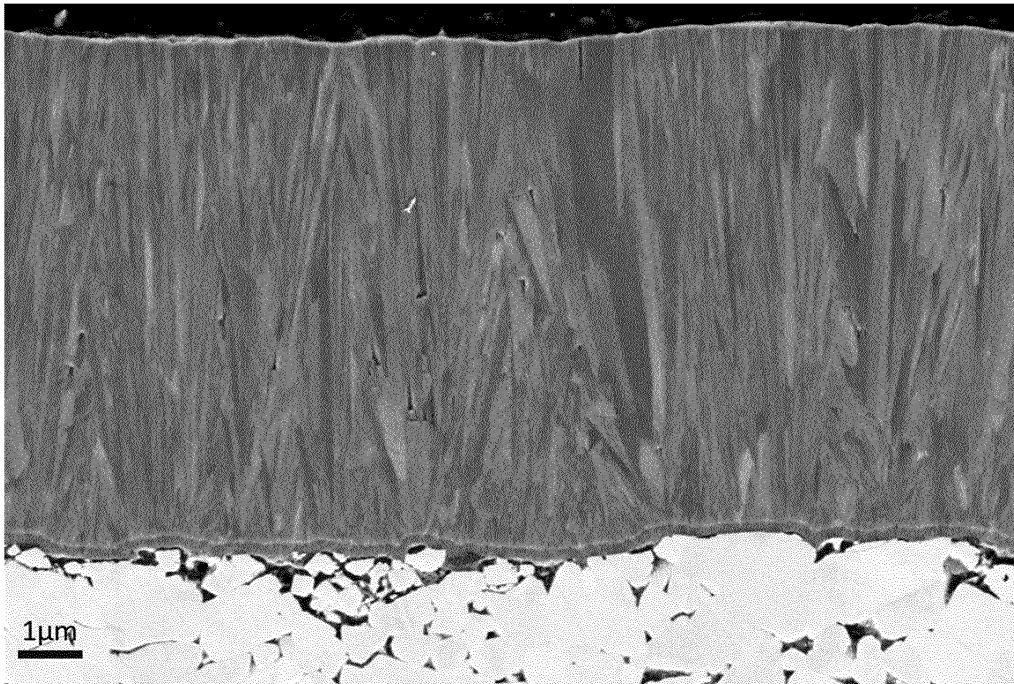
[0075] 본 발명은 다양한 예시적인 실시예들과 관련하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시 예들에 제한되지 않으며, 첨부된 청구항들 내의 다양한 수정 및 등가의 배열들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 발명의 임의의 개시된 형태 또는 실시예는 설계 선택의 일반적인 문제로서 임의의 다른 개시되거나 설명되거나 제안된 형태 또는 실시예에 포함될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 따라서, 본 발명은 단지 그에 첨부된 청구항들의 범위에 의해 나타낸 바와 같이 제한되도록 의도된다.

도면

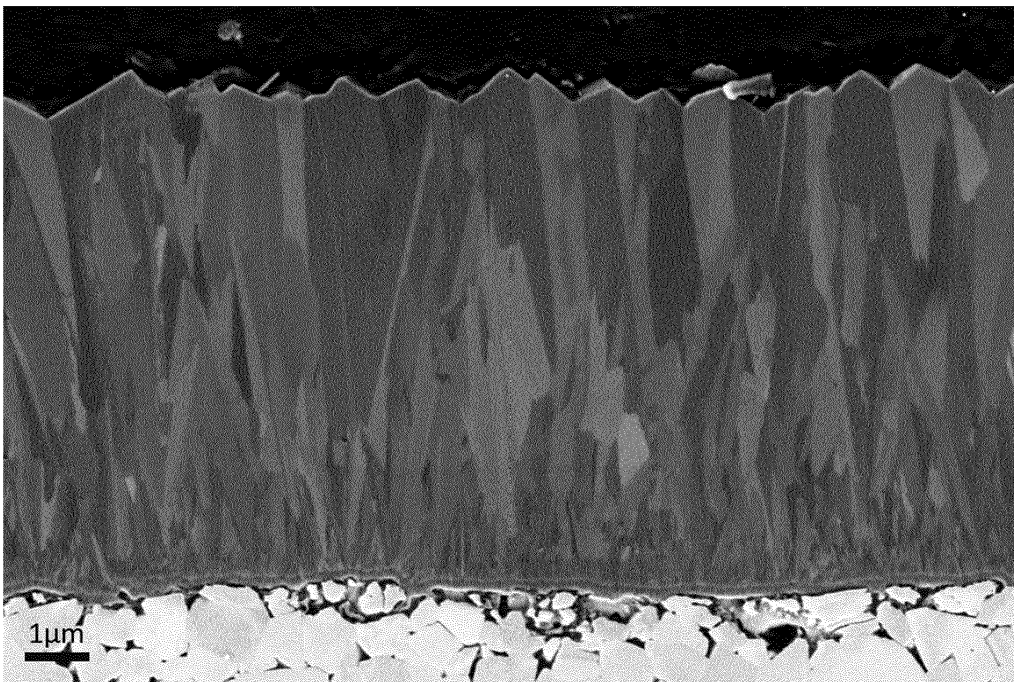
도면1



도면2



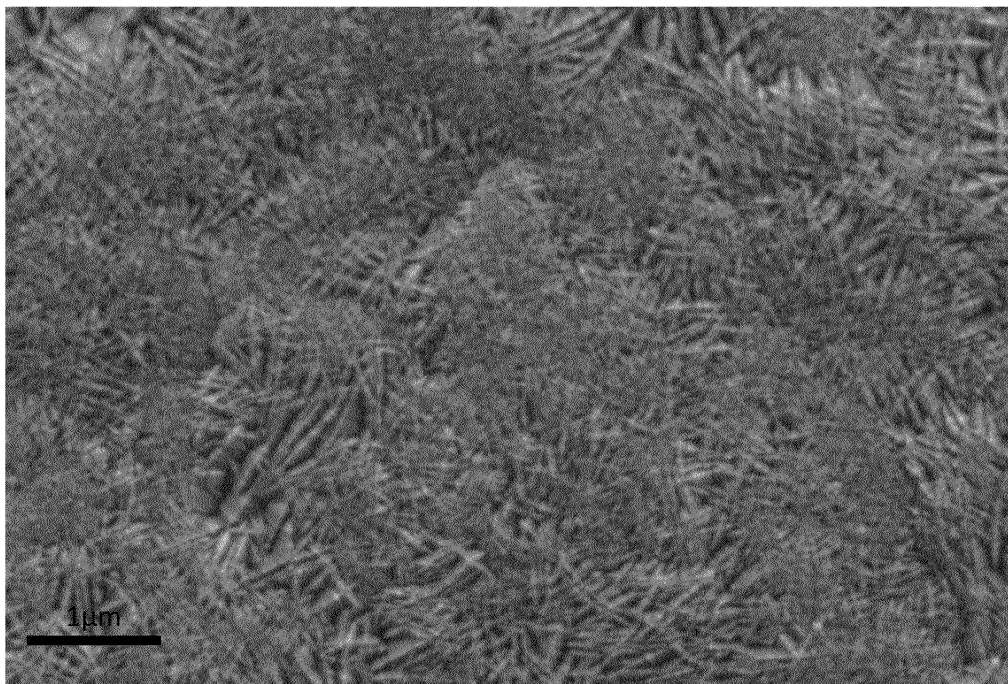
도면3



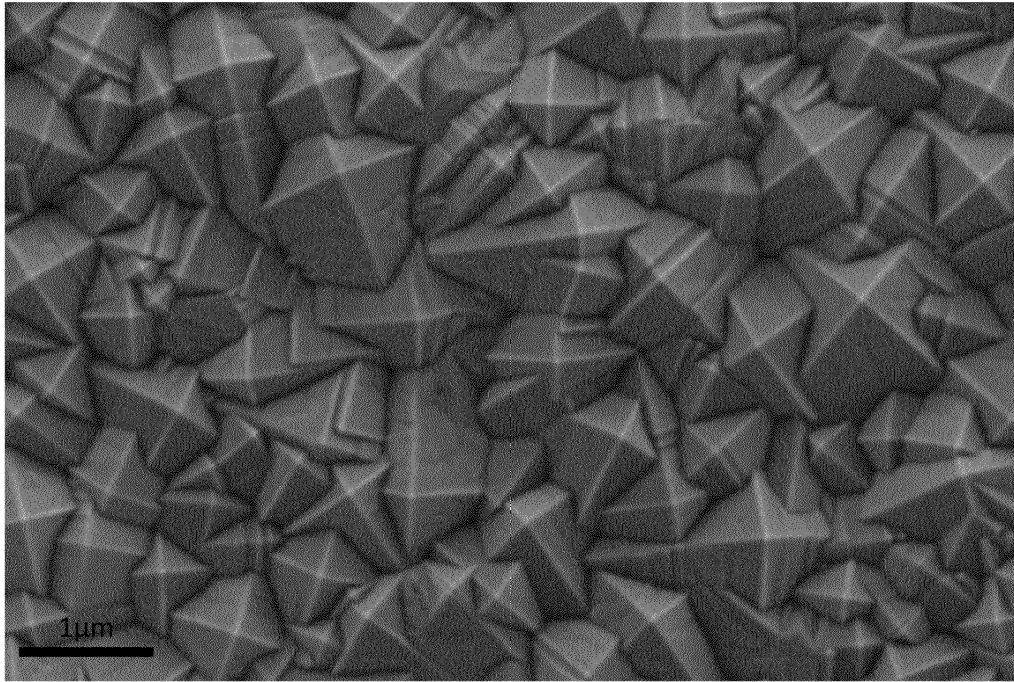
도면4



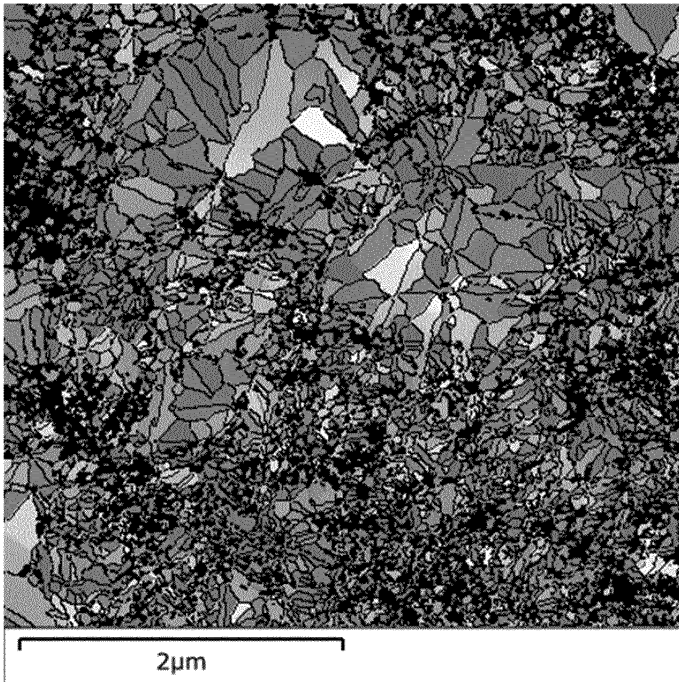
도면5



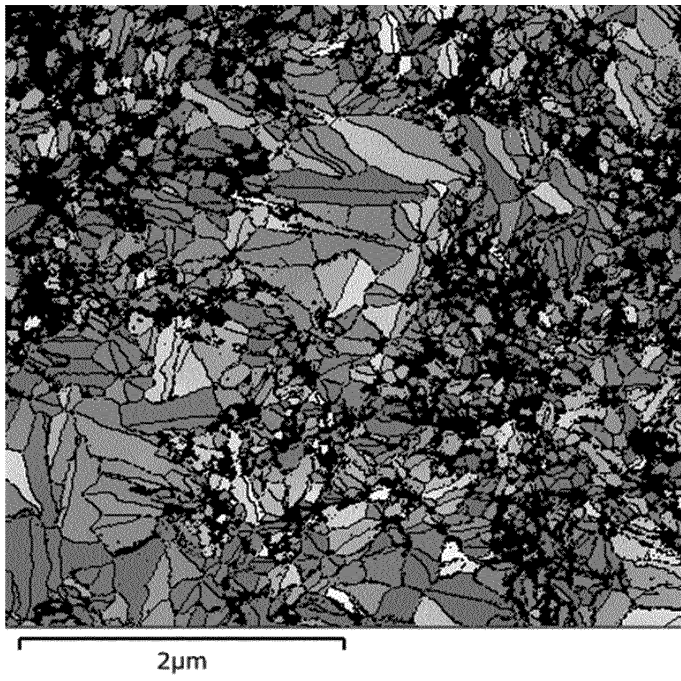
도면6



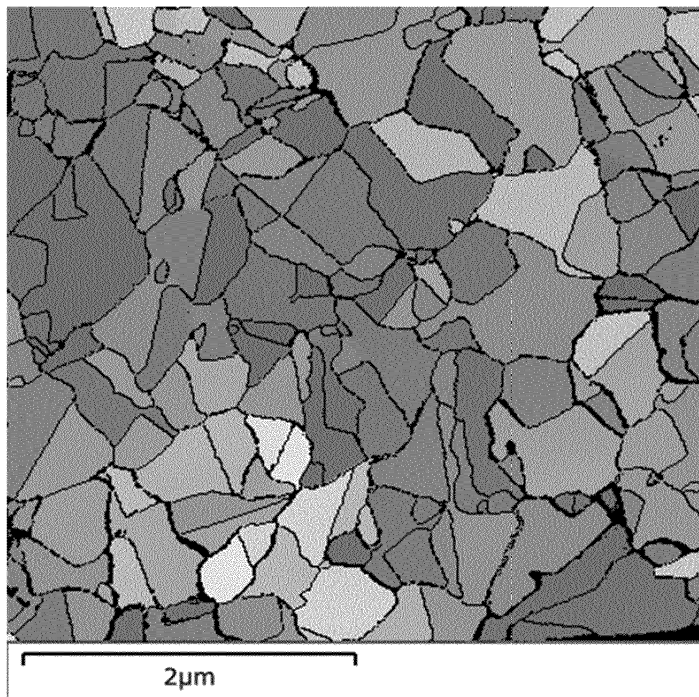
도면7



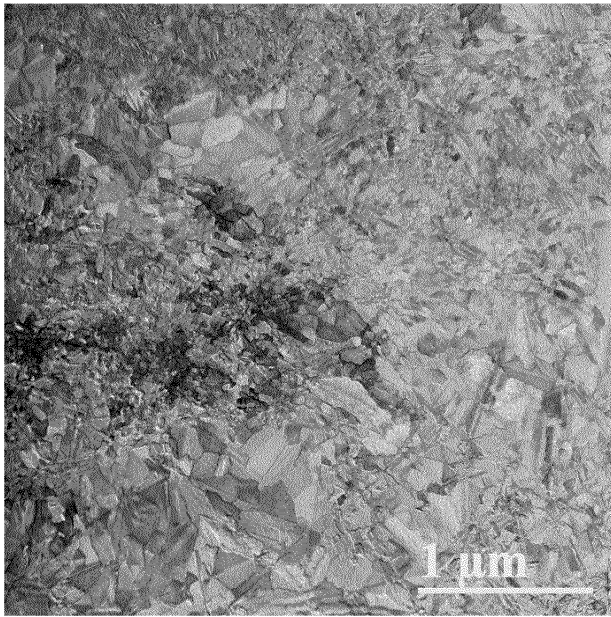
도면8



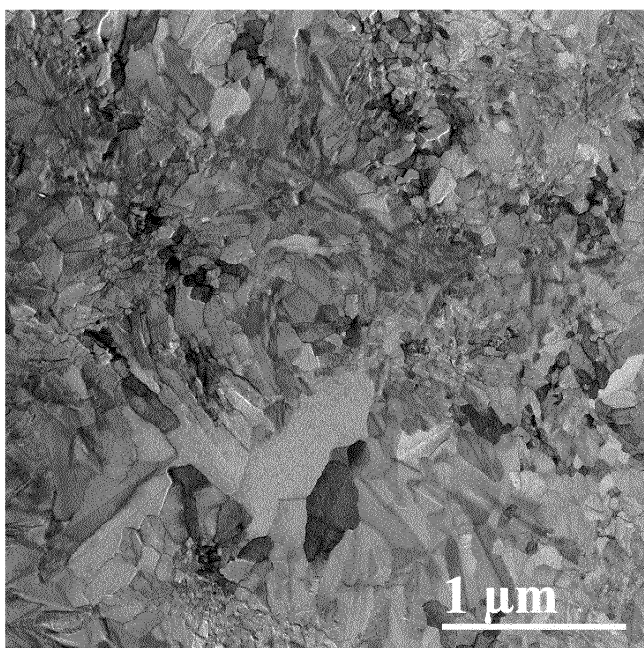
도면9



도면10



도면11



도면12

