

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0104172 (43) 공개일자 2014년08월28일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C23C 8/36 (2006.01) C23C 14/32 (2006.01)		(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(21) 출원번호	10-2013-0018024	(72) 발명자 이종무 경기 고양시 일산동구 산두로 128, 912동 303호 (정발산동, 밤가시마을건영빌라9단지아파트)
(22) 출원일자	2013년02월20일	박성훈 인천 부평구 부일로113번길 11, 105동 307호 (부개동, 대동아파트)
심사청구일자	2013년02월20일	안소연 인천 남동구 구월남로 60, (구월동)
		(74) 대리인 이원희

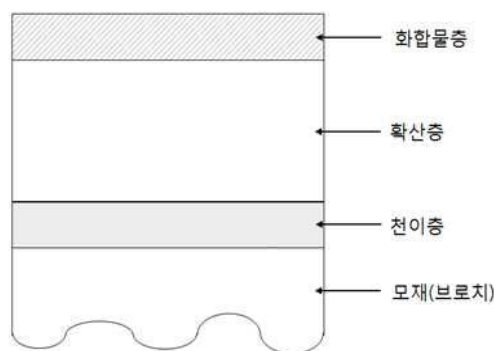
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **절삭 공구의 내마모성 향상방법 및 이에 따라 내마모성이 향상된 절삭 공구**

(57) 요약

본 발명은 절삭 공구의 내마모성 향상방법 및 이에 따라 내마모성이 향상된 절삭 공구에 관한 것으로, 상세하게는 절삭공구 표면을 이온질화시키는 단계(단계 1); 및 상기 단계 1에서 이온질화된 절삭 공구 표면을 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition, PVD)을 통해 경질 박막을 코팅하는 단계(단계 2);를 포함하며, 상기 단계 1의 이온질화 및 단계 2의 코팅이 플라즈마 소스가 구비된 하나의 장치 내에서 연속적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법을 제공한다. 본 발명에 따른 내마모성 향상방법은 이온질화 및 경질 박막 코팅을 통해 브로치 커터와 같은 절삭 공구의 내마모성을 향상시킬 수 있으며, 특히 이온질화 및 코팅을 플라즈마 소스 장치와 같은 하나의 장치 내에서 수행할 수 있어 제조공정이 간소화되는 효과가 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	46565-1
부처명	교육과학기술부
연구사업명	산학협력 선도대학(LINC) 육성사업
연구과제명	[LINC사업 기술개발과제] Broach의 내마모성 향상을 위한 이온질화+PVD 코팅 하이브리드
공정기술 개발	
기 여 율	1/1
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2012.09.01 ~ 2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

절삭공구 표면을 이온질화시키는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 이온질화된 절삭 공구 표면을 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition, PVD)을 통해 경질 박막을 코팅하는 단계(단계 2);를 포함하며,

상기 단계 1의 이온질화 및 단계 2의 코팅이 플라즈마 소스가 구비된 하나의 장치 내에서 연속적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 소스는 아크 플라즈마인 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 이온질화는 530 내지 550 °C의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 이온질화는 1.2 내지 1.8 W/cm²의 전력을 인가하여 발생시킨 플라즈마를 통해 수행되는 것을 특징으로 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 이온질화는 수소(H₂)와 질소(N₂)의 혼합가스를 이용하여, 20 내지 40 부피%인 혼합가스의 비율(N₂/(N₂+H₂))로 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 이온질화는 상기 단계 2의 코팅은 2 내지 10 Torr의 압력 하에서 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 이온질화는 2 내지 10 시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 경질 박막은 질화티타늄(TiN), 질화크롬(CrN), 질화 알루미늄 크롬(CrAlN), 및 질화 알루미늄 실리콘 크롬(CrAlSiN)으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법.

청구항 9

제1항에 따른 내마모성 향상방법을 통해 이온질화처리됨에 따라 그 표면으로 순차적으로 형성된 천이층(transition zone), 확산층(diffusion zone) 및 화합물층(compound zone)을 포함하는 내마모성이 향상된 절삭 공구.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 천이층의 두께는 0.3 내지 1.0 μm 이고, 상기 확산층의 두께는 200 내지 500 μm 이며, 상기 화합물층의 두께는 3 μm 이하인 것을 특징으로 하는 내마모성이 향상된 절삭 공구.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 절삭 공구는 1000 내지 1500 Hv의 표면 경도를 나타내는 것을 특징으로 하는 내마모성이 향상된 절삭 공구.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 절삭 공구의 내마모성 향상방법 및 이에 따라 내마모성이 향상된 절삭 공구에 관한 것으로, 상세하게는 이온질화 및 질화물층의 코팅을 하나의 장치 내에서 수행하여 절삭 공구의 내마모성을 향상시키는 방법 및 이에 따라 내마모성이 향상된 절삭 공구에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 도 1은 절삭공구의 일종인 브로치 커터(BROACH CUTTER)를 도시한 사진으로서, 상기 브로치 커터는 황삭날과 정삭날 등 다수의 날을 순차적으로 조합하여 만든 절삭공구로서 브로치 장비에 장착하여 사용하는 성형법의 대표적인 공구이다. 이러한 브로치 커터는 주로 고속도 공구강(예를 들어, AISI-M2; SKH55)으로 만들어지는데, 브로치 커터의 수명을 증가시키기 위하여 날(바이트, bite) 표면에 경질 박막을 코팅하는 것이 필수적이다. 또한, 상기 경질 박막을 코팅 전에 도 2의 사진에서 나타낸 바와 같이 브로치 커터의 표면을 질화(nitridation) 처리하거나, 또는 탄화(carburization) 처리함으로써 날 표면의 내마모성을 증가시킬 수 있으며, 이를 통해 브로치 커터의 수명을 증대시키는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다.

[0003] 한편, 브로치 커터를 국내에서 생산하기 시작한 것은 불과 수년 전부터이며, 국내 생산업체들에서는 스플라인(SPLINE) 브로치를 비롯하여 각종 브로치를 생산하고 있으나 불량률이 높고, 브로치 전 제작공정 중에 선반, 외경연마, 치형 연삭 등은 자체적으로 공정 처리하고 있으나 질화처리 및 코팅 등 표면처리 공정은 외주(일본, 독일)처리 하고 있다. 또한, 국내에 일부 열처리 가공업체가 있으나 1,500 mm 이하의 소형 브로치만을 열처리 할 수 있는 수준이며, 코팅공정 역시 일본, 독일 등으로 보내어서 외주 처리로 할수 밖에 없기 때문에 가격 경쟁력이 떨어지는 문제가 있고, 질화 공정 역시 전문 처리 회사로 보내어 공정 처리하고 있는 실정이다.

[0004] 순철 혹은 저탄소강은 질화 처리를 하여도 표면이 그다지 경화되지 않지만, Al, Cr, Ti, Mo등 질화물을 형성하기 쉬운 합금원소를 포함한 강을 질화 처리하는 경우, 1100 Hv 이상의 높은 표면 경도를 얻을 수 있다. 이와 같이 질화법은 강의 표면으로부터 내부에 질소원자를 확산·침투시켜 강의 내마모성, 내피로성 및 내부식성 등을 부여하는 표면경화법의 일종이다. 통상적인 철강의 질화 처리법으로는 1923년 독일의 Fry가 개발한 암모니아가스분해에 의한 질화법이 있다. 이는 암모니아 가스 속에서 강철을 500 내지 550 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 장시간 가열함으로

써 암모니아가스 분해에 의해 생긴 원자상 질소로 표면에 딱딱한 질화물을 만드는 표면경화법이다. 약 70년이 지난 오늘날에도 상기 암모니아 가스를 이용한 질화법이 사용되고 있지만, 처리시간이 길고, 질화 효율이 낮으며, 질화 생성물이 부서지기 쉬운 단점이 있다.

[0005] 또한, 그 외의 다른 질화법으로 터프트라이드법이 있다. 대표적인 터프트라이드법으로는 염욕연질화법(침탄질화)이나 가스연질화법이 도입된 바 있으며, 강철 질화법의 주류로서 현재도 일반적으로 사용되고 있다. 이들 터프트라이드법은 570 ℃ 부근의 저온에서 공정이 이루어지기 때문에 열처리 변형이 적다는 이점이 있지만, 시안염류를 사용하고, 암모니아를 다량으로 사용(가스연질화법)하는 등 공해 문제를 야기할 수 있기 때문에 현재는 제한적으로 사용되고 있다.

[0006] 따라서, 최근에는 질소가스를 사용하여 무공해이고 재료의 변형이 적은 플라즈마 가열/질화 공정을 이용한 이온 질화법이 각광을 받고 있다. 상기 이온질화법에 관해서는 1932년 Berghaus를 시작으로 많은 연구가 시행되었지만, 실용화에는 이르지 못했었다. 그러나, 이온질화법은 1967년 서독에서 처음으로 기업화되었고, 그 후 미국, 프랑스, 영국에서도 이온질화에 관한 연구가 활발히 이루어져 많은 연구논문들이 발표된 바 있다. 또한, 공업적인 질화장치의 개발 및 가공기술 연구도 진행되어 응용범위는 지속적으로 확대되어 가고 있다.

[0007] 한편, 대한민국 공개특허 제10-2009-0032016호에서는 코팅된 절삭 공구를 제조하는 방법이 개시된 바 있으며, 상세하게는 기재를 제공하고 음극 아크 증발 PVD 증착 공정으로 상기 기재에 코팅을 증착하는 것을 포함하고, 상기 코팅은 질화물, 산화물, 붕소화물, 탄화물, 탄질화물, 탄질산화물 또는 이들의 조합물이며, 증착 공정은 또한 코팅이 하나 이상의 별도의 중간 이온 에칭 단계를 거치는 것을 포함하는 제조방법이 개시된 바 있다.

[0008] 그러나, 상기 선행특허에서는 통상적인 질화물 막을 음극 아크 증발 PVD 증착 공정을 통해 수행하고 있을 뿐, 브로치 커터의 표면을 질화처리하는 것에 대한 기재는 개시된 바가 없다.

[0009] 이에, 본 발명자들은 브로치 커터와 같은 절삭 공구의 내마모성을 향상시키기 위한 방법을 연구하던 중, 절삭 공구의 표면 질화 및 경질의 코팅층 형성을 하나의 장치 내에서 수행할 수 있는 내마모성 향상방법을 개발하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 절삭 공구의 내마모성 향상방법 및 이에 따라 내마모성이 향상된 절삭 공구를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0012] 절삭공구 표면을 이온질화시키는 단계(단계 1); 및

[0013] 상기 단계 1에서 이온질화된 절삭 공구 표면을 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition, PVD)을 통해 경질 박막을 코팅하는 단계(단계 2);를 포함하며,

[0014] 상기 단계 1의 이온질화 및 단계 2의 코팅이 플라즈마 소스가 구비된 하나의 장치 내에서 연속적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법을 제공한다.

[0015] 또한, 본 발명은

[0016] 상기 내마모성 향상방법을 통해 이온질화처리됨에 따라 그 표면으로 순차적으로 형성된 천이층(transition

zone), 확산층(diffusion zone) 및 화합물층(compound zone)을 포함하는 내마모성이 향상된 절삭 공구를 제공한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 내마모성 향상방법은 이온질화 및 경질 박막 코팅을 통해 브로치 커터와 같은 절삭 공구의 내마모성을 향상시킬 수 있으며, 특히 이온질화 및 코팅을 플라즈마 소스 장치와 같은 하나의 장치 내에서 수행할 수 있어 제조공정이 간소화되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 절삭공구의 일례로서 브로치 커터의 사진을 나타낸 것이고;
 도 2는 표면이 이온질화처리된 브로치 커터의 사진을 나타낸 것이고;
 도 3은 절삭공구의 이온질화 및 코팅을 위한 장치의 일례를 개략적으로 나타낸 개략도이고;
 도 4는 강제 표면에 형성되는 이온질화층의 전형적인 구조를 개략적으로 도시한 그림이고;
 도 5는 강제 표면에 형성된 이온질화층을 주사전자현미경으로 관찰한 측면도(cross-sectional view scanning electron microscopic image)이고;
 도 6은 코팅시 인가되는 전력값에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 나타낸 그래프이고;
 도 7은 코팅시 적용되는 가스 조성비에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 나타낸 그래프이고;
 도 8은 코팅시의 공정온도에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 나타낸 그래프이고;
 도 9는 코팅시의 공정압력에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 나타낸 그래프이고;
 도 10은 코팅시의 공정시간에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은
 [0020] 절삭공구 표면을 이온질화시키는 단계(단계 1); 및
 [0021] 상기 단계 1에서 이온질화된 절삭 공구 표면을 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition, PVD)을 통해 경질 박막을 코팅하는 단계(단계 2);를 포함하며,
 [0022] 상기 단계 1의 이온질화 및 단계 2의 코팅이 플라즈마 소스가 구비된 하나의 장치 내에서 연속적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구의 내마모성 향상방법을 제공한다.
 [0023] 이하, 본 발명에 따른 절삭 공구의 내마모성 향상방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.
 [0024] 본 발명에 따른 절삭 공구의 내마모성 향상방법에 있어서, 단계 1은 절삭공구 표면을 이온질화시키는 단계이다.
 [0025] 전술한 바와 같이, 절삭공구의 내마모성 향상을 위해서는 표면을 질화(nitridation) 또는 탄화(carburization) 처리하는 것이 요구된다. 이에, 상기 단계 1에서는 절삭공구 표면을 이온질화처리하여 절삭 공구의 내마모성을 향상시킨다.

- [0026] 이때, 상기 단계 1의 이온질화는 플라즈마 소스가 구비된 장치, 예를 들어 아크 플라즈마 등의 플라즈마 소스 장치를 이용하여 수행될 수 있다. 또한, 더욱 바람직하게는 상기 단계 1의 이온질화는 플라즈마 유알 건(UR(Uramoto)-Gun)과 같은 아크 플라즈마를 사용하여 수행될 수 있으나, 이온질화 공정이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 또한, 상기 플라즈마 소스가 구비된 장치의 일례를 도 3에 나타내었으나, 이는 이온질화를 수행하기 위한 플라즈마 소스 장치의 바람직한 일례를 나타낸 것으로, 본 발명의 내마모성 향상방법이 상기 장치로 제한되는 것은 아니다.
- [0028] 한편, 예를 들어 상기 이온질화가 플라즈마 유알 건과 같은 아크 플라즈마를 사용하여 수행되는 경우, 상기 이온질화는 질소가스를 포함하는 고압가스 분위기 하에서 수행될 수 있으며, 강력한 플라즈마 빔(Electric Beam)으로부터 발생된 글로우 방전(Glow Discharge)을 이용하여 양극과 음극 사이에 고압의 직류전압을 인가하면, 질소는 이온화되어 절삭공구의 표면으로 충돌·확산이 진행되어 단 시간 내에 절삭공구 표면을 질화처리할 수 있다.
- [0029] 본 발명에서 내마모성을 향상시키고자 하는 브로치 커터와 같은 절삭공구는 전술한 바와 같이 일반적으로 고속도강으로 만들어진다. 질소와의 친화력이 강한 크롬(Cr) 등의 성분이 많이 포함되어 있는 고속도 공구강을 이온질화 처리하여 형성되는 질화층은 도 4의 그림을 통해 나타낸 바와 같이, 화합물층(compound zone), 확산층(diffusion zone), 및 천이층(transition zone)의 세 종류 층으로 나눌 수 있다. 이때, 가장 바깥 쪽에 위치한 화합물 층은 두께가 보통 수 μm 으로 강재를 구성하고 있는 철과 합금원소, 그리고 질소로 구성된 백색의 질화물층을 말한다. 상기 화합물층은 표면경도가 1,000 Hv 이상으로 매우 단단하지만, 충격과 고하중이 반복적으로 걸리는 절삭 공구에 대해서는 날이 깨어지게 하여 절삭 공구의 수명을 저하시킬 수 있다.
- [0030] 한편, 상기 확산층은 두께가 수백 μm 로서, 강재 내에 존재하는 합금원소들이 질소와 반응하여 형성된 미세한 질화물입자를 포함하며, 주로 강재의 결정입계에 분산 석출되어 있는 층으로서 합금층보다 경도는 더 낮지만, 날이 깨어지게 하는 것과 같은 부정적인 효과는 거의 없는 것으로 알려져 있다.
- [0031] 또한, 상기 천이층은 두께가 1 μm 이하이고, 확산층으로부터 강재로 가는 완충층 내지 중간층을 의미한다.
- [0032] 이때, 상기 세 종류의 층들 중 일반적으로 확산층과 천이층이 두껍고, 화합물층은 얇은 것이 절삭공구의 내구성을 높이는 데 유리하며, 천이층보다는 확산층의 두께가 더욱 중요한 것으로 알려져 있다.
- [0033] 아울러, 이온질화 처리 공정의 매개변수로는 공정온도, 공정시간, 공정압력, 가스 유량비 등이 있다. 이때, 이온질화 처리 공정에 인가되는 전력(power)를 증가시키면, 이온의 충돌에너지가 증가하고 온도가 상승한다. 또한, 전력을 증가시키면 따라, 강재 표면의 조도(roughness: 거친 정도)가 증가, 즉 표면이 더욱 거칠어지며, 표면의 색깔도 백색으로부터 진회색으로 변한다. 나아가, 전력을 증가시키면 따라 생성되는 화합물 층의 두께가 증가할 수 있다.
- [0034] 또한, 질화처리 공정이 수행되는 시간이 증가됨에 따라 질화층의 두께가 비교적 빠른 속도로 증가할 수 있다.
- [0035] 한편, 공정온도는 공급되는 전력을 통해 결정될 수 있으나, 이는 순전히 공급되는 전력에 의하여 온도가 결정되는 장비에서만 결정될 수 있다. 이때, 상기 단계 1의 이온질화가 별도의 히터에 공급되는 전력과, 공정챔버에 공급되는 전력이 상이한 장치에서 수행되는 경우에는 전력의 제어만으로 공정온도를 제어하는 것이 어려울 수 있다. 따라서, 전력의 제어뿐만 아니라, 공정이 수행되는 온도 역시 제어하는 것이 바람직하다.
- [0036] 이에, 본 발명에 따른 상기 단계 1에서는 1.2 내지 1.8 W/cm^2 의 전력을 인가하여 발생시킨 플라즈마를 통해 이용하여 이온질화를 수행할 수 있다.
- [0037] 상기 범위와 같은 전력이 인가됨에 따라 화합물층 두께가 증가하여 절삭 공구의 표면 경도가 증가하는 효과가

있다. 이때, 상기 단계 1의 이온질화가 1.2 W/cm^2 미만의 전력이 인가되는 조건에서 수행되는 경우에는 표면 경도가 떨어져 내마모성이 불충분한 문제가 있고, 1.8 W/cm^2 를 초과하는 전력이 인가되는 조건에서 수행되는 경우에는 표면이 거칠어지고, 화합물층 두께가 과도하게 증가하여 공구 날 끝을 잘 깨어지게 하는 문제가 있다.

[0038] 또한, 상기 단계 1의 이온질화는 상기 단계 1의 이온질화는 $\text{NH}_3\text{-N}_2$, $\text{NH}_3\text{-N}_2\text{-H}_2$, $\text{N}_2\text{-H}_2$ 등의 암모니아, 질소, 수소 등이 혼합된 혼합가스를 사용하여 수행될 수 있으며, 경우에 따라 CH_4 , C_3H_8 , CO 등의 가스를 소량 첨가하여 사용할 수 있다.

[0039] 이때, 상기 단계 1의 이온질화는 $\text{N}_2\text{-H}_2$ 혼합가스 분위기 하에서 수행되는 것이 바람직하며, 수소(H_2)와 질소(N_2)의 혼합가스를 이용하는 경우 20 내지 40 부피%의 혼합가스의 비율($\text{N}_2/(\text{N}_2+\text{H}_2)$)로 수행되는 것이 더욱 바람직하다. 상기 이온질화가 상기 혼합비율인 가스를 이용하여 수행됨에 따라 공구 날의 내마모성이 상당히 개선되는 효과가 있다.

[0040] 만약, 상기 혼합가스의 비율이 상기 범위 미만인 경우에는 내마모성의 향상 정도가 불충분한 문제가 있고, 상기 범위를 초과하는 경우에는 날의 끝 부분이 더욱 거칠어지고, 더욱 잘 깨어지는 문제가 있다.

[0041] 그러나, 상기 단계 1의 이온질화가 이에 제한되는 것은 아니며, 질화물 층을 효과적으로 형성시킬 수 있는 가스를 적절히 선택하여 사용하여 수행될 수 있다.

[0042] 아울러, 상기 단계 1의 이온질화는 2 내지 10 Torr의 압력 하에서 수행되는 것이 바람직하다. 상기 단계 1의 이온질화가 상기 압력범위에서 수행됨에 따라 공구 날의 내마모성이 상당히 개선되는 효과가 있다. 만약, 상기 단계 1의 이온질화가 2 Torr 미만의 압력에서 수행되는 경우에는 내마모성의 향상 정도가 불충분한 문제가 있고, 10 Torr를 초과하는 압력에서 수행되는 경우에는 날의 끝 부분이 더 거칠어지고, 더 잘 깨어지는 문제가 있다.

[0043] 나아가, 상기 단계 1의 이온질화는 2 내지 10 시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 단계 1의 이온질화가 상기 시간범위에서 수행됨에 따라 공구 날의 내마모성이 상당히 개선되는 효과가 있다. 만약, 상기 단계 1의 이온질화가 2 시간 미만의 시간 동안 수행되는 경우에는 내마모성의 향상 정도가 불충분한 한 문제가 있고, 10 시간을 초과하는 시간 동안 수행되는 경우에는 날의 끝 부분이 더 거칠어지고, 더 잘 깨어지는 문제가 있다.

[0044] 또한, 상기 단계 1의 이온질화는 530 내지 550 °C의 온도에서 수행되는 것이 바람직하다. 일반적으로 대부분의 철강재를 질화처리 하는 공정은 Fe-N의 이원계 상태도에서의 공석변태(eutectoid transformation temperature)에 해당하는 590 °C 이하의 온도에서 수행된다. 철강재를 공석점 이상의 온도로 가열되면, 오스테나이트 상이 나타나는데, 상기 오스테나이트 상의 존재는 표면경도에 악영향을 끼친다. 따라서, 상기 단계 1의 이온질화는 가능한 높은 온도에서 수행되되, 공석온도를 넘지 않는 공석점 이하의 온도가 바람직하며, 이에 본 발명에서는 상기 단계 1의 이온질화를 530 내지 550 °C의 온도에서 수행한다. 그러나, 상기 이온질화가 상기 온도범위로 제한되는 것은 아니며, 오스테나이트 상이 발생되지 않는 수준의 적정온도에서 수행될 수 있다.

[0045] 본 발명에 따른 절삭 공구의 내마모성 향상방법에 있어서, 단계 2는 상기 단계 1에서 이온질화된 절삭 공구 표면을 물리적 기상 증착(Physical Vapor Deposition, PVD)을 통해 경질 박막을 코팅하는 단계이다.

[0046] 상기 단계 2의 경질 박막은 일반적으로 절삭 공구의 내마모성을 향상시킬 수 있는 물질을 포함할 수 있으며, 예를 들어 상기 경질 박막은 질화티타늄(TiN), 질화크롬(CrN), 질화 알루미늄 크롬(CrAlN), 질화 알루미늄 실리콘 크롬(CrAlSiN) 등을 포함할 수 있다.

[0047] 이때, 상기 단계 2에서 코팅되는 경질 박막의 두께는 3 내지 4 μm 인 것이 바람직하나, 상기 경질 박막의 두께가 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0048] 본 발명에 따른 절삭 공구의 내마모성 향상방법은 상기 단계 1의 이온질화와, 단계 2의 경질 박막의 코팅이 하나의 장치 내에서 수행될 수 있다.
- [0049] 전술한 바와 같이, 브로치 커터와 같은 절삭 공구의 내마모성을 증가시키기 위해서는 절삭 공구의 표면을 질화처리 및 내마모성 박막의 코팅처리를 수행하는 것은 필수적이다. 본 발명의 내마모성 향상방법은 이러한 질화처리 및 내마모성 박막의 코팅을 하나의 장치 내에서 연속적으로 수행하며, 이를 통해 종래의 PVD 코팅의 장점을 모두 수용함과 동시에, 단순 PVD 공정의 한계를 뛰어 넘는 친환경적인 기술이다. 아울러, 진공을 깨뜨리지 않고 질화처리 공정과 코팅 공정을 연속적으로 실시하므로 질화층 표면에 산화층이 생성되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과 모재인 절삭 공구의 표면과 코팅층 간에 두 재료의 조성과 재질 면에서의 연속성을 갖고, 두 재료 간에 발생할 수 있는 응력을 최소화할 수 있어 모재에 대한 코팅층의 접착력이 향상될 수 있다.
- [0050] 또한, 본 발명은
- [0051] 상기 내마모성 향상방법을 통해 이온질화처리됨에 따라 그 표면으로 순차적으로 형성된 천이층(transition zone), 확산층(diffusion zone) 및 화합물층(compound zone)을 포함하는 내마모성이 향상된 절삭 공구를 제공한다.
- [0052] 이하, 본 발명에 따른 내마모성이 향상된 절삭 공구를 상세히 설명한다.
- [0053] 본 발명에 따른 내마모성이 향상된 절삭 공구는 상기 내마모성 향상방법을 통해 이온질화처리됨에 따라 그 표면에 천이층(transition zone), 확산층(diffusion zone) 및 화합물층(compound zone)을 순차적으로 포함한다.
- [0054] 이때, 상기 천이층의 두께는 0.3 내지 1.0 μm , 상기 확산층의 두께는 200 내지 500 μm , 상기 화합물층의 두께는 3 μm 이하인 것이 바람직하다. 이를 통해, 본 발명에 따른 절삭 공구의 내마모성이 더욱 향상될 수 있다. 그러나, 절삭 공구의 내마모성을 향상시킬 수 있다면, 이온질화처리됨에 따라 형성되는 상기 층들의 두께가 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0055] 아울러, 본 발명에 따른 상기 절삭 공구는 이온질화처리 및 경질 박막이 수행됨에 따라 1000 내지 1500 Hv의 표면 경도를 나타낼 수 있으며, 이와 같이 높은 표면 경도값을 나타냄에 따라 내마모성이 향상될 수 있다.
- [0056] 이하 본 발명을 실시예를 통하여 더욱 구체적으로 설명한다. 단 하기 실시예들은 본 발명의 설명을 위한 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0057] <실시예 1>
- [0058] 단계 1 : AISI-M2 재질인 브로치 커터 표면을 이온질화시켜 0.5 μm 의 천이층, 350 μm 의 확산층, 250 μm 인 화합물층을 브로치 커터 표면에 형성시켰다.
- [0059] 이때, 상기 이온질화는 도 3의 그림을 통해 도시한 장치를 이용하여 수행되었으며, 상기 이온처리는 전력: 1.6 W/cm^2 , 가스 조성비: $\text{N}_2/(\text{N}_2+\text{H}_2) = 60 \%$, 공정온도 : 550 $^{\circ}\text{C}$, 공정압력 : 6 Torr, 공정시간 : 4 시간의 조건 하에서 수행하였다.
- [0060] 단계 2 : 상기 단계 1에서 이온질화처리된 브로치 커터 표면으로 경질 박막인 질화 알루미늄 크롬 (CrAlN) 을 3.5 μm 의 두께로 코팅하였다.
- [0061] 이때, 상기 경질 박막의 코팅은 단계 1과 동일하게 도 3에 도시한 장치를 이용하여 수행되었다.

- [0062] 아울러, 상기 실시예 1에 따라 이온질화 및 경질 박막의 코팅이 수행된 브로치 커터의 계면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진을 도 5에 나타내었다. 이때, 도 5의 좌측에서 진회색을 나타내는 것이 이온질화 처리가 수행되어 형성된 질화물층이다.
- [0063] 분석
- [0064] 전술한 바와 같이 이온질화 처리 공정의 매개변수에는 인가전력, 공정온도, 공정시간, 공정압력, 가스 유량비 등이 있다. 이에, 이러한 공정의 매개변수에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 주사전자현미경 분석 및 비커스 경도 측정(Vickers hardness test) 방법을 통해 수행하였다.
- [0065] (1) 인가되는 전력에 따른 분석
- [0066] 이온질화 공정으로 인가되는 전력을 증가시키며 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 분석하였고, 그 결과를 도 6에 나타내었다.
- [0067] 도 6에 나타낸 바와 같이, 인가되는 전력을 증가시킴에 따라, 화합물 층 및 확산층의 두께가 증가하는 것으로 나타났다. 이때, 인가되는 전력이 증가됨에 따라 화합물 층과 확산층의 두께가 증가되는 정도는 점차 감소되는 것으로 나타났으며, 인가되는 전력을 증가시킴에 따라 표면 경도 값이 증가하는 것으로 나타났다.
- [0068] (2) 가스 유량비에 따른 분석
- [0069] 이온질화 공정에 사용되는 가스의 유량비에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 분석하였고, 그 결과를 도 7에 나타내었다.
- [0070] 도 7에 나타낸 바와 같이, 이온질화 공정에 사용되는 가스 중 질소 가스의 비율이 증가할수록 화합물 층과 확산층의 두께가 증가하는 것을 알 수 있다. 이때, 질소 가스에 따른 두께 변화는 화합물 층의 변화가 확산층보다 더욱 큰 것을 알 수 있다.
- [0071] 또한, 이온질화 공정에 사용되는 가스 중 질소 가스의 비율이 증가할수록 표면 경도 값이 증가하는 것으로 나타났다.
- [0072] (3) 온도에 따른 분석
- [0073] 이온질화 공정이 수행되는 공정온도에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 분석하였고, 그 결과를 도 8에 나타내었다.
- [0074] 도 8에 나타낸 바와 같이, 공정온도가 증가함에 따라 화합물층과 확산층의 두께가 모두 증가하며, 그 결과 강재의 표면경도가 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0075] 또한, 이온질화 공정의 공정온도가 증가할수록 표면 경도 값이 증가하는 것으로 나타났다. 600 ℃의 온도에서 이온질화 공정이 수행되는 경우에는 오히려 표면경도가 감소하는 것을 알 수 있으며, 이는 전술한 바와 같이 공석점 이상의 온도로 가열이 수행됨에 따라 오스테나이트 상이 나타났기 때문임을 알 수 있다.
- [0076] (4) 압력에 따른 분석
- [0077] 이온질화 공정이 수행되는 공정압력에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 분석하였고, 그 결과를 도 9에 나타내었다.
- [0078] 도 9에 나타낸 바와 같이, 공정압력이 증가함에 따라 화합물층의 두께가 증가하는 것을 알 수 있다. 반면, 확산층의 두께는 공정압력이 증가하여도 변화가 없는 것을 알 수 있다.
- [0079] 또한, 이온질화 공정의 공정압력이 증가할수록 화합물층 두께가 증가함에 따라 표면 경도 값 역시 증가하는 것

으로 나타났다.

[0080] (5) 시간에 따른 분석

[0081] 이온질화 공정이 수행되는 공정시간에 따른 화합물층(compound layer)과 확산층(diffusion layer)의 두께 변화 및 절삭공구의 표면경도 변화를 분석하였고, 그 결과를 도 10에 나타내었다.

[0082] 도 10에 나타낸 바와 같이, 이온질화 공정이 수행되는 시간이 증가함에 따라 화합물층과 확산층의 두께가 증가하는 것을 알 수 있다. 이때, 공정시간에 증가함에 따라 층 두께의 증가속도는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 즉, 이온질화 공정 초기에는 층 두께가 시간에 비례하여 직선적으로 증가하였지만, 공정시간이 계속 증가함에 따라 층 두께의 증가가 둔화되는 경향을 나타내었다.

[0083] 또한, 이온질화 공정의 공정시간이 증가할수록 화합물층 두께가 증가함에 따라 표면 경도 값 역시 증가하는 것으로 나타났다.

도면

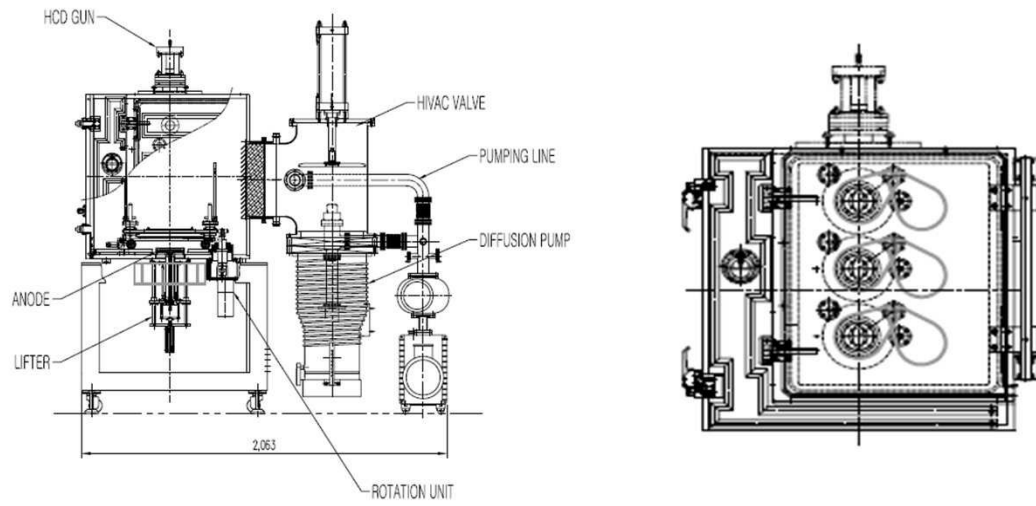
도면1



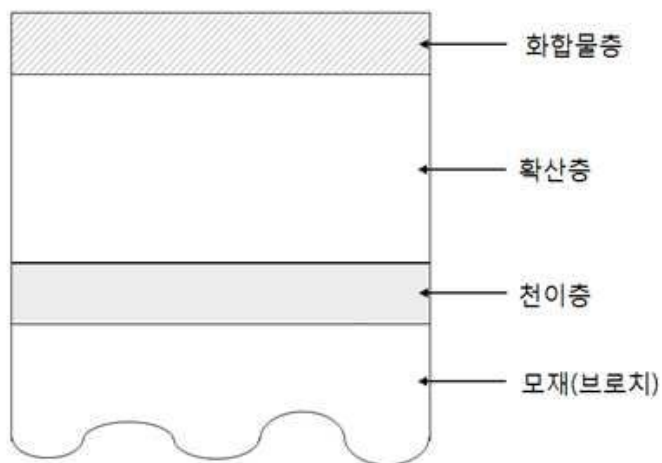
도면2



도면3



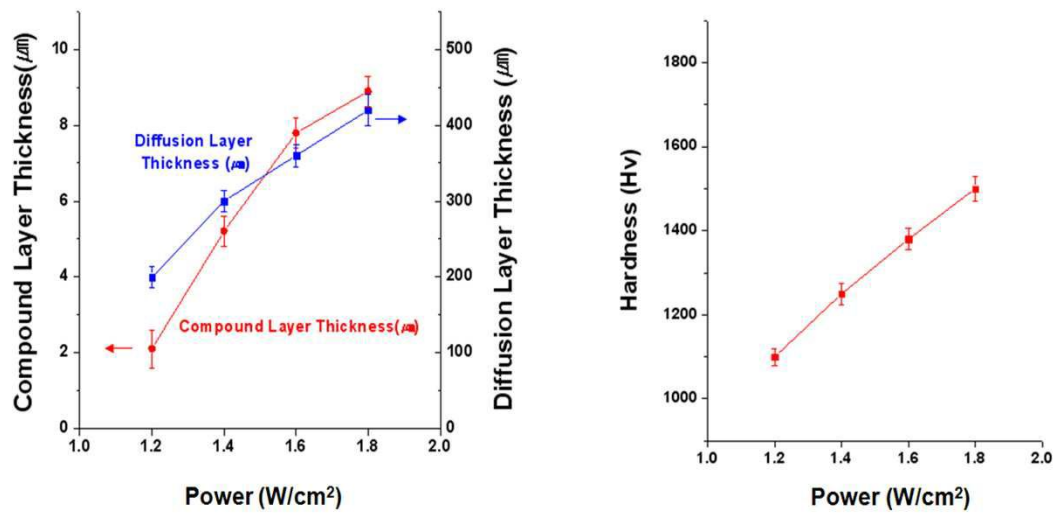
도면4



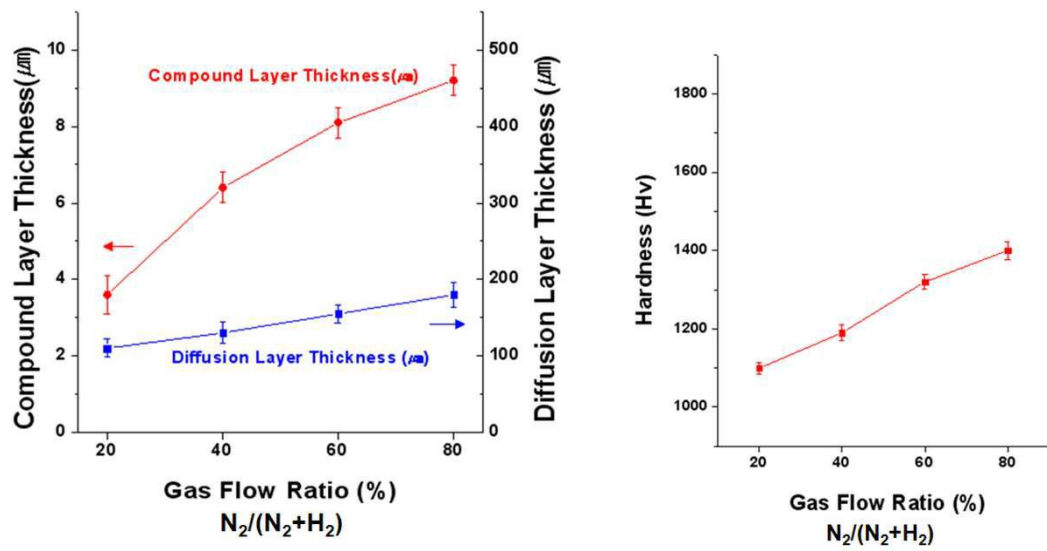
도면5



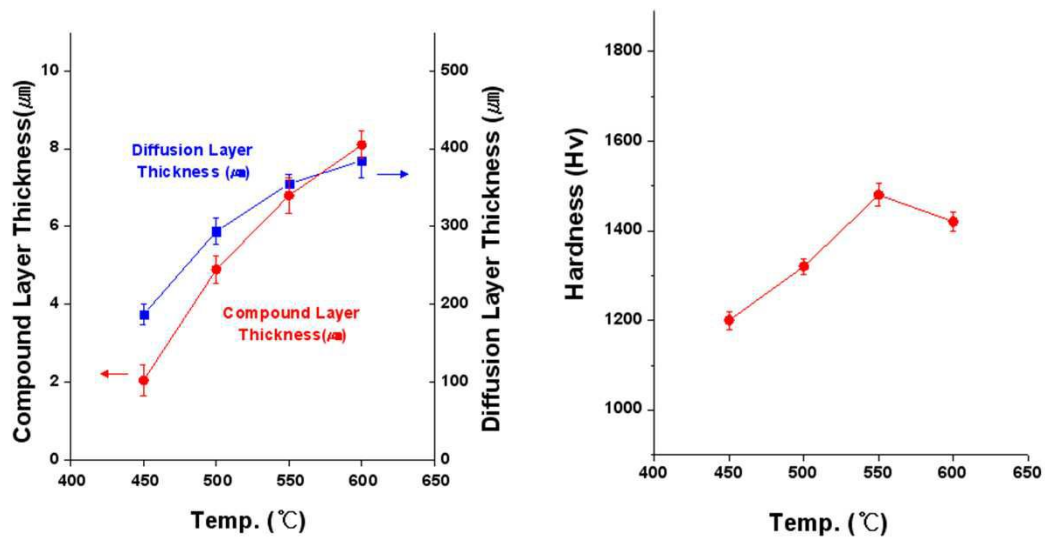
도면6



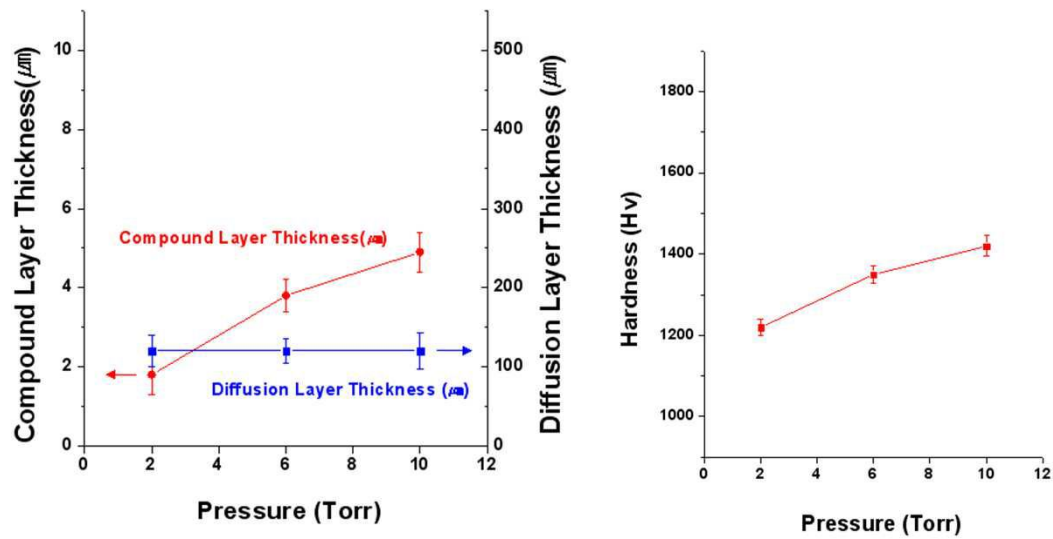
도면7



도면8



도면9



도면10

