

PVD 코팅의 금형에의 적용

발저스한국코팅유한회사

<http://www.balzers.co.kr>

PVD 코팅 기술

• PVD 코팅의 종류

1. **Thermal evaporation** : 직 간접적인 열로 목적금속 증기화하여 증착
2. **Ion plating** : **E-beam, Arc**에 의해 이온화된 금속입자가 증착
3. **Sputtering** : 가스 충격으로 타겟 재료 방출 후 스퍼터링으로 증착

• **E-beam** : **Crucible**의 상, 하 운동 - 균일한 코팅 두께, 조성 및 조직

TiN, TiCN, TiCN/TiN 코팅

• **Arc** : **Ti, TiAl** 및 **Cr** 타겟 사용

TiN, TiCN, CrN, CrC, TiAlN 단층 및 다층 코팅

TD, CVD, PVD 코팅의 비교

TD treatment	PVD coating	CVD coating
<p>Toyoda Diffusion 토요다 (열) 확산 처리</p>	<p>Physical Vapor Deposition (발저스) 물리 기상 증착</p>	<p>Chemical Vapor Deposition 화학 기상 증착</p>
<p>약 1000 °C</p>	<p>250 ~ 550 °C</p>	<p>~ 1000 °C (PACVD : 300 ~ 600 °C)</p>
<p>고경도 내마모 코팅 VC (vanadium carbide)</p>	<p>고경도 내마모 내부식성 코팅 TiN, TiCN, TiAlN, CrN 등</p>	<p>고경도 내마모 코팅 TiN, TiC, TiCN, Al₂O₃ 등</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 표면에 V(vanadium) 복합탄화물 형성 • 밀착력 우수 • 극한 조건의 금형에 적용 • 어느 정도의 탄소량이 있는 강종에만 적용 가능 • 고온에서 작업하여 성능은 우수하나 금형의 치수변형이 심함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 이온 플레이팅으로 인한 코팅층의 치밀성 및 밀착력 우수 • 금형을 비롯한 다양한 포밍, 편칭 공구와 절삭공구에 적용 가능 • 단 코팅 공정에 비해 저온 코팅으로 고온 템퍼링이 실시된 제품은 치수 및 경도 변화 없음. • 환경친화적인 코팅기술 • 코팅두께 관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 화학반응에 의한 밀착력 우수 • 고온공정에 의한 치수변화 및 변형 발생이 과다 • TiCl₄ gas 다량 사용으로 인한 환경 오염물 발생 • 입자 크기가 PVD에 비해 조대함 • 공정변수의 제어의 어려움 • 고온 공정으로 인한 코팅 처리 후의 Q.T 처리 필요

TD(VC)와 CrN 코팅의 특성비교

비교항목	TD(VC중)	PVD(CrN)
1.처리두께	3~10 μ m	3~10 μ m
2.처리온도 /Cycle time	처리온도 높고 처리시간 길다. -코팅두께 5 μ m기준시:약1000°C부근/약12시간 유지,총소요 시간 약20시간	처리온도 낮고 처리시간 짧음 -코팅두께 5 μ m기준시:steel450°C부근, 초경-500°C부근/총 소요시간 약6~12시간
3.열변형	심한 열 변형 있을 수 있음 (1/수십~수백분/㎜)	거의 없음
4.미세조직	과열조직 형성으로 경하고 취약함	질기며 경한 Tempered Martensite조직 유지됨
5.내열/내산화성	내열한계가 500°C이나 마찰열에 의한 산화는 약 300°C의 낮은 온도에서부터 시작됨.	내열한계가 700~900°C이고, 이 온도까지 마찰열에 의한 산화 없음
6.내식성	낮은 내식성(영수에서 조기 피트 발생)	내식성 우수(특히 황산, 질산에선 더욱 현저한 내식성 보유)
7.미끄럼 특성	저온에서는 양호하나 온도상승과 함께 급격히 떨어짐(고장력강판이나 스테인리스강 등에서는 마찰열에 의해 쉽게 소착 발생)	약 700°C까지는 온도상승에 의한 차이가 거의 없이 양호한 상태 유지. 고장력 강판이나 스테인리스강에서도 내소착성 우수함.
8.Recycling (소재 재활용)	미세조직 성장으로 한층 취약해짐.통상 2회 이상 처리 불가. 2회 이상처리시 현저히 수명 감소됨	박리후 재코팅 반복 가능하며,반복 재코팅사용에 따른 수명저하 거의 없음
9.육성용접제품	TD처리시 균열 발생 가능성 높음	PVD 코팅 가능
10.내소착특성 /이형특성	약 300°C이하의 지온에서는 양호하나 그 이후부터 급격히 저하됨	약 700°C까지 양호한 상태 유지함
11.불량유형 /불량조치	치수변화,크랙발생,금형갈라짐 현상있을 수 있음/불량 발생 시 조치 불가	밀착불량/박리 후 재코팅하여 완벽하게 재생됨
12.밀착력	우수(스크래치 시험 70~80N)	우수(스크래치 시험 60~80N),로크웰(스케일 압흔검사)
13.경도	HV2300~2800(고온경도 낮음:HV280/500°C)	HV1800~3500(초경 HV1400~1500, TiAIN 고온경도 HV:2300/700°C)
14.형상제한	형상비가 큰 제품 처리시 문제 발생가능성 높음(얇은 제품, 긴 제품)	깊은 hole을 가진 제품은 hole 내부코팅 두께 얇음
15.처리재료 제한	SUS, 구조용 탄소강, 극저탄소강,비철제품 등은 처리 불가	대부분의 재질 코팅 가능

금형 제품에의 PVD 코팅 적용 - 열처리 & 질화처리 관련

balzers

금형 소재 :  (SKD11과 유사)

• 열처리 관련

1. 검사성적서에 의한 관리

소재경도 (금형에 있어 열처리는 성능을 좌우하는 매우 중요한 변수임.)

템퍼링 온도 (500 °C 이상)

2. 열처리 (Q.T 처리) 사이클

500 °C 이상에서 템퍼링 3회 실시

3. 열처리 경도 HRC 56 ~ 58

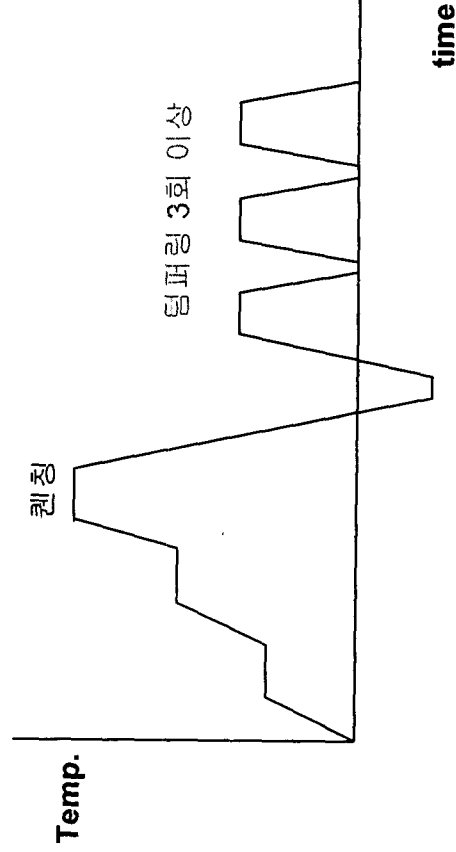
• 질화처리 - 이온 & 플라즈마 질화처리

1. 검사성적서에 의한 관리

질화층 깊이 : 20 mm 이상

열처리 후의 소재 경도 유지할 것

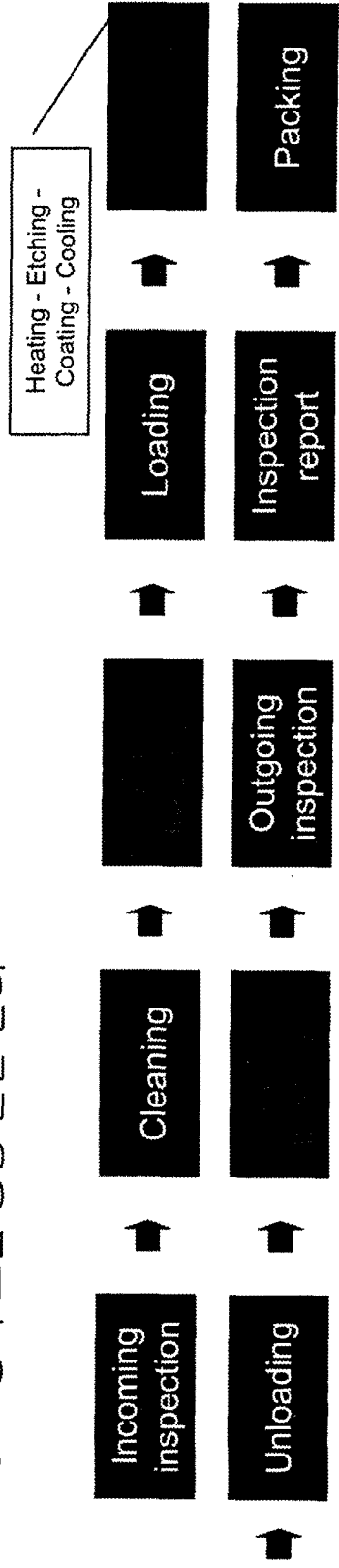
2. 기타 : 질화처리 후의 금형 표면조도



금형 제품에의 **PVD** 코팅 적용 -
PVD 코팅 공정 및 검사 관련

• **PVD 코팅 (BALZERS)**

1. 코팅 방식 : 이온 플레이팅 방식 채택 (Arc Type)
2. 코팅 품질 보증 : 코팅 배치 검사 실시(코팅공정 데이터)
 검사성적서에 의한 코팅 품질 관리 (코팅두께, 밀착력, 표면조도)
3. 코팅두께의 관리 : (표준 코팅에서의 코팅두께)
 코팅두께의 편차 : **0.5 mm** 이내로 관리
4. 기타관리항목 : 소재경도, 코팅후 표면조도 (Ra, Ry)
5. 코팅의 모든 공정 일괄 관리



금형 제품에서의 PVD 코팅 적용 - 재코팅 제품 관리 관련

• 재코팅 제품의 PVD 코팅 (BALZERS)

1. 사용했던 PVD 코팅층 제거

❗ 금형에 손상이 없도록 전용 박리장비에 의한 완전한 코팅층 제거

2. 재코팅 금형 코팅전 검사항목

질화층의 표면상태 - 이온 질화 재처리 유무 판단

사용부의 마모 및 마멸정도 & 파손정도 - 금형의 보수 및 후처리 선정 기준

3. 재코팅 후의 금형 검사항목

코팅층의 외관 검사 - 육안검사 및 현미경검사 (막박리 상태 및 코팅 칼라 검사)

코팅두께 검사 - **XRF** (원리: **X-선 회절, 비파괴검사**)에 의한 코팅두께 관리

코팅층 밀착력 검사 - 로크웰 경도기를 사용하여 압입자 주위의 크랙과 박리정도 비교

• 코팅의 적용

1. **TiN** : 내마모성과 약간의 경도가 요구되는 금형류


2. **TiCN** : **Bending** 금형과 같이 내마모성과 경도를 요구하는 금형류

3. **TiAIN** : 고경도와 열적 안정성 및 우수한 내마모성을 요구하는 금형류

balzers

펀치 제품에의 PVD 코팅 적용 - 열처리 관련

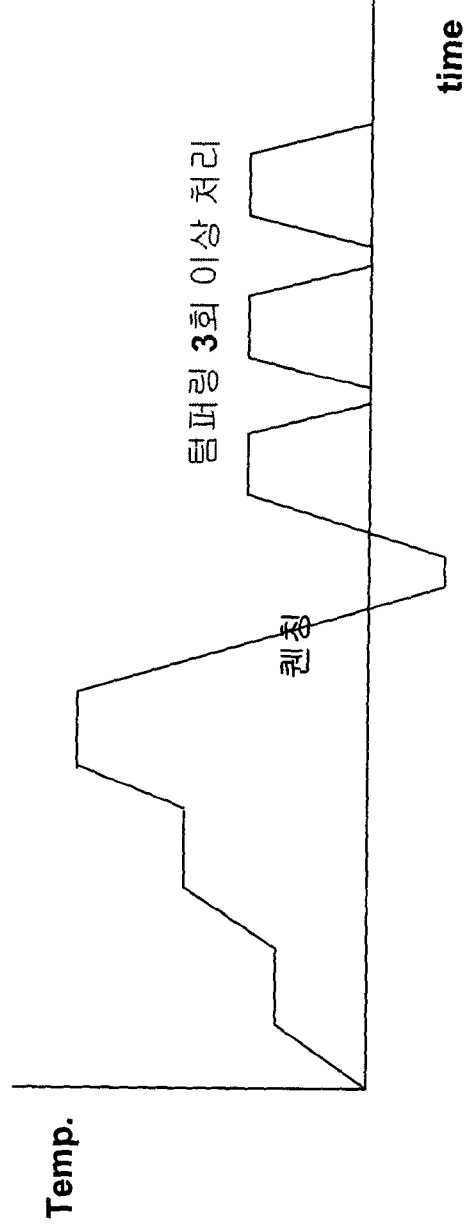
펀치 재질 : **STD11, SKH51**

펀치 제조업체 : 

• 열처리

1. 검사성적서에 의한 관리: 열처리 후의 소재경도 **STD11- HRC 56-58, SKH51-HRC 62-64**
템퍼링 온도 (최소 **500 °C** - 코팅온도가 **450 °C**이므로 저온 템퍼링시 경도 풀림 발생)

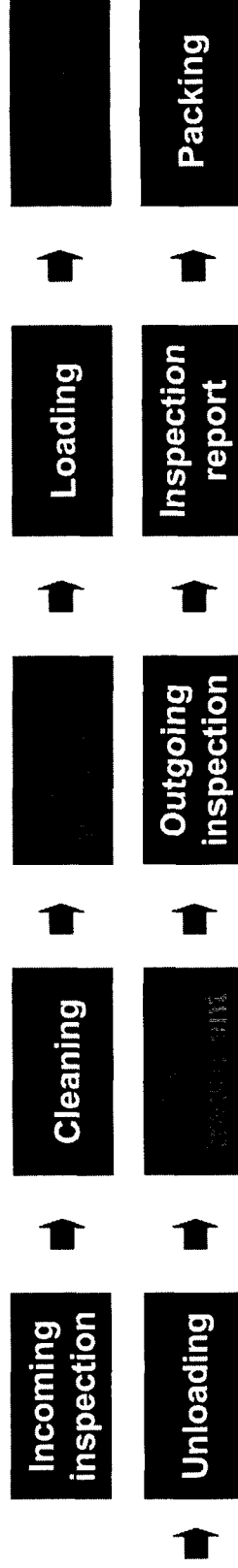
2. 열처리 (Q.T 처리) 사이클



펀치 제품에의 PVD 코팅 적용 - PVD 코팅 관련

• PVD 코팅 (BALZERS)

1. 코팅 방식 : 이온 플레이팅 방식 채택 (E-beam, Arc)
2. 펀치 적용 코팅 후보 : TiN, TiCN
3. 코팅 품질 보증 :
 - 검사성적서에 의한 코팅 품질 관리 (코팅두께, 밀착력)
 - 4. 코팅두께의 관리 : (표준 코팅에서의 코팅두께)
코팅두께의 편차 : 0.5 mm 이내로 관리
5. 기타관리항목 : 소재경도, 코팅후 표면조도 (Ra, Ry)
6. 코팅의 모든 공정 일괄 관리



금형에의 PVD 코팅적용의 결론

- 금형 및 포밍공구에 **PVD** 코팅 적용시 장점
 - 비용의 절감 · 제조원가, 관리비용 등
 - 생산성의 향상
 - 치수변화 및 소재의 경도변화 없음.
- **Fine blanking, Bending, Piercing, Hot & Cold forging, Die casting**
등 다양한 분야에 **Balinit** 코팅의 적용 가능
- 고강도 고인성 소재의 사용으로 인한 멀티 코팅의 적용