

금형의 표면경화기술

문영훈* · 백운승**

*부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구센터

**한국기계연구원 표면기술연구부/ 엘트론 산업

Surface Hardening Technology for Die Materials

M. Y. Hoon and B. W. Seung

*Engineering Research Center for Net Shape and Die Manufacturing

**KIMM Thin Films Processing Lab./ELTRON

1. 서 론

많은 기계부품들은 재료의 상호 상반되는 성질을 요구하는 경우가 많다. 즉, 재료의 접촉부분에서는 내마모성을 위해 높은 경도를 요구하는 반면, 재료의 내부는 취성파괴에 대한 안전성 확보를 위해 높은 인성을 요구하기 경우가 그 예가 될 수 있다. 이러한 상반된 물성을 필요로 하는 부품에는 대표적으로 금형을 들 수 있으며 그 외에도 crank shaft, cam 및 female spline, gear, bolt, coupler, chain, tracked pinion 등이 있다. 이러한 상반된 물성을 동시에 만족시키기 위해 여러 종류의 표면경화법[1-14]이 개발된 바 있으며 부품의 형상과 크기, 수량과 재료에 따라서 경제적인 처리방법이 선택되어 왔다. 기존에 널리 사용되는 방법으로는 경화원소를 확산에 의해 표면에 침투시킴으로써 경질의 박막을 얻는 방법을 들 수 있으며, 강의 경우 quenching 경화에 의해 경질 martensite를 표면에 생성시키는 방법이 사용된다. 표면 경화법을 쓰게되면 부품의 표면경도와 더불어 높은 피로강도를 얻을 수 있으며 표면에는 quenching 또는 질화등에 의해 재료의 체적증가가 수반되므로 표면에 압축응력이 부여된다. 본 내용에서는 근래 새로운 표면경화법으로 부각되고 있는 물리증착법이라고 불리는 PVD(Physical Vapor Deposition) 코팅법[1-2]을 이용한 금형의 성능향상기술[3-4]을 소개하고자 한다. PVD는 주로 진공에서 열원이나 충격원에 의하여 금속이나 세라믹 소자에 코팅하는 것을 말한다. 일반적으로 증발된 물질이 코팅될 때 금속으로 코팅되는 경우는 기능성 박막으로 사용되는 경우를 제외하고는 드물고, 반응가스가 증발금속과 반응하여 세라믹으로 코팅되는 것

이 일반적이다. PVD 코팅은 여러 가지 기술로 나눌 수 있는데 이중에서도 이온플레이팅 기술[5-6]은 기계산업에 매우 중요한 기여를 하는 중요한 분야이다.

이온플레이팅 기술은 1960년대 초반 Mattox[7]가 2극 이온플레이팅 장치를 개발한 이래 1970년대에는 증발원의 방법과 장치의 개발이 이루어졌고, 1980년대에는 코팅층의 개발과 공정의 다양화가 이루어졌으며, 1990년대 이후 장치의 고급화와 안정화가 이루어지고 있다. 용도 면에서 보면 1970년대와 1980년대에는 주로 장식용 위주로 응용되었고, 일부 절삭공구에도 응용되었다. 1990년대에 코팅층의 종류가 다양해지고 물성의 안정화가 이루어지면서 금형에 응용되기 시작하였고, 코팅층의 잔류응력이 조절되면서 두께를 두껍게 입힐 수 있는 기술이 개발되었고, 하중을 많이 받는 기계류 부품에까지 응용되기 시작하여 많은 부분에서 PVD 코팅에 의한 세라믹 박막코팅은 기계산업에서 없어서는 안될 중요한 기술로 자리 매김을 하고 있다. 금형에의 PVD 코팅을 할 경우 일반적으로 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 1) 내마모성의 향상
- 2) 내식성, 내약품성, 내산화성, Hot gas에 대한 저항성 개선
- 3) 이형성, 윤활성의 향상: 슬라이딩 부품, 압철 부품의 마모방지
- 4) 높은 치수 정밀도: 박막처리 일반적으로 2-4 μm , 저온처리를 하는 경우 변형이 거의 없음.
- 5) 금형 내구성 향상: 내구성 향상으로 생산성이 향상되며, 보수를 할 시기를 판정할 수 있는 척도로 활용 용이(TiN : 금색)

여기서는 금형에 적용되는 PVD 기술에 대한 소개와

코팅시 문제점에 대해서 언급하고, 나아가 금형에의 PVD 코팅층을 확대하는 방안에 대해서도 소개하고자 한다.

2. 금형코팅을 위한 물리증착법

물리증착기술은 진공증착, 스퍼터링, 이온플레이팅 등의 3가지 종류로 나눈다. 금형에 코팅이 가능한 방법은 스퍼터링 기술과 이온플레이팅 기술인데 이온플레이팅이 밀착력이 우수하고, 밀도가 높기 때문에 이온 플레이팅 기술을 선호하고 있다. 이온플레이팅 기술은 10-4-10² Torr의 감압하에서 증발금속을 이온화시켜 금형의 표면에 증착시키는 기술을 말한다. 금속의 증발 방법에 따라 저항가열법, 전자빔법, HCD법, 아크 이온플레이팅법 등으로 나누어진다. 지금까지 금형에 사용하여 성공을 거두고 현재 사용하고 있는 코팅방법은 아크 이온플레이팅법과 아크와 HCD를 혼합하여 사용하는 방법이다. 이들의 코팅방법은 증착온도가 200°C에서 500°C로 낮아 열응력과 변형이 일어나지 않으며, 강재의 경우 tempering 처리가 동시에 가능하다. 또한 모재의 종류에 관계없이 피복이 가능하기 때문에 알루미늄 합금 등 저 용점 금속에도 코팅이 가능하다.

2.1. 아크 이온플레이팅 기술

아크 이온플레이팅 기술 중에서 타겟을 여러 개 사용하기 때문에 멀티 아크 이온플레이팅이라고 불리어지는 코팅 법이 1970년에 러시아에서 개발되어 미국, 유럽, 한국, 중국, 일본 등 여러 나라에서 많이 사용하고 있다. 금속타겟을 수냉하고 그 뒷면에 자석을 배치한 다음 진공용기를 양극으로 하고 타겟을 음극으로 하여 전압을 가하여 타겟 표면에 진공 음극 방전이 시작한다. 아크 방전은 아크의 스폿에서 이루어지게 되는데 금속이 증발하고, 이온화하여 플라즈마상태로 방전이 일어나게 된다.

Fig. 1에 멀티 아크 이온플레이팅 장치의 개략도를 나타내었다. 타겟의 수를 많이 배치할 수 있고, 따라서 진공용기의 크기도 크게 할 수 있기 때문에 큰 제품을 처리할 수 있고, 많은 양을 장입할 수 있어 생산성이 좋다. 진공용기 때문에 금형과 같이 큰 제품의 처리에 적당하다. 밀착력과 품질이 우수한 피복층을 얻을 수 있고, 유지관리가 용이하다. 또한 이온화률이 높고(80%) 또한 처리온도가 낮으며, 타겟에 각각 다른 금속을 배치함으로써 다층 피복을 코팅하는 것이 가능하며, 공정

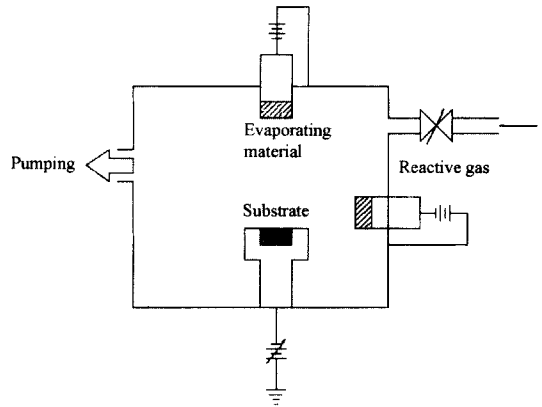


Fig. 1. Schematic drawing of arc ion-plating equipment.

관리가 용이하다.

2.2. HCD/ 아크 이온플레이팅 기술

HCD(Hollow Cathode Discharge) 방전 현상[8-9]을 이용하여 얻어진 저전압, 고전류(300-600A) 전자빔을 이용하여 타겟금속을 용해하여 증발시키고 이온화하여 금형 등의 처리 물 표면에 증착시키는 방법이다. 증발물이 고체 상태에서 용해하여 기화하는 공정을 거치기 때문에 증발원은 항상 진공용기의 아랫면에 설치하여야 하므로 대형 금형에 코팅하는 것에는 한계가 있다. 아크 이온플레이팅은 droplet이 코팅되는 반면 증발과 기화에 의해 코팅이 일어나기 때문에 박막이 균일한 특성을 지니고 있는 것이 특징이다. 그러나 이 방법은 코팅층의 밀착력이 비교적 낮고 불균일하므로 금형에 적용하는 것은 문제가 될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 초기에는 아크

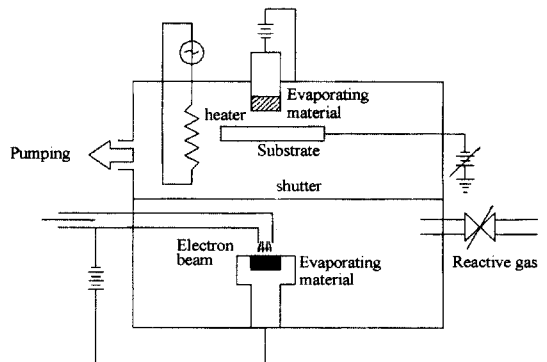


Fig. 2. Schematic drawing of HCD/arc ion-plating equipment.

이온플레이팅에 의한 밀착력 향상을 위한 코팅이 이루어지고, 그 뒤 HCD 증발원에 의해 표면이 고온 코팅층을 형성시키는 기술도 금형의 내마모 코팅을 위해 개발되어 있다.

3. 코팅층의 종류 및 특성

각 코팅층의 특성을 Table 1에 나타내었다. 코팅층은 코팅 온도가 500°C이하에서 이루어지는데 온도가 올라가면 소지의 경도 저하가 발생되게 되며, 소지의 변형이 발생하게 된다. 아크 이온 플레이팅 등 PVD로 코팅할 수 있는 코팅층의 종류와 그 특징에 대해서 살펴보고자 한다.

3.1. TiN 코팅의 특징

가장 보편적으로 사용되고 있는 코팅층이며, 일반화가 되어 있기 때문에 단가가 낮은 특징을 가지고 있다. 철강재료의 일반적인 절삭공구, 프레스 금형, 냉간 단조금형, 플라스틱 성형금형 및 다이캐스팅 금형에 많이 사용되고 있는 코팅층이다. 이 코팅층은 황금색이며 내마모성이 우수하기 때문에 많이 사용되고 있으며 여러 가지 개발된 코팅층 중에 대표적인 코팅층으로 자리를 잡고 있다.

3.2. TiCN 코팅층의 특징

TiCN 코팅층은 프레스 가공, 냉간 단조가공 분야에 있어서 TiN 코팅층보다 우수한 특징을 가지고 있다. 고

경도, 저 마찰계수를 갖는 특징이 마모성 기구에 대단히 적합하므로 프레스 금형과 냉간 단조금형의 적용에 유리한 것으로 보고하고 있다.

3.3. CrN 코팅의 특징

고온에서의 화학적인 안정성을 가지고 있다. 대기중에서 약 700°C 이상에서도 화학적인 안정성을 유지하고 있다. 용융상태의 금속과 접촉하는 경우에도 화학적으로 합금화가 일어나지 않기 때문에 다이캐스팅 금형과 같은 금형에서 유리하다. 우수한 밀착성, 내 히트체크(heat check)성 열간공구강과의 열팽창계수의 차이가 적은 특징을 가지고 있고, 화학적으로 염소계와 붕소계에 대해서 높은 내식성, 기계적인 마모가 있는 경우에서의 높은 내식성을 가지고 있다. TiN과 CrN 코팅은 고온 용해시킨 아연이나 알루미늄에 대해 화학적으로 안정하다. 코팅층과 용해 금속과의 반응이 일어나는 경우는 없다. 다이캐스팅 가공, 온간 성형, Monel합금(Ni-Cu 합금)의 기계가공, 동관의 압출가공, 티타늄의 냉간 성형가공, 유리 성형가공 등에 적당한 코팅층이다.

3.4. TiAlN 코팅층의 특징

Ti, Al 금속을 함유하고 질소가 들어 있는 세라믹 박막의 대표적인 박막이다. Ti과 Al 금속의 증발은 아크 이온플레이팅에 의해 이루어지고 질소 가스를 장입하여 TiAlN 박막을 만든다. TiAlN 박막을 코팅하는 동안 Ti과 Al타겟을 사용하는 방법이 있으나 각각 장점과 단점이 있다. 분리형 타겟을 사용하는 경우에는 TiN박막

Table 1. Characteristics of coating materials for the dies.

특성 / 피복재	TiN	TiCN	CrN	VC	TiAlN
경도 (HV)	2000-2400	3000-3500	2000-2300	2800	2300-2500
마찰계수	0.3-0.4	0.2-0.5	0.5	-	0.40
내열성 (°C)	550-600	450-500	-700	600	800
열전도도 25°C (Wm ⁻¹ k ⁻¹)	19	36	21	10	-
열팽창계수 25°C (10 ⁻⁶ k ⁻¹)	9.4	7.4	12	6.7	-
전기저항 25°C (10 ⁻⁵ Ω cm)	255	2	-84	59	-
밀도 (g/cm ³)	5.2	5.0	6.5	5.5	-
부식저항	○	△	◎	○	○
산화저항	○	△	○	○	○
마모저항	○	◎	◎	◎	◎
소착저항	○	○	◎	○	○
충격저항	◎	△	○	○	○

* 특성크기: × < △ < ○ < ◎

을 코팅하고 난 뒤 TiN과 AlN 조성을 점차 다르게 할 수 있어 차등적으로 박막을 코팅할 수 있어 하나의 장점이 될 수 있다. 그러나 분리형 타겟을 사용하는 경우에는 Al 타겟을 사용하는 동안 아크가 진행하면서 굵은 덩어리가 표면에 코팅되어 박막의 조도를 나쁘게 하는 원인이 되기도 한다. 합금타겟을 사용하는 경우에는 Droplet가 줄어드는 것은 장점이나 차등(gradient)박막을 얻기가 힘들고 합금의 조성이 고정되어 있는 것이 단점이다. 지금까지 코팅되는 합금의 조성은 주로 30%~50%의 Al이 혼합되는 것이 일반적이다.

TiAlN 박막은 경도가 3,500Hv 정도로 매우 높고, 내열성과 내산화성이 우수하여 고온에서 제품을 만드는 작업에 합당한 세라믹 코팅층이다. 이러한 내열성은 TiAlN 박막층에 혼합되어 있는 Al 성분이 산화하여 Al₂O₃ 박막을 형성하기 때문이다. TiAlN 박막은 이러한 내열성을 응용하여 열간금형과 경도가 높은 특성을 이용하여 프레스 금형에 합당하리라 생각된다.

4. 금형에 작용을 위한 코팅층의 밀착력 향상

금형에 적용하기 위해서는 코팅층의 밀착력이 매우 중요한 요인이다. 코팅층의 밀착력을 향상하기 위한 방안으로서 여러 가지 방안들이 소개 되고 있고 많은 부분이 현재 코팅공정에서 사용되고 있다.

코팅층과 소지의 이상적인 결합은 물리적으로 강하고 사용되는 동안에 시효 약화되는 일이 없는 경우이다. 계면구조를 잘 설계하여 반복되는 하중, 충격, 마모 등에 잘 견딜 수 있어야 한다. 이러한 충격과 마모는, 코팅층과 소지의 계면에서 직접적으로 떨어지게 하는 힘을 가할 수도 있고, 코팅층과 소지의 열팽창계수의 차이로 열응력을 가하여 파괴가 일어나는 경우도 있을 수 있다. 또한 화학적으로 부식을 일으키는 유체가 계면에 침투할 수도 있는데, 이러한 환경에서도 잘 견딜 수 있는 계면구조로 설계해야 한다. 코팅층의 밀착력은 박막과 모재 사이의 계면구조에 의해서 결정되므로, 계면구조와 관련하여 설명할 수밖에 없다. 계면 밀착과 파괴 모드는 계면에서 파괴가 시작되는 것과 전파되는 것을 막기 위해 계면구조의 설계가 필수적이다. 밀착력 향상을 위한 계면구조 설계방법에는 다음과 같은 방법이 있다.

4.1. 이온빔을 이용한 밀착력의 향상

이온빔 기술이 박막 증착의 밀착력 향상기술로 효과와

경제적인 가치에 대해서 다각도로 검토되고 있다. 연구 결과는 밀착력 향상기술로 유망한 것으로 평가되며 최근에 크게 부각되고 있다. 낮은 에너지의 Kaufman 이온 source에 의한 이온빔 장치를 진공코팅장치에 부착하여 TiN 등의 박막 밀착력 향상에 응용하고 있다. 이온빔 source에 의한 박막의 계면구조 설계에 있어서 중요한 공정으로 될 것으로 보인다. 이온을 이용한 공정을 처리할 때 Fig. 3에 나타난 것과 같이 다음의 효과가 나타나기 때문에 밀착력을 향상시킬 수 있다. 1) 증발원에 코팅한 물질을 이온조사하여 코팅층을 합금화시키는 이온빔 mixing 효과, 2) 기판과 코팅층의 계면에 합금을 만들어 주는 계면 mixing 효과, 3) 기판에서 증착과 이온조사를 동시에 일어나게 하는 다이나믹 mixing 효과, 4) 다이나믹 mixing 과 유사하나 다이나믹 mixing에 비교해서 이온에너지가 낮고, mixing 효과가 적지만, 피막의 축적밀도의 향상과 내부응력의 완화등의 효과가 있는 이온빔 assisted 증발법 등이 있고, 이들의 혼합기구로 밀착력을 증가시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 이온주입에 의한 박막 밀착력의 향상을 위해 여러 가지 방법을 이용하는데, 주된 기구는 기판과 코팅층의 계면 자유에너지, τ_{AB} 를 낮추는 것이다. 이온빔에 의해 박막 밀착력 향상시키는 예는 여러 가지가 있다. 순철과 STS304 기판에 Ti 이온과 N 이온을 이온주입하고, Ti 중간층을 증착하고, TiN을 코팅하면, 밀착력을 증가시킬

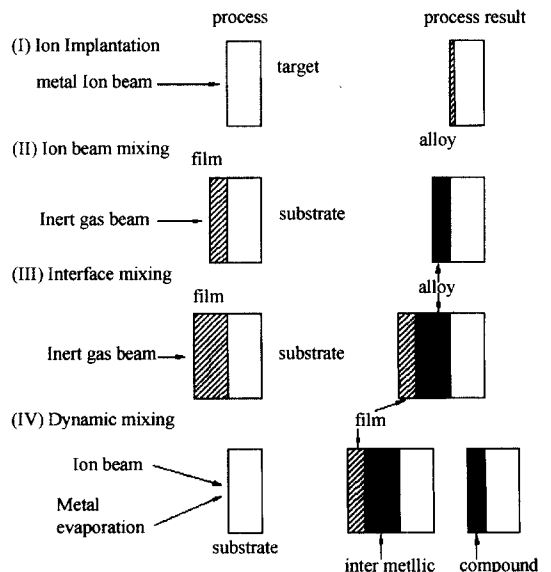


Fig. 3. Various effects of ion bombardment.

수 있게 된다. Ti이온을 이온주입하여 얻어진 밀착력 향상은, 이온주입으로 소재면에서 Ti탄화물이 형성되고, 탄화물의 형성으로 밀착력을 향상시킬 수 있다고 하였다. 한편 N을 이온주입할 때 밀착성의 개선은 계면 근처에서 TiC, Ti(C,N), Ti(C,N,O) 등의 화학적 조성이 새로 생성되었거나, 결합상태의 변화가 있어 천이화합물의 생성, 기판표면에서 Fe_2O_3 , FeO, Cr_2O_3 등의 산화물이 분해되어 Ti산화물과 질화물로 변화되는 것, OH기가 적은 표면이 출현하는 것 등에 의해 이루어지고 있는 것으로 추론하고 있다. OH기 등의 오염물질을 제거하는 것이 밀착력의 향상에 중요한 역할을 할 것으로 생각하고 있다.

4.2. 기판 전처리

증착 전처리를 낮은 에너지 (500eV)로 시편에 Ar^+ 이온으로 전처리하게 되면 코팅층의 밀착력은 증가하게 된다. 이러한 ion beam 기술의 밀착력의 향상의 원인은 다음과 같은 것이 있는 것으로 사료된다. 1)모재의 표면에 존재하는 불순물의 제거, 2)화합물 시편의 경우 표면에 존재하는 결합을 끊어 물질이 증착될 때 결합할 수 있도록 dangling bond를 만들어 주는 것, 3)화합물 시편의 경우, 증착이 될 때 최적의 조성을 얻는 복합 결합 처리를 제공하는 표면 상태를 유지, 4)표면의 거칠기를 증대시켜, 새로 형성되는 표면적을 넓게 해주는 효과 등이 있을 것으로 사료된다. 기판을 탈지 전처리할 때 STS304시편의 경우 acetone이나 trichloroethylene 등의 유기정제 중에서 초음파로 세정을 행하는 것으로 충분하지만, HSS나 SKD 등의 강종에서는 모재의 표면에 존재하는 산화물을 제거하기 위해 산세로 처리하는 방법 등이 있다.

4.3. 중간층의 이용

TiN코팅층을 피복할 때 소지와 TiN 사이에 중간층으로 Ti를 피복하는 것이 공구의 수명향상을 위해 필수적인 공정으로 되어 있다. Ti층의 역할에 대해서는 잘 알려져 있지 않지만, 역할도 피복조건에 따라서 다르고, 또한 최적의 두께는 앞에서 언급한 어떤 효과를 기대하는냐에 따라서 다를 것으로 생각되지만, 대부분의 경우 0.1 μ m-0.2 μ m 정도라고 알려져 있다. Van Stappen 등은 3극관식 이온플레이팅 장치를 이용하여 TiN막을 형성하여 밀착력을 스크래치시험으로 관찰하였는데 이들에 의하면 중간층의 두께가 두꺼워 질수록 계면에서 취화

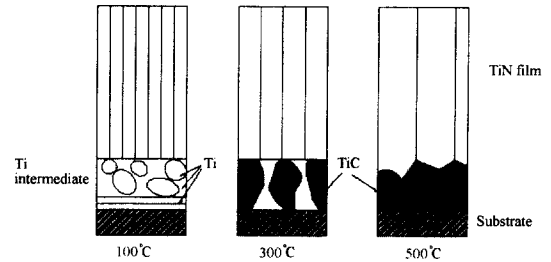


Fig. 4. Schematic drawing of the change in Ti intermediate layer at various temperatures.

되는 결과를 얻어 밀착력이 나쁜 연구결과를 얻었다. Erdemir[10] 등은 100-500°C에서 공구강(M50)에 대하여 0.1 μ m 두께의 Ti중간층과 TiN 코팅층을 HCD법으로 이온플레이팅하여, 계면을 투과전자현미경으로 관찰하고 계면구조를 모델로 제시하고 있다.(Fig. 4)

온도를 100°C로 낮게 한 경우 α -Ti기판에 접한 곳에는 입계가 뚜렷하지 않는 결정체가 존재하며, 박막이 성장하면서 큰 입계가 분산된 Ti층이 존재하며 탄소가 확산하여 TiC(grain size: 70 nm)와 조대한 α -Ti가 혼합된 중간층이 형성되며, 500°C로 온도가 증가한 경우에는 완전한 TiC단일층이 형성한다.

Ti 중간층을 코팅하고 TiN을 100°C에서 코팅하면 중간층 없이 500°C에서 TiN을 코팅한 경우 보다 밀착력이 높았다. Ti 중간층이 있는 코팅층을 TiC 생성가능성이 있는 온도인 500°C에서 열처리하면 밀착성을 크게 개선할 수 있는 것과 Ti 중간층이 존재하는 경우 기판과 코팅층 계면에서 응력을 완화시키고, 기판에서부터 유입되는 탄소 원소와의 반응에 의해 TiC생성과 같은 화학적인 계면 반응으로 밀착력을 향상시킬 수 있다.

5. 금형의 표면요구특성

금형에는 냉간 프레스금형, 냉간 단조용 금형, 열간 단조용 금형, 다이캐스팅 금형 등이 있고 그 각각이 요구하는 특성이 다른데 아래의 Table 2에 요구특성을 간략하게 나타내었다.

각종 표면처리법에 의해 공구강(SKH51, SKD61, SKD11종)을 처리한 것의 제특성을 평가한 결과를 Table 3에 정리하였다. 표에서 나타낸 것과 같이 내 heat check 특성, 피로강도 등의 특성에서 우수하지만 밀착력이 CVD 법[11-12]에 비교해서 조금 감소하고 있다. 그러나 이 부착력도 새로운 방법들이 개발되기 시

Table 2. Material requirements for the dies

금형	내마모성	내소부성	내 heat check 성	내식성	피로강도
냉간프레스 금형	○	○			△
냉간단조 금형	○	○			△
열간단조 금형	○	○	○		△
다이캐스팅 금형	○	○	○		
플라스틱 금형	○	○	△	○	

* 특성크기: × < △ < ○ < ◎

Table 3. Comparison of material characteristics for various surface hardening methods.

표면처리법	내마모성	내소부성	내 heat check 성	내식성	피로강도
PVD 법	○	○	◎	○	○
CVD 법	◎	○	△	○	×
TD 처리법	◎	○	△	○	×
이온질화법	×	×	×		○
염욕질화	×	×	×		△
보론처리	◎	○	×		×

* 특성크기: × < △ < ○ < ◎

작하면서 밀착력이 향상되어 PVD법이 금형에의 적용범위가 확장되고 있다. 특히 TD(Toyota Diffusion)처리된 코팅법이 PVD법으로 대체될 것으로 판단된다.

6. 코팅을 하기 위한 금형소지조건

6.1. 표면이 금속으로 노출되어 있는 경우

산화물, 질화물등의 세라믹 개재물은 밀착력 약화의 원인이 되기 때문에 산화물 등의 개재물을 표면에 가급적 노출시키지 않아야 한다. 기능부위가 아니라고 할지라도 개재물이 있는 경우에는 코팅하는 공정 중에 이상방전을 일으키는 원인이 된다. 비금속 개재물이 표면에 노출되게 되어 이상방전이 일어나게 되면, 이상방전이 기능부위까지 전달되기 때문에 제품전체가 불량품으로 될 수 있으므로 비금속 개재물에 대한 관리를 하여야 한다.

6.2. 열처리가 충분히 잘 된 경우

코팅층의 밀착력 향상과 코팅층의 밀도향상을 위해 코팅시 시편의 온도를 올리는 것은 매우 중요한 변수중의 하나이다. 금형의 코팅을 위해 시편의 종류에 따라서 시편의 온도를 500°C 정도까지 올리는 경우가 있다. Tempering 온도가 이 온도이상이면 문제가 되지 않지

만 이 온도이하일 경우에는 문제가 된다. 현재 아크 이온플레이팅의 경우, 온도를 낮게 하여 코팅하여도 밀착력과 코팅층의 밀도를 얻을 수 있는 특징이 있다. 아크 이온플레이팅의 경우라 하더라도 코팅온도를 200°C 이상 올려야 한다. 저온 Tempering을 하는 온도가 160°C 에서 180°C 정도이므로 코팅층의 밀착력이 문제가 될 수 있다. 이러한 경우에는 Tempering 온도를 230°C 에서 250°C 로 올리는 것이 좋다. Quenching 을 하는 경우에도 잔류 오스테나이트를 마르텐사이트조직으로 변태 시켜 코팅층을 입히는 것이 바람직하다. 이 변태를 이루기 위해서는 subzero처리를 하는 것이 바람직하다.

6.3. 압입이나 고온(저온)을 이용한 삽입물이 없는 경우

고온, 저온 등이나 압입에 의한 삽입물이 있는 경우에는 접합부에 함유되어 있는 코팅유해성분의 영향으로 코팅층이 불량일 수 있다. 또한 이물질이 접합하고 있는 코팅부위가 제품의 사용도중 열팽창계수의 차이에 의해 코팅층이 벗겨지는 현상이 발생하기 때문에 제품을 생산하는 공정을 살펴보고 세심한 주의를 기울이지 않으면 불량발생의 원인이 될 수 있다.

6.4. 소지의 경도가 높은 경우

내마모 목적으로 사용되는 경우에는 소지의 경도가 높은 조건일수록 박막의 내구성은 좋아진다. 소지의 경도가 충분히 높지 않은 경우 하중에 의해 코팅층이 벗겨지는 현상이 나타날 수 있다.

6.5. 면의 조도가 좋은 경우

면의 조도는 코팅층의 밀착력에 영향을 미친다. 면조도가 좋은 경우에는 밀착강도가 좋아진다. 다만 wire cutting 면, 방전가공면, shibo 면에의 코팅은 가능하나 가공시 표면에 산화층이 생성되는 경우에는 코팅층의 밀착력에 영향을 미치므로 코팅하기 전에 제거하여 주는 것이 좋다.

6.6. 소재표면에 금속피로, 잔류응력이 작은 경우

표면에 잔류응력이 많이 남아있는 경우 코팅층의 밀착력이 나빠지거나 잔류응력에 의한 충격에 의해 파괴가 일어날 수 있다. 이러한 문제점을 없애기 위해 냉간 소성가공을 거친 제품은 annealing 처리를 한 뒤 코팅하는 것이 좋다.

7. 결 론

금형업계의 소재물성 요구가 엄격해짐에 따라 경질박막의 요구도 증대되고 있다. 금형성능향상을 위한 기존의 공정과 새로이 부각되고 있는 공정을 요구 특성별로 잘 분류하여 적합한 공정 선정이 필요하며 선정된 공정을 대상으로 한 공정최적화 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Knotek O., Munz W.D. and Leyendecker T., Industrial deposition of binary, ternary and quaternary nitrides of titanium, zirconium and aluminum, J. Vac. sci. Technol. A5(4) (1987) 2173-2179.
2. Spoul W.D., Rudnik P.J. Legg K.O., Munz W.D., Petrov I., and Greene J.E., Current Industrial Practices, Surf. Coat. technol. 56 (1993) 179-182.
3. Prodob Mark, Vagle Mel, Society of Manufacturing Engineers, (1983) AD853-856, 1.
4. Novikov N., Gorokhovskiy V., Uryukov B., Surf. Coat. Technol., (1991) 47, 770-791.
5. Rie K.T, Menthe E., Mattews A., Legg K., Chin J., Plasma surface engineering of metals, MRS Bulletin 21(8),(1996), 46-51.
6. Kuwahara H., Takada J., Plasma nitriding of iron alloys, J. Jpn. Soc. Powder Metall, 41(11), (1994) 1341-1351.
7. Mattox D.M, Fundamentals of ion plating, J. Vac. Sci. Technol., 10(1), (1973), 47-52.
8. Saenko V.A., Vladimirov A.I., Veremeichenko G.N., and Kravatskii V.A., Hollow cathode Evaporators, Plenum publishing corporation, (1985), 234-238.
9. Williams Duane G., Vacuum coating with a hollow cathode source, J. Vac. Sci. Technol., 11(1), (1998), 374-376
10. Erdemir A., Cheng C.C., Cross-sectional transmission electron microscopy of the interfaces between physical vapor deposited TiNx coatings and steel substrates, J. Vac. Sci. Technol.A7(3-II), (1989), 2486-2490.
11. Harvarsson M., Vuorinen S., Microstructural investigations of CVD titanium nitride/ Cu-Al₂O₃ multilayer coatings on cemented carbides, International J. Refractory Metals & Hard Materials, 15(1-3), (1997), 169-178.
12. Narasimhan K., Prasad B.S., Bhat D.G., development of a graded TiCN coating for cemented carbide cutting tools- a design approach, Wear, 188(1-2), 91995), 123-129.
13. Rosso M.L.P., Scavino G., Studies on ion-nitriding of sintered steels, Conf. Advances in powder Metallurgy, 1, San Diego, USA(1989), 11-14.
14. Rie K.T, Schnatbaum F., Materials selection and process control for plasma diffusion treatment of PM materials, Conf. Ion Nitriding and Ion Carburizing, Cincinnati, Ohio, USA(1989), 18-20.
1. Knotek O., Munz W.D. and Leyendecker T., Industrial deposition of binary, ternary and quaternary nitrides