



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0163886
(43) 공개일자 2024년11월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 28/04 (2006.01) C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/08 (2006.01) C23C 16/34 (2006.01)
C23C 16/40 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C23C 28/044 (2013.01)
C23C 14/0641 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0061048

(22) 출원일자 2023년05월11일

심사청구일자 2023년05월11일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

최택집

서울특별시 송파구 양재대로 1218, 136동 1602호
(방이동, 올림픽선수기자촌아파트)

김기범

서울특별시 강남구 언주로130길 30, 102동 1102호
(논현동, 동양파라곤)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김진동

전체 청구항 수 : 총 6 항

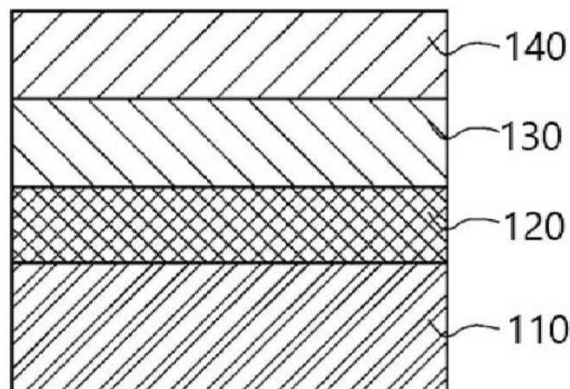
(54) 발명의 명칭 산화물 버퍼층을 포함하는 코팅된 절삭 공구

(57) 요약

본 개시는 내산화성 및 내구성이 향상되고, 이에 따라 수명이 향상된 코팅된 절삭 공구를 제공하는 것으로, 모재; 상기 모재 위에 코팅된 질화물 코팅층; 상기 질화물 코팅층 위에 코팅된 산화물 버퍼층; 및 상기 산화물 버퍼층 위에 코팅된 산화물 코팅층;을 포함하는 코팅된 절삭 공구를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

C23C 14/08 (2013.01)

C23C 16/34 (2013.01)

C23C 16/40 (2013.01)

C23C 28/042 (2013.01)

C23C 28/048 (2013.01)

(72) 발명자

이준봉

경기도 남양주시 다산중앙로82번길 105, 6201동
906호 (다산동, 다산지금데시아)

신지우

서울특별시 광진구 동일로 234 (군자동), 506호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711192458

과제번호 2020M3D1A2101706

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 나노소재기술개발

연구과제명 인공지능 기반 인공표면층을 갖는 Hard nanocomposite coating 기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 세종대학교

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

모재;

상기 모재 위에 코팅된 질화물 코팅층;

상기 질화물 코팅층 위에 코팅된 산화물 버퍼층; 및

상기 산화물 버퍼층 위에 코팅된 산화물 코팅층;

을 포함하는, 코팅된 절삭 공구.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 질화물 코팅층은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소를 포함하고, 두께는 1~5 μ m인 것인, 코팅된 절삭 공구.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 산화물 버퍼층은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소를 포함하고, 두께는 0.01~0.07 μ m인 것인, 코팅된 절삭 공구.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 산화물 코팅층은 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 원소를 포함하고, 두께는 0.08~0.3 μ m인 것인, 코팅된 절삭 공구.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층의 두께 비는 0.05~0.5:1인 것인, 코팅된 절삭 공구.

청구항 6

a) 모재 위에 질화물 코팅층을 형성하는 단계;

b) 450~650℃의 열을 가하는 단계;

c) 상기 질화물 코팅층 위에 산화물 버퍼층을 형성하는 단계; 및

d) 상기 산화물 버퍼층 위에 산화물 코팅층을 형성하는 단계;

를 포함하는 절삭공구 코팅 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 개시는 절삭 공구에 관한 것으로, 보다 상세하게는 산화물 버퍼층을 포함하는 코팅된 절삭 공구에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 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 재료로서 초경합금, 세라믹 등의 재료가 알려져 있는데, 이들 재료를 그대로 절삭공구로 사용하면 마모 등의 문제로 인하여 공구의 수명이 짧아 초경합금, 세라믹 등의 재료를 모재로 하고, 모재 위에 코팅층을 형성시켜 절삭 공구로 사용하고 있다.
- [0003] 코팅층은 Ti, Cr 등과 같은 원소를, CVD(화학적 기상증착) 또는 PVD(물리적 기상증착) 공법을 통해 질화물 코팅층 또는 산화물 코팅층으로 형성되고 있다. 그러나, 절삭 공구 사용 시, 질화물 코팅층과 산화물 코팅층의 낮은 결합력과 질화물 코팅층에 발생하는 핀홀로 인해 층간 박리가 발생하는 문제점이 있다.
- [0004] 한국 공개특허 제10-2022-0056786호 또한, 질화물 코팅층 및 산화물 코팅층을 포함하는 절삭 공구를 개시하고 있으나, 질화물 코팅층 위에 질화물 코팅층과 상이한 금속 원소를 포함하는 산화물 코팅층만을 형성하고 있을 뿐, 질화물 코팅층과 산화물 코팅층의 층간 박리와 같은 문제점을 해결하기 위한 기술적 교시는 제공하고 있지 않다.
- [0005] 이에 본 발명자들은 모재 위에 질화물 코팅층을 형성하고, 질화물 코팅층 위에 질화물 코팅층을 구성하는 원소와 동일 또는 유사한 원소를 포함하는 산화물 버퍼층을 형성하고, 산화물 버퍼층 위에 산화물 코팅층을 형성하는 경우, 층간 결합력이 향상되어, 절삭 공구의 내산화성 및 내구성을 향상시킬 수 있음을 발견하고 본 발명에 이르게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 개시가 해결하고자 하는 과제는 내산화성 및 내구성이 향상되고, 이에 따라 수명이 향상된 코팅된 절삭 공구를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 개시의 일 양태는 모재; 상기 모재 위에 코팅된 질화물 코팅층; 상기 질화물 코팅층 위에 코팅된 산화물 버퍼층; 및 상기 산화물 버퍼층 위에 코팅된 산화물 코팅층;을 포함하는, 코팅된 절삭 공구이다.
- [0008] 본 개시에서, 상기 질화물 코팅층은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소를포함하고, 두께는 1~5 μ m일 수 있다.
- [0009] 본 개시에서, 상기 산화물 버퍼층은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소를 포함하고, 두께는 0.01~0.07 μ m일 수 있다.
- [0010] 본 개시에서, 상기 산화물 코팅층은 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 원소를 포함하고, 두께는 0.08~0.3 μ m일 수 있다.
- [0011] 본 개시에서, 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층의 두께 비는 0.05~0.5:1일 수 있다.
- [0012] 본 개시의 다른 양태는 a) 모재 위에 질화물 코팅층을 형성하는 단계; b) 450~650℃의 열을 가하는 단계; c) 상기 질화물 코팅층 위에 산화물 버퍼층을 형성하는 단계; 및 d) 상기 산화물 버퍼층 위에 산화물 코팅층을 형성하는 단계;를 포함하는 절삭공구 코팅 방법이다.

발명의 효과

- [0013] 본 개시에 따른 절삭 공구는 질화물 코팅층, 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층으로 구성되는 코팅층을 구비하여, 향상된 내산화성 및 내구성을 나타낼 수 있다.
- [0014] 또한, 질화물 코팅층, 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층 간의 최적화된 두께 비를 가짐으로써, 향상된 내산화성 및 내구성뿐만 아니라, 감소된 층간 박리성을 나타낼 수 있다.
- [0015] 또한, 산화물 버퍼층의 두께와 산화물 코팅층의 두께비를 특정함으로써, 질화물 코팅층의 표면조도를 개선하고,

질화물 코팅층과 산화물 코팅층의 계면 부착력을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 모재 위에, 질화물 코팅층, 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층이 형성된 모습을 나타낸 도면이다.

도 2는 산화물 버퍼층이 형성되기 전, 후를 나타낸 도면이다.

도 3은 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층 유무에 따른 절삭공구의 내산화성을 측정한 도면이다.

도 4는 절삭 테스트에 따른 절삭공구의 결과치를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 개시의 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참고로 상세히 설명한다. 그러나 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

또한, 본 개시에서 수치와 관련하여 용어 "약(about)", "대략(approximately)" 또는, 적어도(at least)와 같은 유사한 표현이 사용되는 경우, 해당 수치를 기준으로 $\pm 10\%$, $\pm 7\%$, $\pm 5\%$, $\pm 3\%$, $\pm 2\%$, 또는 $\pm 1\%$ 의 이론적, 실험적, 통계적, 또는 경험적상의 오차가 허용되는 것으로 의도된다.

도 1은 모재 위에, 질화물 코팅층, 산화물 버퍼층 및 산화물 코팅층이 형성된 모습을 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 본 개시의 일 양태는 모재(110); 상기 모재(110)에 코팅된 질화물 코팅층(120); 상기 질화물 코팅층(120) 위에 코팅된 산화물 버퍼층(130); 및 상기 산화물 버퍼층(130) 위에 코팅된 산화물 코팅층(140);을 포함하는 코팅된 절삭 공구(100)이다.

본 개시에서, 절삭 공구(100)는 티타늄 소재 등의 난삭재를 깎는 절삭 공구일 수 있고, 바람직하게는 엔드밀일 수 있으며, 모재(110)는 절삭 공구의 베이스 재료로서, 초경 합금, 서멧, 강 또는 고순도강일 수 있으며, 바람직하게는 초경 합금일 수 있고, 더욱 바람직하게는 텅스텐 카바이드(WC)일 수 있다.

본 개시에서, 질화물 코팅층(120)은 모재(110) 위에 화학적 기상 증착 또는 물리적 기상 증착 방식으로 형성되어, 절삭 공구(100)의 수명을 향상시킬 수 있다.

질화물 코팅층(120)은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소를 포함할 수 있으며, 바람직하게는 AlTiN, TiSiN, AlCrN 또는 ALNOVA(AlCrN 베이스에 V 또는 W 첨가)일 수 있고, 본 개시에서 가장 바람직하게는 AlTiN일 수 있다.

또한, 질화물 코팅층(120)의 두께는 $1\sim 5\mu\text{m}$ 일 수 있고, 바람직하게는 $2\sim 4\mu\text{m}$ 일 수 있으며, 전술한 두께 범위 내에서 질화물 코팅층(120)과 산화물 버퍼층(130)과의 결합력 및 절삭 공구(100)의 수명을 향상시킬 수 있어, 전술한 범위가 바람직하다.

도 2는 산화물 버퍼층이 형성되기 전, 후를 나타낸 도면이다.

도 2를 참조하면, 본 개시에서, 산화물 버퍼층(130)은 질화물 코팅층(120) 위에 화학적 기상 증착 또는 물리적 기상 증착 방식으로 형성되고, 질화물 코팅층(120)에서 발생할 수 있는 핀홀(pin-hole)을 감소시키며, 질화물 코팅층(120) 및 산화물 코팅층(140)의 사이에 위치한다. 또한, 산화물 버퍼층(130)은 질화물 코팅층(120)에 포함된 원소와 유사 또는 동일한 원소를 포함함으로써, 질화물 코팅층(120), 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)간의 결합력을 향상시켜, 층간 박리를 감소시키고, 절삭 공구(100)의 수명을 향상시킬 수 있다.

본 개시에서, 산화물 버퍼층(130)은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 실리콘(Si), 크롬(Cr), 바나듐(V) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 원소를 포함할 수 있고, 바람직하게는 질화물 코팅층(120)을 구성하는 원소와 유사 또는 동일한 원소를 포함할 수 있으며, 본 개시에서 가장 바람직하게는 Al_2O_3 일 수 있다.

또한, 산화물 버퍼층(130)의 두께는 $0.01\sim 0.07\mu\text{m}$ 일 수 있고, 바람직하게는 $0.02\sim 0.04\mu\text{m}$ 일 수 있다. 전술한 범위 내에서 질화물 코팅층(120) 및 산화물 코팅층(140)과의 결합력을 향상시켜, 층간 박리를 방지할 수 있어, 전술한 범위가 바람직하다.

본 개시에서, 산화물 코팅층(140)은 상기 산화물 버퍼층(130) 위에 화학적 기상 증착 또는 물리적 기상 증착 방

식으로 형성되고, 산화물 버퍼층(130)과의 결합을 통해 절삭 공구(100)의 내산화성 및 내구성을 향상시킬 수 있다.

- [0030] 산화물 코팅층(140)은 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 원소를 포함할 수 있고, 바람직하게는 HfO_2 , ZrO_2 또는 SiO_2 일 수 있으며, 본 개시에서 가장 바람직하게는 HfO_2 일 수 있다.
- [0031] 또한, 산화물 코팅층(140)의 두께는 $0.08 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 일 수 있고, 바람직하게는 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 일 수 있다. 전술한 범위 내에서 산화물 버퍼층(130)과의 결합력 및 절삭 공구(100)의 수명을 향상시킬 수 있어, 전술한 범위가 바람직하다.
- [0032] 본 개시에서, 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)의 두께 비는 $0.05 \sim 0.5:1$ 일 수 있고, 바람직하게는 $0.1 \sim 0.3:1$ 일 수 있다.
- [0033] 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)의 두께 비가 전술한 범위를 벗어나면, 질화물 코팅층(120), 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140) 간의 층간 박리가 발생하거나, 절삭 공구(100)의 내산화성 및 내구성이 저하될 수 있어, 전술한 범위가 바람직하다.
- [0034] 본 개시에서, 질화물 코팅층(120), 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)은 전술한 바와 같이, 화학적 기상 증착 또는 물리적 기상 증착으로 증착될 수 있다.
- [0035] 본 개시에서 증착(deposition)이란 기체 상태의 금속 입자를 금속, 플라스틱과 같은 물체 표면에 수 마이크로미터의 얇은 고체 막을 입히는 방법을 의미한다.
- [0036] 본 개시에서, 화학적 기상 증착은 기체 상태의 금속 입자 및 금속 입자와 반응을 하는 가스에 열을 가해주거나 플라즈마화 하여 높은 반응성의 라디칼을 형성하고 높은 온도의 기판에서 화학 반응을 일으켜 금속 박막을 형성하는 방법이고, 물리적 기상 증착은 원하는 금속 물질에 가해진 에너지가 운동에너지로 변하여 물질이 이동하여 모재에 쌓여 박막을 형성하는 방법이다.
- [0037] 본 개시에서 화학적 기상 증착은 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 포함할 수 있고, 물리적 기상 증착은 아크 이온 플레이팅(Arc ion plating), 마그네트론 스퍼터링(Magnetron sputtering) 또는 코-스퍼터링(Co-sputtering)을 포함할 수 있다.
- [0038] 본 개시에서 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 모재(110)에 증착하는 방법이다.
- [0039] 본 개시에서, 질화물 코팅층(120), 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)은 아크 이온 플레이팅, 마그네트론 스퍼터링 또는 원자층 증착법을 이용하여 증착될 수 있고, 마그네트론 스퍼터링은 DC&RF Magnetron Sputtering일 수 있고, DC Magnetron Sputtering은 직류전원을 이용한 Sputtering 방법이며, 상기 RF Magnetron Sputtering은 고주파 전원을 이용한 Sputtering 방법이다.
- [0040] 본 개시의 다른 양태는 a) 모재(110) 위에 질화물 코팅층(120)을 형성하는 단계; b) $450 \sim 650^\circ\text{C}$ 의 열을 가하는 단계; c) 상기 질화물 코팅층(120) 위에 산화물 버퍼층(130)을 형성하는 단계; 및 d) 상기 산화물 버퍼층(130) 위에 산화물 코팅층(140)을 형성하는 단계;를 포함하는 절삭공구(100) 코팅 방법이다.
- [0041] 본 개시에서, 단계 a), 단계 b) 및 단계 d)에서 질화물 코팅층(120), 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)을 형성하는 방법은 전술한 바와 같이, 화학적 기상 증착 또는 물리적 기상 증착으로 형성될 수 있으며, 구체적인 내용은 전술한 바와 동일하다.
- [0042] 본 개시에서, 단계 b)의 열을 가하는 단계는 모재(110)의 인성(toughness)를 향상시키고, 절삭공구(100)의 H/E 값을 향상시키기 위한 단계로서, 온도는 $450 \sim 650^\circ\text{C}$ 일 수 있고, 바람직하게는 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 일 수 있으며, 본 개시에서 가장 바람직하게는 600°C 일 수 있다. 단계 b)에서 온도가 전술한 하한치 미만이거나, 전술한 상한치를 초과하면 모재(110) 또는 절삭공구(100)의 인성 값이 향상되지 않거나, 저하되어 전술한 범위가 바람직하다.
- [0043] 본 개시에서, 모재(110)의 인성은 비커스 경도(Vicker's hardness(H))와 탄성계수(Elastic modulus(E))의 상관비인 H/E 값을 이용하여 측정할 수 있으며, H/E 값이 높을수록 높은 인성을 나타내는 것으로 판단할 수 있다.
- [0044] 본 개시에서, 절삭공구(100), 모재(110), 질화물 코팅층(120), 산화물 버퍼층(130) 및 산화물 코팅층(140)에 대한 내용은 전술한 바와 동일하여 이하 생략한다.

[0046] 이하, 본 발명에 따른 구체적인 실시예를 들어 설명한다.

[0048] **실시예 1**

[0049] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀(모재)의 표면 상에 AlTiN 질화물 코팅층이 3 μ m 두께로 형성된 엔드밀(㈜ YG-1에서 제공)을 준비하였다. 상기 질화물 코팅층이 형성된 엔드밀을 약 600℃로 약 30분 간 가열하였다. 이후, 상기 질화물 코팅층 위에 Al₂O₃ 산화물 버퍼층을 원자층 증착(넥서스비, Plaminar)을 이용하여 형성하였다. 원자층 증착 조건은 하기 표 1과 같고, 산화물 버퍼층의 두께는 0.3 μ m이다. 이후, 산화물 버퍼층 위에 HfO₂ 산화물 코팅층을 마그네트론 스퍼터링(코리아바쿠펜테크㈜, KVS-4006L)을 이용하여 0.12 μ m 두께로 형성하여, 절삭 공구를 제조하였다. 마스네트론 스퍼터링 조건은 하기 표 2와 같다.

[0050] 이후 산화물 박막의 결정화를 위하여 10⁻³ Torr 이하의 진공 분위기 하에서 약 600 ℃에서 약 10분간 급속열처리(코리아바쿠펜테크㈜, KVR-4000)를 수행하였다.

표 1

ALD	전구체	공정 온도 (℃)	반응 가스	가스 유량 (sccm)	사이클 횟수 (cycle)
공정 변수	TMA(trimethylaluminium, Al(CH ₃) ₃)	180 - 220	H ₂ O	100 이하	180-400

표 2

Sputter	증착 파워 (W)	공정 온도(℃)	주입 가스	가스 유량 (sccm)	공정 분압(mTorr)
	(RF) 250 - 400	25 - 200	Ar	10 이하	5 - 15

[0055] **실시예 2**

[0056] 상기 실시예 1에서, 질화물 코팅층이 형성된 엔드밀을 약 600℃가 아닌 500℃에서 가열한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 절삭 공구를 제조하였다.

[0058] **비교예 1**

[0059] 상기 실시예 1에서, 질화물 코팅층이 형성된 엔드밀을 약 600℃가 아닌 700℃에서 가열한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 절삭 공구를 제조하였다.

[0061] **비교예 2**

[0062] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀(모재)의 표면 상에 AlTiN 질화물 코팅층이 3 μ m 두께로 형성된 엔드밀(㈜ YG-1에서 제공)을 준비하였다.

[0064] **비교예 3**

[0065] 텅스텐카바이드(WC)로 제조된 엔드밀(모재)의 표면 상에 AlTiN 질화물 코팅층이 3 μ m 두께로 형성된 엔드밀(㈜ YG-1에서 제공)을 준비하였다. 상기 질화물 코팅층이 형성된 엔드밀을 약 600℃로 약 30분 간 가열하였다. 이후, 상기 질화물 코팅층 위에 Al₂O₃ 산화물 버퍼층을 원자층 증착(넥서스비, Plaminar)을 이용하여

형성하였다. 원자층 증착 조건은 상기 표 1과 같고, 산화물 버퍼층의 두께는 0.3 μm 이다. 이후, 산화물 버퍼층 위에 Al_2O_3 산화물 코팅층을 마그네트론 스퍼터링(코리아바쿰테크㈜, KVS-4006L)을 이용하여 0.12 μm 두께로 형성하여, 절삭 공구를 제조하였다. 마그네트론 스퍼터링 조건은 상기 표 2와 같다.

이후 산화물 박막의 결정화를 위하여 10^{-3} Torr 이하의 진공 분위기 하에서 약 600 °C에서 약 10분간 급속열처리(코리아바쿰테크㈜, KVR-4000)를 수행하였다.

실험예 1

실시에 1의 절삭공구의 산화물 버퍼층의 형성 전후의 표면을 전자 주사 현미경을 이용하여 촬영하였고, 이에 대한 결과를 하기 도 2에 나타내었다.

도 2를 참조하면, 산화물 버퍼층이 형성된 경우, 질화물 코팅층 형성 후 발생한 핀홀이 감소된 것을 확인할 수 있다.

실험예 2

실시에 1, 실시에 2 및 비교예 1의 절삭공구의 비커스 경도 및 탄성계수 상관 비를 하기와 같이 측정하였고, 이에 대한 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

[측정방법]

비커스 경도 및 탄성계수 상관 비(H/E): 비커스 경도 및 탄성계수를 측정하여 구함

비커스 경도: 압입힘(F)에 압입된 표면의 면적(A)를 나눈 값

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

[수학적 식 1]

$$\text{수학적 식 1: } E_{IT} = \frac{\sqrt{\pi} S}{2 A_p}$$

강성(stiffness, S)은 압입하중(P) 변위 곡선에서 최대 압입하중을 제거(unloading)할 때의 기울기 값으로 산출하였으며, 측정 조건은 최대하중(5mN), Loading rate(10 mN/min), Unloading rate(10mN/min), Pause time(0s), 압입횟수(10회) 로 수행하였음

표 3

구분	실시에 1	실시에 2	비교예 1
H/E	0.076	0.075	0.046
비커스경도(H, HV)	2378.46 $\pm$ 82.50	2362.64 $\pm$ 62.56	1510.47 $\pm$ 46.38
탄성계수(E, Gpa)	337.48 $\pm$ 7.35	343.59 $\pm$ 11.21	356.25 $\pm$ 12.17

상기 표 3을 참조하면, 가열온도가 600°C(실시에 1) 또는 500°C(실시에 2)일 때의 H/E 값이 700°C(비교예)일 때 보다 높은 것을 확인할 수 있다.

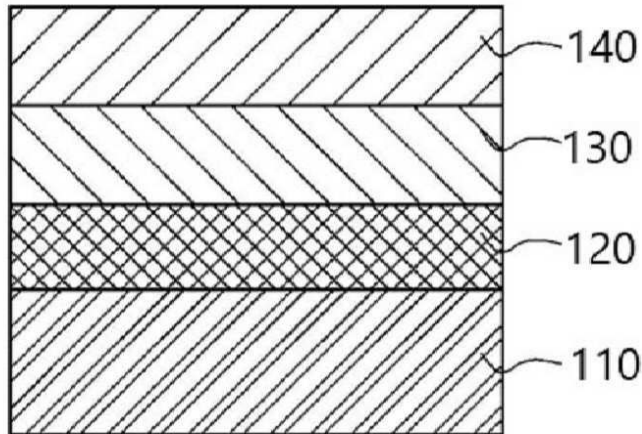
실험예 3

140 : 산화물 코팅층

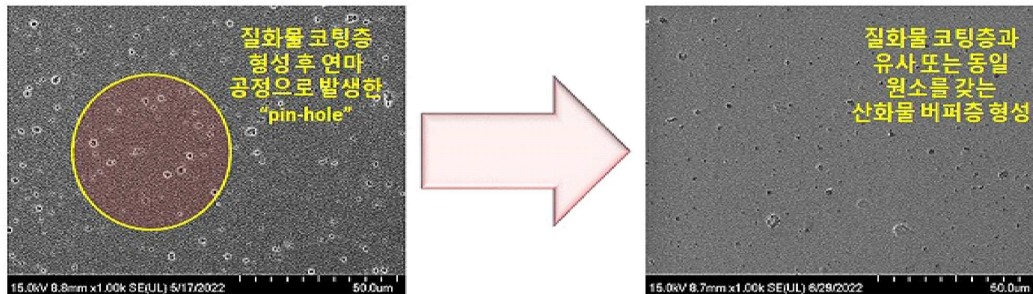
도면

도면1

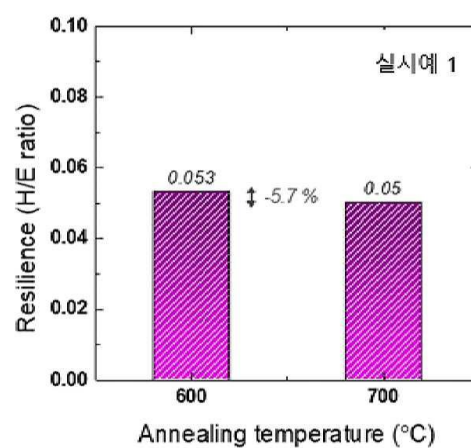
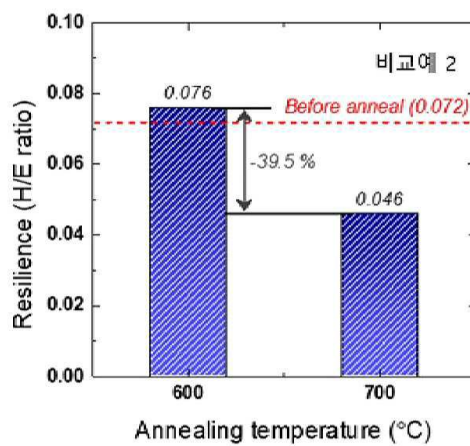
100



도면2



도면3



도면4

