

## 최근의 금형 표면기술 현황

남기석 · 이구현 · 권식철 · 백운송\* · 김성완\*\*

한국기계연구원 표면기술연구부

\*엘트론산업

\*\*한국생산기술연구원 자본재 센터

### Current Status on the Surface Technology of Forming Tools

K. S. Nam, K. H. Lee, S. C. Kwon, W. S. Baek and S. W. Kim\*

Department of Surface Technology, KIMM

\*Department of Materials Processing, KITECH

#### 1. 머리말

금형은 동일 품질의 제품을 능률적으로 대량생산하기 위한 것으로 자동차, 전기전자, 사무용품 및 주방용품 제조 등 거의 모든 산업에 필수불가결하며 제품의 품질 및 생산성을 결정한다. 그 중 자동차와 전기전자 분야가 전체 금형의 70%를 차지한다. 시장규모는 '93년도를 기준으로 하여 한국이 약 1조, 그리고 일본이 약 3조 2천억이다. 즉 금형제조는 하나의 큰 산업분야로 부상함과 동시에 다른 산업에 미치는 파급효과가 매우 크다.

현재, CAD/CAM설계 및 가공공정의 자동화 등 금형의 제작기술이 크게 발전하고 있다. 또한 제품의 원가 절감 및 품질고급화를 위해 사용조건도 가공속도의 고속화, 고성능화, 고강도화가 이루어지고 있으며, 그것은 금형의 구조 및 재료와 밀접한 관계를 가지고 있다.

금형 재료로 공구강, 합금공구강, 고속도강, 크롬몰리브덴강, 분말고속도강 및 초경합금 등이 프레스, 단조 및 플라스틱성형 금형 등에 사용되고 있다. 또한 탄화규소, 질화규소의 세라믹 재료가 내마모 및 내열성이 우수하여 주목받고 있다. 금형 재료의 요구특성은 높은 강도 및 우수한 인성을 가져야 함은 물론 마모, 부식, 소착, 산화, 열 충격 및 열 연화 등에 견딜 수 있어야 한다.

그러나, 종래의 금형 재료만으로는 그 특성을 충분히 만족시킬 수 없으며, 표면경화 방법을 통해 해결할 수 있다. 이 방법은 모재의 특성을 손상시킵이 없이 표면기능을 부여하는 것으로 질화법, 침탄법, 물리화학 증착법, 확산피복법, 도금법, 이온주입법, 용사법, 육성용 접법 등이 있다. 그 동안 처리비용이 저렴한 Cr도금법

등이 주류를 이루어 왔으나, 최근에 이르러 매우 높은 경도 값을 갖는 TiN, CrN, 그리고 TiC, VC, WC 등의 탄화물 및 질화물 피복법이 널리 활용되고 있다.

그 표면경화기술을 통해 금형 소비량 감소, 교환횟수 및 보수시간 감소, 공정단축, 품질 고급화 및 난가공 제품의 제조, 윤활제 절감, 합리적인 금형재료 선정, 그리고 공정자동화 및 가동을 증대를 통해 제품 제조원가를 크게 줄이고 있다. 제품의 치수가 균일하고, 양호한 표면상태를 유지하므로써 마무리 가공공정을 줄일 수 있다. 또한 공구비용의 절감은 물론 불량률 감소로 인한 검사 공정이 생략되어 공구비용이 절감되며, 불량률을 감소로 인한 검사공정을 생략할 수 있다. 이와 더불어 금형의 표면경화 공정 및 제품 가공공정의 환경개선 효과 등 수 많은 효과를 거둘수 있다. 본고에서는 금형의 특성 및 손상 원인 등을 알아보고 그에 적합한 표면기술을 소개하고자 한다.

#### 2. 금형의 특성 및 손상상태

금형의 사용용도, 방법 및 가공재료 등에 따른 종류 및 요구특성은 표 1과 같으며, 크게 냉간용 금형, 열간용 금형 및 플라스틱 금형 등으로 나누어진다. 이들 금형의 손상 및 관련인자는 그림 1 및 2와 같으며, 주로 마모, 소착, 균열, 치핑, 열피로균열 및 용손 등이다.

##### 2.1. 냉간용 금형

금형의 손상형태는 마모, 치핑, 및 소착 등으로 요구특성은 압축 및 인장강도가 크고, 인성이 우수하여야 한다. 또한 내충격성 및 피로강도가 크고, 인성이 우수

표 1. 금형의 종류 및 특성

금형종류	요구특성	마모 저항	소착 저항	산화 저항	부식 저항	인성	피로 강도	열피로 균열로 저항	열연 저항	용손 저항	표면 사상
프레스금형		○	○	-	-	△	△	-	-	-	△
냉간단조금형		○	○	-	-	△	△	-	-	-	○
열간단조금형		○	○	○	-	△	△	○	○	-	-
금속분말성형금형		○	○	-	-	-	△	-	-	-	○
비금속분말성형금형		○	-	-	-	-	△	-	-	-	-
플라스틱성형금형		○	-	-	△	-	-	-	△	-	○
고무성형금형		○	-	-	△	-	-	-	-	-	-
유리성형금형		○	-	○	-	-	-	○	○	-	△
다이캐스팅금형		-	○	△	-	-	-	○	○	○	-
주조모울드금형		○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
선제제조금형		○	○	-	-	-	-	-	-	-	○
강관제조냉간금형		○	○	-	-	-	-	-	-	-	○
강관제조열간금형		○	○	○	-	-	-	○	○	-	-

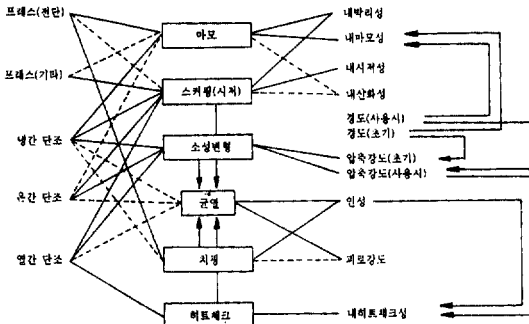


그림 1. 프레스금형, 단조금형의 손상과 관계인자

하여야 하며 이를 위해 금형재료는 내압강도를 높이기 위해 켈칭경화능이 뛰어나고 고경도 영역에서 인성값이 커야한다. 이와 더불어 금형 사용시 마찰열에 따른 경도저하 현상을 방지하기 위해 연화저항이 큰 재료가 바람직하다.

2.2. 열간용 금형

단조 및 다이캐스팅 금형이 있으며, 가열과 냉각이 반복되기 때문에 표면에 큰 열응력이 발생하여 열피로 균열을 초래하고, 그와 더불어 마모, 소착 및 용융금속에 의한 용손 등의 의해 금형이 손상된다. 그러한 손상

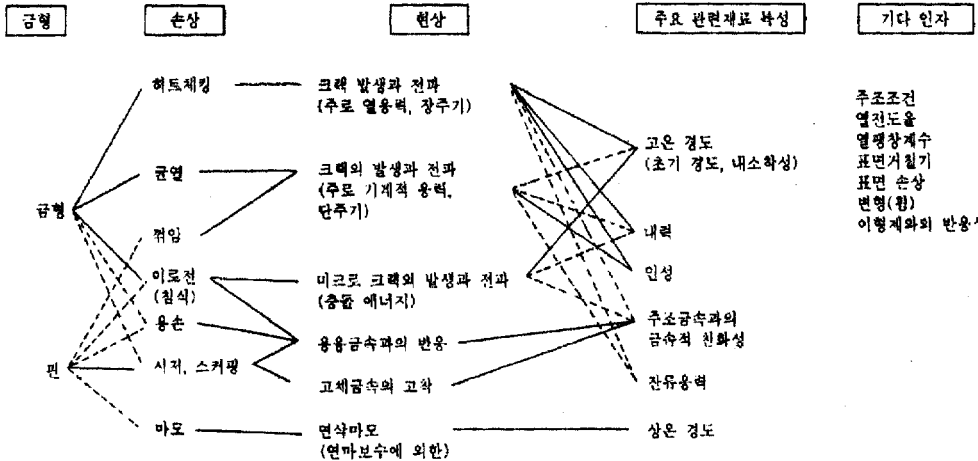


그림 2. 다이캐스팅금형의 손상과 관계인자

표 2. 금형의 주요 표면경화 방법

금형	질화	크롬 도금	Ni-P 도금	용사	육성 용접	방전 경화	PVD	CVD	TRD
프레스 금형	○	○	○	○	○	○	○	1	1
냉간 단조 금형	○							1	1
열간 단조 금형	1	○			○	○		○	○
비철 압출 금형	1							○	○
비철 주조 금형	○				○		○	○	1
분말 성형 금형	○	○		○				1	1
유리 성형 금형	○	○	○	○	1			○	○
고무 성형 금형	○	○	○				○	○	○
플라스틱 금형	○	1	○		○				
성형 금형							○	○	○

1 널리 사용되고 있는 방법, \*성형 금형의 경우 플라즈마 화학 증착법이 활용됨.

을 방지하기 위해 열간 단조용 금형 재료의 경우 인성 및 피로강도가 크고, 고온의 피가공재와 접촉하기 때문에 내열성을 가져야 한다. 한편 다이캐스트 금형은 이러한 특성과 함께 열피로균열을 억제하기 위해 고온 강도가 크고 반복되는 열용력하에서 균열이 내부로 진전되는 속도가 느려야 하며, 예열 또는 보온시 균열에 대한 민감도가 적어야 한다.

2.3. 플라스틱 성형 금형

플라스틱 금형재료는 기본적으로 금형의 표면이 그대로 제품에 반전되기 때문에 경면성이 좋아야 한다. 그리고 수지의 성형시 발생하는 가스에 의해 부식이 촉진되기 때문에 내식성이 커야 하며, 수명 및 정밀도 유지는 물론 엔지니어링 플라스틱 등의 성형을 위해 우수한 내마모성을 가져야 한다.

3. 금형의 표면기술 방법

금형에 일반적으로 적용되는 표면경화방법은 표 2와 같으며, 각 방법에 따른 주요 기술내용을 표 3에 나타내었다. 프레스 및 냉간 단조 금형의 경우 CVD, TRD, 그리고 열간단조, 비철재료의 압출 및 주조에는 질화, TRD, 또한 유리성형 금형에는 용사공정이 널리 쓰이고 있음을 알 수 있다. 그러나 이것은 하나의 기준이지 고정된 방법은 아니다. 예를들면 열간 단조 금형이라도 열부하나 높은 응력이 작용하는 경우 얇은 탄화물을 피복하는 CVD나 TRD법이 큰 효과를 거둘 수 없다. 그러나 가공시간이 짧고 금형의 냉각이 충분히 이

루어지며, 열피로균열이나 연화에 의한 파괴 등 열에 의한 손상이 나타나기 전 즉, 냉간 단조 금형과 같이 마모나 굽힘으로 수명이 다하는 경우 CVD나 TRD법이 유효하다. 따라서 적당한 표면경화 방법의 선택이 매우 중요하다.

3.1. 질화

금형 강의 경우 Cr이 함유되어 있기 때문에 질화는 표면경화 방법의 하나이다. 금형의 질화는 플라즈마 질화 및 연질화 방법이 널리 적용되고 있다. 연질화의 경우 NH<sub>3</sub>가스를 원료로하는 가스질화에 비해 경도는 낮으나 인성이 높아 금형 질화의 주류를 이룬다. 처리온도가 500~580°C이기 때문에 미리 고온 템퍼링을 실시하여야 하며 고속도강, 합금공구강인 SKD 11, SKD61에 한정하여 적용한다. 변형이 적고 내열성 및 내소착성이 향상되어 열간단조금형에 비교적 많이 이용된다. 한편 플라즈마 질화법은 열간단조금형에 적용하는 경우 우수한 효과를 나타낸다. 또한 질화 및 침탄 가스 외에 다른 특수가스를 혼합한 복합 가스질화 방법이 효과적이며, 그중의 하나인 산질화 방법은 우수한 성능을 나타내므로써 크게 활용될 전망이다.

3.2. 침투

금형의 침투처리는 표면에 S를 침투시켜 FeS화합물을 형성 표면경화 뿐만 아니라 마찰계수를 감소시켜 소착형상을 방지하는데 효과가 있다. 고온(570°C)과 저온(190°C)침투법이 있으며, 염욕침투법, 가스침투법, 플라즈마침투법 및 전해침투법이 있다. 저온침투는 양극



전해법으로 저온에서 템퍼링하는 금형에 적용이 가능한 장점이 있다. 한편 고온 침투법은 금형의 고온템퍼링시 병행 처리가 가능하다.

**3.3. 보로나이징**

보론을 확산 침투시켜 HV(25 g)1400~2200 Kg/mm<sup>3</sup>의 매우 높은 경도의 FeB, Fe<sub>2</sub>B화합물을 형성시키는 방법이다. 그 처리방법으로 염욕법, 페이스트법, 전해법, 분말법, 및 가스법이 있으나 최근에 유동상으로 및 플라즈마를 이용한 방법이 개발되어 그 활용이 더욱 증가되고 있다. 비교적 변형이 적으며, 깊은 경화층을 얻을 수 있고 고온경도가 우수한 등 여러 장점을 가지고 있다. 더욱이 Ti 합금, 초경합금 및 Ni합금 등에는 질화가 어려우나 이 방법은 쉽게 작용할 수 있는 특징이 있다. 플라스틱 사출, 열간 단조 및 세라믹 성형 금형 등에 적용되고 있다.

**3.4. 산화**

보통 금형은 연마한 상태로 사용되나 그 경우 표면에 연마시 도입된 잔류응력이 존재하므로 내마모성이 저하된다. 따라서 그 잔류응력을 제거함과 동시에 표면에 다공질의 고경도 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>의 산화피막을 형성시키는 것으로 370°C이상에서 수증기처리(Homo)한다. 또한 질화와 산화, 연질화-연마-산화 등 복합처리가 바람직하다.

**3.5. 도금**

Cr 및 Ni 도금법이 금형에 적용되고 있으며, 그 중 Cr도금은 HV1100kg/mm의 높은 경도와 내마모, 산화 및 부식에 대한 저항특성이 우수하고 마찰계수가 낮다. 그리고 처리비용이 저렴한 특징을 가지고 있어 가장 많이 이용되며, 특히 자동차용 프레스 금형과 같이 대형인 경우 적합하다. 또한 얇은 Cr도금층의 경우 내알칼리, 내마모 및 내열성이 뛰어나고 유리 제품의 품질향상에 효과적이기 때문에 유리 프레스 금형에 사용되고 있다. 브라운과 성형 금형에는 연질 Cr도금이 오랫동안 쓰여왔으나 현재는 이형성이 좋은 Ni-W합금 도금으로 대체되고 있다. Ni도금은 전해 및 무전해 방법으로 이루어지고 있으며, HV1000kg/mm의 고경도와 함께 Cr도금의 2~3배에 달하는 밀착력을 나타낸다. 도금층으로는 Ni-P, Ni-B, Ni-Co, Ni-W (34~44%)등이 있으며, 복잡한 형상의 금형이나 알루미늄 합금 등 비철재료 금형에 적용되고 있다. 내마모성을 높이기

위해 기지에 고경도 SiC, ZrO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 등의 고경도 세라믹을 첨가한 복합도금법이 있으며, Cu합금으로 제작된 플라스틱 금형에 NiP-SiC을 도금하여 내식, 내마모 및 내소착성이 우수한 결과를 얻고 있다.

**3.6. 반응식출 피복법(TRD)**

금속재료 내의 C또는 N과 친화력이 큰 원소 즉 V, Ti, Cr 등을 표면에 공급하여 반응시켜 탄화물이나 질화물을 석출 퇴적시키는 방법으로 VC, Cr-C 및 TiC 등의 피복층이 얻어지며, 피복속도는 확산 제2법칙에 지배된다. 이 방법에 적용되는 금형재료는 C 또는 N을 함유하고 있어야 하며 강, 초경합금, 침탄재, 질화재, SiC와 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 등의 세라믹이 있다. TRD법은 TD (Toyoda Diffusion Coating)라는 상품명으로 화학증착법과 함께 널리 쓰이고 있는 염욕법과 가스를 사용하는 유동층법이 있다.

(1) 염욕법

Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>나 할로젠화물로 이루어진 염욕에 탄화물이나 질화물 형성원소를 함유하는 금속 또는 산화물 분말을 첨가한 다음 처리물을 침적시켜 피복하는 방법이다. 이 방법은 물리화학 증착법에 비해 설비비가 저렴하고, 조작이 간단하다. 고온에서 처리물의 장입 및 취출이 용이하여 피복이 완료된 다음 동시에 켈칭할 수 있는 등 수 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 800°C이상의 고온에서 처리되기 때문에 변형에 대한 대책이 필요하며 치수 정밀도가 높은 금형의 경우 적용이 곤란하다. 이에 NaCl-CaCl<sub>2</sub>의 저온염욕(500~600°C)에 질화된 처리물을 침적하여 피복하는 방법이 개발되어 산업화되고 있다.

(2) 유동층법

그림 3. 유동층법에 의해 피복된 냉간 단조편치

분말법의 하나로 유동층로에 염욕법과 같이 탄화물이나 질화물 형성 원소를 함유하는 금속 또는 산화물 분말과 반응 촉진을 위한 활성화제를 첨가하고 Ar 등의 불활성 유동가스를 공급하여 유동화시킨 다음 처리물을 장입하여 탄화물이나 질화물을 피복하는 방법이다. 그 특징은 염욕법과 동일한 성능의 탄화물이나 질화물의 피복이 가능하며, 염욕법과는 달리 피복한 다음 부착된 염을 제거하기 위한 세정공정이 필요없다. 이와 더불어 피복, 키텐팅, 템퍼링 공정의 자동화가 가능한 등 염욕법이나 화학증착법의 장점을 겸비하고 있다. 두께가 균일하고 밀착력이 우수한 피복층이 얻어지며, 피복속도는 염욕법과 동일하다. 그림 3은 유동층법으로 피복한 냉간단조 편치를 나타낸 것이다.

### 3.7. 화학증착법(CVD)

제2차 세계대전 후 독일의 W. Ruppert가 TiC, TiN의 화학증착법을 개발하여 금형에 적용하기 시작하였으며, 69년 일본의 Matsuda에서 기술을 도입하여 프레스 금형, 냉간 단조 금형, 분말 성형금형, 다이캐스팅 금형, 플라스틱 금형 각종 금형에 적용하였다. 그 원리는 처리물 표면에 피복하고자 하는 원소를 함유하는 증기상 금속을 공급하여 표면반응을 통해 필요한 고체석출물을 퇴적시키는 것이다. 그 방법으로 고온화학증착법, 저압 화학증착법, 플라즈마화학증착법, 저온화학증착법, 광화학증착법 및 레이저화학증착법이 있다. 금형의 표면경화에는 열화학증착법이 주로 쓰이며, 플라즈마화학증착법이 일부 활용되기 시작하였다.

#### (1) 열화학증착법

반응장치 중에 Ti, W 및 Al 등의 할로젠화물 증기와

$N_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  등의 가스를 공급하고 상압 또는 저압으로 하여 TiC, TiN, TiCN,  $W_2C$ ,  $Al_2O_3$  등의 세라믹을 피복하는 방법이다.  $W_2C$ 을 제외한 피복재의 경우 강의 칭온도보다 높은 800~1100°C에서 처리되며, TRD법과 같이 밀착력, 내마모성, 내소착성 및 내식성이 우수하나 재료중에 반드시 C 또는 N을 함유하지 않아도 된다. 이 방법은 피복한 다음 냉각속도가 늦고 불완전 칭을 유발하기 때문에 진공로를 이용하여 다시 가열한 다음 칭하여야 한다. 따라서 TRD법과 마찬가지로 정밀 금형 등에 적용하기 위해서는 변형에 대한 대책이 필요하다.  $W_2C$ 는 강의 고온 템퍼링 온도부근에서 처리되어 변형이 적은 장점이 있으나 면압이 클 때에는 밀착력이 떨어진다. 그림 4는 고온 화학증착법을 이용하여 TiC 피복한 금형의 외관을 보인 것이다.

#### (2) 플라즈마 화학증착법(PACVD)

플라즈마에 존재하는 가스분자, 원자, 이온 및 반응기(radical)들은 분위기 온도(상온~500°C)는 같으나 전자의 온도는 섭씨 수천도에서 수만도에 이른다. 이러한 전자들과 가스분자들과의 충돌은 화학적으로 활발한 이온, 반응기들을 생성하며 낮은 온도에서 화학반응을 가능케 한다. 플라즈마 화학증착법은 이러한 특성을 이용하는 것으로 전장을 가하는 방법에 따라 고주파법, 그림 5의 직류법, 마이크로파법 등이 있으며, 직류 및 고주파 방법의 장점은 저온화 및 우수한 밀착력을 얻을 수 있는 장점이 있다. 처리온도는 보통 500°C이하이며, 경우에 따라 상온에서도 증착할 수 있다. 따라서 폴리증착법이 적용되고 있는 복잡한 형상의 정밀금형에 적용하는 경우 우수한 효과를 발휘할 수 있으며, 냉간 단조 금형, 플라스틱 금형 및 다이캐스팅 금형 등에

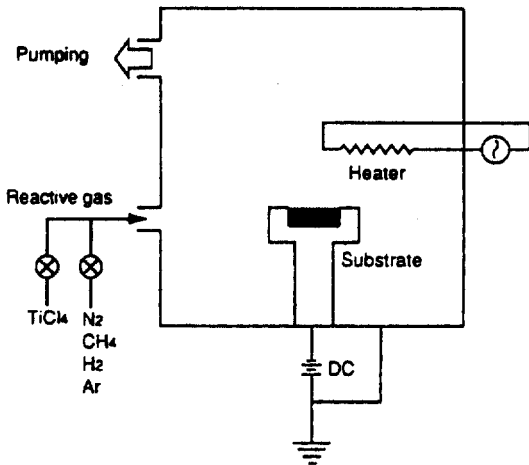


그림 5. DC방식 PACVD 장치의 개략도

적용되기 시작하였다.

### 3.8. 물리증착법(PVD)

물리 증착법은 진공 증착, 스퍼터링 및 이온 증착의 3종류로 대별된다. 이온 증착법은 1/10000-1/100torr의 감압가스 중에서 증발시킨 금속을 이온화시켜 처리물 표면에 퇴적시키는 방법이다. 금속의 증발방법에 따라 저항가열법, 전자빔법, HCD 및 아크법 등이 있으며, 금형에는 주로 밀착력이 뛰어난 아크 이온증착법, 그리고 일부 아크/HCD를 함께 사용하는 방법이 쓰인다. 처리온도는 200~500°C로 낮아 열응력 및 변형이 일어나지 않으며, 강재의 경우 템퍼링과 동시에 처리가 가능하다. 또한 모재의 종류에 관계없이 피복이 가능하기 때문에 알루미늄 합금, ZAS 등 저융점 재료에도 적용이 가능하다. 그 동안 열화학증착법이 많이 이용되어 왔으나 점차 처리온도가 낮고 피복재의 종류가 많은 물리증착법으로 전환되고 있다.

#### (1) 멀티 아크 이온증착법

금형의 물리증착에 많이 쓰이고 있는 멀티 아크 이온증착법은 70년대 러시아에서 개발되었으며, 미국, 캐나다, 유럽, 중국, 한국, 일본, 브라질 및 인도 등에서 활발히 쓰이고 있다. 그 원리를 살펴보면 먼저 금속타켓을 수냉하고 그 뒷면에 자석을 설치한 다음 진공용기를 양극으로 하고 타켓을 음극으로 하여 전압을 가하면 타켓표면에서 아크 방전이 시작된다. 이때 방전으로 얻어진 아크 스파트는 자장의 영향에 의해 다수로 나누어져 빠른 속도로 증발된다. 아크 스파트의 전류밀도는

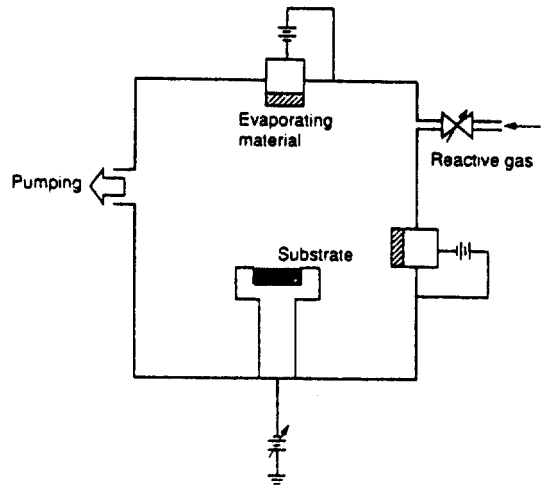


그림 6. 아크 이온증착 장치의 개략도

$10^6-10^8$  A/cm<sup>2</sup>에 이르고 이러한 에너지 집중에 의해 아크 스파트에서 금속이 증발하며, 이온화하여 플라즈마 상태로 된다.

그림 6은 멀티 아크 이온 증착 장치의 개략도를 나타낸 것이며 다음과 같은 특징을 갖는다. 금속증발원을 사용할 수 있어 장입량도 많고 큰 제품도 처리할 수 있으며, 생산성이 좋다. 밀착력 및 품질이 우수한 피복층을 얻을 수 있고 유지관리가 용이하다. 처리온도가 낮고 다층피복이 가능하며, 공정관리가 용이하다. 플라스틱 사출성형 및 프레스금형에 많이 적용되고 있으며, 200°C 전후의 낮은 온도에서 저온 템퍼링 강

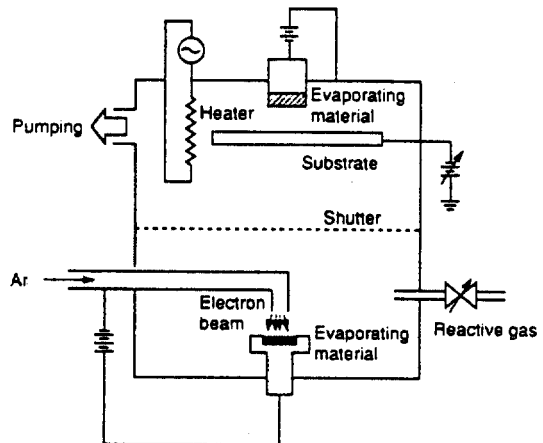


그림 7. HCD/아크 이온증착 장치의 개략도





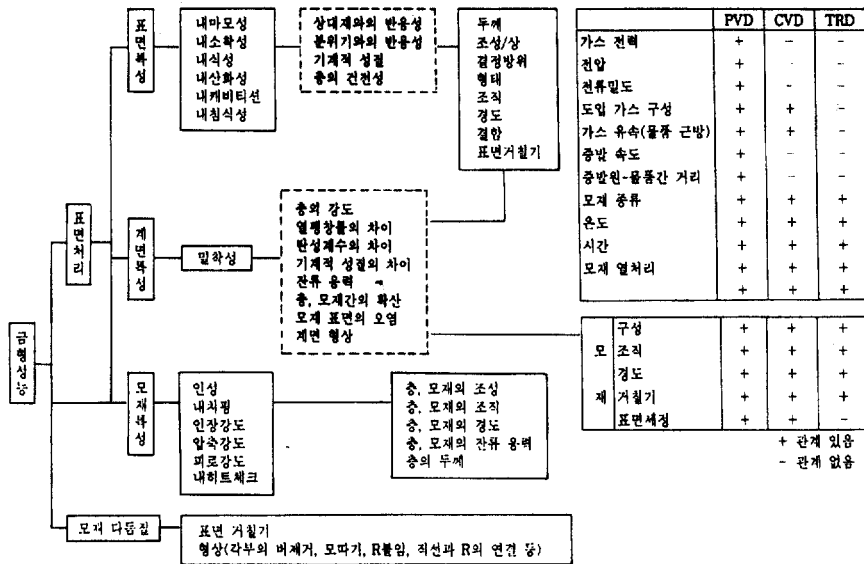


그림 9. 표면경화된 금형의 성능에 미치는 인자

그러나 균일한 밀착력의 피복층을 얻지못하여 그림 7과 같이 진공용기내에 아크와 HCD증발원을 함께 가진 방법을 개발하였다. 이 방법은 증발전 스퍼터링시 아크 증발법에 의해 금속이온층적으로 기판을 충분히 세정한 다음 HCD방법을 이용하여 증착한다. 이렇게 하므로서 밀착력이 우수하고 편흔이 적은 치밀한 피복층을 얻을 수 있게 되었다.

#### 4. 금형의 주요 코팅재료

금형의 요구특성을 개선할 목적으로 실용화되고 있는 표면경화방법 및 그들 방법에 쓰이고 있는 피복재의 특성은 표 4와 같으며, CrN을 제외하고 내마모, 내소착 및 내식성은 우수하나 내산화성이 크게 떨어짐을 볼 수 있다.

TiN은 주로 철강재료 및 초경합금 공구에 쓰여왔으나

표 5. 금형 손상 개선을 위한 표면경화 방법

금형 손상형태 / 처리법	크롬도금	질 화	CVD	PVD	PACVD	TRD	질화 +PVD,CVD,TRD	효 과
마 모	○	○		○			○	CVD,PVD,TRD,PAC D>> 크롬도금, 질화
소 착	○	○		○			○	CVD,PVD,TRD,PAC D>> 크롬도금, 질화
소성변형(강도부족)	△	△		△			○	
소성변형(열 연 화)	△	△		△			○	
치핑(인성, 강도부족)	재료대체×		재료대체○		대체않음△		×	
치핑(마모, 소착원인)	×	×		○			×	
치핑(피로 원인)	×	○/×	△/×	△	△/×		○	
파손(인성, 강도부족)	재료대체×		재료대체○		대체않음△		×	
파손(마모, 소착)	×	×/△		○				
파손(피로원인)	×	○/△	△/×	△	△/×			
히트체크		○?( 발생조건에 따라 ○, ×)					○	
산 화	○	△		△( 크롬탄화물, 질화물 ○)				

표 6. 표면경화 금형의 수명개선 효과

방 법	금 형	금형재료	피복재	피가공재	손상원인	금형 수명 비교 (처리 전/후)	비 고
TRD	버링 펀치 다이	SKD11	VC	SPC	치수불량	10배	
	스웨징다이	SKD11	VC	SUS310S	마모	20배	
	펀치다이	SKH9	VC	SCr415	소착	5배	
	판성형금형	SKH9	VC	SUS304	마모	10배	
	다이캐스트금형	SKD61	VC	ADC12	용손	25배	
CVD	벤딩프레스금형	SKD11	TiC	STKM11	소착	14배	비교재 크롬도금
	버링펀치	SKD11	TiC	SPC-C	소착	13배	
	압출펀치	SKH55	TiC	S10C	소착	5배	이형제 필요없음
	다이캐스팅 펀	SKD61	TiC	Al합금	소착	5배	
PCVD	성형펀치다이	SKD11	TiC	SPCC	소착	50배	비교재 CVD 비교재 TRD 비교재 CVD
	버링펀치	SKD11	TiC	-	-	6배	
	타발펀치	SKD11	TiC	-	Burr발생	3배	
	냉간단조펀치	QHS	TiCN/TiN	-	치수불량	1.3배	
PVD	인젝션금형	SKD61	TiN	나일GF	마모	3-4배	TiN효과 없음
	타발펀치	SKH9	TiCN	SUS304	-	2배이상	
	펀치	SKS3	TiAlN	청동1.4 t	-	2.5배	
	압출금형	질화강	CrN	Al합금	내열/마모	초경과 동일	

프레스 금형 및 냉간단조 금형은 물론 플라스틱 및 다이캐스팅 금형 등의 피복재로 이용되고 있다. 그리고 TiCN은 인성은 떨어지나 HV3000kg/mm<sup>2</sup>이상의 매우 높은 경도와 낮은 마찰계수를 가지므로써 프레스 및 냉간 단조 금형에 적용하여 매우 큰 효과를 얻고 있다. 또한 TiAlN은 특히 내열성, 내산화성이 우수함과 더불어 내식성이 우수하여 알루미늄 다이캐스팅이나 수지금형의 피복재로 매우 효과적이다.

CrN은 근래의 주목받는 피복재로 공구에는 적용 실적이 없으나 금형 및 기계부품에 산업화되기 시작하였다. 대기중 70°C 이상에서 화학적으로 안정하고 용융상태의 금속과 접촉하여도 합금화되지 않는다. 특히 밀착력 및 열피로균열에 대한 저항특성이 우수하고, 열간 금형강에 가까운 높은 열팽창계수를 가지며 염소 및 불소계 등에 대한 내식성이 높다. 그리고 용융 아연 및 알루미늄과 접촉하여도 반응을 일으키지 않는다. 또한 금형강 및 고속도 공구강에 20 μm 이상으로 두껍게 피복할 수 있고 수지나 비철금속에 대한 이형성이 Ti계 보다 우수하여 앞으로 금형 분야에 크게 이용될 것으로 전망된다.

DLC는 습동특성 및 이형성이 우수하며, 200°C 이하의 낮은 온도에서도 피복할 수 있어 저온 텀퍼링강이나 알루미늄 합금 등의 금속재료, 또는 일부 수지에도 피복할 수 있다. 매우 높은 경도를 가지며, 처리물의

표면조도를 손상시키지 않고 0.05-0.2의 매우 낮은 마찰계수를 나타내므로써 금형의 피복재로 크게 주목 받고 있다. 주로 플라스틱 성형 및 연질금속의 벤딩 금형 등에 적용되고 있다.

### 5. 코팅 금형의 손상 및 대책

금형의 사용조건과 파손 형태를 정확하게 파악하는 것이 표면경화 방법의 선택에 매우 중요하다. 그림 8은 표면처리된 금형의 손상 형태와 그 원인을 나타낸다. 대부분 금형의 피복재가 소멸되는 것을 바로로 생각하고 그것이 모두 밀착력이 부족함에 기인하는 것으로 잘못 판단한다. 그러나 모재의 변형에 의해 피복재에 균열이 발생하여 박리된 것이라면 탄성계수가 큰 금형 재료를 선택하면 수명이 향상된다. 금형의 손상이 개선되는 처리방법을 표 5에 나타내었으며, 주로 마모 및 소착에 의한 손상에 효과적임을 알 수 있다. 한편 질화와 피복법을 함께 적용하는 경우 소성변형, 치핑, 및 히트체크에 의한 손상도 개선된다. 그림 9는 표면처리된 금형의 수명에 영향을 미치는 요인을 기술한 것이다. 금형의 설계 및 가공과 관련된 인자들에 영향을 받는다. 따라서 이들 인자의 관리가 매우 중요하며, 표 6은 금형의 표면처리 방법에 따른 수명연장효과를 나타낸다.

## 6. 맺음말

금형은 자동차, 전기전자 등 국내의 주요 산업에 필수적이며, 그 산업제품의 제조원가 및 품질에 절대적인 영향을 미친다. 이러한 금형의 제조는 주로 설계, 가공 및 재료기술에만 의존하여 왔으나 가공속도가 고속화되고 제품의 치수정밀도가 높아짐과 동시에 새로운 금형 특성을 부여하여야 하나 그들 만으로는 불가능하다. 따라서 반드시 금형의 새로운 표면기술이 끊임없이 요구되며, 이에 대한 기술개발이 이루어져야 한다.

## 참고문헌

1. 關谷信陵, 金屬プレス, 6, (1993)53
2. 市川三世史, 金屬プレス6, (1993)17
3. 新井透, 塑性と加工, 32(366), (1991)831
4. 織田一彦, 型技術, 9(5), (1994)25
5. 新井透, 型技術, 2(12), (1987)18
6. 新井透, 型技術, 9(5), (1994)10
7. 권식철, 이상로, 이건환, 백운승, 機械와 材料, 2(1), (1990)34
8. 大防光雄, 金屬プレス, 6, (1993)33
9. 남기석, 이기정, 機械와 材料, 5(2), (1993)135
10. 大和久重雄, 表面技術, 41(6), (1990)594
11. J. R. Conard, R. A. Dodd, J. Vac. Sci. Technol. A8(4), (1990)3145
12. 武井厚, 材料科學, 30(2), (1990)3