



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

(45) 공고일자 2008년12월31일  
 (11) 등록번호 10-0876366  
 (24) 등록일자 2008년12월22일

(51) Int. Cl.  
*C23C 28/00* (2006.01) *C23C 14/00* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2008-0038438  
 (22) 출원일자 2008년04월24일  
 심사청구일자 2008년04월24일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2006152321 A  
 KR100391501 A  
 JP09104966 A  
 KR1020060125564 A

(73) 특허권자  
**한국야금 주식회사**  
 서울특별시 금천구 독산동 953-1  
 (72) 발명자  
**김형권**  
 서울 용산구 원효로2가 77-29 대성2차 202호  
**강재훈**  
 서울 강서구 화곡8동 333-11 대화빌라 401호  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**성낙훈**

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 박재우

**(54) 절삭공구용 다층경질 박막**

**(57) 요약**

본 발명은 절삭공구용 다층경질 박막을 개시한다.

본 발명은 절삭공구 위에 조성비와 박막구조가 서로 상이한 하지층, 중간층, 최상층으로 구분하여 연속적으로 증착하여 고속절삭가공에서 발생될 수 있는 박리 및 공구 마모 현상을 최소화할 수 있는 절삭공구용 다층경질 박막을 제공한다.

(72) 발명자

**김정욱**

충북 청주시 흥덕구 복대동 대원APT 107동 1208호

**안승수**

충북 청주시 흥덕구 가경동 1550 가경주공2단지  
205동 603호

**안선용**

서울 구로구 고척2동 337 한일APT 107동 501호

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

물리증착법에 의해, 초경 합금공구인 인서트, 엔드밀, 드릴 혹은 서멧트 공구위에 밀착력 향상 및 (200)면의 결정배향을 위해 하지층을 증착시키고, 연속적으로 내충격성과 내치핑성을 향상시키기 위해 중간층인 (Ti,Al)N 다층박막을 증착시킨 후, 연속적으로 최상층을 A층과 B층과 C층과 D층으로 교대로 복수 적층된 경질박막에 있어서,

[조성식 1] : A,C층의 박막조성비

[Ti(1-x)Alx][C(1-y)Ny], 0.3 ≤ x ≤ 0.5, 0.5 ≤ y ≤ 1

[조성식 2] : B층의 박막조성비

[Ti(1-q)Alq][C(1-r)Nr], 0.6 ≤ q ≤ 0.8, 0.5 ≤ r ≤ 1

[조성식 3] : D층의 박막조성비

[Al(1-(a+b))TiaMb]N; M[Si,Cr]

0.3 ≤ a ≤ 0.5, 0.02 ≤ b ≤ 0.08

상기 하지층의 박막조성은 조성식 1로 이루어진 조성을 가지게 하고, 중간층의 박막구조는 조성식 1,2로 이루어진 **A층/B층/C층**으로 서로 교대로 증착한 다층박막을 나타내고,

최상층의 박막구조는 내마모성과 내산화성을 향상시키기 위한 것으로서, 박막구조는 조성식 1,2,3으로 이루어진 서로 다른 조성비를 갖는 A층과 B층과 C층과 D층을 A/B/C/D층 혹은 A/D/C/B층순으로 교대로 증착하는 것을 특징으로 하는 절삭공구용 다층경질 박막.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 하지층 박막인 (Ti,Al)N 단일막의 두께는 0.05 ~ 0.7μm이고, 상기 중간층 박막인 조성식 1,2로 이루어진 A/B/C층으로 서로 교대로 증착한 다층박막의 두께는 1.0 ~ 20.0μm이며 1.0~50.0nm 범위의 적층 주기를 갖는 다층 박막구조이고, 상기 최상층 박막구조에서 A층과 C층의 박막조성비는 항상 동일하며, A층과 C층 사이에 B층 혹은 D층 중에 반드시 하나의 층이 교대로 적층되며, A,B,C,D층을 하나의 적층주기(λ=1.0 ~ 50nm)로 하고, 최상층 막두께를 0.5~5μm인 것을 특징으로 하는 절삭공구용 다층경질 박막.

**청구항 3**

제 1항에 있어서, 상기 하지층과 상기 중간층 및 상기 최상층 모두를 포함한 막두께 범위가 1.0~30.0μm인 것을 특징으로 하는 절삭공구용 다층경질 박막.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명은 인서트나 엔드밀 및 드릴과 같은 초경합금 및 서멧트 공구 등과 같은 절삭공구(Indexable Insert)의 표면에 형성되는 박막에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 조성비와 박막구조가 상이한 하지층과 중간층 그리고 최상층으로 구분하여 연속적으로 증착하여 내마모성과 내산화성을 향상시킬 수 있는 절삭공구용 다층경질 박막에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 일반적으로 절삭공구/내마모성 공구에 내마모성을 향상시키기 위해서 물리증착법인 아크법,스퍼터법등을 이용하여 TiN,TiCN,TiAlN 등의 N계 피복 경질 합금 을 증착시키는 것은 일반적이며 이들 박막중 고온에서 가장 내마모성이 우수하여 근래에 금속 절삭 분야에서 가장 각광받고 있는 박막은 TiAlN 피복경질합금이다. 그러나 TiAlN 박막은 경도가 높아 내마모성이 우수한 반면 내충격성이 TiN,TiCN 박막에 비해 열세하여 충격이 가해지는 작업

조건이나 증착속 조건에서는 적합하지 않는 경우가 있으며 TiN, TiCN 또한 가공조건에 따라 동일한 경우가 발생할 수 있다. 증착 방법 및 증착 인자의 변화에 따라 내마모성 또는 내충격성 향상이 가능하나 이들 성능 모두를 향상시키는 것은 아주 어렵다. 일반적으로 내마모성과 내충격성은 서로 반대되는 물성으로 동시에 개선하는 것은 어려우므로 각 박막의 적용 영역이나 용도에 따라 박막이 물성을 결정하고 있으나 실제 가공시에는 내마모성과 함께 내충격성이 모두 요구되는 것이 일반적이어서 다양한 가공 조건 및 가공물에 적합한 물성을 가지는 박막을 증착하는 것은 불가능하다.

- <3> 이러한 필요성에 의해 본 출원인이 2003.6.30일자 출원한 대한민국 특허출원 제 200343513 호에서와 같이 최근에는 박막 자체 물성의 개선 보다는 내마모성이 우수한 TiAlN 박막에 윤활성이 우수한 TiN 박막 또는 기타 박막을 결합하여 기계적 충격에 의한 파손율을 감소시키는 2차 적인 방법이 개발되었다. 그러나 이 경우 메인 박막을 증착하기 위한 증발원외에 윤활막을 증착하기 위한 또 하나의 증발원이 필요하여 증발원의 감소에 따른 증착 시간 증가하는 문제가 발생하였으며 박막 자체의 근본적인 물성이 개선되지 않는바 단속이 발생하는 절삭시에는 공구의 파손이 발생하는 문제점을 갖게 된다.
- <4> 이를 해소하기 위하여 본 출원인은 대한민국특허등록 제100622912호를 통해 '내충격 및 내마모성이 우수한 TiAlN계 다층경질 박막'을 등록 받은 바 있으나, 내마모성 및 내산화성을 높이는데 한계가 있는 단점이 있었다.
- <5> 한편, 최근의 산업기술동향은 생산성을 향상시키기 위하여 고속 가공화가 요구되고 있으며, 이러한 동향에 의거, TiN과 TiCN을 대체하여 더 향상된 내산화성을 갖는 TiAlN 박막을 갖는 절삭공구가 일반적으로 적용되고 있다. 또한, 절삭가공속도가 점점 고속화함에 따른 박막개발이 지속적으로 이루어지고 있으며, 예를 들면, 미국 특허인 US5580653에서 내산화성을 개선시키기 위해 AlTiN박막구조에서 Si 원소를 첨가시킨 단일박막을 제안하고 있고, 미국 특허인 US6586122에서 두번째 박막구조를 Si 함량의 높고 낮음에 따른 2종의 박막을 하나의 주기로 한 다층박막구조를 제안하고 있다. 그러나 여기에서 Si 원소를 함유한 박막은 Si 원소를 함유하지 않은 박막보다 상당히 높은 압축응력을 가지기 때문에 취성이 강하다는 문제점과 이러한 높은 압축응력 때문에 Si 원소를 함유한 박막은 절삭공구위에 바로 증착할 경우 박리현상이 쉽게 일어나는 문제점이 있었다.
- <6> 이러한 문제를 해결하기 위해 절삭공구위에 Si 원소가 함유되지 않은 박막을 증착하고, 내마모성과 내산화성만을 향상시키기 위해 서로 다른 Si 원소비율을 다층박막기술이 제안되었다. 그러나, 상기의 기술은 PVD 코팅장치 내의 Si 함유량이 서로 다른 타겟소스가 2개이상 설치가 되어야 하고, 또한 Si 첨가된 타겟 비용이 높아서 경제성이 낮은 문제점이 있었다. 따라서 Si 원소가 첨가된 타겟을 1개만 설치하거나 혹은 Cr 원소가 첨가된 타겟을 1개만 설치하여 경제적이면서 상기 인용된 특허에서 요구하는 내치핑성과 내치핑성을 향상시킨 다층박막구조와 여기에 내마모성과 내산화성을 동시에 향상시킨 다층박막구조를 실현하는 것이 무엇보다도 중요하다.
- <7> 이러한 필요성에 의해 본 출원인이 2003.6.30일자 출원한 대한민국 특허출원 제 2003-43513 호에서와 같이 최근에는 박막 자체 물성의 개선 보다는 내마모성이 우수한 TiAlN 박막에 윤활성이 우수한 TiN 박막 또는 기타 박막을 결합하여 기계적 충격에 의한 파손율을 감소시키는 2차 적인 방법이 개발되었다. 그러나 이 경우 메인 박막을 증착하기 위한 증발원외에 윤활막을 증착하기 위한 또 하나의 증발원이 필요하여 증발원의 감소에 따른 증착 시간 증가하는 문제가 발생하였으며 박막 자체의 근본적인 물성이 개선되지 않는바 단속이 발생하는 절삭시에는 공구의 파손이 발생하는 문제점을 갖게 된다.
- <8> 이를 해소하기 위하여 본 출원인은 대한민국특허등록 제0622912호를 통해 '내충격 및 내마모성이 우수한 TiAlN계 다층경질 박막'을 등록 받은 바 있으나, 내마모성 및 내산화성을 높이는데 한계가 있는 단점이 있었다.
- <9> 한편, 최근의 산업기술동향은 생산성을 향상시키기 위하여 고속 가공화가 요구되고 있으며, 이러한 동향에 의거, TiN과 TiCN을 대체하여 더 향상된 내산화성을 갖는 TiAlN 박막을 갖는 절삭공구가 일반적으로 적용되고 있다. 또한, 절삭가공속도가 점점 고속화함에 따른 박막개발이 지속적으로 이루어지고 있으며, 예를 들면, 미국 특허인 US5580653에서 내산화성을 개선시키기 위해 AlTiN박막구조에서 Si 원소를 첨가시킨 단일박막을 제안하고 있고, 미국 특허인 US6586122에서 두번째 박막구조를 Si 함량의 높고 낮음에 따른 2종의 박막을 하나의 주기로 한 다층박막구조를 제안하고 있다. 그러나 여기에서 Si 원소를 함유한 박막은 Si 원소를 함유하지 않은 박막보다 상당히 높은 압축응력을 가지기 때문에 취성이 강하다는 문제점과 이러한 높은 압축응력 때문에 Si 원소를 함유한 박막은 절삭공구위에 바로 증착할 경우 박리현상이 쉽게 일어나는 문제점이 있었다.
- <10> 이러한 문제를 해결하기 위해 절삭공구위에 Si 원소가 함유되지 않은 박막을 증착하고, 내마모성과 내산화성만

을 향상시키기 위해 서로 다른 Si 원소비율을 다층박막기술이 제안되었다. 그러나, 상기의 기술은 PVD 코팅장치 내의 Si 함유량이 서로 다른 타겟소스가 2개이상 설치가 되어야 하고, 또한 Si 첨가된 타겟 비용이 높아서 경제성이 낮은 문제점이 있었다. 따라서 Si 원소가 첨가된 타겟을 1개만 설치하거나 혹은 Cr 원소가 첨가된 타겟을 1개만 설치하여 경제적이면서 상기 인용된 특허에서 요구하는 내치핑성과 내치핑성을 향상시킨 다층박막구조와 여기에 내마모성과 내산화성을 동시에 향상시킨 다층박막구조를 실현하는 것이 무엇보다도 중요하다.

**발명의 내용**

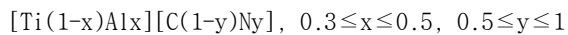
**해결 하고자하는 과제**

- <11> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서 본 발명의 목적은 절삭공구 위에 조성비와 박막구조가 서로 상이한 하지층, 중간층, 최상층으로 구분하여 연속적으로 증착하여 고속절삭가공에서 발생될 수 있는 박리 및 공구 마모 현상을 최소화할 수 있는 절삭공구용 다층경질 박막을 제공하는데 있다.
- <12> 본 발명의 다른 목적은 서로 다른 조성비를 갖는 A층과 B층과 C층과 D층을 A/B/C/D층 혹은 A/D/C/B층 순으로 증착하고, 이를 하나의 적층주기로 적층하는 것을 통해 내마모성과 내산화성을 향상시킬 수 있는 절삭공구용 다층경질 박막을 제공하는데 있다.

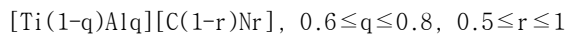
**과제 해결수단**

- <13> 상기의 목적을 실현하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 절삭공구용 다층경질 박막은 물리증착법에 의해, 초경 합금공구인 인서트, 엔드밀, 드릴 혹은 서멧트 공구위에 밀착력 향상 및 (200)면의 결정배향을 위해 하지층을 증착시키고, 연속적으로 내충격성과 내치핑성을 향상시키기 위해 중간층인 (Ti,Al)N 다층박막을 증착시킨 후, 연속적으로 최상층을 A층과 B층과 C층과 D층으로 교대로 복수 적층된 경질박막에 있어서,

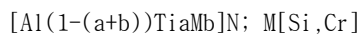
[조성식 1] : A,C층의 박막조성비



[조성식 2] : B층의 박막조성비



[조성식 3] : D층의 박막조성비



$$0.3 \leq a \leq 0.5, 0.02 \leq b \leq 0.08$$

상기 하지층의 박막조성은 조성식 1로 이루어진 조성을 가지게 하고, 중간층의 박막구조는 조성식 1,2로 이루어진 **A층/B층/C층**으로 서로 교대로 증착한 다층박막을 나타내고, 최상층의 박막구조는 내마모성과 내산화성을 향상시키기 위한 것으로서, 박막구조는 조성식 1,2,3으로 이루어진 서로 다른 조성비를 갖는 A층과 B층과 C층과 D층을 A/B/C/D층 혹은 A/D/C/B층순으로 교대로 증착하는 것을 그 특징으로 한다.

<14> 삭제

<15> 삭제

<16> 삭제

<17> 삭제

- <18> 삭제
- <19> 삭제
- <20> 삭제
- <21> 삭제
- <22> 삭제

본 발명의 바람직한 한 특징으로서, 상기 하지층 박막인 (Ti,Al)N 단일막의 두께는 0.05 ~ 0.7 $\mu$ m이고, 상기 중간층 박막인 조성식 1,2로 이루어진 A/B/C층으로 서로 교대로 증착한 다층박막의 두께는 1.0 ~ 20.0 $\mu$ m이며 1.0~50.0nm 범위의 적층주기를 갖는 다층 박막구조이고, 상기 최상층 박막구조에서 A층과 C층의 박막조성비는 항상 동일하며, A층과 C층사이에 B층 혹은 D층 중에 반드시 하나의 층이 교대로 적층되며, A,B,C,D층을 하나의 적층주기( $\lambda$ =1.0 ~ 50nm)로 하고, 최상층 막두께를 0.5~5 $\mu$ m인 것에 있다.

- <24> 본 발명의 바람직한 다른 특징으로서, 상기 하지층과 상기 중간층 및 상기 최상층 모두를 포함한 막두께 범위가 1.0~30.0 $\mu$ m인 것에 있다.
- <25> 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다. 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

**효 과**

- <26> 본 발명에 따른 절삭공구용 다층경질 박막은, 절삭공구나 내마모성을 요하는 공구의 표면에 다층박막을 증착함에 있어 하지층에 (Ti,Al)N단일박막을 증착한 후 연속적으로 중간층에 내충격성과 내치핑성을 향상시킨 (Ti,Al)N 다층박막을 증착하고 그리고 최상층에 내마모성과 내산화성을 향상시킨 (Al,Ti,Si)N 다층박막을 형성함으로써 밀착력 향상과 안정된 결정배향을 얻을 수 있는 이점을 제공한다.
- <27> 특히, 하지층인 (Ti,Al)N 단일박막은 밀착력 향상 및 (200)면의 결정배향을 위한 것으로서, 조성식은 (Ti(1-x)Alx)(단, 원자비로 0.3 $\leq$ x $\leq$ 0.5)N을 만족하고 0.05~0.7 $\mu$ m의 평균 막두께를 가지며, 중간층인 (Ti,Al)N 다층박막은 내충격성과 내치핑성을 향상시키기 위한 것으로서, 조성식은 두 종류의 박막이 서로 교대로 증착함을 원칙으로 하고, 하나의 박막조성식은 (Ti(1-z)Alz)N(단, 원자비로 0.6 $\leq$ z $\leq$ 0.8)단일막을 만족하고, 또 다른 하나의 박막조성식은 (Ti(1-q)Alq)N(단, 원자비로 0.3 $\leq$ q $\leq$ 0.5)단일막을 만족하고, 1.0~20.0 $\mu$ m의 평균 막두께를 가지며, 1.0~50.0nm의 평균 적층주기( $\lambda$ ) 갖는다.
- <28> 또한, 최상층인 (Al,Ti,Si)N 다층박막은 내마모성과 내산화성을 향상시키기 위한 것으로서, 박막구조는 서로 다른 조성비를 갖는 A층과 B층과 C층과 D층을 A/B/C/D층 혹은 A/D/A/B층순으로 교대로 증착함을 원칙으로 하고, 동일한 조성비를 갖는 A층과 B층의 조성식은 (Ti(1-x)Alx)N(단, 원자비로 0.3 $\leq$ x $\leq$ 0.5)을 만족하고, C층의 조성식은 (Ti(1-q)Alq)N(단, 원자비로 0.6 $\leq$ q $\leq$ 0.8)을 만족하고, D층의 조성식은 [Al(1-(a+b))TiaSib]N(단, 원자비로 0.3 $\leq$ a $\leq$ 0.5, 0.02 $\leq$ b $\leq$ 0.08)을 만족하고, 0.5~5.0 $\mu$ m의 평균 막두께를 가지며, 1.0~50.0nm의 평균 적층주기( $\lambda$ )를 갖는다.
- <29> 이를 통해 고속절삭가공에서 발생될 수 있는 박리 및 공구 마모 현상을 최소화할 수 있는 절삭공구의 제조가 가능하여 산업상 대단히 유용한 효과가 기대된다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- <30> 이하, 발명에 따른 절삭공구용 다층경질 박막을 설명하면 다음과 같다.
- <31> 먼저, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 모호하지 않게 하기 위하여 생략한다.
- <32> 본 발명은 밀착력 향상 및 (200)면의 결정배향을 위한 하지층과 내충격성 및 내치핑성을 향상시킨 중간층과 내마모성과 내산화성을 향상시킨 최상층을 구분하여 새로운 박막구조를 형성시키는 것을 그 기술적 특징으로 한다.
- <33> 여기서, 본 발명을 달성하기 위해서, 물리적인 증착법으로 널리 알려진 아크법 또는 스퍼터법을 적용하는 것이 바람직하다. 상기 아크법에 의한 장치 구성에서 경질 박막의 금속성분을 형성하기 위한 타겟을 각 증발원에 장착하여 소정의 전류를 공급하게 하여 바이어스 전압을 인가한 회전 테이블에 장착되어 있는 피코팅물에 증착하게 된다.
- <34> 또한, 복합질화물 박막을 증착하기 위해, 별도의 질소(N)가스를 장치내에 증착중에 공급한다. 각 증발원에 장착되는 타겟배열은 표 1과 같다. 표 1과 같이, 각 조성식에서 각 조성비를 만족하며, 증발원 1, 증발원 2, 증발원 3, 증발원 4순에 의거 피코팅물을 장착한 테이블이 회전하게 된다.
- <35> 또한, 테이블을 중심으로 증발원 1과 증발원 3을 서로 마주보게 설치되고, 증발원 2와 증발원 4을 서로 마주보게 설치한다.
- <36> 따라서, 상기 하지층 증착을 위해, 증발원 1과 증발원 3을 이용하여 (Ti,Al)N박막을 증착하고, 중간층 증착을 위해, 증발원 1,2,3을 이용하여 Al원소함량비가 서로 다른 (Ti,Al)N 다층박막을 증착하며, 최상층 증착을 위해, 증발원 1,2,3,4순서에 의거 증착하게 한다.

<37> [표 1]

샘플 명		각 증발원에 장착되는 타겟 종류		
		증발원 1, 3	증발원 2	증발원 4
A-1	조성식	$Ti_{(1-x)}Al_x$	$Ti_{(1-y)}Al_y$	$Al_{(1-(a+b))}Ti_aSi_b$
	조성비	$0.3 \leq x \leq 0.5$	$0.6 \leq y \leq 0.8$	$0.3 \leq a \leq 0.5$ $0.02 \leq b \leq 0.08$
A-2	조성식	$Ti_{(1-x)}Al_x$	$Al_{(1-(a+b))}Ti_aSi_b$	$Ti_{(1-y)}Al_y$
	조성비	$0.3 \leq x \leq 0.5$	$0.3 \leq a \leq 0.5$ $0.02 \leq b \leq 0.08$	$0.6 \leq y \leq 0.8$
A-3	조성식	$Ti_{(1-x)}Al_x$	$Ti_{(1-y)}Al_y$	$Al_{(1-(a+b))}Ti_aCr_b$
	조성비	$0.3 \leq x \leq 0.5$	$0.6 \leq y \leq 0.8$	$0.3 \leq a \leq 0.5$ $0.02 \leq b \leq 0.08$
A-4	조성식	$Ti_{(1-x)}Al_x$	$Al_{(1-(a+b))}Ti_aCr_b$	$Ti_{(1-y)}Al_y$
	조성비	$0.3 \leq x \leq 0.5$	$0.3 \leq a \leq 0.5$ $0.02 \leq b \leq 0.08$	$0.6 \leq y \leq 0.8$

- <38>
- <39> 증착하는 조건에 있어서, 1차적으로 피코팅물 표면에 존재하는 오염물 및 산화막을 제거하기 위해, 1000sccm의 아르곤 가스를 챔버내로 흘러 들어가게 하고, 피코팅물에 인가되는 전압을 150~400V내로 유지시킨다.
- <40> 이러한 공정은 통상 예칭공정이라 한다. 그 후로 연속적으로 2000~3000sccm의 질소가스를 챔버내로 흘러 들어가게 하고, 피코팅물에 인가되는 전압을 30~200V내로 유지시킨다. 이때, 각 증발원에 인가되는 전류는 80~150A내로 유지시키고, 챔버내의 압력을 2.0~4.0Pa내로 유지시킨다. 그 후로 질소가스에 의해 챔버내부를 냉각시킨다.
- <41> 상기 증착조건은 하지층, 중간층, 최상층의 박막을 증착할 때, 동일하게 적용되는 조건이며, 각 층의 박막구조가 서로 다르게 증착된다.
- <42> a) 하지층 박막구조에 있어서, (Ti,Al)N 단일박막에서 Al원소에 의해 절삭날의 경사면 및 여유면에 대하여 평행방향의 배향을 갖는 (200)면이 우선 성장하게 되는데, Ti원소비율대비 Al원소가 차지하는 원소비가 0.3미만이면, (200)면의 배향이 불충분하고, 0.5를 넘어도 (200)면의 결정성 저하현상이 발생된다.
- <43> 또한 막두께가 0.05 $\mu$ m미만이면, (200)면의 고배향성을 최상층의 경질피복층으로의 결정배향 이력효과를 저해하는 동시에, 밀착성도 저하시킨다. 한편 최대 막두께가 0.7 $\mu$ m까지 증착되면, 결정배향 이력효과 및 밀착성 향상

효과가 충분히 발휘할 수 있다.

- <44> b) 중간층 박막구조에 있어서, Al 원소비가 서로 다른 (Ti,Al)<sub>n</sub>다층박막은 탄성계수 차이가 큰 서로 다른 단일박막이 교대로 증착하여 내충격성과 인성을 향상시킬 수 있다. 즉, Al 원소비가 낮은 (Ti,Al)<sub>n</sub>단일박막은 Al 함량이 높은 (Ti,Al)<sub>n</sub>단일박막에 비해 탄성계수가 높으며, 또한, 적층주기를 조절하여 절삭가공시 발생하는 충격에 의한 공구파손 및 치핑현상을 제어할 수 있다. 막두께가 1.0 $\mu$ m 미만이면, 하지층에 의해 성장된 (200)면의 결정배향이 저해될 수 있으며, 적층주기가 1.0nm 미만이면, 경도값 또한 감소될 우려가 있다.
- <45> 그리고, 막두께가 10.0 $\mu$ m를 넘으면, 박막자체의 높은 응력에 의해 자발박리가 발생될 수 있으며, 적층주기가 50.0nm를 넘으면, 각 박막간의 전위 생성 및 이동을 제어하지 못하게 되어 경도값이 감소될 우려가 있다.
- <46> c) 최상층 박막구조에 있어서, A/B/C/D층을 순차적으로 증착하되, A층과 C층을 탄성계수가 상대적으로 높은 (Ti,Al)<sub>n</sub>박막으로 하고, B층과 D층을 탄성계수가 상대적으로 낮은 박막으로 하여 내마모성과 내산화성을 동시에 향상시킬 수 있다.
- <47> 즉, B층 혹은 D층에 있어서, 하나의 박막을 Al 함량이 상대적으로 높은 (Ti,Al)박막으로 하고, 다른 하나의 박막을 Si 혹은 Cr 원소가 함유된 (Al,Ti,Si)<sub>n</sub> 박막 혹은 (Al,Ti,Cr)<sub>n</sub> 박막으로 하여 A/B/C/D층 혹은 A/D/C/B층순으로 교대로 증착하게 한다. 다시 말하면, A층과 C층의 박막조성비는 동일하고, B층과 D층은 서로 다른 박막조성비는 가지며 이것을 하나의 주기로 한다. 여기에서의 Si와 Cr 첨가에 따른 효과는 내마모성 및 고온 내산화성을 향상시킨다는 여러 문헌을 통해 알려져 있다. 하지만 본 발명과는 달리, 첨가비와 박막구조가 서로 상이하다.
- <48> (Al,Ti,Si)<sub>n</sub> 박막 혹은 (Al,Ti,Cr)<sub>n</sub> 박막조성비에 있어서, Si 혹은 Cr 원소비가 0.02~0.08로 하게 하고, 하지층과 중간층을 포함한 전체적인 상대 원소비를 0.005에서 0.02이하로 하여, 최소량만으로도 경도 및 내산화성을 훨씬 더 향상시킬 수가 있다.
- <49> 전체 각 금속원소비에서 Si 혹은 Cr 함량이 0.02를 초과할 경우, 높은 응력에 의해 박리현상이 일어나거나 경도값이 저하될 수 있다. 게다가 막두께가 10.0 $\mu$ m를 넘어도 박리현상이 발생되어 적층구조를 파괴할 수 있다. 이것은 중간층 박막구조에 있어서의 적층주기 및 막두께 범위를 설정한 이유와 동일하게 적용된다.
- <50> <실시 예1>
- <51> 아래의 [표 2]에서 나타내 보인 것과 같이, 중간층과 최상층의 적층주기별로 절삭성능평가를 실시하였다.
- <52> 밀링 절삭시험을 위해 Z10등급의 직경 30mm의 2날짜리 인덱서블 볼 인서트를 이용하였다. 그리고, 절삭조건은 주속이 317m/min이고 회전수는 4,000rpm이며, 이송속도는 3,000mm/min, 축방향 깊이는 0.3mm, 반경방향 깊이는 0.5mm로 설정하였으며, 적용된 피삭재는 열처리된 SKD11종으로서 표면 경도값이 약 50(HRC값)정도로서 절삭유를 사용하지 않았다.
- <53> 또한 엔드밀 절삭 시험을 위해 Z10등급의 직경 6mm의 2날짜리 볼 엔드밀을 이용하였다. 절삭조건은 주속이 376m/min이고 회전수는 20,000rpm이며, 이송속도는 3,500mm/min, 축방향 깊이는 0.3mm, 반경방향 깊이는 1.2mm로 설정하였으며, 적용된 피삭재는 열처리된 SKD11종으로서 표면 경도값이 약 50(HRC값)정도로서 절삭유를 사용하지 않았다.
- <54> 아래의 [표 2]에서 처럼, 최상층의 박막구조인 AlTiSi<sub>n</sub>다층구조와 AlTiCr<sub>n</sub>다층구조와의 내마모성은 큰 차이가 나지 않았지만, 각 다층구조의 적층주기에 따른 내마모성이 뚜렷한 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다.
- <55> 이것의 원인은 일반 문헌에 알려진 결과에서 처럼, 적층주기가 어느 임계점을 넘으면, 내마모성이 현저하게 떨어지는 경향을 확인할 수 있었다.
- <56> 따라서, 적층주기의 범위와 박막구조와의 적절한 조합에 따라서 고속가공을 요하는 절삭조건에서 특히 내마모성이 매우 향상된 것을 확인되었다.



<57> [표 2]

구분	샘플명	박막구조					절삭 성능평가 결과 (내마모:500m 가공후)	
		하지층	중간층		최상층		볼 인서트	볼 엔드밀
		박막 구조	박막 구조	적층 주기	박막 구조	적층 주기	여유면 마모량 (mm)	여유면 마모량 (mm)
표면발명	A-1	TiAlN 단일막	TiAlN 다층막	1~30nm	TiAlN/AlTiSiN 다층막	1~30nm	0.02	0.03
	A-2			1~30nm		30~50nm	0.04	0.05
	A-3			30~50nm		1~30nm	0.03	0.04
	A-4			30~50nm		30~50nm	0.07	0.08
	B-1			1~30nm	TiAlN/AlTiCrN 다층막	1~30nm	0.05	0.06
	B-2			1~30nm		30~50nm	0.04	0.06
	B-3			30~50nm		1~30nm	0.06	0.07
	B-4			30~50nm		30~50nm	0.07	0.07
비교품	a-1			1~30nm	TiAlN/AlTiSiN	51~60nm	0.20	0.31
	a-2			51~60nm	다층막	1~30nm	0.30	0.35
	b-3			1~30nm	TiAlN/AlTiCrN	51~60nm	0.15	0.21
	b-4			51~60nm	다층막	1~30nm	0.22	0.21

<58>

<59> <실시 예2>

<60> 표 3에서 처럼, 하지층의 적용유무에 따른 박리유무 확인 및 중간층의 박막구조에 따른 절삭성능 결과를 나타내었다. 하지층의 기능은 TiAlN단일막으로 증착시켜 중간층과 최상층과의 밀착력을 향상시키고, (200)면의 우선성장면을 배향하여 내마모성과 내산화성을 향상시키는 역할을 하게 된다. 중간층의 기능은 내치핑성 및 인성강화를 위한 것으로서, 절삭조건은 앞서 기술한 실시 예1과 동일하게 실시하였다.

<61> 본 실시예에서 중요시하는 부분은 인성적인 측면에서 효과유무를 판단할 수 있었다. 한계 이송 절삭시험을 위해 Z10등급의 직경 30mm의 2날짜리 인텍스볼 볼 인서트를 이용하였다. 절삭조건은 주속이 317m/min이고 회전수는 4,000rpm이며, 이송속도는 3,000mm/min, 축방향 깊이는 0.3mm, 반경방향 깊이는 0.5mm로 설정하였으며, 적용된 피삭재는 표면 경도값이 약 50(HRC값)정도인 열처리된 SKD11종으로서 표면내부에 구멍을 내어 단속이 걸리게 하였다. 그리고 인선부 파손 및 치핑시점까지 가공된 거리를 측정하였다.

<62> 그 결과, 하지층이 없는 C3과 C4샘플에서 박리현상이 발견되었으며, 또한 중간층이 없는 C1과 C2샘플에서는 치핑에 의한 공구수명이 떨어지는 결과를 확인하였다.

<63> [표 3]

구분	샘플명	박막 구조			한계이송 (볼 인서트) 파손시점까지의 가공 거리 (m)	인선부 박리유무 (가공前)
		하지층	중간층 적층주기 (20nm)	최상층 적층주기 (20nm)		
본발명	C-1	TiAlN단일막	TiAlN다층막	TiAlN/AlTiSiN 다층막	300	박리 無
	C-2	TiAlN단일막	TiAlN다층막	TiAlN/AlTiCrN 다층막	295	박리 無
비교품	c-1	TiAlN단일막		TiAlN/AlTiSiN 다층막	180(치핑)	박리 無
	c-2	TiAlN단일막		TiAlN/AlTiCrN 다층막	170(치핑)	박리 無
	c-3		TiAlN다층막	TiAlN/AlTiSiN 다층막	100	박리 有
	c-4		TiAlN다층막	TiAlN/AlTiCrN 다층막	110	박리 有

<64>

<65> 한편, 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형을 할 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다. 따라서, 그러한 변형예 또는 수정예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 해야 할 것이다.