(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0076694
(43) 공개일자 2017년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/06 (2006.01) *C23C 14/02* (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01) *C23C 14/34* (2006.01)
C23C 14/35 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 14/0641 (2013.01)
C23C 14/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7012105
(22) 출원일자(국제) 2015년10월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년05월02일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2015/074277
(87) 국제공개번호 WO 2016/071104
국제공개일자 2016년05월12일
(30) 우선권주장
14191910.0 2014년11월05일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
발터 악티엔게젤샤프트
독일연방공화국 데-72072 튜빙겐 데렌딩거스트라세 53
(72) 발명자
쉬어 파이트
독일 70771 에히터딩겐 오베레 게르텐 21/1
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **다층 PVD 코팅을 포함하는 절삭 공구**

(57) 요 약

본 발명은, 경질 금속, 서멧, 세라믹, 강 또는 고속도강으로 이루어진 기재, 및 PVD 법을 이용하여 적용되고 1 ㎛ 내지 20 ㎛ 의 총 두께를 갖는 다층 코팅을 포함하는 공구에 관한 것으로, 상기 다층 코팅은 연결층 및 상기 연결층 상에 직접 성막된 내마모층을 포함하고, 상기 연결층은 음극 진공 아크 기상 증착 (아크 PVD) 에 의해 성막되고, 다층 디자인을 갖고, 하나 위에 다른 하나가 직접 배치된 상기 연결층의 층들은 상이한 조성을 갖고, 상기 연결층의 다중 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성되고, 상기 내마모층은 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 에 의해 성막되고, 단층 또는 다층 디자인을 갖고, 상기 내마모층의 하나 이상의 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성된다.

(52) CPC특허분류
C23C 14/325 (2013.01)
C23C 14/3485 (2013.01)
C23C 14/35 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

경질 금속, 서멧, 세라믹, 강 또는 고속도강으로 이루어진 기재, 및

PVD 법을 이용하여 적용되고 1 ㎛ 내지 20 ㎛ 의 총 두께를 갖는 다층 코팅을 포함하는 공구로서,

상기 다층 코팅은 접착층 및 상기 접착층 상에 직접 성막된 내마모 보호층을 포함하고,

상기 접착층은 음극 진공 아크 기상 증착 (아크 PVD) 에 의해 성막되고, 다층 디자인을 갖고, 하나 위에 다른 하나가 직접 배치된 상기 접착층의 층들은 상이한 조성을 갖고, 상기 접착층의 다중 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성되고,

상기 내마모 보호층은 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 에 의해 성막되고, 단층 또는 다층 디자인을 갖고, 상기 내마모 보호층의 하나 이상의 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성되는, 공구.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 접착층의 층들은 Ti, Al, Si, 및 Cr 으로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 나이트라이드 또는 카보나이트라이드, 바람직하게는 AlCrN, AlCrSiN, TiAlN, TiAlSiN, 및 TiSiN, 특히 바람직하게는 TiAlN 으로부터 각각 형성되는 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 다층 접착층은 하나 위에 다른 하나가 배치된 적어도 4 개, 바람직하게는 적어도 10 개 그리고 300 개 이하, 바람직하게는 100 개 이하, 특히 바람직하게는 50 개 이하의 층을 갖는 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다층 접착층 내에서, 비커스 경도가 상기 기재로부터 상기 내마모 보호층으로의 방향으로 기재 표면에 수직으로 증가하고, 상기 다층 접착층 내의 비커스 경도는 1800 HV 내지 3500 HV, 바람직하게는 2000 HV 내지 3300 HV 인 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다층 접착층 내에서, 탄성 계수 (E 계수 / 영률) 가 상기 기재로부터 상기 내마모 보호층으로의 방향으로 기재 표면에 수직으로 증가하고, 상기 다층 접착층 내의 탄성 계수 (E 계수) 의 값이 380 GPa 내지 550 GPa, 바람직하게는 420 GPa 내지 500 GPa 인 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

기재 표면에 수직한 다층 접착층은 0.01 ㎛ 내지 1 ㎛, 바람직하게는 0.05 ㎛ 내지 0.6 ㎛, 특히 바람직하게는 0.1 ㎛ 내지 0.4 ㎛ 의 두께를 갖고, 그리고/또는 단층 또는 다층 내마모 보호층은 0.4 ㎛ 내지 20 ㎛, 바람직하게는 1 ㎛ 내지 10 ㎛, 특히 바람직하게는 1.5 ㎛ 내지 5 ㎛ 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다층 접착층의 두께에 대한 단층 또는 다층 내마모 보호층의 두께의 비가 적어도 2.0, 바람직하게는 적어도 2.3, 특히 바람직하게는 적어도 3.5, 매우 특히 바람직하게는 적어도 4.0 인 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다층 접착층의 층들은 상이한 조성을 갖는 티타늄 알루미늄 나이트라이드의 교호 층들을 포함하고,

(30 내지 36):(70 내지 64) 의 Ti:Al 비의 층들이 (40 내지 60):(60 내지 40), 바람직하게는 (47 내지 53):(53 내지 47) 의 Ti:Al 비를 갖는 층들과 교호하는 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

내마모 보호 코팅은 다층이고, 하나 위에 다른 하나가 배치된 적어도 2, 4 또는 10 개의 층들 그리고 하나 위에 다른 하나가 배치된 50 개, 100 개 또는 300 개 이하의 층들을 갖는 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기재와 상기 접착층 사이에 적어도 하나의 다른 경질 재료 층, 바람직하게는 TiN 또는 금속 Ti 층이 제공되고, 그리고/또는 상기 내마모 보호 코팅 위에 적어도 하나의 다른 경질 재료 층, 바람직하게는 TiN, TiCN, ZrN 의 하나 이상의 장식층이 제공되는 것을 특징으로 하는 공구.

청구항 11

피복 공구의 제조 방법으로서,

PVD 프로세스에 의해 1 ㎛ 내지 20 ㎛ 의 전체 두께를 갖는 다층 코팅을 경질 금속, 서멧, 세라믹, 강 또는 고속도강의 베이스 보디에 적용하는 단계로서, 상기 다층 코팅은 접착층 및 상기 접착층 바로 위에 성막된 내마모 보호층을 포함하는, 상기 적용하는 단계를 포함하고,

상기 접착층은 다층 디자인을 갖도록 반응성 또는 비반응성 음극 진공 아크 기상 증착 (아크 PVD) 에 의해 성막되고, 하나 위에 다른 하나가 직접 각각 배치된 상기 접착층의 2 개의 층들은 상이한 조성을 갖고, 상기 접착층의 다중 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 형성되고,

상기 내마모 보호층은 단층 또는 다층 디자인을 갖도록 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 에 의해 성막되고, 상기 내마모 보호층의 하나 이상의 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성되는, 피복 공구의 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 접착층의 층들은 Ti, Al, Si, 및 Cr 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 나이트라이드 또는 카보나이트라이드로부터, 바람직하게는 AlCrN, AlCrSiN, TiAlN, TiAlSiN, 및 TiSiN 로부터, 특히 바람직하게는 TiAlN 로부터 각각 형성되는 것을 특징으로 하는, 피복 공구의 제조 방법.

청구항 13

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서,

다층 접착층은 하나 위에 다른 하나가 배치된 적어도 4 개, 바람직하게는 적어도 10 개 그리고 300 개 이하, 바람직하게는 100 개 이하, 특히 바람직하게는 50 개 이하의 층들을 갖는 것을 특징으로 하는, 피복 공구의 제조 방법.

청구항 14

제 11 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

다층 접착층의 성막을 위한 성막 파라미터는, 상기 다층 접착층 내에서, 비커스 경도가 기재로부터 상기 내마모 보호층으로의 방향으로 기재 표면에 수직으로 증가하도록 변화되고, 상기 다층 접착층 내의 비커스 경도는 1800 HV 내지 3500 HV, 바람직하게는 2000 HV 내지 3300 HV 이고,

상기 다층 접착층의 성막 중에 변화되는 상기 성막 파라미터는 적어도 바이어스 전위를 포함하는 것을 특징으로 하는, 피복 공구의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 경질 금속 서멧, 세라믹, 강 또는 고속도강의 기재, 및 PVD 프로세스로 기재에 적용되고 1 ㎛ 내지 20 ㎛ 의 총 두께를 갖는 다층 코팅을 포함하는 공구에 관한 것으로서, 상기 다층 코팅은 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD) 에 의해 성막된 접착층, 및 접착층 상에 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 에 의해 성막된 내마모 보호층을 포함한다. 본 발명은 또한, 그러한 공구의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 예컨대 칩 제거 금속 기계가공을 위해 사용되는 것과 같은 절삭 공구는 일반적으로, CVD 프로세스 (화학 기상 증착) 또는 PVD 프로세스 (물리 기상 증착) 에 의해 기재 상에 성막된 금속 경질 재료 층들의 내마모성 단층 또는 다층 코팅을 갖는 경질 금속, 서멧, 강 또는 고속도강의 기재 (substrate; 베이스 보디) 로 구성된다. PVD 프로세스에서, 예컨대 음극 스퍼터링 (스퍼터 증착), 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD), 이온 도금, 전자 빔 증발 및 레이저 어블레이션과 같은 상이한 변형들 사이에 구별이 이루어진다. 음극 스퍼터링, 예컨대 마그네트론 스퍼터링, 반응성 마그네트론 스퍼터링과 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS), 및 아크 증발은 절삭 공구의 코팅을 위해 가장 흔하게 사용되는 PVD 프로세스에 속한다.

[0003] 타깃 재료의 아크 용해와 증발, 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD) 의 수행은 챔버와 타깃 사이의 연소이다. 프로세스에서, 증발된 재료의 많은 부분이 이온화되고, 음전위 (바이어스 전위) 를 갖는 기재를 향해 가속되고, 기재 표면에 성막된다. 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD) 은 높은 성막 속도, 증발된 재료의 높은 이온화로 인한 조밀한 층 구조, 및 프로세스 안정성을 특징으로 한다. 그러나, 중요한 단점은 작은 금속 스플래시의 방출에 의해 야기되는 마이크로 입자 (액적) 의 프로세스-의존적 성막이고, 이것의 회피는 매우 복잡하다. 액적은 성막 층에 바람직하지 않게 높은 표면 조도를 초래한다.

[0004] 음극 스퍼터링 (sputtering) 에서, 원자 또는 분자는 고에너지 이온의 충격에 의해 타깃으로부터 제거되고 가스 상으로 전환되어, 그로부터 후속하여 직접 또는 반응 가스와의 반응 후에 기재에 성막된다. 마그네트론에 의해 지지되는 음극 스퍼터링은 2 개의 본질적인 프로세스 변형인 종래의 DC 마그네트론 스퍼터링 (DC-MS) 및 HIPIMS 프로세스를 포함한다. 마그네트론 스퍼터링에서, 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD) 에서의 바람직하지 않은 액적 형성이 일어나지 않는다. 그렇지만, 종래의 DC-MS 에서, 코팅 속도는 비교적 낮고, 이는 더 높은 프로세스 지속시간 및 경제적 단점을 암시한다.

[0005] 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 을 이용하는 때, 마그네트론은 고전류밀도에서 펄스 모드로 작동되고, 그 결과, 특히 스퍼터링된 재료의 향상된 이온화로 인해 더 조밀한 층들의 형태의 향상된 층 구조가 초래된다. HIPIMS 에서, 타깃에서의 전류 밀도는 전형적으로 종래의 DC-MS 의 전류 밀도를 초과한다.

[0006] DC-MS 및 HIPIMS 에 의해 성막된 층들은 종종 상당한 구조적 차이를 나타낸다. DC-MS 층들은 보통 기재에서 주상 구조로 성장한다. 대조적으로, HIPIMS 프로세스에서, DC-MS 층들에 비해 향상된 마모 거동 및 그와 연관된 더 긴 수명을 특징으로 하는 미정질 층 구조가 획득된다. HIPIMS 층들은 보통 주상 DC-MS 층들보다 더 단단하지만, 많은 기재에 대한 접착에 대해 단점을 또한 보여준다.

[0007] EP 2 653 583 은 PVD 에 의해 본질적으로 3 개의 층들로 구성된 층 시스템을 성막하기 위한 코팅 절차를 설명하고 있으며, 층 시스템은 하나 위에 다른 하나가 배치된, 증발 재료 (타깃; M1) 로부터 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD) 에 의해 성막된 접촉층 (S1), 배출 재료 (타깃; M2) 로부터 HIPIMS 에 의해 성막된 커버링 층 (S3), 및 배출 재료 (M2) 뿐만 아니라 증발 재료 (M1) 의 아크 PVD 와 HIPIMS 의 병렬 조작에 의해 사이에 성막된 중간층 (S2) 을 포함한다. 이 층 시스템에서, 원칙적으로 동일한 화학 조성을 갖는 비교 코팅들에 비해 더 낮은 표면 조도를 획득하려는 것이다.

[0008] WO2013/068080 은 HIPIMS 에 의한 층 시스템의 제조 프로세스를 설명하고 있고, 더 고운 그리고 더 거친 입도를 교호로 갖는 HIPIMS 층들은 더 긴 그리고 더 짧은 펄스 지속시간의 교호 적용에 의해 성막된다. 그러한 교호 층 시스템은 양호한 마모 특성을 가져야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은, 공지의 층 시스템의 이점, 특히 HIPIMS 프로세스에서 성막된 층의 이점을 갖는 동시에, 종래 기술에 알려진 단점, 특히 불충분한 부착을 극복하는, 내마모 보호 코팅을 갖는 공구 및 그 제조 프로세스를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 이러한 목적은 본 발명에 따르면, 경질 금속, 서멧, 세라믹, 강 또는 고속도강의 기재, 및 PVD 프로세스로 기재에 성막되고 1 ㎛ 내지 20 ㎛ 의 총 두께를 갖는 다층 코팅을 갖는 공구로서, 상기 다층 코팅은 접착층 및 그 바로 위에 성막된 내마모 보호층을 포함하고,

[0011] 상기 접착층은 음극 진공 아크 기상 증착 (아크 PVD) 에 의해 성막되고, 다층 디자인을 갖고, 하나 위에 다른 하나가 직접 배치된 접착층의 층들은 상이한 조성을 갖고, 상기 접착층의 다중 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성되고,

[0012] - 상기 내마모 보호층은 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 에 의해 성막되고, 단층 또는 다층 디자인을 갖고, 상기 내마모 보호층의 하나 이상의 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성되는, 공구를 제공함으로써 달성된다.

[0013] HIPIMS 프로세스에 의해 성막된 내마모 보호층은 특히 금속 처리 기계가공에서 본 발명에 따른 공구의 성능에 크게 기여한다. HIPIMS 프로세스에 의해 성막된 코팅은 미세한 층 구조 및 높은 정도의 경도와 그와 관련된 높은 탄성 계수 (E 계수 / 영률) 을 특징으로 한다. HIPIMS 에 의해 성막된 층, 예컨대 TiAlN 층의 비커스 경도는 예컨대 3000 내지 4500 HV 의 범위 내일 수도 있다. 그러한 층의 E 계수는 400 내지 500 GPa 의 범위 내일 수도 있다. 대조적으로, 경질 금속 기재는 예컨대 대략 1300 내지 2400 HV 의 비커스 경도를 나타낸다. 더욱이, HIPIMS 에 의해 성막된 층은 아크 PVD 에 의해 성막된 층보다 훨씬 더 매끄러운 표면을 갖고, 금속 기계가공에서 예컨대 칩 제거에 대하여 이점을 갖는다.

[0014] 기재로부터 코팅으로의 전이부 또는 층으로부터 그 바로 위에 배치된 다음 층으로의 전이부에서의 경도들 사이의 큰 차이는 기재에 대한 층의 접착을 감소시키고, 코팅의 조기 탈착 및 공구의 더 빠른 마모, 따라서 더 짧은 수명을 초래한다.

[0015] 기재에 대한 내마모 보호층의 부착을 향상시키기 위한 접착층의 제공은 일반적으로 알려져 있다. 빈번하게, 접착층들은 조성 및 미세조직의 측면에서 위에 배치된 층과 아래에 배치된 층의 것들 사이에 있어서 부착을 부여하는 층을 형성하기 위해 위에 그리고 아래에 배치된 재료들의 성분들을 갖는다.

[0016] 이제 놀랍게도, 음극 진공 아크 증착 (아크 PDV) 에 의해 성막되고 다층 디자인을 갖는, 본 발명에 따라 형성되는 접착층과 함께, HIPIMS 에 의해 성막되는 특히 본 발명에 따른 내마모 보호층의 부착에 대하여 특정 이점이 획득될 수도 있다는 것이 밝혀졌고, 여기서 하나 위에 직접 다른 하나가 배치된 층들이 상이한 조성을 나타낸다.

[0017] 이미 언급된 바와 같이, HIPIMS 에 의해 성막된 내마모 보호층은 일반적으로 예컨대 종래의 WC-Co 경질 금속 기

재보다 훨씬 더 높은 비커스 경도를 보여준다. 경도의 측면에서 큰 차이는 기재에 직접 성막된 HIPIMS 층 또는 더 낮은 경도를 갖는 다른 층의 감소된 부착을 야기할 수도 있고, 내마모 보호층의 더 이른 탈착 및 공구의 더 빠른 마모를 야기할 수도 있다. HIPIMS 프로세스는 이 부착 문제를 줄이기 위해 성막된 내마모 보호층의 경도를 기재 또는 아래에 배치된 임의의 다른 층의 경도에 임의로 적합하게 할 수 없다. 또한, 내마모 보호층의 높은 경도가 많은 금속 기계가공 프로세스에서 유리하므로, 내마모 보호층의 경도 감소는 종종 바람직하지 않다.

[0018] HIPIMS 프로세스에서 성막된 내마모 보호층 자체는 단층 또는 다층일 수도 있다. 다층 HIPIMS 내마모 보호층은, HIPIMS 내마모 보호층 내에 경도 구배를 갖도록 성막 파라미터를 변화시킴으로써 그리고/또는 층들의 조성을 변화시킴으로써 형성될 수도 있고, 따라서 그 층은 접착층의 표면에 대한 접착 영역에서 접착층에 유사한 경도를 갖고, 경도는 HIPIMS 내마모 보호층의 표면을 향해 더 증가한다. 특히 높은 경도를 가짐에도 우수한 접착력을 갖는 HIPIMS 내마모 보호층이 이런 식으로 제조될 수도 있다. 그러므로, 본 발명의 특히 바람직한 실시형태에서, 아크 PVD 접착층뿐만 아니라 HIPIMS 내마모 보호층도 다층 디자인을 갖는다.

[0019] 본 발명에 따른 다층 접착층과 본 발명에 따른 HIPIMS 에 의해 성막된 내마모 보호층의 조합에서, 종래 기술에서 알려진 단점, 특히 HIPIMS 층의 불충분한 부착이 놀랍게도 극복될 수 있었고, 공구의 비교적 긴 수명이 획득될 수 있었다.

[0020] 본 발명의 일 실시형태에서, 접착층의 층들은 Ti, Al, Si, 및 Cr 으로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 나이트라이드 또는 카보나이트라이드로부터 각각 형성된다. AlCrN, AlCrSiN, TiAlN, TiAlSiN, 및 TiSiN 의 층들이 바람직하고, TiAlN 이 매우 특히 바람직하다.

[0021] 접착층의 층들의 이러한 조성들은 HIPIMS 내마모 보호층의 접착의 향상에 특히 유리하다고 보여졌다. 이는 유사한 면심 입방 구조, 높은 경도 및 높은 E 계수를 모두 갖는 이러한 경질 재료들 때문인 것으로 생각된다.

[0022] 다층 접착층은 상이한 조성을 갖는 하나 위에 다른 하나가 배치된 적어도 2 개의 층을 갖고, 본 발명의 의미에서, 동일한 원소들, 예컨대 Ti, Al 및 N 을 함유하지만 상이한 화학량론적 조성을 갖는 층들은 "상이한 조성을 갖는 층들", 예컨대 하나 위에 다른 하나가 배치된 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 및 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 의 층들로서 또한 규정된다.

본 발명의 바람직한 실시형태에서, 다층 접착층은 하나 위에 다른 하나가 배치된 적어도 4 개의 층들, 바람직하게는 하나 위에 다른 하나가 배치된 적어도 10 개의 층들을 갖는다. 놀랍게도, 개별 층들의 개수의 증가는 기재 표면을 향해 수직으로 연장되는 변화 및 경도를 각각 향상시키고 접착층 내의 경도의 더 낮은 등급의 그레이딩을 획득하는 것으로 드러났다. 동시에, 금속 프로세싱 분야에서의 접착층의 내균열성이 증가된다. 이는 파괴 에너지가 방산될 수도 있는 (이로써, 균열의 전파를 더 효과적으로 방지함) 층 경개의 개수 증가 때문인 것으로 추정된다. 접착층이 하나 위에 다른 하나가 배치된 300 개 이하, 바람직하게는 100 개 이하, 특히 바람직하게는 50 개 이하의 층을 갖는 것이 더 바람직하다. 유리하게는 단지 대략 1 ㎛ 이어야 하는 접착층의 주어진 두께에서 접착층의 층들의 개수가 너무 많으면, 개별 층들이 약간의 원자 층들로 낮아질 때까지 매우 얇아지게 되어서, 결과적으로 바람직한 층 경계가 더 이상 규정되지 않고, 이는 내균열성에 악영향을 미친다.

[0023] 본 발명의 다른 바람직한 실시형태에서, 다층 접착층은, 그 층 내에서, 비커스 경도가 기재로부터 내마모 보호층으로의 방향으로 기재 표면에 수직으로 증가하도록 형성되고, 다층 접착층 내의 비커스 경도는 1800 HV 내지 3500 HV, 바람직하게는 2000 HV 내지 3300 HV 의 범위 내이다. 경도 증가는 선형, 비선형 또는 단계적으로 (graded) 연장될 수도 있는 접착층의 전체 두께에 걸친 구배를 나타낸다.

[0024] 한편으로 기재 또는 접착층 아래의 층으로부터 접착층으로의 전이부에서의 경도와 다른 한편으로 HIPIMS 내마모 보호층으로의 접착층의 전이부에서의 경도 사이에 가능한 한 작은 차이를 획득하는 것이 유리하다. 본 발명에 따른 다층 접착층은 층 내의 경도 값의 조정을 가능하게 하고, 이는 단층 접착층에서는 다층 접착층에서의 정도로 가능하지 않다.

[0025] 기재로부터 본 발명에 따른 내마모 보호층으로의 방향에서 접착층 내의 비커스 경도의 증가의 결과로, 기재 또는 접착층 아래의 층과 HIPIMS 내마모 보호층 사이의 경도의 큰 차이가 유리하게 보상될 수 있다. 따라서, HIPIMS 내마모 보호층의 향상된 부착이 획득될 수 있고, 그러므로 공구의 향상된 수명이 획득될 수 있다.

[0026] 성막 프로세스 동안의 코팅 파라미터의 변화, 이 경우 특히 성막 프로세스 동안의 바이어스 전위의 변화는 접착층 내의 경도를 변화시키는 하나의 수단이다. 성막 동안의 바이어스 전위의 증가는 일반적으로 경도의 증가

를 초래한다.

[0027] 그렇지만, 단층 접착층의 성막 동안의 바이어스 전위의 과도한 변화는 일반적으로, 대략 1300 내지 1400 HV 의 비커스 경도를 갖는 종래의 경질 금속 기재와 대략 3000 내지 4500 HV 의 HIPIMS 에 의해 성막된 층 (예컨대, TiAlN 층) 사이의 경도 차이를 교락하는 (bridging) 층 내의 경도 구배를 제공하기에 충분하지 않을 것이다. 바이어스 전위를 변경함으로써, 아마 단지 약 200 내지 300 HV 의 단층 접착층 내의 경도 변화가 획득될 수 있다. 예컨대 기재와 HIPIMS 내마모 보호층 사이의 폭넓은 경도 차이에 걸쳐 접착층 내의 경도 구배의 형성을 가능하게 하는 것은 단지, 하나 위에 다른 하나가 직접 배치된 접착층의 층들이 상이한 조성을 갖는다는 것을 특징으로 하는 본 발명에 따른 다층 접착층의 디자인과 함께, 성막 파라미터들, 특히 바이어스 전위를 수정하는 것의 조합이다.

[0028] 본 발명의 다른 바람직한 실시형태에서, 다층 접착층은, 그 다층 접착층 내에서, 탄성 계수 (E 계수) 가 기재로부터 내마모 보호층으로의 방향으로 기재 표면에 수직으로 증가하도록 설계되고, 다층 접착층 내의 탄성 계수 (E 계수) 의 값은 380 GPa 내지 550 GPa, 바람직하게는 420 GPa 내지 500 GPa 의 범위 내이다.

[0029] 다층 접착층은 유리하게는, 0.01 ㎛ 내지 1 ㎛, 바람직하게는 0.05 ㎛ 내지 0.6 ㎛, 특히 바람직하게는 0.1 ㎛ 내지 0.4 ㎛ 의 기재 표면에 수직한 두께를 갖는다. 접착층이 너무 얇다면, 접착층 아래에 배치된 표면의 충분한 커버리지가 획득되지 않고, 따라서 HIPIMS 내마모 보호층의 부착의 충분한 향상이 또한 획득되지 않는다.

[0030] 아크 PVD 접착층의 표면 조도는 일반적으로 그 두께와 함께 증가한다. HIPIMS 프로세스의 내마모 보호층의 성막은 아크 PVD 접착층의 표면 조도를 적어도 부분적으로 보상함으로써 매끄러운 표면을 제공하려는 것이다. 그렇지만, 접착층이 너무 두꺼우면, 그 조도는 아크 PVD 접착층 및 HIPIMS 내마모 보호층의 전체 라미네이트의 표면에 크게 영향을 미치고, 그 결과, HIPIMS 내마모 보호층의 바람직하지 않게 높은 표면 조도를 초래한다.

[0031] 전체 접착층을 형성하는 개별 층들의 두께는, 개별 층들이 대략 동일한 두께를 갖는 경우에, 개별 층들의 개수로 나눈 접착층의 두께에 해당한다. 전형적으로, 접착층의 개별 층들은 20 내지 200 nm 의 두께를 갖는다.

[0032] 본 발명의 범위는 접착층 내의 개별 층들의 두께의 변화를 또한 포함한다. 예컨대, 이는 다층 접착층의 성막 중에 증발기 전류를 변화시킴으로써 달성될 수 있다. 이로써, 접착층 내의 경도 증가가 또한 획득될 수 있다. 접착층 내에서 상이한 조성을 갖는 하나 위에 다른 하나가 배치된 층들이 또한 상이한 경도를 갖는다면, 더 경질의 재료의 개별 층들의 두께의 증가 및/또는 더 연질의 재료의 개별 층들의 두께의 감소는 접착층 내에 경도 구배를 제공하거나 제공하도록 기여할 수도 있다. 일반적으로, TiAl (50:50) 타깃으로부터 성막된 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 재료가 TiAl (33:67) 타깃으로부터 성막된 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 재료보다 더 연질일 것이다. 따라서, 성막 중에 개별 타깃에서의 증발기 전류를 변화시켜서 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 재료의 층 두께를 증가시킴으로써 그리고/또는 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 재료의 층 두께를 감소시킴으로써 TiAlN 접착층 내의 경도 증가가 획득될 수 있다.

[0033] 단층 또는 다층 내마모 보호층은 유리하게는, 0.4 ㎛ 내지 20 ㎛, 바람직하게는 1 ㎛ 내지 10 ㎛, 특히 바람직하게는 1.5 ㎛ 내지 5 ㎛ 의 두께를 갖는다.

[0034] 본 발명의 다른 실시형태에서, 다층 접착층의 두께에 대한 단층 또는 다층 내마모 보호층의 두께의 비는 적어도 2.0, 바람직하게는 적어도 2.3, 특히 바람직하게는 적어도 3.5, 매우 특히 바람직하게는 적어도 4.0 이다. 아크 PVD 접착층이 HIPIMS 내마모 보호층에 관하여 너무 두꺼우면, 아크 PVD 접착층 및 HIPIMS 내마모 보호층의 전체 층 라미네이트는 위에서 설명한 것처럼 바람직하지 않게 높은 표면 조도를 획득한다.

[0035] 본 발명의 다른 실시형태에서, 다층 접착층의 층들은 상이한 조성을 갖는 티타늄-알루미늄 나이트라이드의 교호 층들을 포함하고, (30 내지 36):(70 내지 64) 의 Ti:Al 비의 층들이 (40 내지 60):(60 내지 40), 바람직하게는 (47 내지 53):(53 내지 47) 의 Ti:Al 비를 갖는 층들과 교호한다. 층들 사이의 Al 함량의 차이는 유리하게는 적어도 5 원자% Al 이어야 한다.

[0036] HIPIMS 내마모 보호층은 단층 또는 다층 디자인을 가질 수 있다. 본 발명의 바람직한 실시형태에서, 내마모 보호 코팅은 다층이고, 하나 위에 다른 하나가 배치된 2, 4 또는 10 개 이상 그리고 50 개, 100 개 또는 300 개 이하의 층들을 갖는다. 위에서 언급한 바와 같이, 다층 HIPIMS 내마모 보호층은, 접착층의 표면에 대한 접착 영역 내의 층이 접착층의 경도와 유사한 경도를 갖고 경도가 HIPIMS 내마모 보호층의 표면을 향해 더 증가하도록 층들의 조성 및/또는 성막 파라미터를 변화시킴으로써, HIPIMS 내마모 보호층 내에 경도 구배를 갖도록 형성될 수도 있다. 이런 식으로, 특히 높은 경도를 가짐에도 우수한 접착력을 갖는 HIPIMS 내마모 보호층이

생산 가능하다.

[0037] 본 발명에 따른 내마모 보호층과 접착층의 조합은 공구의 전체 코팅을 형성할 수도 있다. 그렇지만, 본 발명은 기재와 접착층 사이에 제공된 하나 이상의 다른 경질 재료 층 및/또는 금속 층, 바람직하게는 TiN 또는 금속 Ti 를 갖는 공구를 또한 포함한다. 또한, 하나 이상의 다른 층, 바람직하게는 TiN, TiCN, ZrN 또는 장식층을 위해 알려진 다른 경질 재료의 하나 이상의 장식층이 내마모 보호층 위에 제공될 수도 있다. 그러한 장식층은 매우 얇고, 일반적으로 0.2 내지 1 ㎛ 이고, 일반적으로 장식 기능을 갖는 것 외에, 표시자로서도 또한 기능하고, 장식층의 마모로서, 공구가 이미 사용되었는지 여부 그리고 해당되는 경우 사용 정도를 나타낸다.
낮은 마찰 표면을 갖는 다른 층들이 유리하게 또한 제공될 수도 있으며, 이 층들은 예컨대 다이아몬드형 또는 흑연형 탄소 층들의 치핑 금속 기계가공에서 향상된 칩 제거를 허용한다. 옥사이드, 예컨대 알루미늄 옥사이드 또는 알루미늄 크롬 옥사이드가 최외측 층으로서 또한 도포될 수도 있으며, 이는 마찰화학적 마모를 감소시킬 수 있다.

[0038] 본 발명은 피복 공구의 제조 방법을 또한 포함하고, 본 방법은 PVD 프로세스에 의해 1 ㎛ 내지 20 ㎛ 의 전체 두께를 갖는 다층 코팅을 경질 금속, 서멧, 세라믹, 강 또는 고속도강의 베이스 보디에 적용하는 단계로서, 상기 다층 코팅은 접착층 및 그 바로 위에 성막된 내마모 보호층을 포함하는, 상기 적용하는 단계를 포함하고,

[0039] 상기 접착층은 다층 디자인을 갖도록 반응성 또는 비반응성 음극 진공 아크 기상 증착 (아크 PVD) 에 의해 성막되고, 하나 위에 다른 하나가 직접 각각 배치된 접착층의 2 개의 층들은 상이한 조성을 갖고, 접착층의 다중 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 형성되고,

[0040] 상기 내마모 보호층은 단층 또는 다층 디자인을 갖도록 고전력 충격 마그네트론 스퍼터링 (HIPIMS) 에 의해 성막되고, 상기 내마모 보호층의 하나 이상의 층들은 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Al, Si, Y, Li 및 B 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 카바이드, 나이트라이드, 옥사이드, 카보나이트라이드, 옥시카바이드, 카복시나이트라이드, 및 그의 고용체로부터 각각 형성된다.

[0041] 본 발명에 따른 방법의 바람직한 실시형태에서, 접착층의 층들은 Ti, Al, Si, 및 Cr 로부터 선택된 적어도 2 개의 상이한 금속들의 나이트라이드 또는 카보나이트라이드로부터, 바람직하게는 AlCrN, AlCrSiN, TiAlN, TiAlSiN, 및 TiSiN 로부터, 특히 바람직하게는 TiAlN 로부터 각각 형성된다.

[0042] 이미 위에서 설명한 바와 같이, 한편으로 기재 또는 접착층 아래의 층으로부터 접착층으로의 전이부와 다른 한편으로 접착층으로부터 HIPIMS 내마모 보호층으로의 전이부의 기계적 특성, 특히 경도 (비커스 경도) 사이에 가능한 한 작은 차이가 존재하는 것이 유리하다. 다중 접착층의 성막 중에 성막 파라미터를 변화시킴으로써, 특히 바이어스 전위를 변화시킴으로써, 접착층 내의 경도가 접착층에 대한 HIPIMS 내마모 보호층의 접착을 향상시키도록 넓은 범위에 걸쳐 변화될 수 있다. 단층 접착층에서, 이는 본 발명의 정도로 가능하지 않을 것이다.

[0043] 그러므로, 본 발명에 따른 방법의 바람직한 실시형태에서, 다층 접착층의 성막을 위한 성막 파라미터는, 다층 접착층 내에서, 비커스 경도가 기재로부터 내마모 보호층으로의 방향으로 기재 표면에 수직으로 증가하도록 변화되고, 다층 접착층 내의 비커스 경도는 1800 HV 내지 3500 HV, 바람직하게는 2000 HV 내지 3300 HV 이고, 다층 접착층의 성막 중에 변화되는 성막 파라미터는 적어도 바이어스 전위를 포함한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] **예**

[0045] 6-플랜지 PVD 설비 HTC1000 (Hauzer, Venlo, 네덜란드) 에서 본 발명에 따른 코팅들을 제조하였다. 회전 테이블에서 기재들을 회전시켰다. HIPIMS 프로세스를 위해, 미국의 Mansfield 의 Zpulser LLC 에 의해 생성된 플라스마를 사용하였다. 예에서 나타낸 코트 두께 및 층 두께 및 경도 값과 E 계수 값은 피복 공구의 플랭크면에서 각각 측정되었다.

[0046] 여기서 HIPIMS 프로세스에서 인가된 펄스 시퀀스 (펄스 파일 60) 는 다음의 시퀀스를 포함한다:

[0047] 1. 5x 34 μs / 6 μs (온 / 오프)

[0048] 2. 3x 24 μs / 6 μs (온 / 오프)

[0049] 3. 4x 14 μs / 8 μs (온 / 오프)

[0050] 4. 50x 10 μs / 12 μs (온 / 오프)

[0051] **예 1**

[0052] 기재:

[0053] 경질 금속: WC (고운 그레인) - 10 중량% Co

[0054] 비커스 경도: 2000 HV

[0055] E 계수: 500 GPa

[0056] 접착층 (다층):

[0057] 프로세스: 아크 PVD

[0058] 타깃: (1) TiAl (50:59), 100 ㎜ 직경, 반응기 위치 2

[0059] (2) TiAl (33:67), 100 ㎜ 직경, 반응기 위치 5 (반대편)

[0060] 성막 파라미터

[0061] 증발기 전류: 140 A

[0062] 중앙 자석 극성 북쪽 전방 (north front)

[0063] 총 압력: 3 분간 4 로부터 10 PA N_2 로의 구배

[0064] 바이어스 전위: DC, 3 분간 40 으로부터 60 V 로의 구배

[0065] 내마모 보호층 (단층):

[0066] 프로세스: HIPIMS

[0067] 타깃: TiAlN (33:67), 1800 x 200 ㎜, 반응기 위치 3 및 6 (반대편)

[0068] 성막 파라미터

[0069] 평균 전력: 12 kW (타깃 당)

[0070] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0071] 피크 전력: 130 kW

[0072] 피크 전류: 160 A

[0073] 주파수: 110 Hz

[0074] 펄스 파일: 60

[0075] 주어진 값들은 기재 테이블이 이동됨에 따라 플라스마 조건들이 일정하게 변하므로 평균값들이다.

[0076] 성막된 접착층은 0.2 ㎛ 의 총 두께를 가졌고, 교호식으로 상이한 조성 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 및 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ (사용된 타깃들의 조성에 해당함) 을 갖는 약 6 TiAlN 개별 층들로 구성되었다. 그러므로, 접착층의 개별 층들은 각각

약 33 ㎚ 의 두께를 가졌다. 층의 성막 동안의 바이어스 전위의 점진적인 변화 (증가) 로 인해, 성막된 접착층의 비커스 경도가 기재로부터 바깥쪽으로의 방향으로 40 V 바이어스 전위에서의 2200 HV 로부터 60 V 바이어스 전위에서의 2900 HV 까지 증가하였다. 접착층 내의 E 계수는 40 V 바이어스 전위에서의 450 GPa 로부터 60 V 바이어스 전위에서의 480 GPa 까지 증가하였다. 따라서 제조된 층들에서 경도와 E 계수의 특성들을 측정하였지만, 그들의 성막 동안에 본원에서 변화된 파라미터들은 일정하게 유지되었고, 예컨대, 단지 수 나노미터의 얇은 층 범위에서는 비커스 경도 및 E 계수의 측정이 불가능하므로, 40 V 의 일정한 바이어스 전위가 유지되었다.

[0077] HIPIMS 프로세스에서 성막된 내마모 보호층은 2 ㎛ 의 총 두께를 가졌고, $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ (사용된 타깃의 조성에 해당함) 으로 구성되었다. 내마모 보호층의 비커스 경도는 3300 HV 이었고 E 계수는 480 GPa 이었다.

[0078] **예 2:**

[0079] 이 예에서, 예 1 과 동일한 기재를 사용하였다. 다층 접착층의 경우, 먼저 제 1 단계 (1) 에서, 약 50 ㎚ 의 두께를 갖는 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 층을 70 V 의 바이어스 전위에서 성막시켰고, 후속하여 제 2 단계 (2) 에서, 교호식으로 상이한 조성들 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 및 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 을 갖는 약 6 TiAlN 개별 층들 (개별 층 두께 약 33 ㎚) 로 이루어지고 약 0.2 ㎛ 의 두께를 갖는 층 시퀀스를 100 V 의 바이어스 전위에서 성막시켰다.

[0080] 접착층 (다층):

[0081] 프로세스: 아크 PVD

[0082] 단계 1

[0083] 타깃: TiAl (50:50), 100 ㎜ 직경, 반응기 위치 2

[0084] 성막 파라미터

[0085] 증발기 전류: 150 A

[0086] 중앙 자석 극성 북쪽 전방

[0087] 총 압력: 4,5 Pa N_2

[0088] 바이어스 전위: DC, 70 V

[0089] 단계 2

[0090] 타깃: (1) TiAl (33:67), 100 직경, 반응기 위치 5

[0091] (2) TiAl (50:50), 100 직경, 반응기 위치 2 (반대편)

[0092] 성막 파라미터

[0093] 증발기 전류: 140 A

[0094] 중앙 자석 극성 북쪽 전방

[0095] 총 압력: 3 분간 4 로부터 10 PA N_2 로의 구배

[0096] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0097] 내마모 보호층 (다층):

[0098] 프로세스: HIPIMS

[0099] 타깃: (1) TiAl (33:67), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 3

[0100] (2) TiAl (50:50), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 6 (반대편)

[0101] 성막 파라미터

[0102] 평균 전력: 12 kW (타깃 당)

[0103] 바이어스 전위: DC, 90 V

[0104] 피크 전력: 타깃 (1): 130 kW; 타깃 (2): 140 kW

[0105] 피크 전류: 타깃 (1): 160 A; 타깃 (2): 170 A

[0106] 주파수: 타깃 (1): 110 Hz; 타깃 (2): 100 Hz

[0107] 반응성 가스: 180 sccm N_2, 조절된 압력, 0.53 Pa (500 sccm Ar)

[0108] 펄스 파일: 60

[0109] 주어진 값들은 기재 테이블이 이동됨에 따라 플라스마 조건들이 일정하게 변하므로 평균값들이다.

[0110] 단계 2 에서 성막된 접착층의 층 시퀀스의 비커스 경도는 3000 HV 이었고, E 계수는 480 GPa 이었다.

[0111] 70 V 의 바이어스 전위에서 단계 1 에서 성막된 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 층의 비커스 경도는 더 큰 두께를 갖는 상응하게 제조된 층에서 측정되었다. 비커스 경도는 2900 HV 이었고 E 계수는 470 GPa 이었다.

[0112] 이로써, 기재의 경도로부터 단계 2 에 성막된 교호 층 라미네이트의 더 높은 경도로의 점진적인 전이가 제공되었다.

[0113] HIPIMS 프로세스에서 성막된 내마모 보호층은 2.7 ㎛ 의 전체 층 두께를 가졌고, 교호식으로 상이한 조성들 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 및 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ (사용된 타깃의 조성들에 해당함) 을 갖는 약 760 TiAlN 개별 층들로 구성되었다. 따라서, 내마모 보호층의 개별 층들은 각각 약 3.5 ㎚ 의 두께를 가졌다. 내마모 보호층의 비커스 경도는 3300 HV 이었고, E 계수는 480 GPa 이었다.

[0114] **예 3:**

[0115] 이 예에서, 예 1 과 동일한 기재가 사용되었다. 예 2 에서처럼 다층 접착층을 성막시켰다.

[0116] 다층 내마모 보호층의 경우, 먼저 제 1 단계 (1) 에서 약 10 ㎚ 의 두께를 갖는 $Ti_{0.4}Al_{0.6}N$ 층을 성막시켰고, 제 2 단계 (2) 에서, 교호식으로 상이한 조성들 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 및 $Ti_{0.4}Al_{0.6}N$ 을 갖고 약 0.16 ㎛ 의 두께를 갖는 TiAlN (개별 층 두께 약 20 ㎚) 의 약 8 개별 층들로 이루어진 층들의 시퀀스를 성막시켰고, 제 3 단계 (3) 에서, 교호식으로 상이한 조성들 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 및 $Ti_{0.4}Al_{0.6}N$ 을 갖고 약 1.9 ㎛ 의 두께를 갖는 TiAlN (개별 층 두께 약 80 ㎚) 의 약 24 개별 층들로 이루어진 층들의 시퀀스를 성막시켰다. 마지막으로, HIPIMS 프로세스에서 80 ㎚ 의 두께를 갖는 장식층을 적용하였다.

[0117] 내마모 보호층 (다층):

[0118] 프로세스: HIPIMS

[0119] 단계 1

[0120] 타깃: TiAlN (40:60), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 6

[0121] 성막 파라미터

[0122] 평균 전력: 12 kW

[0123] 바이어스 전위: DC, 150 V

[0124] 피크 전력: 140 kW

[0125] 피크 전류: 170 A

[0126] 주파수: 100 Hz

[0127] 반응성 가스: 220 sccm N_2, 약 0.54 Pa (500 sccm Ar 에서) 에 해당함

[0128] 펄스 파일: 60

[0129] 단계 2

[0130] 타깃: (1) TiAl (33:67), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 3

[0131] (2) TiAl (40:60), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 6 (반대편)

[0132] 성막 파라미터

[0133] 평균 전력: 115 kW (per 타깃)

[0134] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0135] 피크 전력: 타깃 (1): 135 kW; 타깃 (2): 140 kW

[0136] 피크 전류: 타깃 (1): 220 A; 타깃 (2): 220 A

[0137] 주파수: 타깃 (1): 100-120 Hz; 타깃 (2): 90-110 Hz

[0138] 반응성 가스: N_2, 조절된 압력 0.53 Pa (500 sccm Ar 에서)

[0139] 펄스 파일: 60

[0140] 단계 3

[0141] 타깃: (1) TiAl (33:67), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 3

[0142] (2) TiAl (40:60), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 6 (반대편)

[0143] 성막 파라미터

[0144] 평균 전력: 15 kW (타깃 당)

[0145] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0146] 피크 전력: 타깃 (1): 135 kW; 타깃 (2): 140 kW

[0147] 피크 전류: 타깃 (1) 170 A; 타깃 (2): 170 A

[0148] 주파수: 타깃 (1): 140 Hz; 타깃 (2): 125 Hz

[0149] 반응성 가스: N_2, 조절된 압력 0.53 Pa (500 sccm Ar 에서)

[0150] 펄스 파일: 60

[0151] 장식층

[0152] 타깃: TiAl (33:67), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 3

[0153] 성막 파라미터

[0154] 평균 전력: 12 kW

[0155] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0156] 피크 전력: 135 kW;

[0157] 피크 전류: 170 A;

[0158] 주파수: 110 Hz;

[0159] 반응성 가스: 유동 220 sccm N_2, 약 0.54 Pa (에서 500 sccm Ar) 에 해당함

[0160] 펄스 파일: 60

[0161] HIPIMS 프로세스에서 성막된 다층 내마모 보호층의 경도는 3700 HV 이었고, E 계수는 510 GPa 이었다.

[0162] **비교예 1:**

[0163] 이 비교예에서, 예 1 과 동일한 기재에 HIPIMS 에 의해 TiAlN 의 단층 내마모 보호층을 성막시켰다.

[0164] 내마모 보호층:

[0165] 프로세스: HIPIMS

[0166] 타깃: 2x TiAl (33:67), 1800 x 200 ㎜, 반응기 위치 3 및 6

[0167] 성막 파라미터

[0168] 평균 전력: 12 kW (per 타깃)

[0169] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0170] 피크 전력: 130 kW

[0171] 피크 전류: 160 A

[0172] 주파수: 110 Hz

[0173] 펄스 파일: 60

[0174] 주어진 값들은 기재 테이블이 이동됨에 따라 플라스마 조건들이 일정하게 변하므로 평균값들이다.

[0175] HIPIMS 프로세스에서 성막된 단층 TiAlN 층은 2.2 ㎛ 의 전체 층 두께 및 조성 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ (사용된 타깃의 조성에 해당함) 을 가졌다. 내마모 보호층의 비커스 경도는 3300 HV 이었고, E 계수는 480 GPa 이었다. HIPIMS 층은 매우 낮은 표면 조도를 나타내었지만, 기재에서의 불량한 접착으로 인해 낮은 수명을 나타내었다.

[0176] **비교예 2:**

[0177] 이 비교예에서, 아크 PVD 에 의해 0.6 ㎛ 의 두께를 갖는 TiAlN 의 단층 접착층을 먼저 적용하였고, 비교예 1 에서처럼 HIPIMS 에 의해 2 ㎛ 의 두께를 갖는 단층 TiAlN 내마모 보호층을 위에 성막시켰다.

[0178] 접착층:

[0179] 프로세스: 아크 PVD

[0180] 타깃: TiAl (50:50), 100 ㎜ 직경, 반응기 위치 2

[0181] 성막 파라미터

[0182] 증발기 전류: 140 A

[0183] 중앙 자석 극성 북쪽 전방

[0184] 총 압력: 3 분간 4 로부터 10 PA N_2 로의 구배

[0185] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0186] 내마모 보호층:

[0187] 프로세스: HIPIMS

[0188] 타깃: TiAl (33:67), 1800 x 200 ㎜ 직경, 반응기 위치 3 및 6 (반대편)

[0189] 성막 파라미터

[0190] 평균 전력: 12 kW (타깃 당)

[0191] 바이어스 전위: DC, 100 V

[0192] 피크 전력: 130 kW

[0193] 피크 전류: 160 A

[0194] 주파수: 110 Hz

[0195] 펄스 파일: 60

[0196] 주어진 값들은 기재 테이블이 이동됨에 따라 플라스마 조건들이 일정하게 변하므로 평균값들이다.

[0197] 접착층의 비커스 경도는 2400 HV 이었고, E 계수는 450 GPa 이었다. HIPIMS 프로세스에서 성막된 단층 TiAlN 층은 비교예 1 에 따른 것에 해당한다. 비교예 2 에 따른 코팅은 본 발명에 따른 코팅에 비교할만한 표면 조도를 가졌지만, 훨씬 더 짧은 수명을 가졌다.

[0198] **비교예 3:**

[0199] 이 비교예에서, 교호식으로 상이한 조성들 $Ti_{0.5}Al_{0.5}N$ 및 $Ti_{0.33}Al_{0.67}N$ 을 갖는 약 500 TiAlN 개별 층들 (개별 층 두께 약 5 nm) 로 이루어지고 약 2.5 ㎛ 의 두께를 갖는 층들의 다층 시퀀스를 아크 PVD 에 의해 성막시켰지만, 위에 어떠한 추가 층을 갖지 않는다. 전술한 예들 및 비교예들과 대조적으로, 오로지 Innova (Balzers, Balzers, 리히텐슈타인) 의 음극 진공 아크 증발 (아크 PVD) 을 위해 설계된 시설을 사용하였다.

[0200] 층:

[0201] 프로세스: 아크 PVD

[0202] 타깃: (1) TiAl (50:50) 서플라이 Mag10, 160 ㎜ 직경, 반응기 위치 1, 2, 3, 6

[0203] (2) TiAl (33:67), 서플라이 Mag6, 160 ㎜ 직경, 반응기 위치 4, 5

[0204] 성막 파라미터

[0205] 증발기 전류: 각각 160 A

[0206] 총 압력 : 4 Pa N_2

[0207] 바이어스 전위: DC, 60 V

[0208] 다층의 층의 비커스 경도는 3200 HV 이었고, E 계수는 460 GPa 이었다. 층의 표면 조도는 매우 높았다.