



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년10월13일  
 (11) 등록번호 10-1666284  
 (24) 등록일자 2016년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C23C 16/40* (2006.01) *B23B 27/14* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0193110  
 (22) 출원일자 2014년12월30일  
 심사청구일자 2014년12월30일  
 (65) 공개번호 10-2016-0080609  
 (43) 공개일자 2016년07월08일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020090118669 A  
 KR100832868 B1  
 JP2006021316 A  
 US20060115662 A1

(73) 특허권자  
**한국야금 주식회사**  
 서울특별시 금천구 남부순환로 1350 (독산동)  
 (72) 발명자  
**조성우**  
 충청북도 청주시 흥덕구 산단로 55  
**이동열**  
 충청북도 청주시 흥덕구 산단로 55  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**특허법인아이엠**

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 조상진

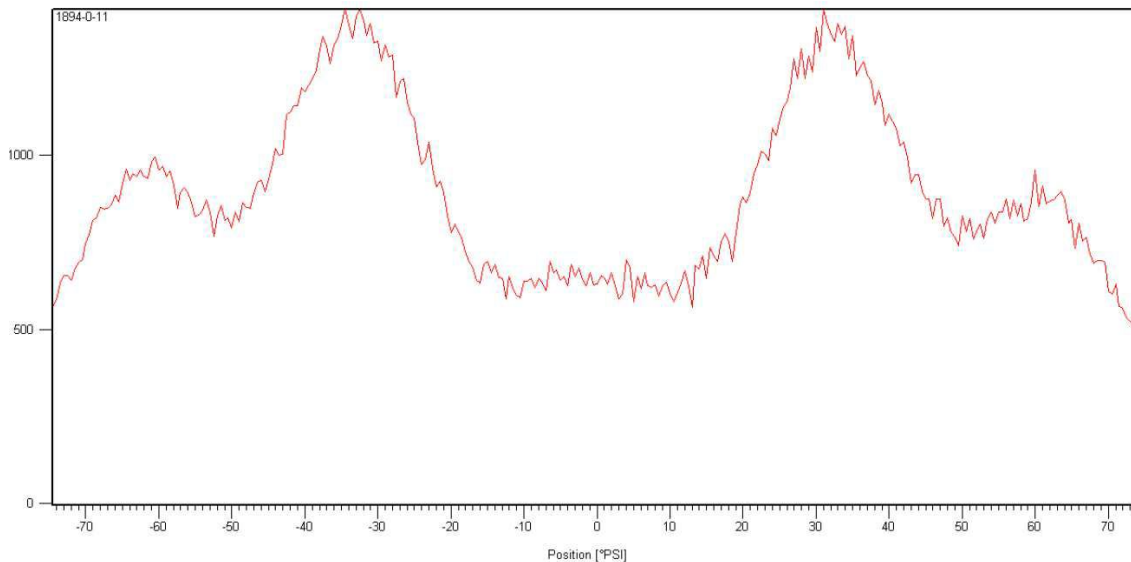
(54) 발명의 명칭 **절삭공구용 경질피막**

**(57) 요약**

본 발명은 CVD법에 의해 형성된 알루미늄나층을 포함하고, 상기 알루미늄나층은 두께방향을 따라 하층, 중층 및 상층에 걸쳐 결정배향이 상이하게 이루어져 있어, 고속, 고이송 가공 시에 상면 크레이터 마모 저항성이 향상되어 공구수명을 늘릴 수 있는 경질피막에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



본 발명에 따른 경질피막은, 초경합금, 서멧, 세라믹 또는 cBN를 포함하는 절삭공구 모재 표면에 형성되는 경질 피막으로, 상기 경질피막은 한층 이상의 CVD로 형성된 알루미늄나층을 포함하고, 상기 알루미늄나층은 핵생성 단계부터 알파상으로 이루어지고, 상기 모재측에 인접한 하층부의 결정립은, (006)면의 법선이 모재 표면의 법선과 이루는 각이 27~37° 및 57~67° 인 것이고, 상기 알루미늄나층의 중층부의 결정립은, (110)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 40~50° 인 것이며, 상기 알루미늄나층의 상층부의 결정립은, (012)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 43~53° 인 것을 특징으로 한다.

(72) 발명자

**강재훈**

충청북도 청주시 흥덕구 산단로 55

**안진우**

충청북도 청주시 흥덕구 산단로 55

**안선용**

충청북도 청주시 흥덕구 산단로 55

**김영훈**

충청북도 청주시 흥덕구 산단로 55

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

초경합금, 서멧, 세라믹 또는 cBN을 포함하는 절삭공구의 모재 표면에 형성되는 경질피막으로, 상기 경질피막은 한층 이상의 CVD로 형성된 알루미늄나층을 포함하고, 상기 알루미늄나층은 핵생성 단계부터 알파상으로 이루어지고, 상기 모재측에 인접한 하층부의 결정립은, (006)면의 법선이 모재 표면의 법선과 이루는 각이 27~37° 및 57~67°로 이루어지고, 상기 알루미늄나층의 중층부의 결정립은, (110)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 40~50°로 이루어지고, 상기 알루미늄나층의 상층부의 결정립은, (012)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 43~53°로 이루어진 것을 특징으로 하는 절삭공구용 경질피막.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 알루미늄나층은 하기 식 1로 구하는 TC(012)가 2 이상 3 미만이고, TC(110)이 1 이상 2 미만이며, TC(006), TC(311), TC(104), TC(116)은 모두 1.3 미만인 것을 특징으로 하는 절삭공구용 경질피막.  
[식 1]

$$TC(hkl) = I(hkl)/I_0(hkl) \times \{(1/n) \times \sum I(hkl)/I_0(hkl)\}^{-1}$$

I(hkl) : 결정면의 회절강도

I<sub>0</sub>(hkl) : ASTM 표준 분말 회절 자료의 표준 회절강도

n: 계산에 사용되는 결정면 수

(hkl) : (012), (104), (110), (311), (006), (116)

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 절삭공구 모재는, Ta, Nb, 및 Ti 중에서 1종 이상을 포함하는 탄화물 또는 탄질화물을 1.5~8wt%를 포함하고, Co의 함량이 5~10wt%이며, 모재의 표면으로부터 내부로 입방정 탄화물이 존재하지 않는 CFL(Cubic carbide Free Layer)층이 10~40μm의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 절삭공구용 경질피막.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 모재와 알루미늄나층의 사이에 추가로 1층 이상의 TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>O<sub>z</sub>(x+y+z=1)을 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭공구용 경질피막.

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 절삭공구용 경질피막에 관한 것으로, 보다 상세하게는 상기 피막은 CVD법에 의해 형성된 알루미늄나층을 포함하고, 상기 알루미늄나층은 두께를 따라 하층, 중층 및 상층에 걸쳐 결정배향이 상이하게 이루어져 있어, 고속, 고이송 가공 시에 상면 크레이터 마모 저항성이 향상되어 공구수명을 늘릴 수 있는 경질피막에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로 절삭공구로 사용되는 초경합금은 마모 저항성을 높이기 위해 그 표면에 경질박막층을 형성한 후 사용되는데, 상기 경질박막은 화학기상증착법(이하, 'CVD'라 함) 또는 물리기상증착법(이하, 'PVD'라 함)을 통해 형성된다.

[0003] 한편, 절삭공구의 인선은 고경도 재료의 고속가공 시, 약 1000℃의 고온환경에 노출되고, 가공물과의 접촉으로 인한 마찰과 산화로 마모가 발생할 뿐 아니라, 단속과 같은 기계적 충격도 받게 된다. 그러므로 절삭공구는 적절한 내마모성과 함께 인성을 갖는 것이 필수적으로 요구된다.

[0004] 일반적으로 경질박막은 단층 또는 다층의 비산화물계 박막(예: TiN, TiC, TiCN)이나, 우수한 내산화성을 갖는 산화물계 박막(예: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 또는 이들의 혼합층으로 구성되며, 상기 비산화물계 박막의 예로는 TiN, TiC, TiCN 등과 같은 주기율표상 4, 5, 6족 금속원소의 탄화물, 질화물, 탄질화물이 있고, 산화물계 박막의 예로는 대표적으로 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 또는 κ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 있다.

[0005] 산화물계 박막 중 κ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 비산화물계 박막과의 밀착력이 우수하고 상대적으로 저온(1000~1020℃)에서 형성될 수 있는 장점이 있으나, 절삭 시 발생하는 고온에 의하여 κ상이 α상으로 변하는 상변태가 발생하는데 상변태는 6~8% 정도의 부피수축과 균열을 유발하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막이 박리되는 현상을 초래하기도 한다.

[0006] 이에 비해 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 고온에서 안정한 상이기 때문에 절삭가공 중에 상변태가 발생하지 않고 비교적 우수한 내마모성을 발휘하기 때문에 절삭공구용 피막에 많이 사용되고 있는 물질이다.

[0007] 이러한 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 내마모성에 큰 영향을 끼치는 인자는 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정립의 크기와 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정립의 이방성(anisotropy)으로 알려져 있다. 이와 관련하여, 유럽특허공보 제0603144호(특허문헌 1)에는 (012)면이 우선 성장하고 표면 조도가 우수한 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 회주철 및 구상흑연주철 가공에서 우수한 성능을 나타낸다고 소개되어 있고, 유럽특허공보 제0659903호(특허문헌 2)에는 (110)면이 우선성장하고 열균열이 없으며 관상의 형태를 갖는 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 강과 주철의 절삭가공에서 향상된 공구수명을 나타낸다고 개시되었다. 또한, 유럽특허공보 제0738336호(특허문헌 3)에는 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 (104)면으로 우선성장할 때, α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 표면조도가 우수하고 공구의 내마모성과 인성이 향상된다고 개시되어 있다. 또한, Enhanced performance of alpha Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coatings by control of crystal orientation, Surface & Coatings Technology 202 (2008) 4257-4269(비특허문헌 1)에는 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 (006)면이 우선 성장할 때, α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 연성과파괴를 억제하고 내소성변형성을 향상시켜, 강의 절삭 가공 시 인서트의 상면 마모(crater wear, K<sub>r</sub> wear)가 줄어들고 공구수명이 대폭 향상된다는 내용이 소개되기도 하였다.

[0008] 그런데, 상기 특허문헌 또는 비특허문헌들에서 보는 바와 같이, α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 이방성(anisotropy)을 제어한 집합조직(texture structure)을 만들더라도, 특정한 절삭가공 조건 하에서는 충분한 내마모성을 얻기 어려운 경우가 발생한다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0009] (특허문헌 0001) 1. 유럽특허공보 제0603144호
- (특허문헌 0002) 2. 유럽특허공보 제0659903호

(특허문헌 0003) 3. 유럽특허공보 제0738336호

**비특허문헌**

[0010] (비특허문헌 0001) 1. Enhanced performance of alpha Al2O3 coatings by control of crystal orientation, Surface & Coatings Technology 202 (2008) 4257-4269

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 본 발명의 과제는 고속, 고이송 가공 시에 상면에서 발생하는 크레이터 마모에 대한 저항성이 우수하여 공구수명을 향상시킬 수 있는 알파-알루미나층을 포함하는 경질피막을 제공하는데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0012] 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명은, 초경합금, 서멧, 세라믹 또는 cBN를 포함하는 절삭공구 모재 표면에 형성되는 경질피막으로, 상기 경질피막은 한층 이상의 CVD로 형성된 알루미나층을 포함하고, 상기 알루미나층은 핵생성 단계부터 알파상으로 이루어지고, 상기 모재측에 인접한 하층부의 결정립은, (006)면의 법선이 모재 표면의 법선과 이루는 각이 27~37° 및 57~67° 인 것이고, 상기 알루미나층의 중층부의 결정립은, (110)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 40~50° 인 것이며, 상기 알루미나층의 상층부의 결정립은, (012)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 43~53° 인 것을 특징으로 하는 절삭공구용 경질피막을 제공한다.

**발명의 효과**

[0013] 본 발명에 따른 경질피막을 구비한 절삭공구는, 고속, 고이송 가공 시에 발생하는 크레이터 마모에 대한 저항성이 우수하여, 공구수명을 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 알루미나층 중 하층부의 (006)면에 대한 psi rocking 분석결과이다.  
 도 2은 본 발명의 실시예에 따른 알루미나층 중 중층부의 (110)면에 대한 psi rocking 분석결과이다.  
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 알루미나층 중 상층부의 (012)면에 대한 psi rocking 분석결과이다.  
 도 4는 비교예에 따른 알루미나층 중 중층부의 (110)면에 대한 psi rocking 분석결과이다.  
 도 5는 비교예에 따른 알루미나층 중 상층부의 (012)면에 대한 psi rocking 분석결과이다.  
 도 6은 본 발명에 따른 경질피막을 구비한 인서트의 절삭성능평가 후 상면마모상태를 나타낸 것이다.  
 도 7은 비교예에 따른 경질피막을 구비한 인서트의 절삭성능평가 후 상면마모상태를 나타낸 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0015] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다.

[0016] 본 발명에 있어서, 알루미나층의 '하층부'란, 모재측에서 경질피막의 표면방향을 상방향으로 규정할 때, XRD 분석장비를 이용한 psi rocking 분석법에서 X선의 입사각이 알루미나 코팅의 표면으로부터 20.860° 로 입사될 때, 측정되는 알루미나층의 부위를 하층부로 정의하고, 알루미나층의 '중층부'란, 모재측에서 경질피막의 표면 방향을 상방향으로 규정할 때, XRD 분석장비를 이용한 psi rocking 분석법에서 X선의 입사각이 알루미나 코팅의 표면으로부터 18.908° 로 입사될 때, 측정되는 알루미나층의 부위를 중층부로 정의하고, 알루미나층의

'상층부'란, 모재측에서 경질피막의 표면 방향을 상방향으로 규정할 때, XRD 분석장비를 이용한 psi rocking 분석법에서 X선의 입사각이 알루미늄 코팅의 표면으로부터 12.799°로 입사될 때, 측정되는 알루미늄층의 부위를 상층부로 정의한다.

- [0017] '결정립의 (006)면의 법선이 모재 표면의 법선과 이루는 각'이란, 알루미늄층 내부의 (006)결정면의 법선이, 알루미늄층이 형성된 모재 표면의 법선과 이루는 각도를 의미한다. 이 각도는 XRD 장비의 psi rocking 분석을 통해서 측정이 가능하고 (006)면의 법선과 모재 표면의 법선이 이루는 각도를 측정하기 위해서, (006)면이 검출되는 2θ가 41.720°이므로, X선의 입사각을 20.860°로 고정하고 샘플을 psi방향으로 스캔하여 측정한다.
- [0018] '결정립의 (110)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각'이란, 알루미늄층 내부의 (110)결정면의 법선이, 알루미늄층이 형성된 모재 표면의 법선과 이루는 각도를 의미한다. 이 각도는 XRD 장비의 psi rocking 분석을 통해서 측정이 가능하고 (110)면의 법선과 모재 표면의 법선이 이루는 각도를 측정하기 위해서, (110)면이 검출되는 2θ가 37.816°이므로, X선의 입사각을 18.908°로 고정하고 샘플을 psi방향으로 스캔하여 측정한다.
- [0019] '결정립의 (012)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각'이란, 알루미늄층 내부의 (012)결정면의 법선이, 알루미늄층이 형성된 모재 표면의 법선과 이루는 각도를 의미한다. 이 각도는 XRD 장비의 psi rocking 분석을 통해서 측정이 가능하고 (012)면의 법선과 모재 표면의 법선이 이루는 각도를 측정하기 위해서, (012)면이 검출되는 2θ가 25.598°이므로, X선의 입사각을 12.799°로 고정하고 샘플을 psi방향으로 스캔하면 측정한다.
- [0020] 본 발명에 따른 경질피막은, 한층 이상의 CVD로 형성된 알루미늄층을 포함하고, 상기 알루미늄층은 핵생성 단계부터 알파상으로 이루어지고, 상기 모재측에 인접한 하층부의 결정립은, (006)면의 법선이 모재 표면의 법선과 이루는 각이 27~37° 및 57~67°인 것이고, 상기 알루미늄층의 중층부의 결정립은, (110)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 40~50°인 것이며, 상기 알루미늄층의 상층부의 결정립은, (012)면의 법선이 모재의 표면의 법선과 이루는 각이 0~7° 및 43~53°인 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명에 따른 경질피막은, 하층부를 이루는 결정립은 (006)면에 대해 특정한 방향으로 이방성을 갖는 집합조직을 가지고, 중층부는 (110)면에 대해 특정한 방향으로 이방성을 갖는 집합조직을 가지며, 상층부는 (012)면에 대해 특정한 방향으로 이방성을 갖는 집합조직을 가지도록 함으로써, 특히 고속, 고이송 가공 시에 발생하는 크레이터 마모에 대한 저항성이 우수한 알루미늄층을 얻을 수 있게 된다.
- [0022] 또한, 본 발명에 따른 경질피막은, 초경합금, 서멧(cermet), 세라믹 또는 cBN를 포함하는 다양한 모재 상에 적용이 가능하다. 바람직하게, 상기 절삭공구 모재는, Ta, Nb, 및 Ti 중에서 1종 이상을 포함하는 탄화물 또는 탄질화물을 1.5~8wt%와, Co 5~10wt%를 포함하고, 모재의 표면으로부터 내부로 입방정 탄화물이 존재하지 않는 CFL(Cubic carbide Free Layer)층이 10~40μm의 두께로 형성될 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 경질피막에 포함되는 알루미늄층은 아래 식 1로 구한 집합계수(Texture Coefficient, TC)로 볼 때, TC(012)가 2 이상 3 미만이고, TC(110)이 1 이상 2 미만이며, TC(006), TC(311), TC(104), TC(116)은 모두 1.3 미만인 것이 바람직하며, 이는 결정면의 집합계수가 상기 범위를 벗어날 경우, 고속, 고이송 가공 시에 발생하는 크레이터 마모에 대한 저항성을 충분히 얻을 수 없다.
- [0024] [식 1]
- [0025]  $TC(hk1) = I(hk1)/I_0(hk1) \times \{(1/n) \times \sum I(hk1)/I_0(hk1)\}^{-1}$
- [0026] I(hk1): 결정면의 회절강도
- [0027] I<sub>0</sub>(hk1): ASTM 표준 분말 회절 자료의 표준 회절강도
- [0028] n: 계산에 사용되는 결정면 수
- [0029] (hk1) : (012), (104), (110), (311), (006), (116)
- [0030] 또한, 상기 모재와 알루미늄층의 사이에 추가로 단층 또는 2층 이상의 다층구조로 이루어진 TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>O<sub>z</sub>(x+y+z=1)층을 포함할 수 있으며, 상기 TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>O<sub>z</sub>(x+y+z=1)층에는 Al, Zr, B 등의 원소가 포함될 수 있다.
- [0031] [실시예]

- [0032] 본 발명의 실시예에서는 ISO P20~25급의 초경합금 모재 상에 다음과 같은 순서로 경질피막을 형성하였다.
- [0033] 1단계로 880℃의 온도 및 70mbar의 압력에서 TiCl<sub>4</sub>와 CH<sub>3</sub>CN을 이용하여 TiCN층을 약 7~8 $\mu$ m의 두께로 형성하였다.
- [0034] 2단계로 증착온도를 1000℃로 유지하고, 증착압력은 500mbar로 유지한 상태에서 모재로부터 알루미늄층으로의 Co의 확산을 억제하기 위하여 H<sub>2</sub>와 N<sub>2</sub>, TiCl<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>를 포함하는 반응가스를 사용하여 TiCN을 약 1~2 $\mu$ m의 두께로 형성하였다.
- [0035] 3단계로 증착압력을 약 300mbar에서 120mbar로 감소시키면서, TiCN층 위에 CO와 AlCl<sub>3</sub>를 포함하는 반응가스를 이용하여 알루미늄층과의 밀착력을 향상시킬 수 있는 TiAlCNO층을 약 0.5~1 $\mu$ m의 두께로 형성하였다.
- [0036] 4단계로 로내 압력을 60mbar로 감소시킨 상태에서 CO와 CO<sub>2</sub> 가스를 이용하여 코팅의 표면을 산화시킨 후, 5단계로 AlCl<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S를 포함하는 반응가스를 사용하여 알파-알루미늄층을 형성하였다.
- [0037] 아래 표 1은 상기 각 공정의 구체적인 공정조건을 나타낸 것이다.

**표 1**

코팅	5단계	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 핵생성 및 성장	1000~1010℃, 65mbar 1~5AlCl <sub>3</sub> +1~5CO <sub>2</sub> +0~3CO+Bal.H <sub>2</sub> +0~0.5H <sub>2</sub> S
	4단계	TiAlCNO 산화	1000~1010℃, 60mbar 1~5CO <sub>2</sub> +0~3CO+Bal.H <sub>2</sub>
	3단계	TiAlCNO	1000~1010℃, 120~300mbar 1~5TiCl <sub>4</sub> +1~3CH <sub>4</sub> +1~10CO+Bal.H <sub>2</sub> +1~5N <sub>2</sub> +0.5~10 AlCl <sub>3</sub>
	2단계	TiCN	1000℃, 500mbar 2~5TiCl <sub>4</sub> +1~15CH <sub>4</sub> +Bal.H <sub>2</sub> +1~40N <sub>2</sub>
	1단계	MT-CVD TiCN	880℃, 70mbar 2~10TiCl <sub>4</sub> +0.1~5CH <sub>3</sub> CN+Bal.H <sub>2</sub> +20~40N <sub>2</sub>
모재	재종: ISO P20-25급 형번: CNMG120408-HM	86WC-2.5TiCN-4TaNbC-7.5Co Cubic carbide Free layer: 20~25 $\mu$ m	

- [0039] 표 1에서 모재에 기재된 숫자는 중량%를 의미하고, 가스 성분에 기재된 숫자는 부피%를 의미한다.
- [0040] 이와 같은 과정을 통해 형성된 알파-알루미늄층의 배향성을 평가하기 위하여, X선 입사각을 각각 12.799°, 18.908° 및 20.860° 로 입사시킨 후, psi rocking 분석을 수행하였다.
- [0041] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알루미늄층 중 하층부의 (006)면에 대한 psi rocking 분석결과를 나타낸 것이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄층 중 하층부의 경우, (006)면에 대한 psi rocking 분석결과 강도가 가장 큰 첫번째 피크의 중심이 27~37° 사이에 위치하고, 강도가 두번째인 피크의 중심은 57~67° 에서 관찰된다. 이는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알루미늄층 중 하층부의 경우 모재 표면과 (006)면의 법선과의 각도가 약 30° 정도의 각도를 이루는 결정립이 많이 형성되고 다음으로 약 60° 정도의 각도를 이루는 결정립이 형성된 것을 의미한다. 즉 알루미늄층의 하층부는 (006)면이 모재표면의 법선방향에 대하여 약 30° 로 기울어진 상태와 약 60° 로 기울어진 상태가 공존한다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알루미늄층 중 중층부의 (110)면에 대한 psi rocking 분석결과를 나타낸 것이다. 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄층 중 중층부의 경우, (110)면에 대한 psi rocking 분석결과 강도가 가장 큰 첫번째 피크의 중심이 0~7° 사이에 위치하고, 강도가 두번째인 피크의 중심은 40~50° 에서 관찰된다. 이는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알루미늄층 중 중층부의 경우 모재표면의 법선과 (110)면의 법선과의 각도가 약 3° 정도의 각도를 이루는 결정립이 많이 형성되고 다음으로 약 45° 정도의 각도를 이루는 결정립이 형성된 것을 의미한다. 즉 알루미늄층의 중층부는 (110)면의 법선이 모재표면에 대해 수직인 상태와 약 45° 정도 기울어진 상태가 공존한다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알루미늄층 중 상층부의 (012)면에 대한 psi rocking 분석결과를 나타



낸 것이다. 도 3에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄나층 중 상층부의 경우, (012)면에 대한 psi rocking 분석결과 나타난 피크 중 강도가 큰 피크의 중심이 0~7° 사이에 위치하고, 강도가 두번째인 피크의 중심은 43~53° 에서 관찰된다. 이는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알루미늄나층 중 상층부의 경우 모재표면의 법선과 (012)면의 법선과의 각도가 약 2~3° 정도의 각도를 이루는 결정립이 많이 형성되고 다음으로 약 48° 정도의 각도를 이루는 결정립이 형성된 것을 의미하는데, 두번째 피크의 강도가 매우 낮으므로 대부분 (012)면의 법선이 모재표면에 수직한 방향으로 결정립이 형성되어 있다고 할 수 있다.

[0044] 또한, 본 발명의 실시예에 따라 형성된 알파-알루미늄나층에 대하여 상기 식 1에 의하여 집합계수(Texture Coefficient, TC)를 계산한 결과는 다음과 같았다.

[0045] - TC(012): 2.9

[0046] - TC(110): 1.1

[0047] - TC(006): 1.2

[0048] - TC(311): 0.3

[0049] - TC(104): 0.2

[0050] - TC(116): 0.3

[0051] [비교예]

[0052] 본 발명의 실시예에 따른 경질피막과의 비교를 위하여, 상층의 알파-알루미늄나층의 배향성만 다르게 한 경질피막을 형성하였다. 비교예에 따른 경질피막의 구체적인 제조공정은 아래 표 2와 같다.

표 2

코팅	4단계	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 핵생성 및 성장	1000~1010℃, 65mbar 1~5AlCl <sub>3</sub> +1~5CO <sub>2</sub> +0~3CO+Bal.H <sub>2</sub> +0~0.5H <sub>2</sub> S
	3단계	TiAlCN	1000~1010℃, 120~300mbar 1~5TiCl <sub>4</sub> +1~3CH <sub>4</sub> +1~10CO+Bal.H <sub>2</sub> +1~5N <sub>2</sub> +0.5~10 AlCl <sub>3</sub>
	2단계	TiCN	1000℃, 500mbar 2~5TiCl <sub>4</sub> +1~15CH <sub>4</sub> +Bal.H <sub>2</sub> +1~40N <sub>2</sub>
	1단계	MT-CVD TiCN	880℃, 70mbar 2~10TiCl <sub>4</sub> +0.1~5CH <sub>3</sub> CN+Bal.H <sub>2</sub> +20~40N <sub>2</sub>
모재	재종: ISO P20-25급 형번: CNMG120408-HM	86WC-2.5TiCN-4TaNbC-7.5Co Cubic carbide Free layer; 20~25μm	

[0054] 표 2에서 모재에 기재된 숫자는 중량%를 의미하고, 가스 성분에서 기재된 숫자는 부피%를 의미한다.

[0055] 상기 표 2와 같이 비교예에 따른 경질피막은 본 발명의 실시예에서 4단계 공정을 생략하고 5단계 공정을 수행한 차이가 있다.

[0056] 이와 같은 과정을 통해 형성된 알파-알루미늄나층의 배향성을 평가하기 위하여, 형성된 알파-알루미늄나층의 층 두께별로 이방성을 평가하기 위하여, X선 입사각을 각각 12.799°, 18.908° 및 20.860° 로 입사시킨 후, psi rocking 분석을 수행하였다.

[0057] 그런데, 비교예의 경우, 하층부의 (006)면에 대한 psi rocking 분석결과를 얻을 수 없었으며, 이는 (006)면에 대한 배향성이 관찰되지 않는 것을 의미한다.

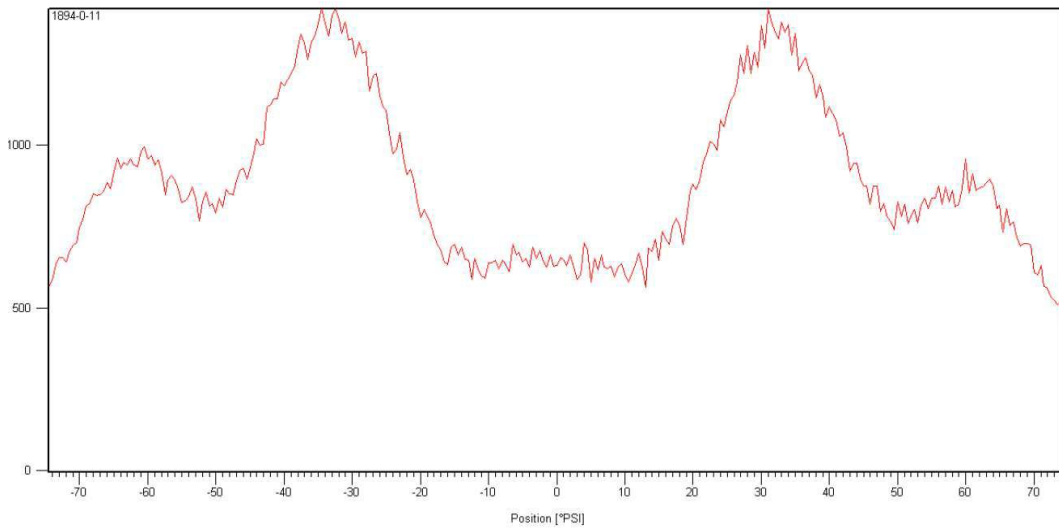
[0058] 도 4는 비교예에 따른 알루미늄나층 중 중층부의 (110)면에 대한 psi rocking 분석결과를 나타낸 것이다. 도 4에 나타난 바와 같이, 비교예에 따른 알루미늄나층 중 중층부의 경우, psi rocking 분석결과 하나의 피크만 관찰되고 피크의 중심이 50~60° 에 위치한다. 이는 비교예에 따른 알루미늄나층의 중층부는 (110)면의 법선이 모재표면의 법선에 대해 약 55° 정도 기울어진 형태로 결정립이 배향되어 있음을 의미한다.



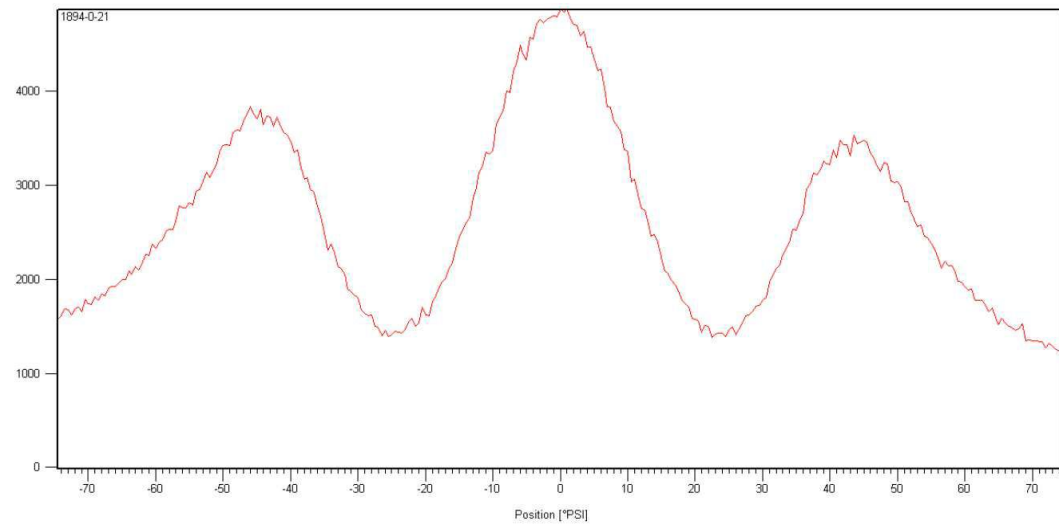
- [0059] 도 5는 비교예에 따른 알루미늄나층 중 상층부의 (012)면에 대한 psi rocking 분석결과이다. 도 5에 나타난 바와 같이, 비교예에 따른 알루미늄나층 중 상층부의 경우에도 psi rocking 분석결과 하나의 피크만 관찰되고 피크의 중심이 0~10° 에 위치한다. 이는 비교예에 따른 알루미늄나층의 상층부는 (012)면의 법선이 모재표면에 대해 수직하게 배향되어 있음을 의미한다.
- [0060] 이상에서 확인되는 바와 같이, 비교예에 따른 알루미늄나층은 상층부는 본 발명의 실시예와 거의 유사한 형태로 배향되어 있으나, 중층부 및 하층부는 본 발명의 실시예와 상이한 형태로 배향되어 있음을 알 수 있다.
- [0061] 또한, 비교예에 따라 형성된 알파-알루미늄나층에 대하여 상기 식 1에 의하여 집합계수(Texture Coefficient, TC)를 계산한 결과는 다음과 같았다.
- [0062] - TC(012): 1.4
- [0063] - TC(110): 0.8
- [0064] - TC(006): 0.6
- [0065] - TC(311): 1.2
- [0066] - TC(104): 0.4
- [0067] - TC(116): 1.6
- [0068] 절삭성능 평가결과
- [0069] 본 발명의 실시예와 비교예에 따라 제조된 경질피막을 구비한 인서트를 사용하여, 상면 내마모성을 다음과 같은 조건으로 평가하였다.
- [0070] - 피삭재 : S45C
- [0071] - 회전속도(Vc) : 350m/min
- [0072] - 이송속도(fn) : 0.35mm/rev
- [0073] - 절입깊이(ap) : 2mm
- [0074] - 절삭유 : 적용
- [0075] 실시예와 비교예에 대한 측정간격은 5분이었고, 총 30분 가공 후, 실시예와 비교예의 인서트의 상면 마모상태를 비교 관찰하여 도 6 및 도 7에 나타내었다.
- [0076] 도 7에 나타난 바와 같이, 비교예에 따른 알루미늄나층을 구비한 경질피막의 경우, 인서트 상면에 큰 마모가 발생하였으나, 동일한 절삭조건에서 본 발명에 따른 알루미늄나층을 구비한 경질피막의 경우, 인서트 상면의 마모량이 크게 줄어들었음이 확인되었다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄나층을 구비한 경질피막의 상면 내마모성이 비교예에 비해 상당히 향상되었다.

도면

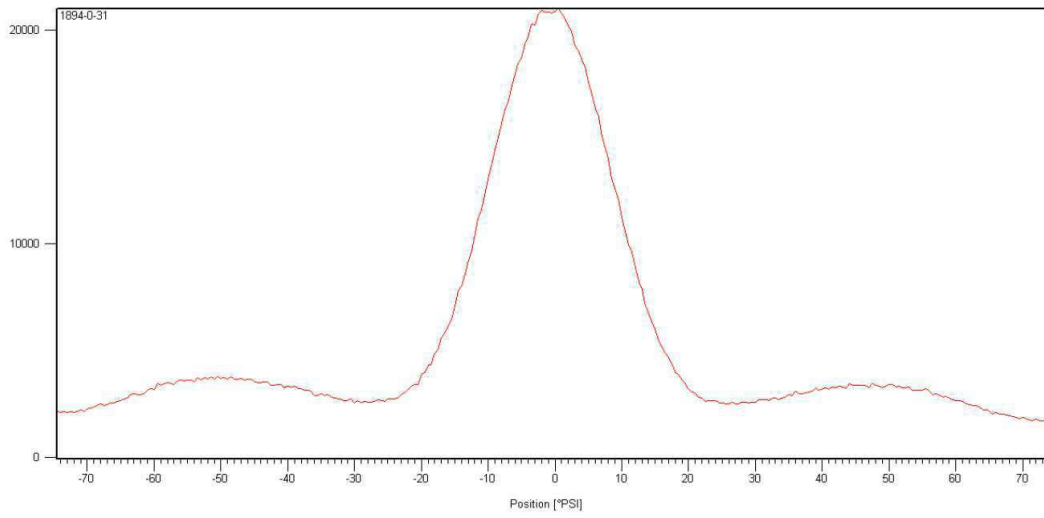
도면1



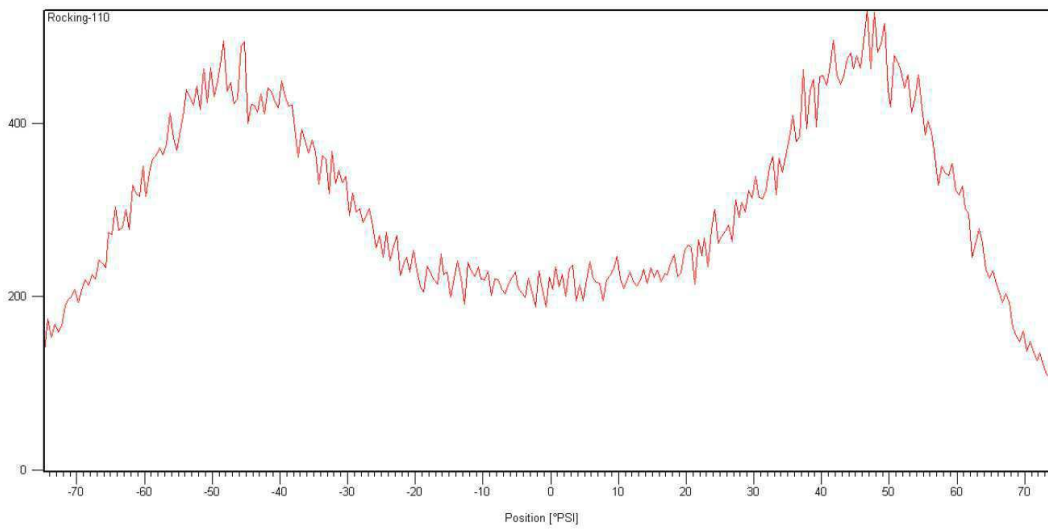
도면2



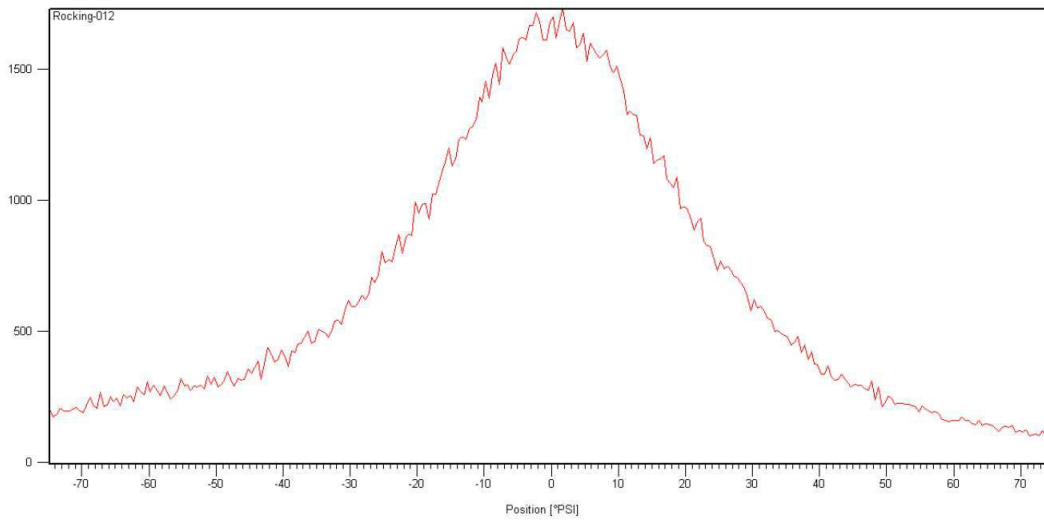
도면3



도면4



도면5



도면6



도면7

