(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월08일
(11) 등록번호 10-1945694
(24) 등록일자 2019년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 4/18 (2006.01) *C23C 4/10* (2016.01)
C23C 4/129 (2016.01)
(52) CPC특허분류
C23C 4/18 (2013.01)
C23C 4/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0095907
(22) 출원일자 2017년07월28일
심사청구일자 2017년07월28일
(56) 선행기술조사문헌
주윤곤 등, 고속화염용사코팅으로 제조된 WC-CoFe 코팅의 기계적 특성에 관한 연구, 열처리공학회지, 제25권 제1호, pp. 6~13 (2012)
조동율 등, 자성 비아링 주축의 내구성 향상을 위한 WC-metal 분말의 초고속화염용사 코팅과 코팅의 레이저 열처리, 한국기계가공학회 2012년도 추계학술대회논문집, p.73~74 (2012)
KR1020090017084 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
이재현
서울특별시 강동구 고덕로62길 76, 5동 303호 (명일동, 우성아파트)
주윤곤
경상남도 창원시 마산합포구 오동동14길 67, 101동 403호(오동동, 중앙마린파이브아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박지호

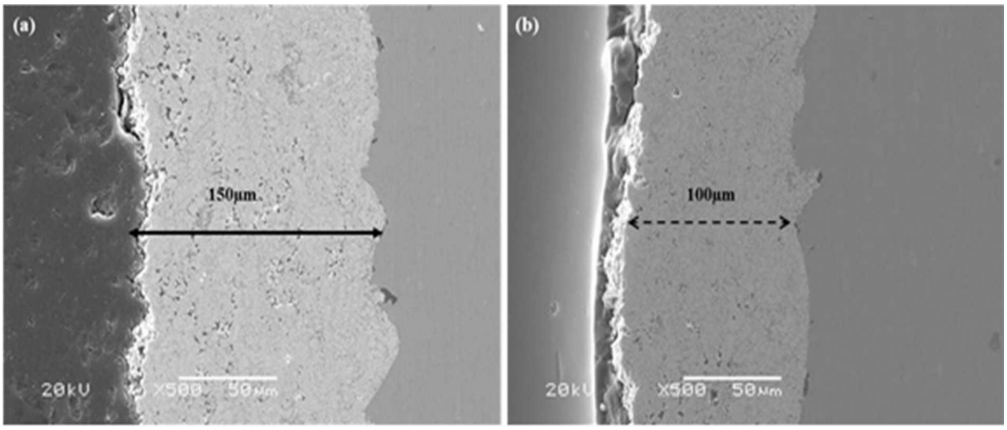
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 이철환

(54) 발명의 명칭 **레이저 열처리가 수반되는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법**

(57) 요 약

본 발명에서와 같이 고속화염 용사코팅층에 레이저를 통해 열처리를 하면 용사코팅층의 저융점 금속이 재용융 되면서 코팅층의 기공율 및 두께가 감소하면서 용사코팅층의 내마모성에 영향을 미치게 된다. 레이저 열처리의 고온에 의해 용사코팅층의 저융점 금속이 재용융 응고 과정을 거치면서 기공을 채우게 되며, 코팅층의 경도를 향상시켜서 내마모 특성이 향상된다. 본 발명에 따른 레이저 열처리법을 내구성 향상을 위한 고속화염용사 코팅에 적용할 경우 금속부품의 수명을 연장할 수 있다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
C23C 4/129 (2016.01)
(72) 발명자
정연길
경상남도 창원시 성산구 동산로 115, 118동 606호 (상남동, 대동아파트)
윤재홍
경상남도 창원시 의창구 사림로85번길 10-8(사림동)
권순철
경상남도 창원시 마산합포구 고운로 75(문화동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2011-0030058
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 -
연구사업명 선도연구센터지원사업
연구과제명 메카트로닉스 융합 부품 소재 연구센터
기 여 율 1/2
주관기관 창원대학교 산학협력단
연구기간 2015.09.01 ~ 2018.08.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20174030201460
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 -
연구사업명 에너지인력양성사업
연구과제명 가스터빈 고온부품 고효율화 융복합 연구 및 인력양성 고급트랙
기 여 율 1/2
주관기관 창원대학교 산학협력단
연구기간 2017.04.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

기재에 WC-CoFe 분말의 고속화염 용사코팅층을 형성하는 단계; 및

상기 고속화염 용사코팅층에 레이저 빔의 초점 온도가 950~1200℃인 레이저 빔을 국부적으로 조사하면서 이동시켜 상기 고속화염 용사코팅층을 레이저 열처리하여 저융점의 Co의 용융을 통해 기공의 일부를 채우는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 레이저 빔의 이동속도가 400~500 ㎜/min 인 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 레이저 열처리는 대기 중에서 이루어지되, 상기 레이저 빔이 조사되는 부위에 비활성 가스를 흘려보내면서 이루어지는 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 레이저 열처리 전 또는 후에 130~170℃에서 열처리하는 단계가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말이 15~45㎛의 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 고속화염 용사코팅층의 형성 시에 사용되는 화염의 온도가 3300~3500℃ 인 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 고속화염 용사코팅층은 상기 레이저 열처리하는 단계를 거친 후에 두께. 기공율, 마찰계수는 감소되고, 경도는 증가되는 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 레이저 열처리하는 단계를 거친 고속화염 용사코팅층의 기공율이 1.2~1.4%인 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 레이저 열처리하는 단계를 거친 고속화염 용사코팅층의 마찰계수가 0.3~0.34인 것을 특징으로 하는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법에 관한 것으로서, 특히 레이저 열처리가 수반되는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고속화염 용사 서멧(cermet) 코팅층은 마모나 부식 환경에서 사용되는 부품들의 수명 향상에 이용되고 있다. 고속화염(HVOF) 용사코팅층은 밀도가 높고, 기판과의 높은 접착력, 코팅층의 높은 결합력 및 강한 반응과 상 변태 그리고 높은 압축 응력 등의 장점을 가지고 있다. 고속화염 용사법은 적당한 공정 온도와 높은 용사 속도 때문에 특성이 우수한 서멧(cermet) 코팅층을 생산하는데 널리 이용되고 있다.

[0003] WC계 및 Co-alloy 용사 코팅은 부식, 마찰, 마모 및 침식 저항성이 요구되는 산업 현장에 널리 사용되고 있다. WC(텅스텐 카바이드) 입자는 코팅층에 높은 경도와 높은 내마모성을 부여하고, Co, Ni, Cr 및 이들 합금 바인더(접합제)는 코팅층에 높은 결합력을 부여한다.

[0004] 고속화염 용사코팅의 특성은 사용되는 분말뿐만 아니라 용사 인자의 영향을 받는다. 서멧(Cermet) 코팅층의 마모 속도는 분말의 형상, 탄화물의 분산 및 크기, 탄화물의 경도 같은 여러 가지 요인에 의해서 제어된다고 보고되어왔다.

[0005] 비록 경도가 2400Hv인 WC가 존재하지만, WC-CoCr의 고속화염 용사코팅층의 경도는 1200Hv 보다 낮다. 더욱이 플라즈마 용사 및 화염 용사보다 고속화염 용사에 의한 코팅층이 기판과의 부착력에서 매우 우수하지만, 열악한 계면 특성 때문에 사용에 한계가 있다.

[0006] 그러므로 용사코팅층의 기공도를 감소시키고, 기계적 특성을 개선하기 위한 열처리가 필요하다. 현재 일반적인 열처리 법은 진공 열처리 방법이다. 그러나 이러한 열처리 법은 용사코팅층의 기계적 마모 저항성을 향상시키지 못하거나 아주 미세하게 증가를 시킬 뿐이어서 문제이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 기재에 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층을 형성한 후에 열처리를 진행하되 종래와 같이 기재 전체를 가열하는 것이 아니라 기재의 구조 및 특성은 변하지 않도록 고속화염 용사코팅층을 레이저 열처리함으로써 고속화염 용사코팅층의 기공도, 경도, 내마모성이 향상되는 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 텅스텐 카바이드 계열 합금분말의 고속화염 용사코팅층 형성방법은,

[0009] 기재에 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말의 고속화염 용사코팅층을 형성하는 단계; 및

[0010] 상기 고속화염 용사코팅층에 레이저 빔을 국부적으로 조사하면서 이동시켜 상기 고속화염 용사코팅층을 레이저 열처리하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 레이저 빔의 초점 온도는 950~1200℃인 것이 바람직하다. 이 때, 상기 레이저 빔의 이동속도는 400~500 mm/min 인 것이 바람직하다.

[0012] 상기 레이저 열처리는 대기 중에서 이루어지되, 상기 레이저 빔이 조사되는 부위에 비활성 가스를 흘려보내면서 이루어지는 것이 바람직하다.

[0013] 상기 레이저 열처리 전 또는 후에 130~170℃에서 열처리하는 단계가 더 포함될 수 있다.

[0014] 상기 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말은 15~45㎛의 크기를 갖는 것이 바람직하다.

[0015] 상기 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말은 WC-CoFe 분말인 것이 바람직하다. 이 때 상기 고속화염 용사코팅층의 형성 시에 사용되는 화염의 온도는 3000~3500℃ 인 것이 바람직하다.

[0016] 상기 레이저 열처리하는 단계를 거친 고속화염 용사코팅층은 레이저 열처리 단계를 거치기 전과 비교해 볼 때에 두께. 기공율, 마찰계수는 감소되고, 경도는 증가되는 것을 특징으로 하며, 특히 기공율은 1.2~1.4%이고, 마찰계수는 0.3~0.34인 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에서와 같이 고속화염 용사코팅층에 레이저를 통해 열처리를 하면 용사코팅층의 저융점 금속이 재용융되면서 코팅층의 기공율 및 두께가 감소하면서 용사코팅층의 내마모성에 영향을 미치게 된다. 레이저 열처리의 고온에 의해 용사코팅층의 저융점 금속이 재용융 응고 과정을 거치면서 기공을 채우게 되며, 코팅층의 경도를 향상시켜서 내마모 특성이 향상된다. 본 발명에 따른 레이저 열처리법을 내구성 향상을 위한 고속화염용사 코팅에 적용할 경우 금속부품의 수명을 연장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 WC-CoFe 분말의 SEM 및 EDS 분석결과를 나타낸 도면;

도 2는 레이저 열처리 전과 후의 용사코팅층에 대한 XRD 결과 그래프;

도 3은 레이저 열처리 전 용사코팅층의 미세구조를 관찰한 SEM 사진;

도 4는 레이저 열처리 후 용사코팅층의 미세구조를 관찰한 SEM 사진;

도 5는 레이저 열처리 저과 후에 대한 용사코팅층의 단면 SEM 사진;

도 6은 레이저 열처리 전후에 대한 용사코팅층의 기공율을 나타낸 그래프;

도 7은 레이저 열처리 전후의 용사코팅층에 대한 깊이에 따른 경도 측정 결과를 나타낸 그래프;

도 8은 레이저 열처리 전후의 용사코팅층에 대한 마찰계수를 나타낸 그래프;

도 9는 레이저 열처리 전후의 용사코팅층에 대한 마찰마모 시험 후 마모흔을 관찰한 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 아래의 실시예는 본 발명의 내용을 이해하기 위해 제시된 것일 뿐이며 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상 내에서 많은 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명의 권리범위가 이러한 실시예에 한정되는 것으로 해석돼서는 안 된다.

[0020] 1. 시편제작

[0021] 기재는 바인더층이 따로 없더라도 용사코팅층과 강한 접착을 하며 부식 환경에서 사용되는 In718을 사용하였다. 표 1은 기재의 조성을 나타낸 것이다.

표 1

[0022]

Element	C	Mn	Si	Cr	Ni	Co	Mo	Ti	Al	B	Nb	Cu
Inconel 718	0.08	0.35	0.35	17-21	50-55	1	2.8-3.3	0.65-1.15	0.2-0.8	0.006	4.75-5.5	0.3

[0023] 용사코팅층을 형성하기 위한 텅스텐 카바이드 계열 합금 분말로는 스프레이 드라이(spray drying)법으로 제조된 도 1과 같은 형상과 상분포를 가진 WC-CoFe 상용분말을 사용하였다. 도 1은 WC-CoFe 분말의 SEM 및 EDS 분석결과를 나타낸 것이고, 표 2는 WC-CoFe 분말의 조성을 나타낸 것이다.

표 2

[0024]

Element	W	C	Co	Fe
WC-CoFe	70.3	17.33	11.77	0.7

[0025] 고속화염(HVOF) 용사 장비를 사용하여 4개의 용사 변수(수소유속, 산소유속, 분말 공급량, 용사거리) 각각에 대한 3 수준의 다구치 실험계획법으로 만든 9개의 코팅 공정으로 코팅하였다. 그 결과 최고의 표면특성을 얻을 수 있는 표 3과 같은 최적용사코팅공정을 얻었다.

표 3

[0026]

	O_2 flow rate(FMR)	H_2 flow rate(FMR)	Feed rate(g/min)	Spray distance(inch)
1	34	57	35	8(20.3cm)

[0027] 고속화염 용사코팅층의 특성 향상과 기재와 코팅층간의 부착력을 높이기 위하여 대기 중에서 출력밀도 20W/mm^2로 CO_2 레이저 열처리를 실시하였다. 레이저 빔(파장 10.6㎛, 타원 5mm x 4mm)을 시편의 18.5mm 위에서 4mm 지름 방향으로 400 ~500 mm/min 속도로 조사하였고, 시편은 레이저 빔이 조사된 스팟(spot)에서 약 0.6 초 동안 가열된다. 레이저 빔 초점의 온도 분포는 950-1200℃이다. 표 4에 레이저 열처리 조건을 나타내었다.

표 4

[0028]

Process No.	Laser Power (W)	Scanning Velocity (mm/min)	Overlap Ratio (%)	Scanning Angle (°)
1	800	500	30	90

[0029] 종래와 같은 일반 열처리에 비하여 이렇게 레이저 열처리를 하면 시편 전체가 가열되지 않아 시편(기판)의 구조 및 특성은 변하지 않는 열처리 장점이 있다.

[0030] 시편의 산화를 방지하기 위해서 레이저 가열 영역에 아르곤 가스(10MPa, 5 L/min)를 흘렸다. 레이저 열처리 전과 후에 130~170℃에서 2시간 동안 열처리 하였다.

[0031] 2. 용사코팅층 분석

[0032] 고속화염 용사코팅층은 광학현미경, 주사전자현미경(SEM), 에너지분산형분광기(EDS), 및 X선 회절분석기(XRD)를 이용하여 미세조직, 조성 및 결정구조를 분석하였다. 경도측정기로 코팅층 단면 중심부에서 15회 측정한 후 측정치가 가장 큰 값과 작은 값을 소거하고 평균값으로 경도값을 산출하였다. 주사전자현미경을 사용하여 얻은 코팅층의 조직사진을 영상분석기(image analyzer)를 통해 분석하여 코팅 층의 기공도를 얻었다. 최적용사코팅공정 기술(OCP)로 제조된 코팅과 레이저 열처리 코팅의 마찰/마모 성능을 비교하기 위하여 ball-on-disk 마찰마모시험기로 시험하였고, 마찰/마모 시험은 시험편의 초기 표면 거칠기의 영향에 민감하여 시편의 표면을 1㎛의 다이아몬드 페이스트를 사용하여 경면으로 연마하였다. 마찰/마모 시험 조건은 상대재로 직경 2 mm인 Si_3N_4 볼을 사용하였고, 상온에서 마찰속도 0.08m/s, 20N의 하중을 가해 실시하면서 마찰계수를 측정하였고, 마모시험 후 주사전자현미경을 이용하여 마모흔을 관찰하였다.

[0033] 3. 분석 결과

[0034] 3.1 분말의 특성

[0035] 고속화염 용사코팅 공정에 사용되는 분말은 15~45㎛m 크기를 갖는 것이 바람직하다. 분말의 크기가 너무 작으면 유동성이 매우 낮고 응집 현상 때문에 분말이송에 문제점이 발생하고, 너무 크면 분말이 충분이 용융되지 않아서 코팅 효율이 떨어지기 때문이다.

[0036] 도 1을 참조할 때에, WC-CoFe 분말의 평균 입도는 20~40㎛의 분포를 나타내었으며, 형상에서는 대부분의 분말이 구상으로 형성되어져 있어, 코팅에 적합한 분말임을 알 수 있었다. 분말은 세라믹 특성을 가진 고경도의 WC 입자가 바인더 역할을 하는 Co와 Fe 기지 내에 혼합된 형태로 구성되어있다. EDS 관찰 결과 분말의 주성분인 W, C

와 Co가 관찰 되었고, 의도되지 않은 불순물은 관찰되지 않았다.

[0037] 3.2 레이저 열처리 전후의 용사코팅층에 대한 결정구조

[0038] 도 2a는 WC-CoFe 분말의 XRD이고, 도 2b는 레이저 열처리 전의 고속화염 용사코팅층에 대한 XRD이며, 도 2c는 레이저 열처리 후의 고속화염 용사코팅층에 대한 XRD를 나타낸 것이다.

[0039] 도2a를 참조하면, WC 결정상의 강한 회절 피크와 상대적으로 많이 약한 Co와 Fe 결정상의 회절 피크가 관찰되었다.

[0040] 도 2b를 참조하면, 여전히 강한 WC 결정상의 회절 피크가 관찰되었지만, Co와 Fe 결정상의 회절 피크는 감소하여 거의 알아보기 힘들었고, 분말에서는 존재 하지 않았던 W_2C 결정상의 회절 피크가 매우 약하게 나타났다. 이는 고속화염용사 과정에서 액적이 고온(최고 3500℃)의 화염 속을 0.1-1ms 비행하는 동안 금속탄화물(WC)의 일부가 분해되기 때문이다. WC 상태도에 의하면 WC는 1250℃에서 $2WC \rightarrow W_2C + C$ 분해반응이 발생하여 W_2C와C로 상분해가 일어난다.

[0041] 도 2c를 참조하면, 여전히 강한 WC 결정상의 회절 피크가 관찰 되었고, 레이저 열처리 동안 WC 금속탄화물이 W과 C로 분해가 발생하여 도 2b에서 약하게 관찰되던 W_2C 결정상 피크가 증가 하였다. 용사코팅에서는 보이지 않았던 WO_3, Fe_2O_3 등의 새로운 상의 회절 피크가 관찰 되었는데, 이는 레이저 열처리 동안 산화가 발생했기 때문이다. WC의 탈탄과 산화물이 관찰 되었지만 그 양이 작기 때문에 코팅층의 기계적 특성에 미치는 영향은 크지 않다.

[0042] 3.3 레이저 열처리 전 후의 용사코팅층에 대한 미세구조

[0043] 도 3은 레이저 열처리 전 용사코팅층의 미세구조를 관찰한 SEM 사진으로서, 도 3a는 용사코팅층의 표면에 대한 것이고, 도 3b는 기재와 용사코팅층의 계면에 대한 것이다. 다양한 크기의 WC-CoFe 분말은 용사코팅 동안 고온의 화염에 의해 용해 혹은 부분 용해되며 이들 액적(splat)은 최고 약 1000 m/s의 속도로 기판에 증착 된다. 화염의 최고온도는 α-Co(-4.7at% C) 용융점 1321℃, Co 용융점 1495℃ 및 δWC 열분해 온도 1250℃ 와 WC 용융점 2785℃ 보다 높으며 W의 용융점인 3300~3500℃(더욱 근접하게는 3422℃)와 유사하다.

[0044] 따라서 고융점의 WC 입자(밝은 회색)는 코팅층에 균일하게 분포하고 회색의 금속바인더 역할을 하는 저융점의 Co와 Fe는 완전히 용융되어 WC 입자들 사이를 채우며 코팅층을 형성한다. 용사코팅 과정에서 고온의 화염에 의하여 융융된 액상 입자가 기재에 충돌하여 판상으로 퍼지게 되고, 여기에 후속 용융입자가 적층될 때 생성된 기공과 WC의 열분해로 생성된 탄소(C)는 화학 양론적으로 초과 주입된 산소(O_2)와 반응하여 탄산가스를 발생시키게 되며, 이러한 탄산가스가 코팅층을 탈출함으로써 기공이 생성되어 다공성 코팅층이 형성된다.

[0045] 도 4는 레이저 열처리 후 용사코팅층의 미세구조를 관찰한 SEM 사진으로서, 도 4a는 용사코팅층의 표면에 대한 것이고, 도 4b는 기재와 용사코팅층의 계면에 대한 것이다. 레이저 열처리 후에도 코팅층은 여전히 고경도의 WC 입자를 금속바인더 Co와 Fe로 이루어진 미세구조로 특별한 변화를 관찰하지 못하였다. 하지만 코팅층의 표면부에서 관찰되던 기공의 크기와 양이 감소하였다. 이는 레이저 열처리 동안 발생한 압축 응력과 바인더 역할을 하는 저융점의 Co가 부분적인 용융을 통해 기공을 채웠기 때문이다.

[0046] 3.4 레이저 열처리 전후 용사코팅층에 대한 특성

[0047] 도 5는 에칭을 실시하지 않은 코팅층의 단면 SEM 이미지를 나타낸 것으로서, 도 5a는 레이저 열처리 전에 대한 것이고, 도 5b는 레이저 열처리 후에 대한 것이다. 도 6은 레이저 열처리 전후에 대한 용사코팅층의 기공율을 나타낸 그래프이다.

[0048] 용사코팅층의 두께는 약 150㎛이며 코팅층의 대부분의 지역에서 기공이 관찰되었고, 이미지 분석기로 분율을 측정한 결과 약 1.7%로 나타났다. 레이저 열처리 후 코팅층의 두께는 33% 감소한 100㎛로 나타났고, 기공율도 23% 감소한 1.2~1.4%로 나타났다. 이는 레이저 열처리동안 발생되는 고온과 압축응력에 의해서 코팅층의 기공이 채워졌기 때문이며, 이로 인해 코팅층의 구조는 매우 치밀해졌다.

[0049] 도 7은 레이저 열처리 전후의 용사코팅층에 대한 깊이에 따른 경도 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 용사 코팅의 경도 값은 코팅층이 치밀할수록, 코팅층간 혹은 고경도 세라믹 WC와 바인더 역할을 하는 금속간의 결합력이 클수록 크게 나타난다. 코팅층의 경도값은 레이저 열처리 전후 모두에서 기공 및 고경도 WC 상의 영향에 의해서 표면에서 계면(코팅/기재) 방향에 따라 코팅층의 경도가 불균일하게 나타났다. 레이저 열처리 후 기공도가 감소

함에 따라 코팅층의 경도값은 Hv 1117에서 Hv 1440 크게 증가하였다. 이는 레이저 열처리의 영향으로 기공이 사라지면서 코팅층이 치밀해졌고, 코팅층을 구성하는 고경도 세라믹 WC와 금속 바인더의 결합력이 증가했기 때문이다. 하지만 표면에서 계면으로 갈수록 경도값이 감소하는 경향을 나타내는데, 이는 깊이에 따른 레이저 열처리 동안의 열영향이 감소하기 때문인 것으로 생각된다.

[0050] 3.5 레이저 열처리 전후 용사코팅층의 마찰마모 특성

[0051] 도 8은 마찰마모 시험 중 측정된 마찰계수를 나타낸 그래프로서, 도 8a는 레이저 열처리 전의 용사코팅층에 대한 것이고, 도 8b는 레이저 열처리 후의 용사코팅층에 대한 것이다.

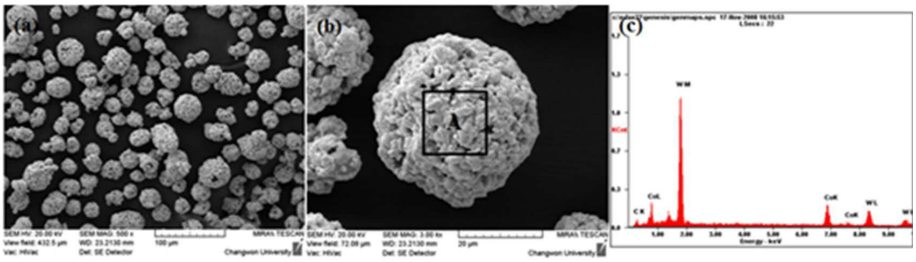
[0052] 도 9는 마찰마모 시험 후 마모흔을 관찰한 SEM 사진으로서, 도 9a는 레이저 열처리 전 용사코팅층에 대한 것이고, 도 9는 레이저 열처리 후의 용사코팅층에 대한 것이다.

[0053] 용사코팅층의 마찰계수는 레이저 열처리 후 0.45에서 0.3~034로 감소하였고, 용사코팅에서 연삭마모의 결과로 나타난 마모흔이 뚜렷하게 관찰 되었지만, 레이저 열처리 후 마모흔의 크기가 현저히 감소하여, 레이저 열처리에 의해 코팅층의 우수함 마찰 감소 거동과 내마모성을 확인 할 수 있었다. 코팅의 표면은 마모 시험이 시잘 될 때 미끄럼 접촉을 하게 되고, 이 때 Co상과 Cr_3C_2 입자는 극심한 변형을 받는다. 변형된 Co 및 Cr_3C_2상은 Si_3N_4의 압축 응력에 의해서 밀려나가고 기지의 영향이 더 이상 존재하지 않을 때 최초의 마모 분말이 형성된다. 마모 분말의 일부는 마모 시험 중 손실 되지만, 일부는 접촉면 사이에 포획된다. 포획된 파편 분말은 양쪽 표면에 추가 손상을 발생시키고, 파편은 마모 테스트 중에 더욱 작은 파편 분말로 파쇄된다. 따라서 레이저 열처리 코팅에서 WO_3상은 입자의 좋은 부착성과 모재의 좋은 응착성에 기여한 고밀도 마찰 박막을 형성한다. 고밀도 박막은 상대적으로 안정된 마모 상태로 높은 마모 속도를 감소시키며 추가적인 손상으로부터 표면을 보호한다. 레이저 열처리 후 코팅의 밀도가 고밀도 마찰박막 형성에 도움이 되고, Co상 사이에서 Cr_3C_2 및 WC상들의 부착력을 개선시킨다. 접착 마모 특성의 개선된 특성은 마모 시험 동안 형성된 얇은 산화물 박막 때문이라고 사료된다. 레이저 열처리 후 생성된 WO_3 산화물은 마모 시험 중 마찰계수를 감소시키는 윤활제 역할을 한다.

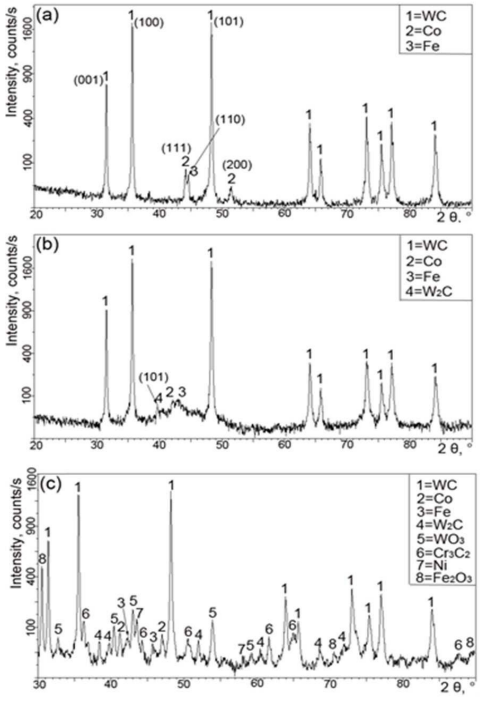
[0054] 상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 고속화염 용사코팅층에 레이저 열처리를 실시함으로써 용사코팅층의 기공도, 경도, 마찰 특성의 향상을 도모할 수 있다.

도면

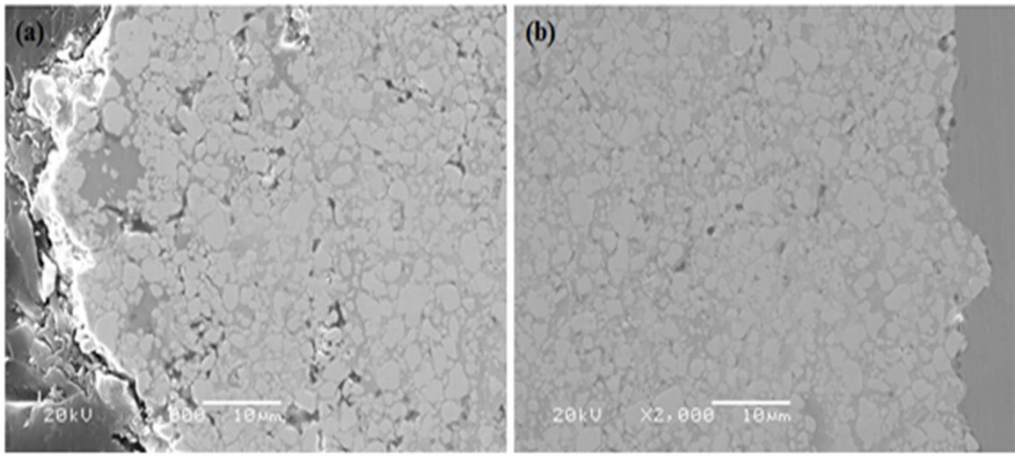
도면1



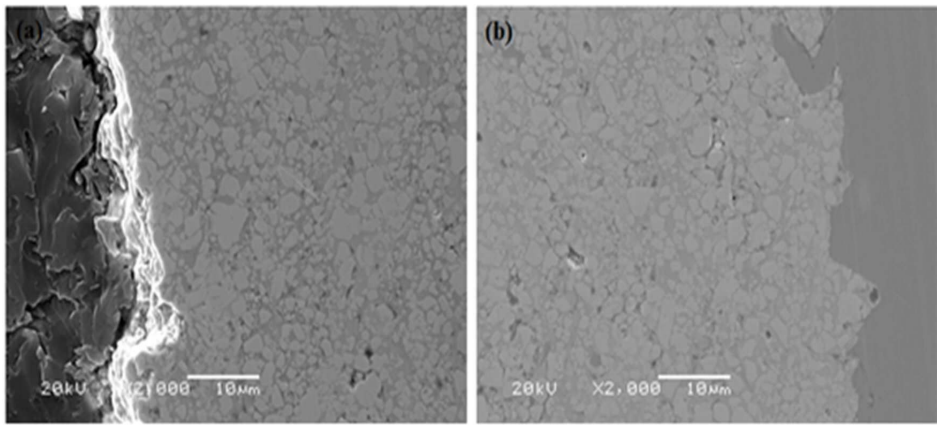
도면2


(a)
1=WC
2=Co
3=Fe
(001)
(100)
(101)
(110)
(111)
(200)
Intensity, counts/s
2 θ, °
(b)
1=WC
2=Co
3=Fe
4=W2C
(101)
(c)
1=WC
2=Co
3=Fe
4=W2C
5=WO3
6=Cr3C2
7=Ni
8=Fe2O3

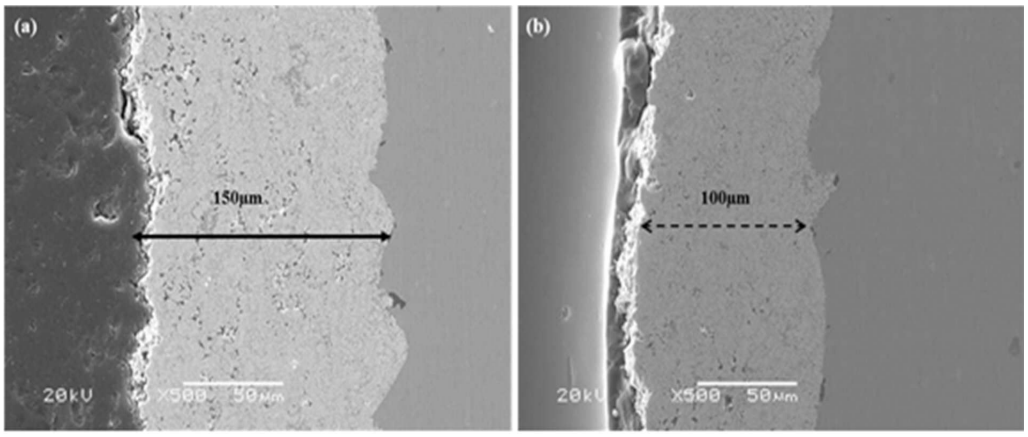
도면3


(a)
(b)
20kU X2,000 10μm

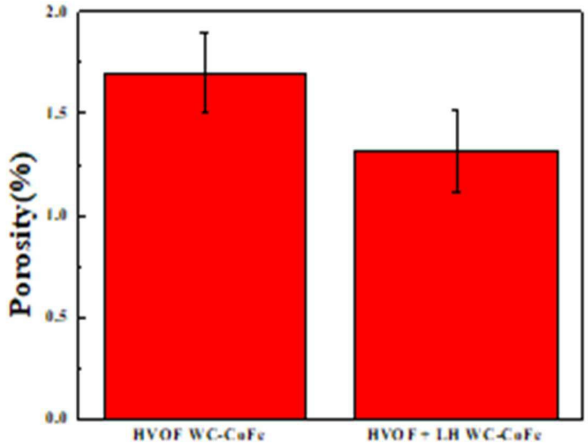
도면4


(a)
(b)
20kU X2,000 10μm

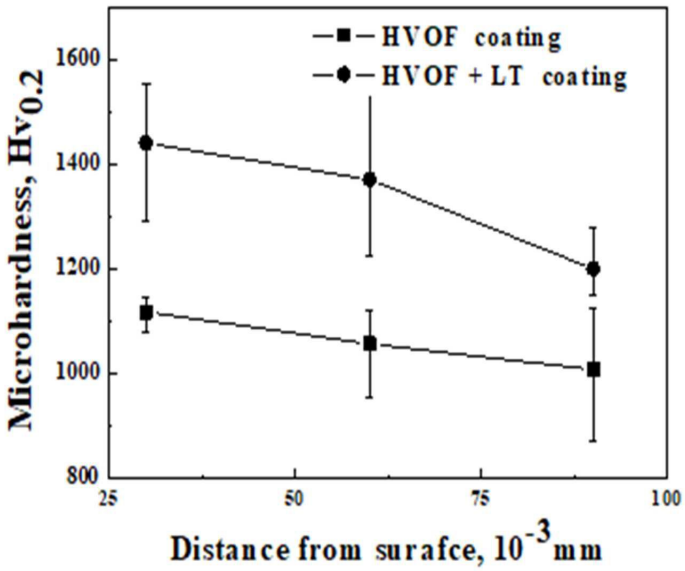
도면5


(a)
150μm
20kU X500 50μm
(b)
100μm
20kU X500 50μm

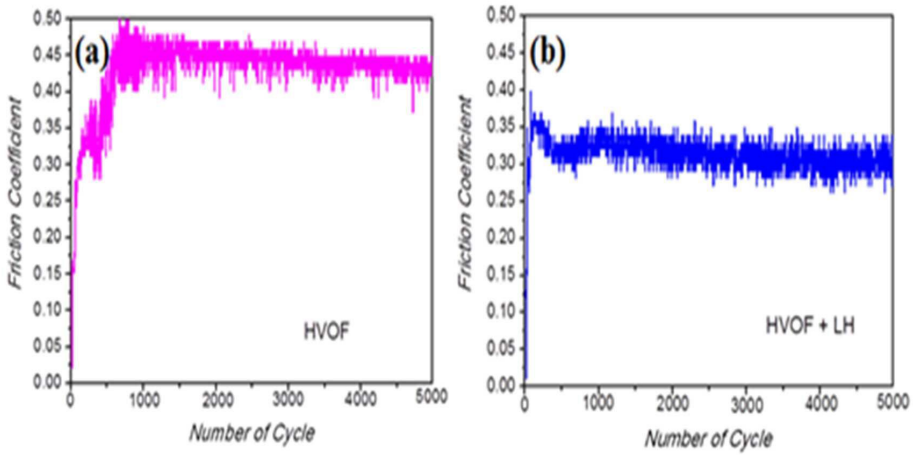
도면6


Porosity(%)
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
HVOF WC-CoFe
HVOF + LH WC-CoFe

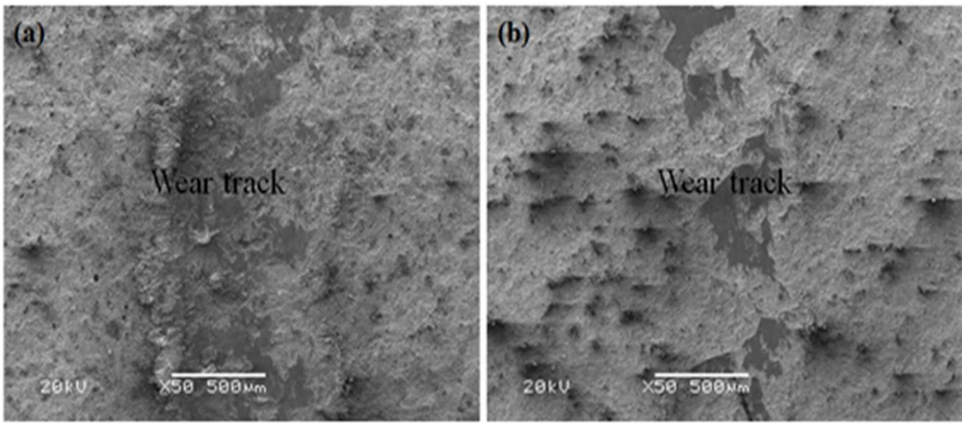
도면7


HVOF coating
HVOF + LT coating
Microhardness, Hv0.2
1600
1400
1200
1000
800
25
50
75
100
Distance from surafce, 10-3mm

도면8


(a)
(b)
Friction Coefficient
Number of Cycle
HVOF
HVOF + LH
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0
1000
2000
3000
4000
5000

도면9


(a)
Wear track
20kU X50 500㎛
(b)
Wear track
20kU X50 500㎛