



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0114391
(43) 공개일자 2010년10월25일

(51) Int. Cl.

C23C 4/10 (2006.01) C23C 4/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0032900

(22) 출원일자 2009년04월15일

심사청구일자 2009년04월15일

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경남 창원시 사림동 9 창원대학교내

(72) 발명자

조동율

경상남도 창원시 사파동 사파동성아파트 111동 1201호

윤재홍

경상남도 창원시 사림동 142-3

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

조주영

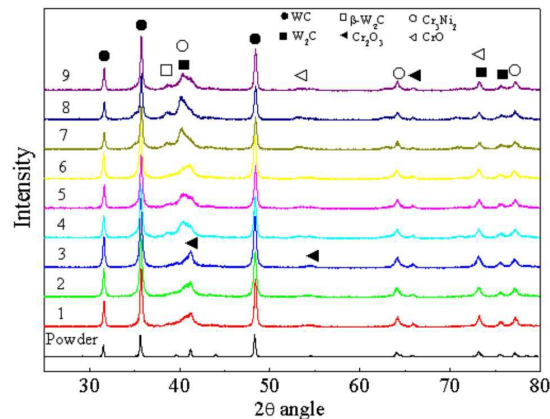
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 금속부품의 내구성 향상을 위한 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말의 초고속화염용사코팅공정 최적화 방법

(57) 요약

본 발명은 텅스텐 카바이드 계열 합금의 분말을 최적고속화염용사공정기술(OCP)에 의해 에어베어링 스프인들과 같은 고속회전체에 내마모성 코팅층을 형성하기 위해 코팅의 4공정인자를 실험계획법에 의하여 최적의 조건을 도출하여 코팅할 수 있게 한 방법에 관한 것으로 용사조건은 O₂ 공급속도(유속) 38FMR, H₂ 공급속도(유속) 53FMR, 분말공급속도 25g/min, 분사거리 7inch인 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이찬규

경상남도 창원시 사파동 사파동성아파트 108동 50
1호

주윤곤

경상남도 마산시 석전1동 137-73 서광빌라 211호

조재영

경상남도 마산시 양덕1동 95-21 태양아파트 406호

특허청구의 범위

청구항 1

고속회전체의 내구성 향상을 위하여 텅스텐 카바이드 계열 합금분말을 초고속화염용사법(HVOF)으로 코팅하는 방법에 있어서,

용사조건은 O_2 공급속도 38FMR, H_2 공급속도 53FMR, 분말공급속도 25g/min, 분사거리 7inch인 것을 특징으로 하는 금속부품의 내구성 향상을 위한 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말의 초고속화염용사코팅공정 최적화 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 조성은 W68wt.%, C5wt.%, Cr21wt.%, Ni6wt.% 인 것을 특징으로 하는 금속부품의 내구성 향상을 위한 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말의 초고속화염용사코팅공정 최적화 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 텅스텐 카바이드(WC) 계열 합금의 최적용사공정기술(OCP : Optimal Coating Process)에 의해 에어베어링스핀들과 같은 고속회전체에 내마모성 코팅층을 얻기 위해 코팅의 4공정인자(수소유속, 산소유속, 용사거리 및 분말공급량)를 실험계획법에 의거하여 최적의 조건을 도출하여 코팅할 수 있게 하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전통적인 경질크롬도금은 금속표면에 증착시켜 내마모, 내열, 내식성 등을 필요로 하는 곳에 널리 사용되어 왔다.

[0003] 그러나 크롬도금은 400℃ 이상에서 사용하기 어려운 특성을 가지고 있을 뿐 아니라 도금과정에서 독성이 강한 발암물질인 Cr^{6+} 을 배출시키고 세라믹코팅의 취성문제를 가지고 있다.

[0004] 최근에는 초고속화염용사법(HVOF : High Velocity Oxy-Fuel)으로 재료의 표면을 코팅하여 마모나 부식환경 등의 가혹한 분위기하에서 부품들의 수명향상을 필요로 하는 자동차, 항공기 등의 산업분야에서 이 기술이 응용되고 있다.

[0005] 세계 에어베어링 장치의 주된 생산업체인 Wstwind Air Bearing 와 JEVCO International은 경질크롬도금을 활용한 스핀들을 도입함으로써 120,000RPM이상의 에어베어링 장치를 생산하고 있다.

[0006] 고속회전체의 축 부는 RPM이 증가할수록 고열이 발생하고 부식마모가 심하여 점점 고가의 재질을 사용하게 되었다.

[0007] 그러나 금속재질은 고온에서 열적변형이 심하고 물리적 특성이 감소함으로써 원자재의 원가상승에 비해서 그 수명향상에 한계를 가지게 되었고 고온에서 축 부가 고착되는 현상이 나타난다.

[0008] 이를 개선하고자 Cr경질도금을 수행하였지만 도금에서도 역시 고착현상 및 코팅탈락 등의 문제가 나타났다.

[0009] 알루미늄 계열의 옥사이드의 경우에 부식과의 접촉이 발생하지 않을 경우에 축부에 대한 내마모성 및 내열성이 우수하지만 에어베어링 스핀들이 스타트와 정지 시에 부식과의 마찰이 잦아짐에 따라 그 충격을 견디지 못하고 코팅이 탈락하기 때문에 코팅 고유의 특성을 발휘하지 못하고 있다.

[0010] 국내의 일부 업체에서 적용하고 있는 알루미늄계의 용사코팅은 Cr경질에 비해 약간의 내소착성은 우수하지만 내충격성이 약하기 때문에 부품의 수명향상에 별다른 기여를 하지 못하고 있다.

[0011] 이로 인해 국내의 전자 및 반도체 업체들은 세계일류의 제품을 생산하기 위해 고가의 수입제품을 선호하고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0012] 본 발명은 에어베어링 스프링들의 수명연장을 위한 텅스텐 카바이드 계열 합금의 최적용사공정에 필요한 4공정인 자(수소유속, 산소유속, 용사거리 및 분말공급량)에 대하여 실험계획법을 이용하여 코팅층을 형성하는 최적용사 조건을 제시하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0013] 본 발명은 초고속화염용사법(HVOF)으로 고속회전체에 내마모성 코팅을 하기 위한 최적의 용사조건으로 O₂ 공급 속도 38FMR(1FMR=12scfh(Standard Cubic Feet per Hour)=0.34m³/h), H₂ 공급속도 53FMR, 텅스텐 카바이드 계열 합금의 분말 공급속도 25g/min, 분사거리 7inch로 하는 최적의 용사코팅방법을 제공한다.

효 과

[0014] 본 발명은 에어베어링 스프링들과 같은 초고속 회전체의 내마모성을 향상시켜 수명을 연장할 수 있게 하는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0015] 이하에서 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0016] 도 1은 (a)와 (b)는 WC-CrC-Ni 분말의 확대도, (c)는 XRD 결과도이고, 도 2는 9가지 조건에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 XRD이며, 도 3은 9가지 조건에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 SEM 단면도이고, 도 4는 9가지 조건에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 표면형태적 SEM 결과도이며, 도 5는 표면특성(경도, 기공도, 표면거칠기)과 공정변수들의 상관관계이고, 도 6은 최적공정으로 용사한 WC-CrC-Ni 코팅의 단면과 표면형태적 SEM결과도이며, 도 7은 최적용사공정에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 경도와 기공도이다.

[0017] 본 발명의 실험에 사용된 모재는 바인더(binder)층 없이도 코팅층과 강한 접착력을 가지며 부식환경에서 사용되 는 인코넬(Inconel)718소재를 사용하였다.

[0018] 실험에 사용될 분말은 표1과 같은 화학조성을 가지는 스프레이 드라이(Spray Drying)법으로 제조된 WC-CrC-Ni 분말을 사용하였다.

[0019] 코팅공정은 전처리, 용사 그리고 후처리로 하였고, 전처리 과정에서 모재를 60메시(Mesh)의 알루미늄(Al₂O₃) 로 블래스팅(Blasting)처리를 하여 모재와 코팅층간의 접착력을 증가시키도록 하였다.

[0020] 용사공정에서는 용사조건을 산소와 수소가스 유속, 용사거리 그리고 분말의 공급속도에 변수를 두고 다구짜 실험계획법으로 표2와 같이 9가지의 조건에 대하여 용사코팅을 하였다.

[0021] 용사장비는 JK3000을 사용하였으며 용사시 건스피드(Gun Speed)는 3mm/sec로 일정하게 하였고, 용사분말의 캐리어 가스(Carrier Gas)는 Ar을 사용하였다.

[0022] 시편의 냉각은 외부의 냉각장치 없이 공랭을 실시하였다.

[0023] 코팅층은 XRD, 광학현미경, 주사전자현미경 및 EDS를 이용하여 미세조직과 조성을 분석하였으며 마이크로 비커스(Micro Vickers) 경도기를 이용하여 코팅 층의 단면 중심부에서 9회 측정된 다음 평균값으로 경도 값을 산출 하였으며, 광학현미경으로 얻어진 조직사진을 영상분석기를 통하여 5회의 평균값으로 코팅층의 기공도를 얻었고, 연마를 하지 않은 시편에 대해 표면의 중심부에서 3회 측정된 평균값으로 표면거칠기를 분석하였다.

[0024] 표1 WC-CrC-Ni 분말의 화학조성비

[0025]

성분	W	C	Cr	Ni
WC-CrC-Ni	68	5	21	6

[0026] 표2 최적용사공정에 대한 9가지 조건

	O ₂ flow rate(FMR)	H ₂ flow rate(FMR)	Feed rate(g/min)	Spray distance(inch)
1	30	53	25	6
2	30	57	30	7
3	30	61	35	8
4	34	53	35	7
5	34	57	25	8
6	34	61	30	6
7	38	53	30	8
8	38	57	35	6
9	38	61	25	7

[0028] WC-CrC-Ni 분말은 고경도의 WC입자가 바인더 역할을 하는 Cr과 Ni 기지 내에 혼합된 형태를 가지며, 도 1에 WC-CrC-Ni의 분말 SEM이미지와 XRD결과를 나타내었다.

[0029] XRD분석결과 Cr_3C_2 , Cr_2O_3 , WC, Cr_3Ni_2 , Ni_3C 결정상이 존재하고 있으며 스프레이 드라이빙법으로 제조된 분말의 평균 입도는 15~30 μm 이다.

[0030] WC-CrC-Ni분말은 최고 약 3,500℃의 고온화염에 의해 용해 혹은 부분용해되며, 이들 액적(splat)은 최고 약 1,000m/s의 고속으로 기판에 증착된다.

[0031] 다구찌 실험계획법으로 제조된 WC-CrC-Ni 코팅의 XRD결과를 도 2에 나타내었다.

[0032] XRD결과 WC, W_2C , Cr_2O_3 , Cr_3Ni_2 상들이 존재하였고 초고속화염용사법(High Velocity Oxy-Fuel) 동안 액적이 고온의 화염속을 0.1~1ms 비행하는 동안 분말의 열분해 온도 이상에서 금속과 흑연으로 분해가 일어났기 때문이라 사료된다.

[0033] 도 3과 4에 고속화염 용사법에 의해 제조된 WC-CrC-Ni코팅시편의 단면과 표면 형태학적 SEM결과를 나타내었다.

[0034] 코팅의 두께는 약 350~400 μm 이며, 모재에 60메시의 알루미늄으로 블래스팅 결과 실제 표면적이 증가하여 모재와 계면이 매우 치밀하게 나타나는 것으로 보아 접착력이 양호한 것으로 사료된다.

[0035] 단면과 표면은 형태적으로 다공성의 코팅이 형성되었다.

[0036] 이는 WC의 열분해로 인하여 생성된 탄소가 산소와 반응하여 가스를 생성하고 코팅층을 통하여 탈출하였기 때문이다.

[0037] 각 공정에서의 표면특성과 공정변수들과의 관계를 도 5에 나타내었다.

[0038] 경도값은 913~1033Hv로 일반기계부품에 사용되는 소재보다 약 2배 이상 높은 경도값을 나타내었고, 산소유속 38FMR, 수소유속 53FMR, 용사거리8inch 그리고 분말공급30g/min일 때 가장 높은 경도값을 나타내었다.

[0039] 분말공급량 증가는 분말에 의한 열의 흡수로 분말온도를 낮추어 열분해를 감소시켜 경도를 높이는 효과를 나타낸다.

[0040] 산소와 수소의 유속변화에 큰 변화를 나타내었다.

[0041] 기공도는 각 조건에 따라 0.27~1.50%까지 변화를 나타냈고, 산소유속 38FMR, 수소유속 61FMR, 용사거리 7inch 그리고 분말공급 25g/min일 때 가장 작은 기공도를 나타내었고, 모든 공정변수의 변화에 따른 영향이 아주 크게 작용하는 것을 알 수 있었다.

[0042] 표면거칠기(Ra)는 각 조건에 따라 3.526~4.754 μm 까지 변화를 나타냈고, 산소유속 38FMR, 수소유속 53FMR, 용사거리 7inch 그리고 분말공급 25g/min일 때 가장 작은 표면거칠기를 나타내었고, 산소유속변화에 가장 큰 변화를 나타내었다.

[0043] 표 2와 같은 실험계획법으로 제작된 시편의 표면특성분석을 통해 각 표면특성에 대한 최적공정을 선정하였고 WC 계열의 분말특성상 내마모성을 고려하여 경도, 기공도, 표면거칠기 순으로 공정변수의 우선순위를 정하였다.

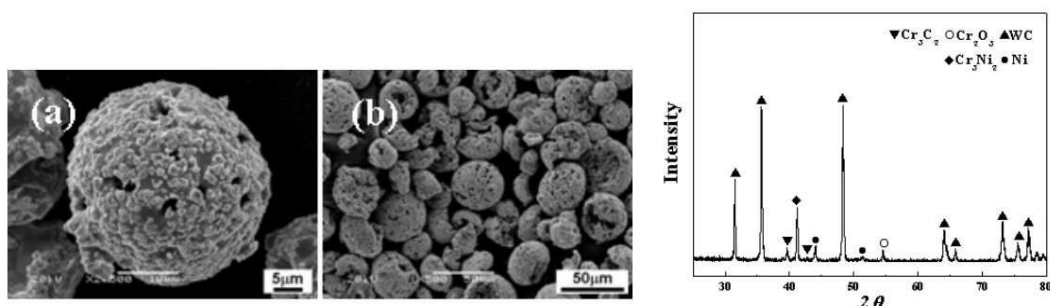
- [0044] 최적코팅공정은 경도를 기준으로 하여 산소유속 38FMR, 수소유속 53FMR, 용사거리 7inch 그리고 분말공급 25g/min 이다.
- [0045] 최적공정으로 WC-CrC-Ni 용사한 코팅층의 표면특성을 평가하였다.
- [0046] 최적공정으로 용사한 WC-CrC-Ni 코팅층의 단면과 표면 형태적 SEM, EDS결과를 도 6에 나타내었다.
- [0047] 코팅층의 두께는 약 320이다.
- [0048] 단면분석결과 모재와 계면이 매우 치밀한 320 μ m코팅층이 생성되었고 접착력이 양호한 것으로 사료된다.
- [0049] 코팅층 Ni, Cr의 풍부한 바인더 기지에 WC 분진이 분산되어 있다.
- [0050] 도 7에 코팅층의 경도와 기공도 분석결과를 나타내었다.
- [0051] 최적용사공정의 경도값은 1,150Hv으로 다구찌 공정의 최고값인 1,033Hv 보다 117Hv(약 11%)증가하였다.
- [0052] 기공도는 1.2%로 다구찌 공정 최소값인 0.27%보다 0.93%(약 344%) 증가하였는데 이는 경도와 기공도의 최적공정 변수가 틀리고 기공도가 공정변수 변화에 많은 영향을 받기 때문이라 사료된다.
- [0053] WC-CrC-Ni 분말의 HVOF 용사코팅을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.
- [0054] 1. 9가지 공정에 의해 인코넬(Inconel)718 기판 위에 고속화염 용사법으로 코팅한 WC-CrC-Ni 분말의 직경은 15~30 μ m이며 코팅 평균두께 및 경도, 기공성, 표면거칠기는 350~400 μ m, 965Hv, 2.65%, 4.4 μ m이다.
- [0055] 2. WC-CrC-Ni HVOF 코팅의 XRD분석결과 HVOF 공정 중에 열분해가 일어나며 분말에서 존재하지 않는 새로운 상을 확인할 수 있었다.
- [0056] 3. WC-CrC-Ni의 코팅의 최적공정은 O₂ 공급속도 38FMR, H₂ 공급속도 53FMR, 분말공급속도 25g/min, 분사거리 7inch 이다.
- [0057] 4. 최적공정으로 HVOF한 WC-CrC-Ni 코팅층의 경도값은 1,150Hv으로 다구찌 공정의 최고값인 1,033Hv 보다 117Hv(약 11%) 증가하였다.

도면의 간단한 설명

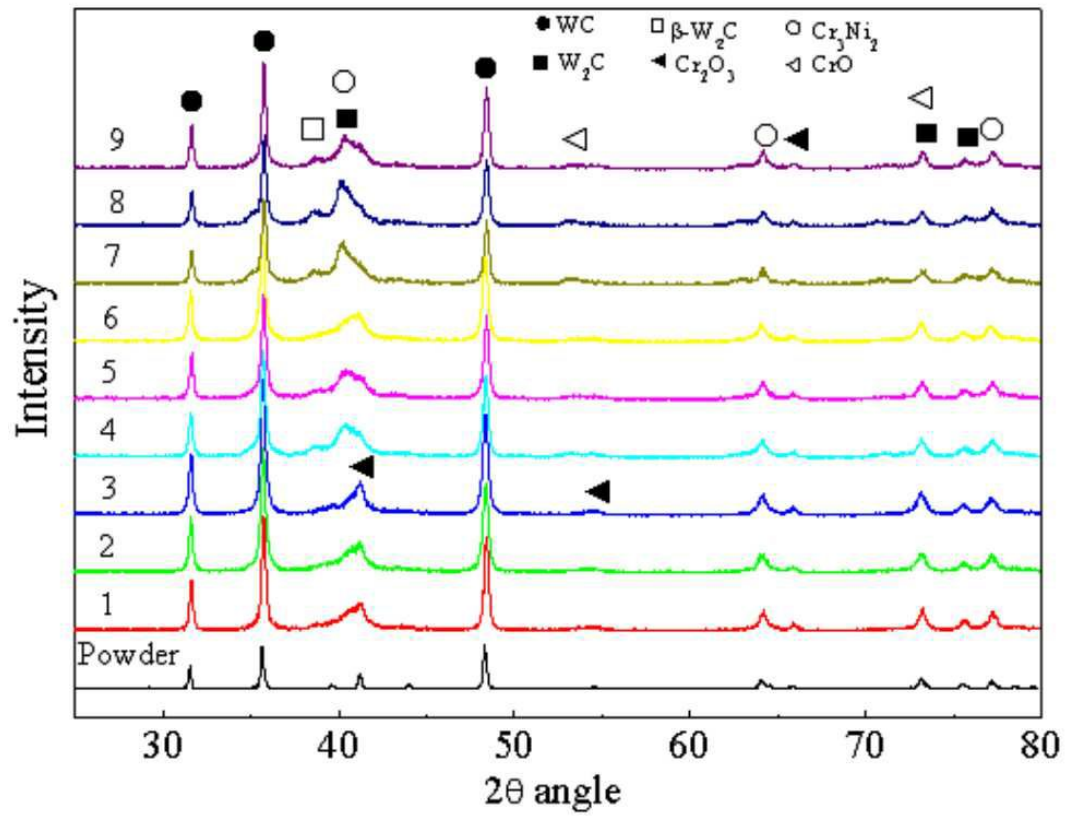
- [0058] 도 1은 (a)와 (b)는 WC-CrC-Ni 분말의 확대도, (c)는 XRD 결과도
- [0059] 도 2는 9가지 조건에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 XRD
- [0060] 도 3은 9가지 조건에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 SEM 단면도
- [0061] 도 4는 9가지 조건에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 표면형태적 SEM 결과도
- [0062] 도 5는 표면특성(경도, 기공도, 표면거칠기)과 공정변수들의 상관관계
- [0063] 도 6은 최적공정으로 용사한 WC-CrC-Ni 코팅의 단면과 표면형태적 SEM결과도
- [0064] 도 7은 최적용사공정에 의한 WC-CrC-Ni 코팅의 경도와 기공도

도면

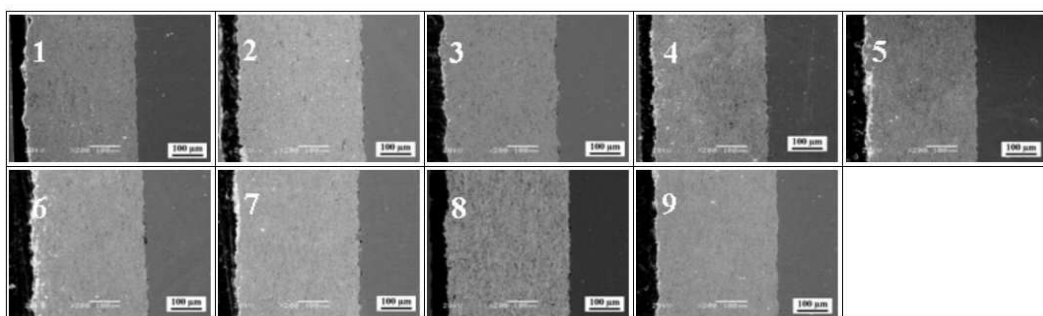
도면1



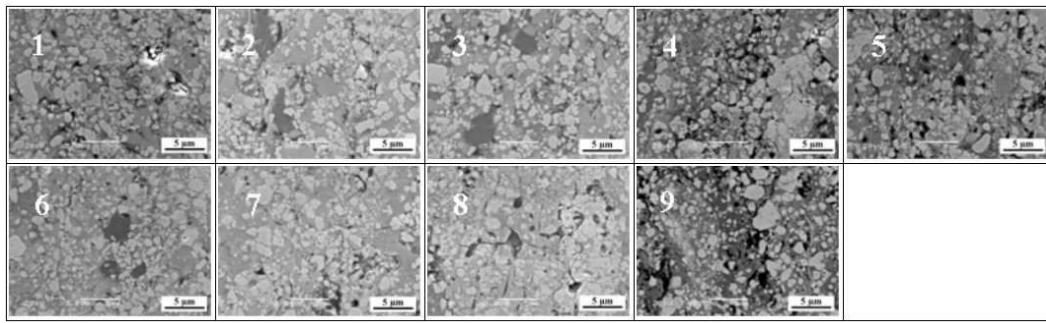
도면2



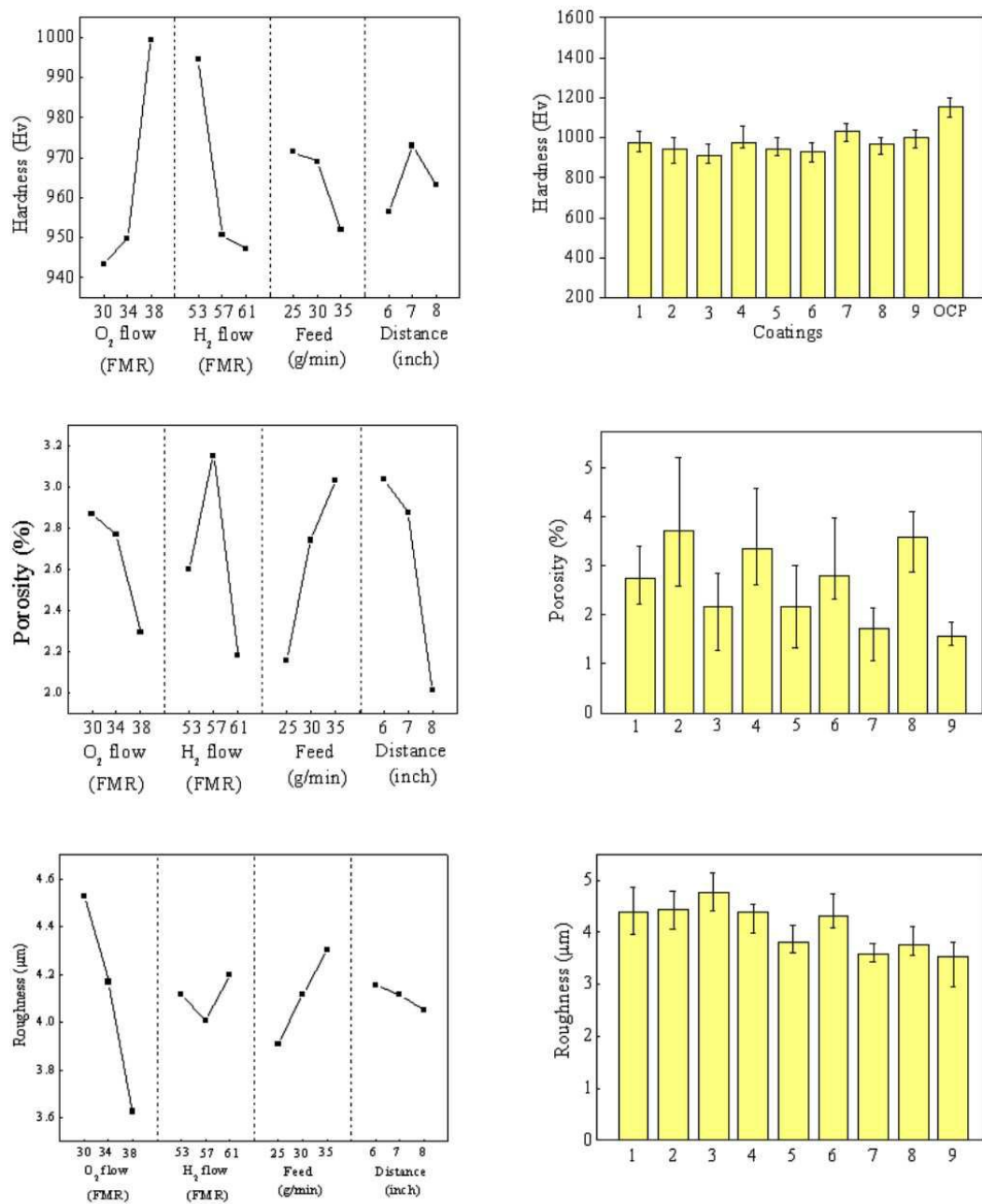
도면3



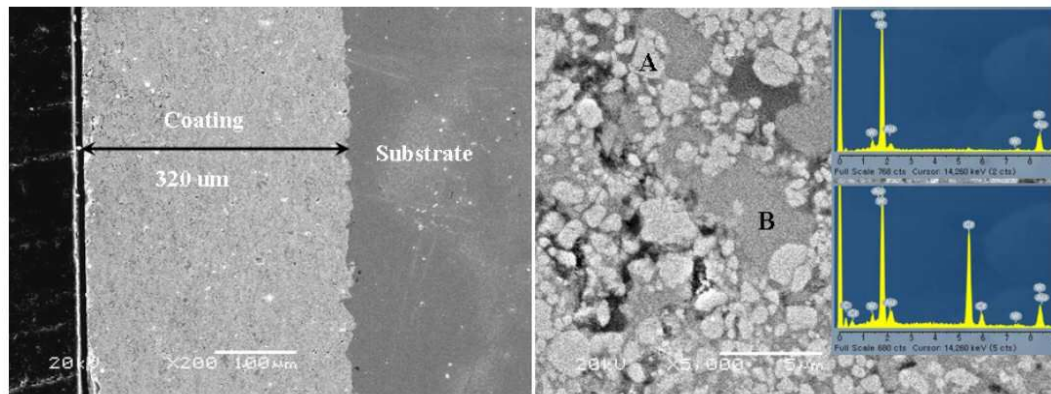
도면4



도면5



도면6



도면7

