(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0056786
(43) 공개일자 2022년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 28/04 (2006.01) *C23C 14/08* (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01) *C23C 14/35* (2006.01)
C23C 16/40 (2006.01) *C23C 16/455* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 28/044 (2013.01)
C23C 14/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0104844
(22) 출원일자 2021년08월09일
심사청구일자 2021년08월09일
(30) 우선권주장
1020200140110 2020년10월27일 대한민국(KR)

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
최택집
서울시 송파구 양재대로 1218, 올림픽선수촌아파트 136동1602호
김기범
서울특별시 강남구 언주로130길 30, 102동 1102호 (논현동, 동양파라곤)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김진동

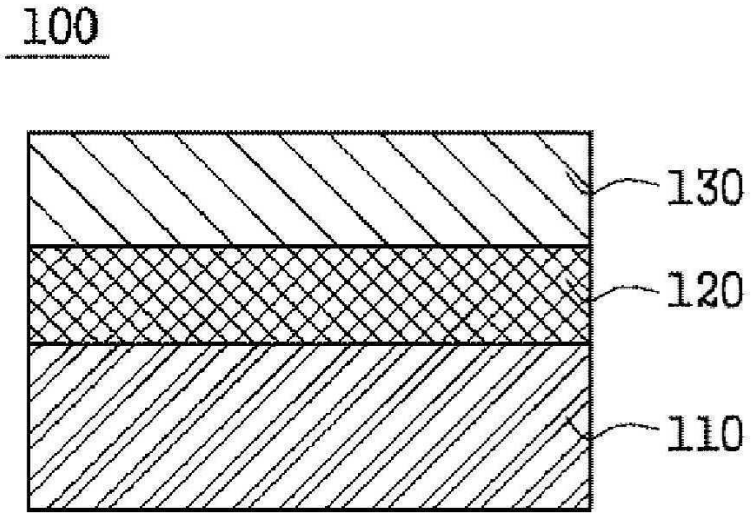
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **산화층을 포함하는 코팅된 절삭 공구**

(57) 요 약

본 발명이 해결하고자 하는 과제는 내산화성이 향상되어 절삭 공구의 수명을 향상시키는 것이다. 본 발명은 모재; 상기 모재에 코팅된 질화층; 및 상기 질화층 위에 코팅된 산화층;을 포함하는 코팅된 절삭 공구이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C23C 14/34 (2013.01)
C23C 14/35 (2013.01)
C23C 16/40 (2013.01)
C23C 16/45555 (2013.01)
C23C 28/042 (2013.01)
C23C 28/048 (2013.01)

(72) 발명자
이준봉
서울시 중랑구 봉화산로30길 15, 이화빌라 다동 302호
조아영
서울특별시 광진구 아차산로25길 74-8, 104호 (화양동)
정민섭
서울시 노원구 동일로231다길 23, 현대4차아파트 401동 601호
김영순
서울특별시 광진구 동일로52길 3-4, 205호 (군자동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120583
과제번호	2020M3D1A2101706
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래소재디스커버리지원(R&D)
연구과제명	인공지능 기반 인공표면층을 갖는 Hard nanocomposite coating 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2020.07.23 ~ 2021.01.22

명 세 서

청구범위

청구항 1

모재;

상기 모재에 코팅된 질화층; 및

상기 질화층 위에 코팅된 산화층;

을 포함하는 코팅된 절삭 공구.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 질화층과 산화층의 두께 비는 1:0.1~10인 것을 특징으로 하는 코팅된 절삭 공구.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 산화층은,

구조적 산화층; 및

기능적 산화층;

을 포함하고,

상기 기능적 산화층은 1 이상의 층으로 구성되고,

상기 구조적 산화층과 기능적 산화층의 두께 비는 1:0.1~10인 것을 특징으로 하는 코팅된 절삭 공구.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 질화층 또는 상기 산화층은 화학적 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 또는 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition)으로 증착되는 것을 특징으로 하는 코팅된 절삭 공구.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 화학적 기상 증착은 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 포함하고, 상기 물리적 기상 증착은 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating), 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 코 스퍼터링(Co-sputtering)을 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅된 절삭 공구.

청구항 6

모재; 및

상기 모재에 코팅된 산화층;

을 포함하고,

상기 산화층은,

구조적 산화층; 및

기능적 산화층;

을 포함하고,

상기 기능적 산화층은 1 이상의 층으로 구성되고,

상기 구조적 산화층과 기능적 산화층의 두께 비는 1:0.1~10인 코팅된 절삭 공구.

청구항 7

모재 상에 질화층을 형성하는 단계;

상기 질화층 위에 산화층을 형성하는 단계; 및

상기 500~700℃의 열을 가하는 단계;

를 포함하는 절삭공구 코팅 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 산화층을 포함하는 코팅된 절삭 공구에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 절삭공구 또는 엔드밀은 일반적으로 피가공물의 재질보다 경도가 높고, 내마모성이 우수해야 하는 동시에 절삭 가공 시 발생하는 기계적 충격에 견딜 수 있는 적절한 인성을 가지고 있어야 한다. 이러한 요구사항을 만족하는 재질로서 초경합금, 써멧, 세라믹 등의 재질이 알려져 있는데, 이들 재질을 그대로 절삭공구로 하면 마모 등의 문제로 인하여 공구의 수명이 길지 않기 때문에 상기 초경합금, 써멧, 세라믹 등의 재질을 모재로 하여 여기에 코팅을 하여 절삭 공구로 사용한다.

[0004] 예컨대, 공구의 수명 향상을 위하여, 상기 초경합금 등으로 된 모재보다 경도가 더 우수한 TiN, TiC, TiCN 등과 같은 비산화물계 세라믹 물질들을, CVD(화학적 기상증착) 또는 PVD (물리적 기상증착) 공법을 이용하여 상기 모재의 표면에 단층 또는 다층 코팅하는 등의 노력이 있어 왔다. 그러나 가공 속도가 높고 이로 인해 고온, 고압이 발생하는 조건에서의 절삭 가공의 경우, 상기와 같은 비산화물계 박막은 산소와 반응하여 산화되거나 또는 열 전달로 인하여 공구의 인선에 소성변형이 발생하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 등록특허 제10-1563034호(2015.10.19.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 내산화성이 향상되어 절삭 공구의 수명을 향상시키는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시예는 모재; 상기 모재에 코팅된 질화층; 및 상기 질화층 위에 코팅된 산화층;을 포함하는 코팅된 절삭 공구이다.

[0010] 상기 질화층과 산화층의 두께 비는 1:0.1~10일 수 있다.

[0011] 상기 산화층은, 구조적 산화층; 및 기능적 산화층;을 포함할 수 있고, 상기 기능적 산화층은 1 이상의 층으로 구성될 수 있고, 상기 구조적 산화층과 기능적 산화층의 두께 비는 1:0.1~10일 수 있다.

[0012] 상기 질화층 또는 상기 산화층은 화학적 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 또는 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition)으로 증착될 수 있다.

[0013] 상기 화학적 기상 증착은 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 포함할 수 있고, 상기 물리적 기상 증착은 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating), 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 코 스퍼터링(Co-sputtering)을 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예는 모재; 및 상기 모재에 코팅된 산화층;을 포함하고, 상기 산화층은, 구조적 산화층; 및 기능적 산화층;을 포함하고, 상기 기능적 산화층은 1 이상의 층으로 구성되고, 상기 구조적 산화층과 기능적 산화층의 두께 비는 1:0.1~10인 코팅된 절삭 공구이다.

[0015] 본 발명의 또 다른 실시예는 모재 상에 질화층을 형성하는 단계; 상기 질화층 위에 산화층을 형성하는 단계; 및 상기 500~700℃의 열을 가하는 단계;를 포함하는 절삭공구 코팅 방법이다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면 질화층 상에 산화층을 증착시킴으로써 절삭 공구의 내산화성을 향상시켜 절삭 공구의 수명을 향상시킬 수 있다.

[0018] 본 발명은 질화층 및 산화층의 두께 비를 한정하여 절삭 공구의 수명을 향상시킬 수 있다.

[0019] 본 발명은 산화층을 구조적 산화층 및 기능적 산화층으로 구성하고, 기능적 산화층 또는 구조적 산화층을 다층으로 구성하여 산화층에 다양한 기능을 부여하고, 산화층의 물성을 향상시킬 수 있다.

[0020] 본 발명은 산화층을 구성하는 구조적 산화층 및 기능적 산화층의 두께 비를 한정하여 산화층의 물성을 향상시켜 공구 수명을 향상시킬 수 있다.

[0021] 본 발명은 산화층을 구성하는 원소를 한정하여 산화층의 물성을 향상시켜 공구 수명을 향상시킬 수 있다.

[0022] 본 발명의 다른 실시예에 따르면 모재 위에 산화층을 증착시킴으로써 절삭 공구의 내산화성을 향상시켜 절삭 공구의 수명을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 질화층 위에 형성된 산화층을 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 구조적 산화층 및 기능적 산화층을 포함하는 산화층을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 다수의 기능적 산화층을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 원자층 증착법(Atomic layer deposition)에 따라 형성된 산화층을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 코-스퍼터링 또는 원자층 증착법(Atomic layer deposition)에 의해 형성된 산화층을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 코-스퍼터링 후 후속 열처리 되어 형성된 산화층을 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 구조적 산화층 및 기능적 산화층을 포함하는 산화층을 나타낸 도면이다.

도 8은 절삭공구 상에 형성된 산화막의 X선 회절법 분석 결과이다.

도 9는 절삭공구의 절삭 후 마모량 변화를 나타낸 도면이다.

도 10은 절삭 테스트 후 절삭 공구의 인선부를 촬영한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참고로 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 질화층 위에 형성된 산화층을 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 코팅된 절삭 공구(100)는 모재(110); 상기 모재(110)에 코팅된 질화층(120); 및 상기 질화층(120) 위에 코팅된 산화층(130);을 포함한다.

[0028] 상기 절삭 공구(100)는 티타늄 소재 등의 난삭재를 깎는 절삭 공구일 수 있고, 바람직하게는 엔드밀 형상일 수 있다. 상기 모재(110)는 초경 합금, 서멧, 강 또는 고속도강일 수 있으며, 바람직하게는 초경 합금일 수 있으며, 본 발명에서 상기 모재(110)는 엔드밀 형상일 수 있다.

[0029] 상기 질화층(120)은 상기 산화층(130)과의 결합을 통해 절삭 공구(100)의 수명을 향상시키기 위한 것으로, 상기 모재(110) 위에 증착되며, 상기 질화층(120)의 두께는 0.5~3㎛일 수 있고, 상기 질화층(120)은 1 이상의 층으로 구성될 수 있다.

[0030] 또한, 상기 질화층(120)은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소 또는 이들의 화합물을 포함할 수 있으며, 바람직하게는 AlTiN, TiSiN, AlCrN 또는 ALNOVA(AlCrN 베이스에 V 또는 W 첨가)을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 상기 질화층의 물성을 향상시키기 위한 원소를 더 포함할 수 있다.

[0031] 본 발명에서 상기 산화층(130)은 상기 질화층(120) 위에 형성되고, 상기 질화층(120)과의 결합을 통해 절삭 공구(100)의 내산화성을 향상시켜 수명을 향상시킨다.

[0032] 상기 산화층(130)은 알루미늄(Al), 하프늄(Hf), 지르코늄(Zr), 실리콘(Si), 바나듐(V), 비스무트(Bi), 이트륨(Y), 나이오븀(Nb), 아연(Zn), 크롬(Cr), 세륨(Ce) 및 티타늄(Ti)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소 또는 이들의 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 상기 산화층의 물성을 향상시키기 위한 원소를 더 포함할 수 있다.

[0033] 상기 산화층의 두께는 0.05~5㎛일 수 있다.

[0034] 또한, 상기 질화층(120)과 산화층(130)의 두께 비는 1:0.1~10일 수 있으며, 상기 두께 비 내에서 절삭 공구(100)의 수명이 극대화될 수 있다.

[0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 구조적 산화층 및 기능적 산화층을 포함하는 산화층을 나타낸 도면이다.

[0036] 본 발명에서 상기 산화층(130)은 구조적 산화층(132); 및 기능적 산화층(131);을 포함할 수 있고, 상기 구조적 산화층(132)의 두께는 0.1~3㎛일 수 있고, 상기 기능적 산화층(131)의 두께는 0.05~2㎛일 수 있다. 또한, 상기 산화층(130)은 산화질화층을 포함할 수 있다.

[0037] 상기 구조적 산화층(132)은 코팅된 절삭 공구(100) 절삭 공구(100) 사용 시 이물질이 붙지 않고, 추가적인 산화가 진행되지 않도록 밴드갭(Bandgap)이 3eV 이상일 수 있으며, 고형성에너지(High formation energy), 높은 내산화성, 높은 경도 등의 물성을 나타낼 수 있으며, 다층 구조일 수 있다.

[0038] 또한, 상기 구조적 산화층(132)은 알루미늄(Al), 하프늄(Hf), 지르코늄(Zr) 및 실리콘(Si)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소 또는 이들의 화합물을 포함할 수 있고, 바람직하게는 Al_2O_3, HfO_2, ZrO_2 또는 SiO_2을 포

함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 상기 구조적 산화층(132)의 물성을 향상시키기 위한 원소를 더 포함할 수 있다.

[0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 다수의 기능적 산화층을 나타낸 도면이다.

[0040] 도 3을 참조하면, 상기 기능적 산화층(131)은 다양한 기능을 보유하는 층으로서, 저융점, 저마찰, 고산화성, 내부응력 완화 등의 효과를 나나탤 수 있고, 상기 질화층(120) 및 상기 구조적 산화층(132)의 결합력을 향상시켜 절삭 공구(100)의 수명을 극대화시킬 수 있으며, 상기 기능적 산화층(131)은 1 이상의 층으로 구성될 수 있다.

[0041] 상기 기능적 산화층(131)은 바나듐(V), 비스무트(Bi), 이트륨(Y), 크롬(Cr), 나이오븀(Nb), 실리콘(Si), 아연(Zn), 세륨(Ce) 및 티타늄(Ti)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소 또는 이들의 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 저융점, 저마찰, 고산화성, 내부응력 완화 등의 효과를 나타내기 위하여 선택적으로 원소를 포함할 수 있다.

[0042] 예컨대, 저융점 효과를 나타내기 위해서 바나듐, 비스무트 등을 포함할 수 있고, 저마찰 효과를 나타내기 위해 바나듐, 티타늄, 티타늄 옥시나이트라이드 등을 포함할 수 있고, 고산화성 효과를 나타내기 위해 이트륨, 세륨 등을 포함할 수 있고, 내부응력 완화를 위해 이트륨, 티타늄, 지르코늄, 아연 등을 포함할 수 있다.

[0043] 상기 구조적 산화층(132) 및 기능적 산화층(131)의 두께 비는 1:0.1~10일 수 있으며, 상기 두께 비에서 산화층(130)의 물성을 극대화시킬 수 있으며, 다양한 효과를 보유할 수 있고, 이에 따라 절삭 공구(100)의 수명을 향상시킬 수 있다.

[0044] 또한, 본 발명에서 구조적 산화층(132)은 상기 기능적 산화층(131)의 위에 위치할 수 있으나, 상기 산화층(130)에 다양한 기능을 부여하기 위해 상기 기능적 산화층이 상기 구조적 산화층 위에 위치할 수 있으며(미도시), 기능적 산화층 및 구조적 산화층이 반복적으로 형성될 수 있다(미도시).

[0045] 본 발명에서 상기 질화층(120) 또는 상기 산화층(130)은 화학적 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 또는 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition)으로 증착될 수 있다.

[0046] 본 발명에서 증착(deposition)이란 기체 상태의 금속 입자를 금속, 플라스틱과 같은 물체 표면에 수 마이크로미터의 얇은 고체 막을 입히는 방법을 의미한다.

[0047] 상기 화학적 기상 증착은 기체상태의 금속원과 그와 반응을 하는 가스에 열을 가해주거나 플라즈마화하여 높은 반응성의 라디칼을 형성하고 높은 온도의 기판에서 화학 반응을 일으켜 금속 박막을 형성하는 방법이고, 상기 물리적 기상 증착은 원하는 금속 물질에 가해진 에너지가 운동에너지로 변하여 물질이 이동하여 모재에 쌓여 박막을 형성하는 방법이다.

[0048] 본 발명에서 상기 화학적 기상 증착은 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 포함할 수 있고, 상기 물리적 기상 증착은 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating), 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 코 스퍼터링(Co-sputtering)을 포함할 수 있다.

[0049] 본 발명에서 상기 스퍼터링이란 이온화된 원자가 가속화되어 물질에 충돌할 때 물질 표면의 결합에너지보다 충돌에너지가 더 클 경우 표면으로부터 원자가 튀어 나오는 현상을 말하며, 스퍼터링 증착은 이 원리를 이용하여 진공상태에서 이온화된 입자를 금속원에 충돌시켜 튀어나온 원자를 모재에 증착하는 방법이다.

[0050] 상기 질화층(120)은 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating), 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 이용하여 증착될 수 있으며, 25~300℃에서 증착될 수 있다.

[0051] 상기 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering)은 DC&RF Magnetron Sputtering일 수 있고, DC Magnetron Sputtering은 직류전원을 이용한 Sputtering 방법이며, 상기 RF Magnetron Sputtering은 고주파 전원을 이용한 Sputtering 방법이다.

[0052] 본 발명에서 상기 산화층(130)은 화학적 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 또는 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition)으로 제조될 수 있으며, 바람직하게는 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating), 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering), 원자층 증착법(Atomic layer deposition), 코 스퍼터링(Co-sputtering) 또는 코 스퍼터링 후 열처리를 통해 제조될 수 있으며, 제조 방법에 따라 상기 산화층(130)은 상이한 구조를 나타낼 수 있다.

[0053] 이하, 각 제조방법에 따라 형성된 산화층(130)을 구체적으로 설명한다.

[0054] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 원자층 증착법(Atomic layer deposition)에 따라 형성된 산화층을 나타낸 도면이다.

[0055] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 통해 산화층(130) 제조 시 공정 온도는 25~400℃일 수 있다.

[0056] 상기 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 원자층 증착법(Atomic layer deposition)에 의해 형성된 상기 산화층(130)의 구조는 기능적 산화층(131) 상에 구조적 산화층(132)이 형성된 다층 구조일 수 있으며, 상기 구조적 산화층 상에 기능적 산화층이 형성된 다층 구조일 수 있다(미도시). 또한, 상기 기능적 산화층(131) 또는 구조적 산화층(132) 다층 구조인 경우에도 동일한 방법으로 형성될 수 있다.

[0057] 상기 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering)은 DC&RF Magnetron Sputtering일 수 있고, DC Magnetron Sputtering은 직류전원을 이용한 Sputtering 방법이며, 상기 RF Magnetron Sputtering은 고주파 전원을 이용한 Sputtering 방법이다.

[0058] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 코-스퍼터링 또는 선택적 원자층 증착법(Atomic layer deposition)에 의해 형성된 산화층을 나타낸 도면으로서, 도 5a는 산화층의 측면, 5b는 산화층의 윗면을 나타낸 도면이다.

[0059] 도 5를 참조하면, 코-스퍼터링 또는 선택적 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 통해 산화층 제조 시 공정 온도는 25~400℃일 수 있다.

[0060] 상기 코-스퍼터링 또는 선택적 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 통해 제조된 산화층(130)은 두개 이상의 재료, 바람직하게는 기능성 산화물 및 구조적 산화물을 포함할 수 있다.

[0061] 상기 기능성 산화물 및 구조적 산화물은 상기 산화층(130)에서 각각의 영역을 형성할 수 있다. 상기 기능성 산화물 및 구조적 산화물의 중량비는 1:0.1~10일 수 있다.

[0062] 상기 코-스퍼터링은 두가지 이상의 타겟을 동시에 스퍼터링하여 시료에 선택적으로 박막을 형성하는 방법이며, 상기 선택적 원자층 증착법은 시료 표면에 전처리를 진행하여 특정 영역에 선택적 박막을 형성하는 방법이다.

[0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 코-스퍼터링 후 후속 열처리 되어 형성된 산화층을 나타낸 도면이다. 도 6a는 코-스퍼터링 공정 후, 6b는 열처리 공정 후를 나타낸 도면이다.

[0064] 도 6을 참조하면, 코-스퍼터링 후 후속 열처리 되어 산화층(130) 형성 시, 코-스퍼터링 공정 온도는 25~400℃일 수 있다. 상기 열처리 온도는 400~900℃일 수 있고, 열처리 시 주입되는 산소 및 질소의 중량비는 1:0~1일 수 있다.

[0065] 상기 코-스퍼터링 후 후속 열처리 되어 형성된 산화층(130)은 스피노달 상분리(spinodal decomposition)되어 산화층(130)을 형성할 수 있으며, 두개 이상의 재료를 포함할 수 있고, 바람직하게는 기능성 산화물 및 구조적 산화물을 포함할 수 있다.

[0066] 구체적으로 두개 이상의 재료, 바람직하게 기능성 산화물 및 구조적 산화물을 코-스퍼터링을 통해 비정질 박막으로 형성한다. 이후, 열처리를 통해 기능성 산화물 및 구조적 산화물의 분리와 결정화를 진행하여 산화층(130)을 형성할 수 있다. 상기 기능성 산화물 및 구조적 산화물의 중량비는 1:0.1~10일 수 있다.

[0067] 상기 구조적 산화물은 알루미늄(Al), 하프늄(Hf), 지르코늄(Zr) 및 실리콘(Si)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소 또는 이들의 화합물을 포함하는 산화물일 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 상기 산화층(130)의 물성을 향상시키기 위한 원소를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 기능적 산화물은 바나듐(V), 비스무트(Bi), 이트륨(Y), 크롬(Cr), 나이오븀(Nb), 실리콘(Si), 아연(Zn) 또는 티타늄(Ti)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소 또는 이들의 화합물을 포함하는 산화물일 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 상기 산화층(130)의 물성을 향상시키기 위한 원소를 더 포함할 수 있다.

[0068] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 구조적 산화층 및 기능적 산화층을 포함하는 산화층을 나타낸 도면이다.

[0069] 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 일 실시예는 모재(210); 및 상기 모재(210)에 코팅된 산화층(220);을 포함하고, 상기 산화층(220)은, 구조적 산화층(222); 및 기능적 산화층(221);을 포함하고, 상기 기능적 산화층(221)은 1 이상의 층으로 구성되고, 상기 구조적 산화층(222)과 기능적 산화층(221)의 두께 비는 1:0.1~10인 코팅된 절삭 공구(200)이며, 상기 구조적 산화층(222) 또는 기능적 산화층(221)은 다층구조일 수 있다.

[0070] 또한, 상기 산화층(220)은 구조적 산화층(222) 상에 기능적 산화층(221)이 위치할 수 있으며, 기능적 산화층

(221) 상에 구조적 산화층(222)이 위치할 수 있고, 기능적 산화층(221) 및 구조적 산화층(222)이 반복적으로 위치할 수 있다.

[0071] 상기 모재(210) 및 산화층(220)에 대한 설명은 앞서 설명한 모재(110)와 산화층(130)과 동일하여 이하 생략한다.

[0072] 본 발명의 또 다른 실시예는 모재(110) 상에 질화층(120)을 형성하는 단계; 상기 질화층(120) 위에 산화층(130)을 형성하는 단계; 및 상기 500~700℃의 열을 가하는 단계;를 포함하는 절삭공구(100) 코팅 방법이다.

[0073] 상기 열을 가하는 단계는 산화층(130, 220)의 결정성 및 경도 향상을 위한 단계로서, 상기 온도 범위로 가열됨으로써 본 발명의 산화층(130, 220) 및 절삭공구(100)는 우수한 경도를 나타낼 수 있다.

[0074] 상기 절삭공구(100), 모재(110), 질화층(120) 및 산화층(130, 220)에 대한 내용은 앞서 설명한 바와 동일하여 이하 생략한다.

[0076] 이하, 본 발명에 따른 구체적인 실시예를 들어 설명한다.

[0078] <u>실시예 1</u>

[0079] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀의 표면 상에 텅스텐이 첨가된 알루미늄크롬 질화막(AlCrN)을 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating) 기법을 이용하여 3㎛ 두께로 형성하였다. 상기 질화막 상에 산화막을 마그네트론 스퍼터링(magnetron sputtering) 기법을 이용하여 지르코늄 산화막(ZrO_2)을 2㎛ 두께로 형성하였다. 이후, 500~700℃에서 후열처리 공정을 진행하여, 절삭공구를 제조하였다.

[0081] <u>실시예 2</u>

[0082] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀의 표면 상에 텅스텐이 첨가된 알루미늄크롬 질화막(AlCrN)을 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating) 기법을 이용하여 3㎛ 두께로 형성하였다. 상기 질화막 상에 산화막을 마그네트론 스퍼터링(magnetron sputtering) 기법을 이용하여 하프늄 산화막(HfO_2)을 2㎛ 두께로 형성하였다. 이후, 500~700℃에서 후열처리 공정을 진행하여, 절삭공구를 제조하였다.

[0084] <u>실시예 3</u>

[0085] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀의 표면 상에 텅스텐이 첨가된 알루미늄크롬 질화막(AlCrN)을 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating) 기법을 이용하여 3㎛ 두께로 형성하였다. 상기 질화막 상에 산화막을 마그네트론 스퍼터링(magnetron sputtering) 기법을 이용하여 지르코늄 산화막(ZrO_2) 및 하프늄 산화막(HfO_2)을 형성하여 산화막의 두께가 최종 2㎛가 되도록 하였다. 이후, 500~700℃에서 후열처리 공정을 진행하여, 절삭공구를 제조하였다.

[0087] <u>비교예 1</u>

[0088] 상기 실시예 1에서 후열 처리를 하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 절삭공구를 제조하였다.

[0090] <u>비교예 2</u>

[0091] 상기 실시예 2에서 후열 처리를 하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 2와 동일한 방법으로 절삭공구를 제조하였다.

[0093] **비교예 3**

[0094] 상기 실시예 3에서 후열 처리를 하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 3과 동일한 방법으로 절삭공구를 제조하였다.

[0096] **비교예 4**

[0097] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀의 표면 상에 텅스텐이 첨가된 알루미늄크롬 질화막(AlCrN)을 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating) 기법을 이용하여 3㎛ 두께로 형성하여 절삭공구를 제조하였다.

[0099] 상기 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 3에서 제조된 산화막의 공정 조건은 하기 표 1과 같다.

표 1

[0101]

공정 조건	증착 파워 (W)	공정 온도(℃)	주입 가스	가스 유량 (sccm)	공정 분압(mTorr)
	150 - 400	25 - 400	Ar / O2	10 이하	1 - 20

[0103] **실험예 1**

[0104] 상시 실시예 1 및 2에서 제조된 절삭공구의 산화막의 구조 분석을 엑스선 회절법 분석을 통해 분석하였으며, 이에 대한 결과를 도 8에 나타내었다. 30kV, 40mA에서 작동한 Cu-Ka선을 사용한 X선 회절법을 사용하였다.

[0106] 도 8은 절삭공구 상에 형성된 산화막의 X선 회절법 분석 결과이다. 도 8을 참조하면, 하프늄 산화층은 monoclinic상으로, 지르코늄 산화층은 tetragonal의 상으로 성장한 것을 확인할 수 있다.

[0108] **실험예 2**

[0109] 상시 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 3에서 제조된 절삭공구의 기계적 물성을 측정하기 위하여 나노 압입법(nano-indentation)을 수행하였고, 비커스 경도 및 탄성계수를 하기 측정방법에 따라 측정하였고, 이에 대한 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

[0111] [측정방법]

[0112] 비커스 경도 : 압입힘(F)에 압입된 표면의 면적(A)를 나눈 값

[0113] 탄성계수 : 탄성계수(E_{IT})는 강성(stiffness, S), 접촉투영면적(projected contact area, A_p), 압입하중(Load, P) 및 변형량(h)을 이용하여 하기 수학식 1로 도출함

[0115] [수학식 1]

[0116] 수학식 1 : $E_{IT} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\frac{S}{Ap}$

[0117] 강성(stiffness, S)은 압입하중(P) 변위 곡선에서 최대 압입하중을 제거(unloading)할 때의 기울기 값으로 산출됨

[0118] 측정 조건은 최대하중(5mN), Loading rate(10 mN/min), Unloading rate(10mN/min), Pause time(0s), 압입횟수

(10회) 로 수행하였음

표 3

[0120]

구분	비커스 경도(HV)	탄성계수(Gpa)
실시예 1	2453	452
실시예 2	2220	432
실시예 3	2362	516
비교예 1	2423	459
비교예 2	2123	417
비교예 3	2112	411

[0121] 상기 표 3을 참조하면, 후열처리를 한 경우(실시예 1 내지 3)가 후열처리를 하지 않은 경우(비교예 1 내지 3)보다 비커스 경도가 향상된 것을 확인할 수 있다. 또한, 하프늄 산화층(실시예 2)이 지르코늄 산화층(실시예 1)보다 높은 기계적 물성을 나타내었으며, 하프늄 및 지르코늄을 함께 사용한 경우(실시예 3)가 가장 우수한 기계적 물성을 나타내었다.

[0123] <u>실험예 3</u>

[0124] 상시 실시예 1 내지 3 및 비교예 4에서 제조된 절삭공구의 절삭 성능을 평가하였으며, 하기와 같은 조건에서 수행하였고, 이에 대한 결과를 도 9 및 도 10에 나타내었다.

[0125] 절삭 환경은 절삭속도 (분당 60-70 m), RPM (분당 1000 - 2000 rev.), Feed (분당 855 mm), 오버행 (20-40 mm), 습식 절삭 (농도 1-40 %) 의 범위에서 절삭성능 평가를 수행하였다.

[0127] 도 9는 절삭공구의 절삭 후 마모량 변화를 나타낸 도면이고, 도 10은 절삭 테스트 후 절삭 공구의 인선부를 촬영한 사진이다.

[0128] 도 9를 참조하면, 산화층을 포함하는 경우(실시예 1 내지 3)가 질화층만 존재하는 경우(비교예 4)보다 절삭성능이 모두 향상된 것을 확인할 수 있으며, 하프늄 및 지르코늄을 함께 사용한 경우(실시예 3)가 가장 우수한 절삭성능을 나타내었다.

[0129] 또한, 도 10을 참조하면, 하프늄 산화층을 포함하는 경우(실시예 2)와 하프늄 및 지르코늄 산화층을 포함하는 경우(실시예 3)는 인선부가 양호하였으나, 지르코늄 산화층을 포함하는 경우(실시예 1) 및 질화층만 포함하는 경우(비교예 4)는 미세한 치핑이 발생하였다. 즉, 도 10을 참조하면, 산화층의 종류와 구조에 따른 인선부의 상태가 상이함을 확인할 수 있다.

[0131] 이와 같이, 상기 실험예를 참조하면, 질화층 상에 산화층을 형성함으로써, 절삭 공구의 내산화성을 향상시켜 절삭 공구의 수명을 향상시킬 수 있으며, 산화층을 이종의 물질로 구성함으로써 절삭 성능을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

[0133] 이상으로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하였다. 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0134] 따라서, 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미, 범위 및 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0136] 100 : 절삭 공구 110 : 모재

120 : 질화층 130 : 산화층

131 : 기능적 산화층 132 : 구조적 산화층

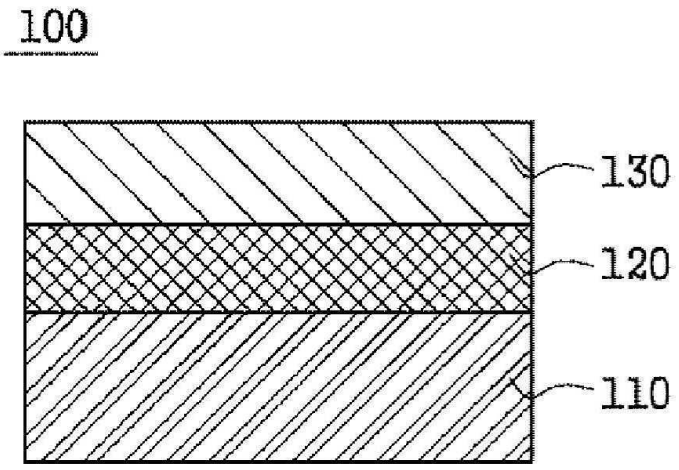
200 : 절삭 공구 210 : 모재

220 : 산화층 221 : 기능적 산화층

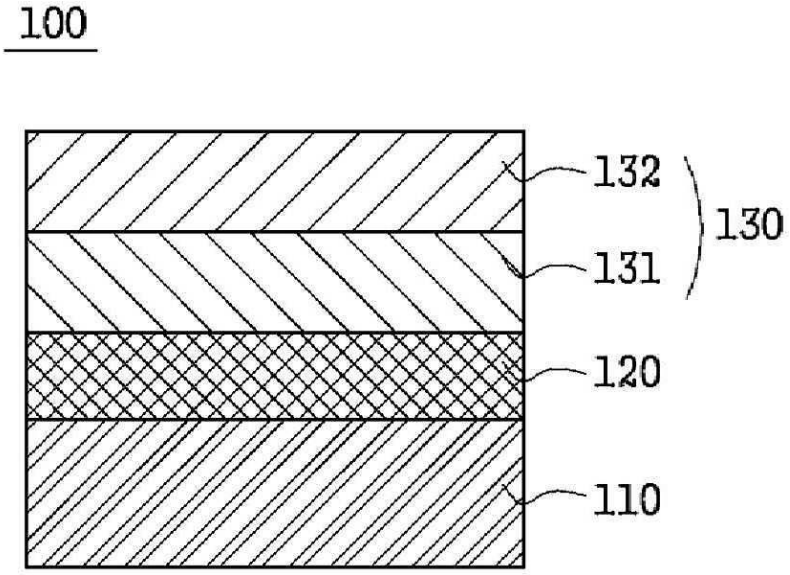
222 : 구조적 산화층

도면

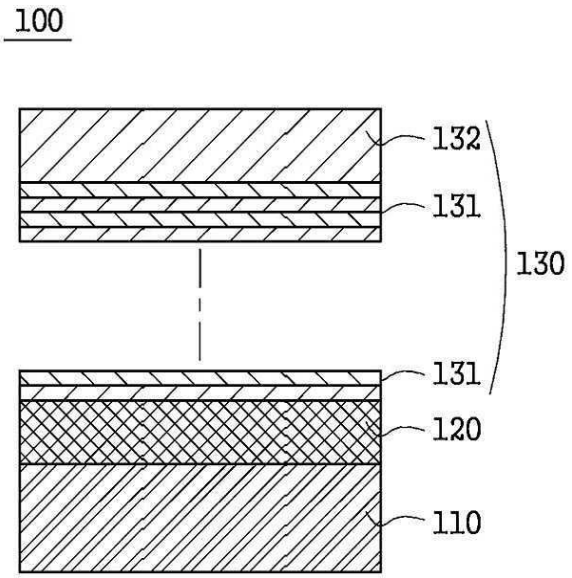
도면1



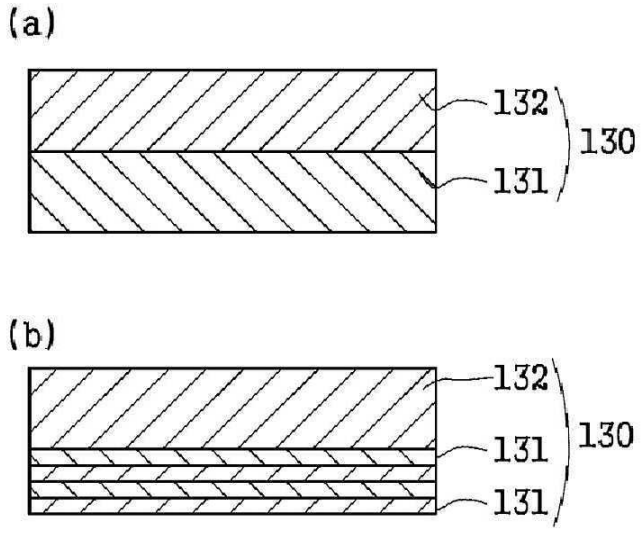
도면2



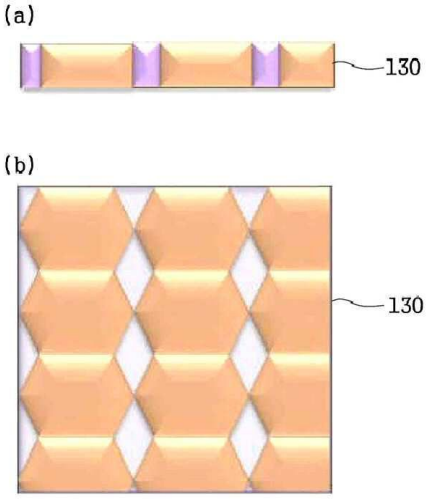
도면3


100
132
131
130
131
120
110

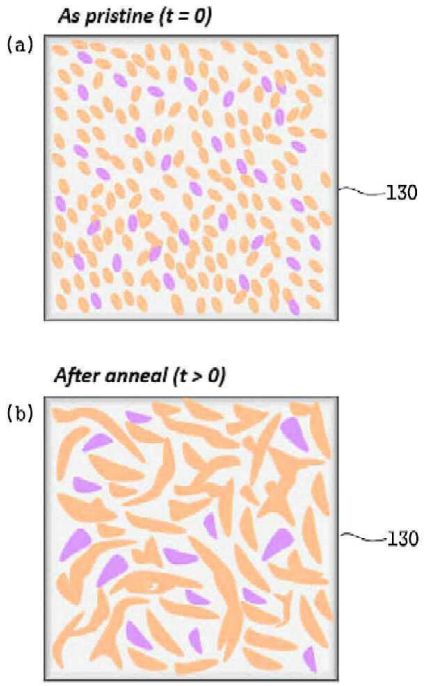
도면4


(a)
132
130
131
(b)
132
130
131
131

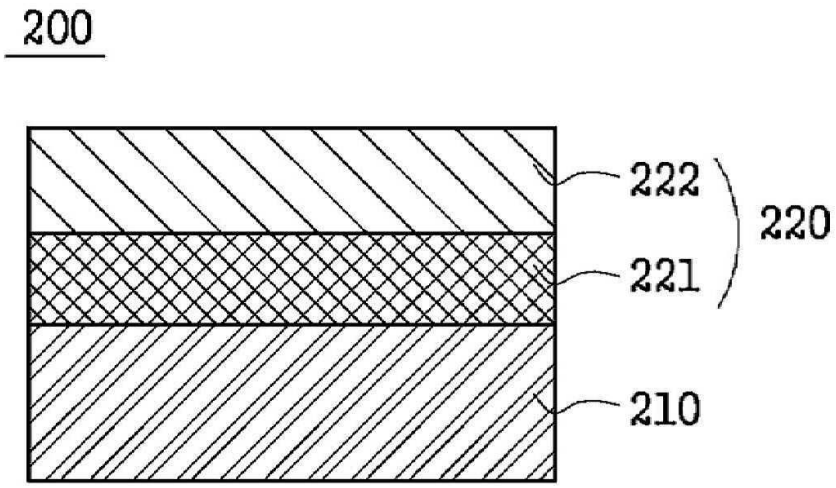
도면5


(a)
130
(b)
130

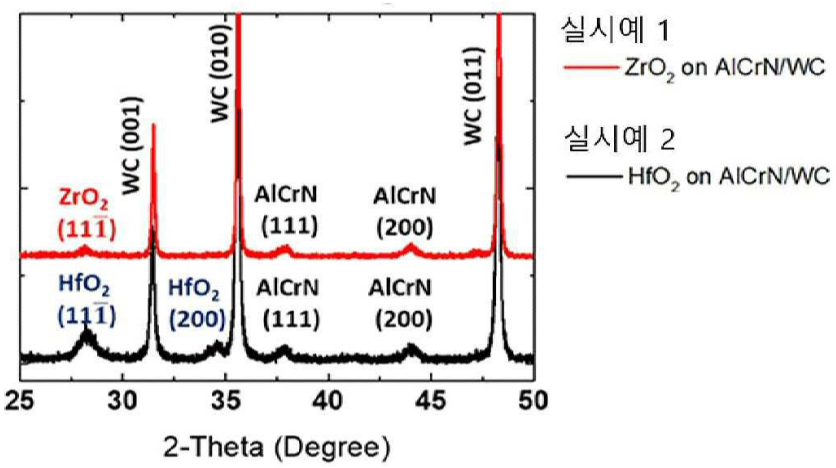
도면6



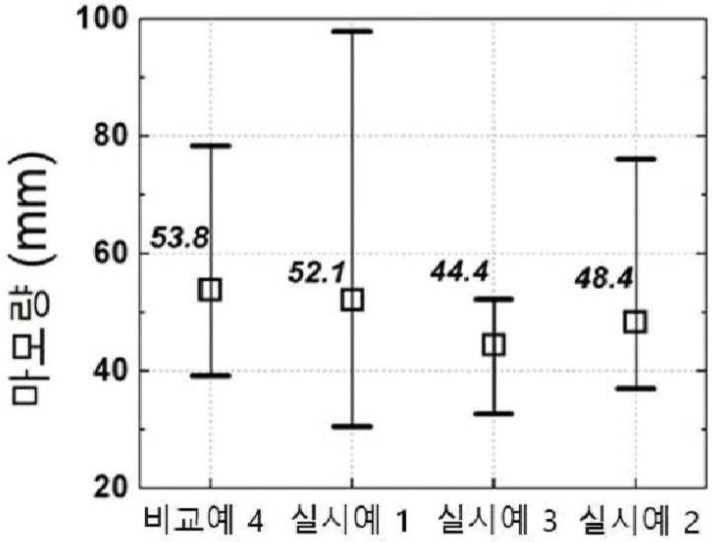
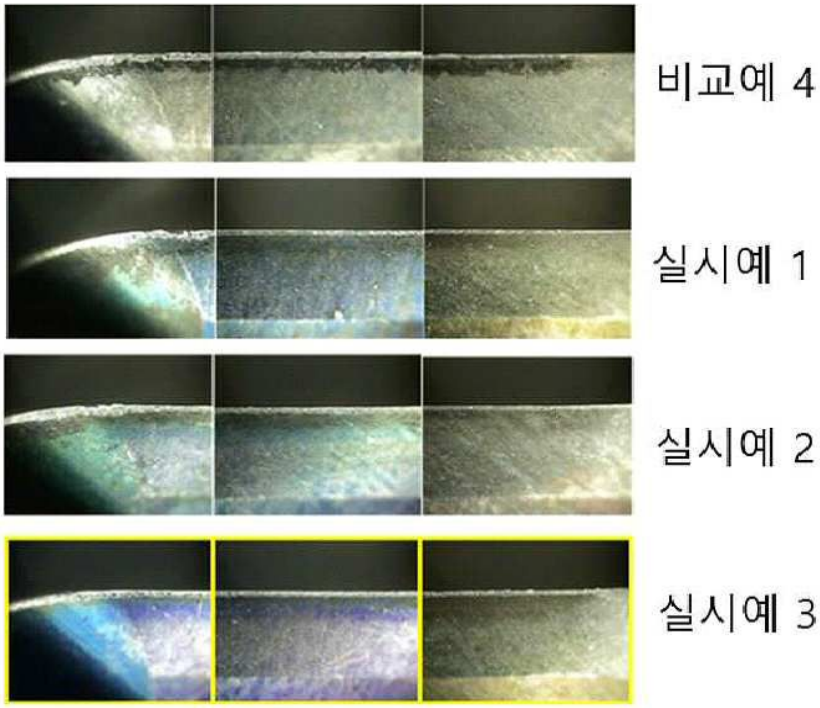
도면7



도면8


실시예 1
ZrO2 on AlCrN/WC
실시예 2
HfO2 on AlCrN/WC
WC (001)
WC (010)
WC (011)
ZrO2 (11$\bar{1}$)
HfO2 (11$\bar{1}$)
HfO2 (200)
AlCrN (111)
AlCrN (200)
25
30
35
40
45
50
2-Theta (Degree)

도면9


마모량 (mm)
100
80
60
40
20
53.8
52.1
44.4
48.4
비교예 4
실시예 1
실시예 3
실시예 2

도면10