(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월28일
(11) 등록번호 10-1922805
(24) 등록일자 2018년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 4/134 (2016.01) *C23C 4/08* (2016.01)
C23C 4/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 4/134 (2016.01)
C23C 4/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0075690
(22) 출원일자 2017년06월15일
심사청구일자 2017년06월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010030511 A
KR1020060109179 A

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
박준식
서울특별시 용산구 이촌로 303 현대아파트 33-504
최광수
대전광역시 유성구 동서대로 158-8 201호 (덕명동,계룡빌라)
양원철
대전광역시 서구 계백로1300번길 124 들샘유치원 (정림동)
(74) 대리인
특허법인오암, 이성렬, 이한욱, 이성준

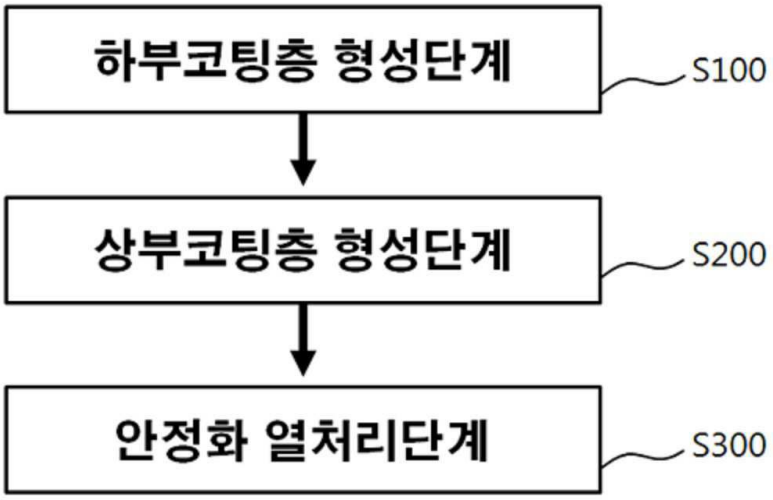
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 이철환

(54) 발명의 명칭 **박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법 및 이를 이용한 용사코팅층**

(57) 요 약

본 발명에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법은 a) 주철 모재 상에 알루미늄 분말을 플라즈마 용융분사하여 알루미늄 하부코팅층을 형성하는 단계; b) 상기 알루미늄 하부코팅층 상에 4주기 전이금속에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 금속 분말을 플라즈마 용융분사하여 상부코팅층을 형성하는 단계; 및 c) 상기 알루미늄 하부코팅층 및 상기 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철 모재를 500℃ 이상 700℃ 미만의 온도에서 안정화 열처리하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C23C 4/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1425103445
부처명 중소기업청
연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원
연구사업명 산학연협력기술개발
연구과제명 고온 플라즈마 용사를 이용한 정밀공구 연마용 합금 및 연마 기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 한밭대학교산학협력단
연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

a) 주철 모재 상에 알루미늄 분말을 플라즈마 용융분사하여 알루미늄 하부코팅층을 형성하는 단계;

b) 상기 알루미늄 하부코팅층 상에 타이타늄 분말 또는 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말을 플라즈마 용융분사하여 상부코팅층을 형성하는 단계; 및

c) 상기 알루미늄 하부코팅층 및 상기 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철 모재를 500℃ 이상 700℃ 미만의 온도에서 안정화 열처리하는 단계를 포함하는, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 a) 단계시, 상기 알루미늄 분말의 순도는 99% 이상이고, 평균입경은 5㎛ 이하인, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 b) 단계시, 상기 타이타늄 분말은 99.99% 이상의 순도를 가지는 타이타늄 분말인, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 금속 분말은

철 60 내지 80 원자%, 크롬 10 내지 30 원자%, 및 니켈 5 내지 15 원자%인, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 c) 단계시, 상기 안정화 열처리는 500 내지 600℃에서 수행하는, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 c) 단계시, 상기 주철 모재 및 상기 알루미늄 하부코팅층 사이에 알루미늄-철 확산층이 형성되는, 박리방

지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 알루미늄-철 확산층의 평균 두께는 1 내지 20 ㎛인, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 알루미늄-철 확산층은 500 ppm 이하의 산소를 함유하는 층인, 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법.

청구항 10

제 1항 내지 제 3항 및 제 5항 내지 제 9항 중 어느 한 항의 용사코팅층 제조방법으로 형성된 박리방지를 위한 용사코팅층.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법 및 이를 이용한 용사코팅층에 관한 것으로, 보다 상세하게는 플라즈마 용융분사를 이용하여 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법 및 이를 이용한 용사코팅층에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고온 플라즈마 용융 분사(플라즈마 용사) 기법은 강한 플라즈마를 생성 시켜 금속분말을 용융 시키고 용융된 코팅 원은 모재의 표면에 붙어 코팅되는 기계적인 코팅 기법으로, 다른 용사법에 비해 재료의 선택에 제한이 없고, 높은 분사속도와 증착효율을 가지고 있으며, 연료가스의 소비가 낮고 비용이 적게 들고, 용사 시 최소한의 예열과 냉각만이 요구되며, 플라즈마 시스템이 기술적, 산업적으로 검증되어 있어 신뢰성이 높고, 생산 현장에서의 적용이 용이한 장점이 있다.

[0004] 이와 관련하여, 종래 벌크(bulk) 재료의 표면물성, 특히 경도, 강도, 내부식성 등을 개선하기 위한 방법으로, 수십 마이크로 크기의 세라믹 분말을 사용하여 전술한 플라즈마 용사법을 통해 코팅층을 제조하는 방법이 알려져 있다.

[0005] 그러나, 이 방법의 경우, 코팅층 내에서 세라믹 분말 간의 결합력이 떨어지는 문제가 있고, 모재와 성분이 다른 코팅층 간의 열팽창 계수 차이로 인해 모재와 코팅층 사이에 박리가 나타나는 문제가 있다.

[0006] 또한, 모재와 코팅층 간의 결합력이 떨어지는 것을 막기 위해, 모재와 동종의 성분을 용사코팅에 사용하는 방법이 알려져 있으나, 이 방법도, 결합력 문제 때문에 고가의 모재를 사용해야 하고, 내마모성 등의 기계적 특성이 우수한 코팅층의 사용이 제한적이며, 또한 코팅층에 요구되는 물성의 종류에 따른 조성의 까다로운 제어, 용사코팅후 표면을 플라즈마 처리해야 하는 공정의 복잡성 등에 관해 개선의 여지가 많이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2014-0110174호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, 저가의 주철 모재 상에 용사코팅층을 형성함으로써 경제성 있는 다이아몬드 공구가공 플레이트(plate)용 용사코팅층 제조방법을 제공한다.

[0009] 또한 본 발명은 상술한 용사코팅층 제조방법을 이용한 용사코팅층을 포함한다.

[0010] 한편, 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가로 고려될 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법은 a) 주철 모재 상에 알루미늄 분말을 플라즈마 용융분사하여 알루미늄 하부코팅층을 형성하는 단계; b) 상기 알루미늄 하부코팅층 상에 4주기 전이금속에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 금속 분말을 플라즈마 용융분사하여 상부코팅층을 형성하는 단계; 및 c) 상기 알루미늄 하부코팅층 및 상기 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철 모재를 500℃ 이상 700℃ 미만의 온도에서 안정화 열처리하는 단계를 포함한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 a) 단계시, 상기 알루미늄 분말의 순도는 99% 이상이고, 평균입경은 5㎛ 이하일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 b) 단계시, 상기 금속 분말은 99.99% 이상의 순도를 가지는 타이타늄 분말일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 b) 단계시, 상기 금속 분말은 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 금속 분말은 철 60 내지 80 원자%, 크롬 10 내지 30 원자%, 및 니켈 5 내지 15 원자%일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 c) 단계시, 상기 안정화 열처리는 500 내지 600℃에서 수행할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 c) 단계시, 상기 주철 모재 및 상기 알루미늄 하부코팅층 사이에 알루미늄-철 확산층이 형성될 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 알루미늄-철 확산층의 평균 두께는 1 내지 20 ㎛일 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 상기 알루미늄-철 확산층은 500 ppm 이하의 산소를 함유하는 층일 수 있다.

[0020] 또한 본 발명은 상술한 용사코팅층 제조방법으로 형성된 박리방지를 위한 용사코팅층을 포함한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 용사코팅층 제조방법은 주철 모재상에 코팅층을 플라즈마 용사코팅하는 경우, 주철 모재와 코팅층 간의 박리를 방지할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 용사코팅층 제조방법은 기존의 다이아몬드, 칼 등의 연마판으로 사용되는 고가의 티타늄 판을 대체할 수 있으므로, 경제성이 있다.

[0023] 한편, 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급됨을 첨언한다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법의 순서를 도시한 공정순서도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄 분말, 타이타늄 분말, 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말을 촬

영한 SEM 사진이다.

도 3은 실시예 1에 따른 주철 모재 상에 알루미늄 하부코팅층 형성 전, 형성 후 결과를 촬영한 사진이다.

도 4는 도 3의 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재를 절단한 후, 그 단면을 촬영한 SEM 및 BSE 사진이다.

도 5는 실시예 1에 따른 주철 모재, 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재, 및 알루미늄 하부코팅층 상에 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 형성된 주철모재를 촬영한 사진이다.

도 6은 도 5의 알루미늄 하부코팅층 상에 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 형성된 주철모재를 절단한 후, 그 단면을 촬영한 SEM 사진(좌측사진, (a) 및 (c)로 표기) 및 BSE 사진(우측사진, (b) 및 (d)로 표기)이다.

도 7은 실시예 1에 따른 안정화 열처리 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다.

도 8은 실시예 2에 따른 안정화 열처리후, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다.

도 9는 비교예 1에 따른 열처리 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다.

도 10은 비교예 2에 따른 열처리 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 본 발명에 관하여 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예 및 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 또한, 본 발명의 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0027] 본 출원인은 금속 모재 상에 상기 금속 모재와 성분이 다른 용사 코팅층을 형성하는 경우, 상기 용사 코팅층에 박리 또는 크랙이 형성되는 문제를 확인하였다. 이에 따라, 본 출원인은 플라즈마 용융분사법을 이용하여 주철 모재 및 상기 주철 모재와 성분이 다른 코팅층 사이에 알루미늄 중간층을 형성시키고, 이후 안정화 열처리를 수행하는 방법으로 상기한 문제점을 해결하였다.

[0028] 또한, 특이하게도 상기 안정화 열처리를 700℃ 이상에서 수행하는 경우, 알루미늄-철 확산층의 두께가 증가함에 따라 주철 모재와 알루미늄 하부코팅층 간에(또는 주철 모재와 상부코팅층 간에) 밀착력이 더욱 향상될 것으로 예상하였으나, 산소의 확산에 따른 알루미늄-철 확산층의 변질, 알루미늄 하부코팅층과 주철 모재 간의 확산에 의한 알루미늄-철 확산층 두께의 급격한 증가 등으로 인해, 주철 모재와 알루미늄 하부코팅층 사이에 박리가 나타나는 문제점을 발견하였다.

[0030] 본 발명에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법은 a) 주철 모재 상에 알루미늄 분말을 플라즈마 용융분사하여 알루미늄 하부코팅층을 형성하는 단계; b) 상기 알루미늄 하부코팅층 상에 4주기 전이금속에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 금속 분말을 플라즈마 용융분사하여 상부코팅층을 형성하는 단계; 및 c) 상기 알루미늄 하부코팅층 및 상기 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철 모재를 500℃ 이상 700℃ 미만의 온도에서 안정화 열처리하는 단계를 포함한다.

[0031] 상기 a) 단계시, 상기 주철 모재는 표면처리된 것을 사용하는 것이 바람직하다. 표면처리는 이 분야에서 통상적으로 사용되는 방법이면 족하며, 구체적인 일 예를 들자면 샌드 블라스팅(sand blasting), SiC 페이퍼 등을 이용하여 상기 주철 모재를 표면처리할 수 있다.

[0033] 한편, 상기 a) 및 b) 단계시, 플라즈마 용융분사에 사용되는 알루미늄 분말 또는 금속 분말은 응집현상이 방지되도록 분말원료의 분산단계를 수행한 것일 수 있다. 분말원료의 분산단계는 이 분야에서 통상적으로 사용되는 방법이면 족하며, 구체적인 일 예를 들자면 체 분류법(screening)일 수 있다. 또한, 분말원료의 분산단계를 수행한 알루미늄 분말 또는 금속 분말은 평균 크기가 200 메쉬(mesh) 이하일 수 있다.

[0034] 또한, 상기 a) 및 b) 단계시, 플라즈마 용융분사에 사용되는 알루미늄 분말 또는 금속 분말은 순도가 적어도 99% 이상인 분말을 사용할 수 있다.

[0035] 이에 따라, 본 발명은 상기한 a), b) 및 c) 단계를 수행함으로써, 주철 모재 상에 기공이나 박리가 없는 용사코팅층 제조할 수 있다.

[0037] 이하, 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법을 상세히 설명한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법의 순서를 도시한 공정순서도이다.

[0039] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법은 하부코팅층 형성단계(S100), 상부코팅층 형성단계(S200) 및 안정화 열처리단계(S300)을 포함할 수 있다.

[0041] 상기 하부코팅층 형성단계(S100)는 상술한 주철 모재 상에 알루미늄 분말을 플라즈마 용융분사하여 알루미늄 하부코팅층을 형성하는 단계를 의미할 수 있다.

[0042] 상기 주철 모재는 이 분야에서 통상적으로 사용되는 것이면 족하며, 그 형상은 봉상, 판상 등일 수 있으나, 본 발명이 주철 모재의 형상에 한정되지 않는다.

[0043] 또한, 상기 주철 모재는 상술한 표면처리를 수행함으로써, 그 표면적이 증가된 것일 수 있다. 이는 고온의 플라즈마 용융분사시 용융된 금속 분말이 모재의 표면에서 열확산, 소결 등이 잘 일어나도록 유도하는 것이다.

[0045] 또한, 상기 알루미늄 분말의 순도는 99% 이상일 수 있고, 바람직하게는 99.9% 이상일 수 있다. 또한, 상기 알루미늄 분말의 평균입경은 5㎛ 이하일 수 있고, 바람직하게는 1 내지 3㎛ 일 수 있다. 상기한 알루미늄 분말의 순도 및 평균입경을 만족하는 경우, 본 발명은 상술한 하부코팅층 형성단계(S100), 상부코팅층 형성단계(S200) 및 안정화 열처리단계(S300)와 유기적인 결합에 의해 보다 밀착력이 향상되고 박리 등을 방지하는 용사코팅층을 제조할 수 있게 된다.

[0047] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법을 수행하는 경우, 상기 플라즈마 용융분사는 대기 중에서 수행하는 것일 수 있다. 이에 따라, 알루미늄 하부코팅층 및 상부코팅층은 산소를 함유할 수 있다. 산소를 함유하는 코팅층은 다이아몬드의 연마시 내마모성을 향상시킬 수 있다.

[0049] 다음으로, 상기 상부코팅층 형성단계(S200)는 상술한 하부코팅층 형성단계(S200)에서 형성된 알루미늄 하부코팅층 상에 4주기 전이금속에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 금속 분말을 플라즈마 용융분사하여 상부코팅층을 형성하는 단계를 의미할 수 있다.

[0050] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 있어, 상기 금속 분말은 99.9% 이상의 순도를 가지는 타이타늄 분말이거나, 상기 금속 분말은 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말일 수 있다.

[0051] 이때, 혼합된 금속 분말은 철 60 내지 80 원자%, 크롬 10 내지 30 원자%, 및 니켈 5 내지 15 원자%일 수 있다.

[0052] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄 분말, 타이타늄 분말, 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말을 촬영한 SEM 사진이다. 도 2에 보는 바와 같이, 알루미늄 분말은 구형의 형상을 가지며, 타이타늄 분말은 각진 다면체 형상을 가지고, 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말은 판상의 형상을 가지는 것을 알 수 있다.

[0054] 마지막으로, 상기 안정화 열처리단계(S300)는 상술한 하부코팅층 형성단계(S200)에서 형성된 알루미늄 하부코팅층 및 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철 모재를 500℃ 이상 700℃ 미만의 온도에서 열처리하는 단계를 의미할 수 있다.

[0055] 상기 안정화 열처리단계(S300) 시, 열처리 온도가 500℃ 이상 700℃ 미만인 경우에는 상기 주철 모재 및 상기 알루미늄 하부코팅층 사이에 알루미늄-철 확산층이 형성될 수 있다. 상기 알루미늄-철 확산층은 외부 충격시 주철 모재와 알루미늄 하부코팅층 간의 열평창 계수 차이로 인한 균열, 박리 등을 방지할 수 있으며, 또한 다이아몬드 공구가공에 적합한 내마모성, 강도 등을 가지게 된다.

[0057] 한편, 상기 열처리 온도가 500℃ 미만인 경우에는 상기 알루미늄-철 확산층이 상기 주철 모재 상에 일부 형성되지만, 너무 얇은 두께로 형성되거나 불균일한 층이 형성될 수 있다. 또한, 상기 열처리 온도가 700℃ 이상인 경우에는 산소의 확산에 따른 알루미늄-철 확산층의 변질(상변태 및 미세구조 변화), 알루미늄 하부코팅층과 주철 모재 간의 철 확산에 의한 알루미늄-철 확산층 두께의 급격한 증가, 상기 알루미늄-철 확산층과 알루미늄 상부코팅층 간의 결합 등으로 인해, 주철 모재와 알루미늄 하부코팅층 사이에 박리가 발생할 수 있다.

[0058] 상세하게, 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 알루미늄-철 확산층은 Fe-Al 금속간 화합물을 포함할 수 있다. 이때, 상기 알루미늄-철 확산층에서 알루미늄의 농도는 50 원자% 이하가 되도록 형성될 수 있다.

[0059] 구체적이고 비한정적인 일 예를 들자면, 상기 알루미늄-철 확산층은 FeAl, Fe_3Al, Fe_2Al_5, $FeAl_3$ 등을 포함할 수 있다. 이러한 알루미늄-철 확산층은 안정화 열처리 온도가 증가함에 따라, 그 상 또는 성분이 변화될 수 있다. 예컨대, 700℃ 이상으로 안정화 열처리하는 경우, 상대적으로 브리틀(brittle)한 Fe_2Al_5, $FeAl_3$ 등이 더 많이 분포할 수 있는 문제가 있고, 약 800℃ 이상으로 안정화 열처리하는 경우, 산소의 확산 등으로 인해 알루미나 등의 금속산화물이 형성되는 문제가 있다.

[0061] 한편, 본 발명의 일 실시예에 있어 상기 안정화 열처리는 500 내지 600℃에서 수행하는 것일 수 있다.

[0062] 상기 온도 범주(500 내지 600℃)에서 안정화 열처리를 수행하는 경우, 500 ppm 이하의 산소를 함유하는 알루미늄-철 확산층이 형성될 수 있다. 알루미늄-철 확산층의 산소 농도가 상기 범주(500 ppm 이하)를 만족하는 경우, 주철 모재와 알루미늄 하부코팅층 간의 열팽창계수 차이로 인한 균열, 박리 등을 방지할 수 있다.

[0063] 또한, 상기 온도 범주에서 안정화 열처리를 수행하는 경우, 균일한 두께를 가지는 알루미늄-철 확산층이 형성될 수 있다. 상기 알루미늄-철 확산층의 평균 두께가 1 μm 미만인 경우에는 상기 주철 모재 및 상기 알루미늄 하부코팅층 사이에 균열, 박리 등이 발생할 수 있으며, 20 μm을 초과하면 열팽창 계수의 차이가 생성되어 열충격에 의해 균열이나 박리가 발생할 수 있다.

[0065] 또한, 상기 안정화 열처리를 500 내지 600℃에서 수행하는 경우, 그 유지 시간은 1 내지 20 시간일 수 있으며, 바람직하게는 3 내지 12 시간일 수 있다. 본 발명에서 상기 유지 시간은 반드시 한정되는 것은 아니며, 상기한 목적달성을 위한 바람직한 일 예일 수 있다.

[0067] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 박리방지를 위한 용사코팅층 제조방법에 있어, 플라즈마 용융분사는 플라즈마 장치의 공정 조건인 하기 i) 내지 iv)를 만족할 수 있다.

[0068] i) 플라즈마 가스: 아르곤 및 헬륨 혼합 가스, 혼합 비율: 아르곤:헬륨 = 100:1~10

[0069] ii) 전류: 300 내지 500 A

[0070] iii) 전압: 40 내지 70 V

[0071] iv) 캐리어 가스 공급 유량: 1 내지 10 L/min

[0073] 또한, 본 발명은 상술한 용사코팅층 제조방법으로 형성된 박리방지를 위한 용사코팅층을 포함한다.

[0074] 이하 본 발명의 구체적인 설명을 위하여 하기의 실시예를 들어 상세하게 설명하겠으나, 본 발명이 다음 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0076] 실시예 1

[0077] 직경 30㎜ 및 두께 10㎜의 원기둥 모양의 주철 모재를 준비하였다.

[0078] 상기 주철 모재는 SiC 페이퍼 #220을 이용하여 주철 모재 표면의 이물질을 제거하였고, 샌드 블라스팅(sand blasting)을 통해 표면 처리를 수행하여 상기 주철 모재 표면의 표면적이 커지도록 준비하였다.

[0079] 다음으로, 플라즈마 용사에 사용되는 분말을 준비하였다. 플라즈마 용사에 사용되는 분말은 70℃ 온도를 유지하는 오븐에 24시간 이상 건조하여 습기로 인한 뭉침 현상이 없는 분말을 사용하였다. 건조한 분말은 체분류법(screening)을 통해서 200 메쉬(mesh) 크기까지 분말 원료의 뭉침 현상을 방지하였다.

[0080] 또한, 플라즈마 용사에 사용되는 분말은 하부코팅층으로서 알루미늄 분말을 사용하였고, 알루미늄 분말은 1 내지 3 μm의 입경을 가지며, 순도는 99.9%이었다.

[0081] 준비된 주철 모재에 알루미늄 분말을 플라즈마 용융분사하여, 주철 모재 상에 알루미늄 하부코팅층을 형성하였다.

[0082] 상기 플라즈마 용융분사의 구체적인 실험 조건은 하기 표 1에 수록하였다.

[0083] [표 1]

Operating gas	Primary	Ar : 100 l/min
	secondary	He : 4 l/min
Amps		400
Voltage		59.4 V
Powder carrier gas flow rate		5 l/min
Powder carrier plate RPM		35.8

[0084]

[0085] 도 3에 SiC로 가공한 주철 모재, 샌드 블라스트(snadblast)로 가공한 주철 모재, 및 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재의 실물 사진을 각각 나타내었다.

[0086] 도 4는 도 3의 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재를 절단한 후, 그 단면을 촬영한 SEM 사진(좌측사진, (a)로 표기) 및 BSE 사진(우측사진, (b)로 표기)이다. 도 4에 보는 바와 같이, 상기 알루미늄 하부코팅층은 주철 모재 상에 균일하게 코팅된 것을 알 수 있으며, 이러한 알루미늄 하부코팅층은 연성이 많은 재료로써 주철 모재와 상술한 상부코팅층 사이에서 지지층 역할을 할 수 있다.

[0088] 이후, 상기 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재에 철, 크롬 및 니켈이 혼합된 금속 분말을 플라즈마 용사하여 Fe-Cr-Ni 상부코팅층을 형성하였다.

[0089] 상세하게, 상기 플라즈마 용사시 사용된 금속분말로서, 철 분말은 약 200 mesh(약 90 μm) 크기를 가지며, 99% 이상의 순도를 나타내었다. 크롬 분말은 약 45 μm 크기를 가지며, 99% 이상의 순도를 나타내었다. 니켈 분말은 3 내지 7 μm 크기를 가지며, 99.9% 이상의 순도를 나타내었다.

[0090] 또한, 상기 플라즈마 용사시 사용된 금속분말은 원자%로, 70% Fe, 20% Cr, 10% Ni 분말을 하나의 통에 화학 반응이 일어나지 않는 지르코니아 세라믹 볼과 함께 넣어 밀봉하고, 볼 밀링을 통하여 10 시간 이상 혼합하고, 이후 상술한 건조 및 체 분류법을 수행하여 혼합된 분말을 사용하였다.

[0092] 도 5에 주철 모재, 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재, 및 알루미늄 하부코팅층 상에 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 형성된 주철모재의 실물 사진을 각각 나타내었다. 도 5에 보는 바와 같이, 알루미늄 하부코팅층, Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 형성됨으로써 주철 모재의 외관 색이 확연히 다르게 나타남을 확인하였다.

[0093] 도 6은 도 5의 알루미늄 하부코팅층 상에 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 형성된 주철모재를 절단한 후, 그 단면을 촬영한 SEM 사진(좌측사진, (a) 및 (c)로 표기) 및 BSE 사진(우측사진, (b) 및 (d)로 표기)이다.

[0094] 도 6의 (b)에 보는 바와 같이, 알루미늄 하부코팅층의 두께는 약 160 μm이고, Fe-Cr-Ni 상부코팅층의 두께는 약 140 μm임을 확인하였다. 또한, 주철 모재 상에 형성된 알루미늄 하부코팅층 및 Fe-Cr-Ni 상부코팅층을 보면, 기공이나 크랙은 확인할 수 없었고, 주철 모재와 Fe-Cr-Ni 상부코팅층 사이에 알루미늄 하부코팅층이 중간에서 지지층 역할을 하며, 안정되고 치밀한(dense) 알루미늄 하부코팅층이 형성된 것을 알 수 있었다.

[0096] 마지막으로, 알루미늄 하부코팅층 및 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철모재를 진공 퍼니스(furnace)에서 550℃로 6시간 동안 안정화 열처리하여, 박리가 발생하지 않는 (crack-free) 용사코팅층을 제조하였다.

[0097] 도 7은 실시예 1에 따른 안정화 열처리를 수행하기 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다.((a) 및 (b)는 열처리 전 BSE 사진, (c) 및 (d)는 열처리 후 BSE 사진, (a) 및 (c)는 표면 BSE 사진, (b) 및 (d)는 절단면 BSE 사진이다.)

[0098] 도 7에 보는 바와 같이, 550℃로 6시간 동안 안정화 열처리하는 경우, 주철 모재 상부에 알루미늄-철 확산층이 형성되는 것을 알 수 있었다. 상기 알루미늄-철 확산층은 도 7에 A로 나타내었다. 상기 알루미늄-철 확산층은 약 5μm 두께를 나타내었다. EDS 성분 분석 결과를 통해, 상기 알루미늄-철 확산층은 산소를 거의 함유하지 않는 것으로 나타났다.

[0100] 실시예 2

[0101] 상기 알루미늄 하부코팅층이 형성된 주철 모재에 타이타늄 금속 분말을 플라즈마 용사하여 Fe-Cr-Ni 상부코팅층을 형성한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 실시하였다. 이때 타이타늄 금속 분말의 순도는 99.999% 이었다.

[0102] 도 8은 실시예 2에 따른 안정화 열처리 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다. ((a) 및 (b)는 열처리 전 BSE 사진, (c) 및 (d)는 열처리 후 BSE 사진, (a) 및 (c)는 표면 BSE 사진, (b) 및 (d)는 절단면 BSE 사진이다.) 실시예 1에 기재된 결과와 유사하게, 550℃로 6시간 동안 안정화 열처리하는 경우, 주철 모재 상부에 알루미늄-철 확산층이 형성되는 것을 알 수 있었다. 상기 알루미늄-철 확산층은 도 8에 B로 나타내었다. 상기 알루미늄-철 확산층은 약 15㎛ 두께를 나타내었다. EDS 성분 분석 결과를 통해, 상기 알루미늄-철 확산층은 산소를 함유하지 않는 것으로 나타났다.

[0104] 비교예 1

[0105] 알루미늄 하부코팅층 및 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철모재를 진공 퍼니스(furnace)에서 700℃로 6시간 동안 열처리 한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0106] 도 9는 비교예 1에 따른 열처리 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다. ((a) 및 (b)는 열처리 전 BSE 사진, (c) 및 (d)는 열처리 후 BSE 사진, (a) 및 (c)는 표면 BSE 사진, (b) 및 (d)는 절단면 BSE 사진이다.) 실시예 1에 기재된 결과와 다르게, 700℃로 6시간 동안 열처리하는 경우, 알루미늄 하부코팅층에서 박리가 발생하는 것을 확인하였다. 또한 실시예 1에 기재된 결과와 다르게, 주철 모재 상부에 알루미늄-철-산소 확산층(과잉 산소층)이 형성된 것을 확인하였다. 알루미늄-철-산소 확산층은 도 9에 C로 나타내었다. 알루미늄-철-산소 확산층은 약 150 ㎛ 두께를 나타내었다.

[0108] 비교예 2

[0109] 알루미늄 하부코팅층 및 Fe-Cr-Ni 상부코팅층이 순차적으로 형성된 주철모재를 진공 퍼니스(furnace)에서 850℃로 12시간 동안 열처리 한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0110] 도 10은 비교예 2에 따른 열처리 전후에, 용사코팅층이 형성된 주철모재의 표면 및 단면을 촬영한 BSE 사진이다. ((a) 및 (b)는 열처리 전 BSE 사진, (c) 및 (d)는 열처리 후 BSE 사진, (a) 및 (c)는 표면 BSE 사진, (b) 및 (d)는 절단면 BSE 사진이다.) 실시예 1에 기재된 결과와 다르게, 850℃로 12시간 동안 열처리하는 경우, 알루미늄 하부코팅층에서 박리가 발생하는 것을 확인하였다. 또한 실시예 1에 기재된 결과와 다르게, 주철 모재 상부에 알루미늄-철-산소 확산층이 형성된 것을 확인하였다. 알루미늄-철-산소 확산층은 도 10에 D로 나타내었다. 알루미늄-철-산소 확산층(과잉 산소층)은 약 500 ㎛ 두께를 나타내었다.

[0112] 평가예

[0113] 상술한 실시예1~2 및 비교예 1~2에서 제조된 용사코팅층의 평균 두께와 박리 유무를 하기 표 2에 수록하였다. 여기서, 평균 두께와 박리 유무는 상술한 SEM 사진을 통해 확인하였다.

[0114] [표 2]

	실시예 1	실시예 2	비교예 1	비교예 2
평균 두께(㎛)	5	15	150	500
박리 유무	X	X	○	○

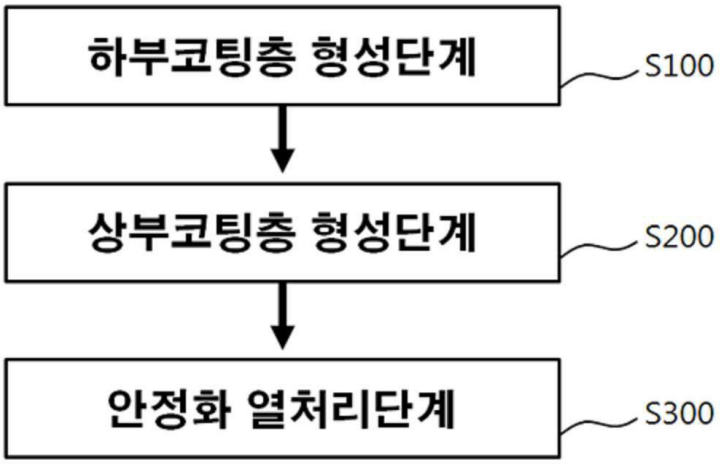
[0115]

[0117] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

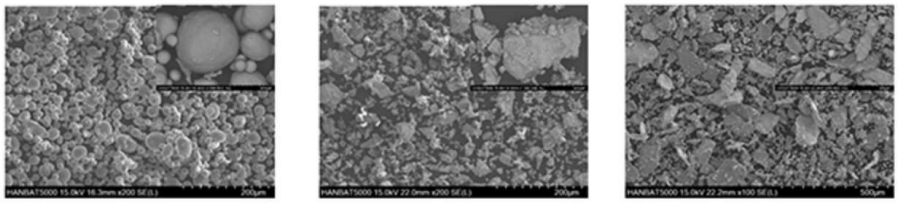
[0118] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2

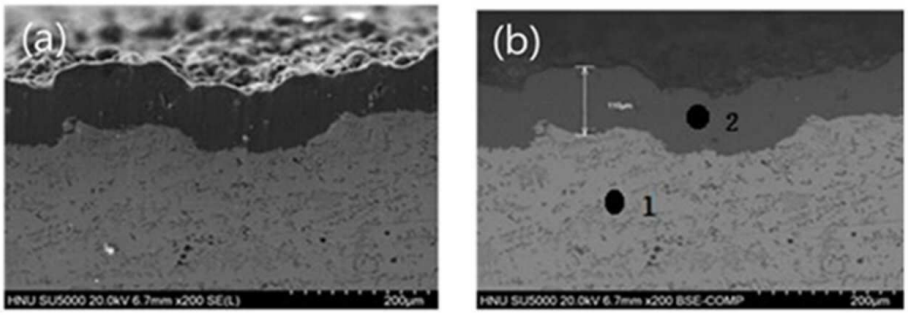


Al 분말 Ti 분말 FeCrNi 분말

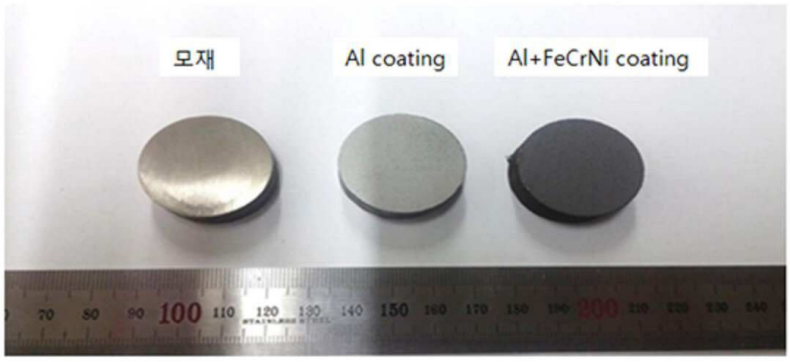
도면3



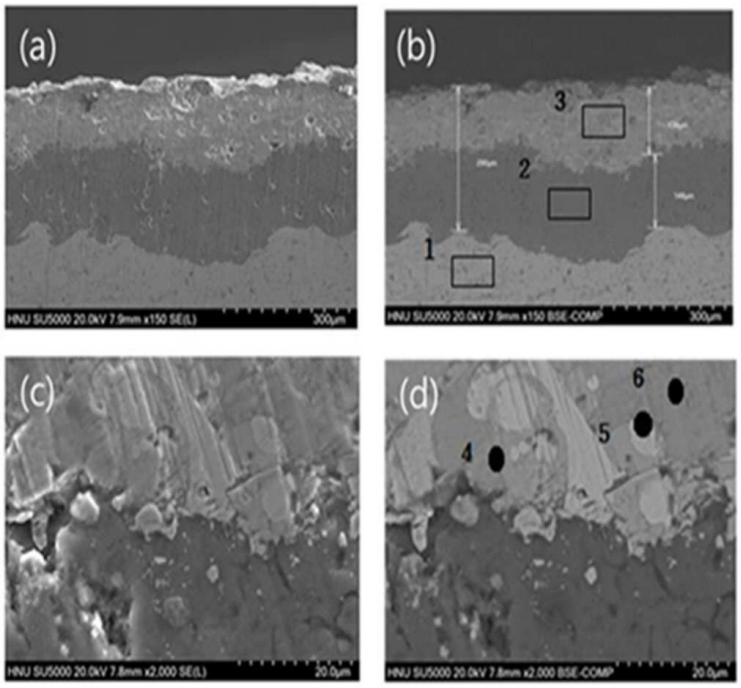
도면4



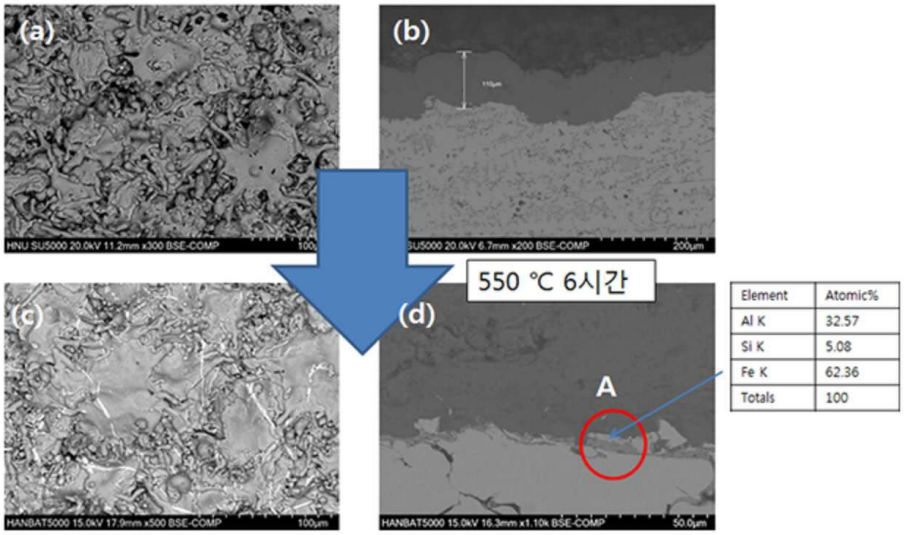
도면5



도면6

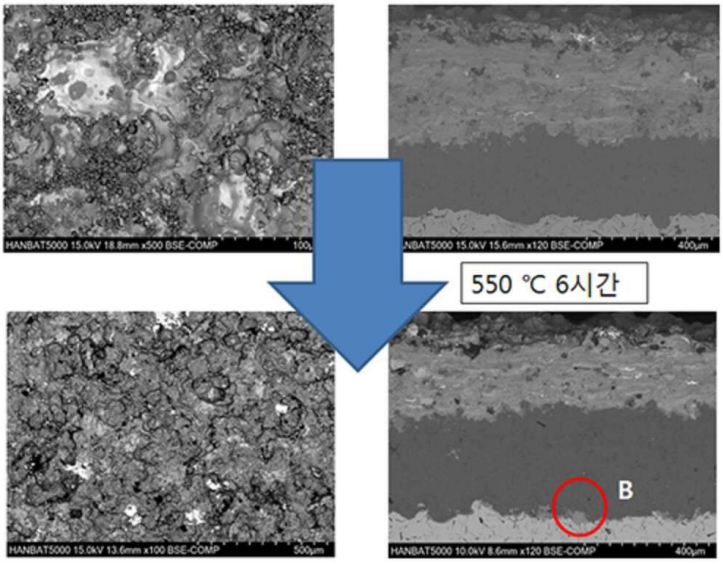


도면7

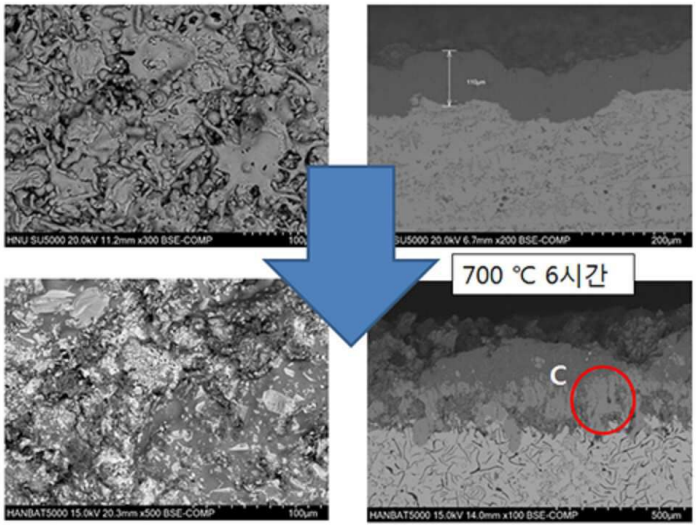


Element	Atomic%
Al K	32.57
Si K	5.08
Fe K	62.36
Totals	100

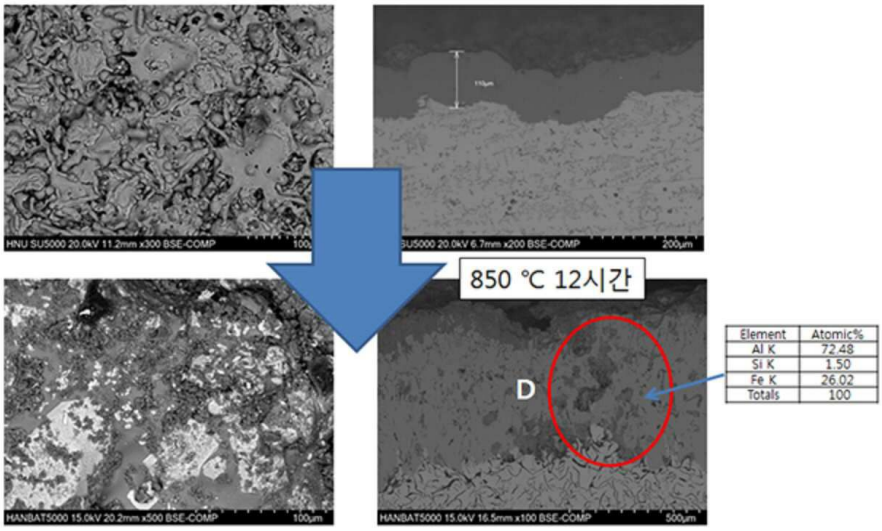
도면8



도면9


700 ℃ 6시간
C

도면10


850 ℃ 12시간
D
Element Atomic%
Al K 72.48
Si K 1.50
Fe K 26.02
Totals 100