



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0043877
(43) 공개일자 2013년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B32B 15/04 (2006.01) C21D 1/09 (2006.01)

C23C 4/06 (2006.01) C23C 24/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0108035

(22) 출원일자 2011년10월21일

심사청구일자 2011년10월21일

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 사림동 9 창원대학교

주식회사 성일터빈

부산광역시 강서구 녹산산단289로 45 (송정동)

(72) 발명자

정연길

경상남도 창원시 성산구 동산로 115, 118동 606호
(상남동, 대동아파트)

명상원

경상남도 마산시 자산동 14-1번지 대림공작 2차
1305호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

노경규

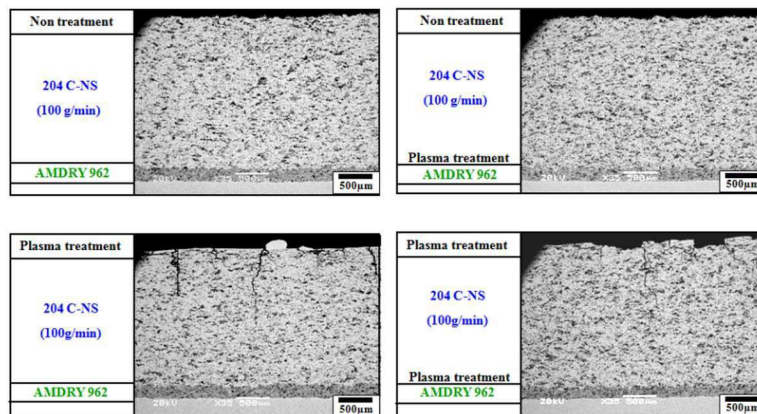
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층 및 이에 대한 제조방법

(57) 요약

본 발명은 가스터빈 등에 적용되어 발전용 가스터빈의 온도상승과 고온부품의 내구성 향상을 통해 고출력화 및 고효율화를 이룰 수 있는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층 및 이에 대한 제조방법에 관한 것이다. 본 발명은 계면 안정성이 우수한 열차폐 코팅층 및 이의 제조방법을 제공함으로써, 본드 코팅층과 탑 코팅층의 계면에서의 상이한 열팽창률을 보상하고 고온에서의 박리현상 없이 열차폐용 탑 코팅층이 두껍게 형성된 열차폐 코팅층을 가스터빈, 고온요소 부품 등에 적용한 경우에도 고온의 환경에서 고출력 및 고효율을 달성할 수 있고 수명을 연장할 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이재현

서울특별시 강동구 명일동 42번지 우성아파트
5-303

우타관

부산광역시 사하구 하신변영로 233, 가락타운 207
동 701호 (하단동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2009T100200025
부처명	지식경제부
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	E/F급 가스터빈 연소기 버너 어셈블리 적용 열차폐 코팅기술 개발
주관기관	창원대학교 산학협력단
연구기간	2009.06.01 ~ 2012.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2011-0030797
부처명	교육과학기술부
연구사업명	선도연구센터지원사업
연구과제명	구조용 신소재 조직 제어 및 응용 연구
주관기관	창원대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.07 ~ 2012.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	70007779
부처명	지식경제부
연구사업명	동남 광역경제권 선도산업 육성사업
연구과제명	발전용 가스터빈의 친환경 Annular type 1차/2차 연소기 module 개발
주관기관	(주)성일에스아이엠
연구기간	2009.10.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

초내열합금으로 형성된 모재층, 상기 모재층의 표면에 금속 분말을 코팅하여 형성된 본드 코팅층, 및 상기 본드 코팅층의 표면에 1,500~2,000 μm 두께로 형성된 열차폐용 탑 코팅층을 포함하며,

상기 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층은 플라즈마 열처리를 수행하여 형성된 것임을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 본드 코팅층은 형성된 후 냉각 처리된 것임을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 본드 코팅층을 형성하는 금속 분말은 MCrAlY (M = Co, Ni 또는 이들의 합금) 분말인 것을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 본드 코팅층은 150~300 μm 의 두께로 금속 분말을 용사코팅하여 형성된 것임을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 열차폐용 탑 코팅층은 이트리아 안정화 지르코니아 분말을 용사 코팅하여 형성된 것임을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 열차폐용 탑 코팅층은 플라즈마 열처리되어 내부에 수직 균열이 형성된 것을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 열차폐용 탑 코팅층 내부에 형성된 수직 균열은 인치당 40~50 개인 것을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층.

청구항 8

초내열합금으로 형성된 모재층 표면에 금속 분말을 용사 코팅하여 본드 코팅층을 형성하는 단계(단계 1);

상기 본드 코팅층이 형성된 모재층을 냉각시키는 단계(단계 2);

상기 본드 코팅층을 플라즈마 열처리하는 단계(단계 3);

상기 플라즈마 열처리된 본드 코팅층 표면에 열차폐용 탑 코팅층을 형성하는 단계(단계 4); 및

상기 열차폐용 탑 코팅층을 플라즈마 열처리하는 단계(단계 5);

를 포함하는 열차폐 코팅층의 제조방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 단계 2에서 상기 본드 코팅층이 형성된 모재층은 대기 중에서 실온으로 냉각되는 것을 특징으로 하는 열차폐 코팅층의 제조방법.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 단계 4에서 열차폐용 탑 코팅층의 미세구조가 경사지도록 형성되는 것을 특징으로 하는 열차폐 코팅층의 제조방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 플라즈마 열처리는 플라즈마 건의 이동속도를 250~500 mm/s 로 하여 1초 간격으로 5 내지 6회 수행되는 것을 특징으로 하는 열차폐 코팅층의 제조방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 플라즈마 열처리를 위한 플라즈마 건과 대상물의 거리는 50~180 mm 이내인 것을 특징으로 하는 열차폐 코팅층의 제조방법.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 열차폐용 탑 코팅층은 이트리아 안정화 지르코니아를 본드 코팅층의 표면에 1,500~2,000 μm 두께로 용사 코팅하여 형성되는 것을 특징으로 하는 열차폐 코팅층의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층 및 이에 대한 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는

가스터빈 등에 적용되어 발전용 가스터빈의 온도상승과 고온부품의 내구성 향상을 통해 고출력화 및 고효율화를 이룰 수 있는, 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층 및 이에 대한 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 발전용 가스터빈의 고출력화 및 고효율화를 이루기 위하여 지속적으로 증가되고 있는 가스터빈의 터빈 입구온도의 상승은 연소실 내부의 연소온도의 상승으로 이어지고 있다. 국내외 가스터빈 업체의 작동 온도는 계속 상승되어 현재 1300℃급 이상의 설비가 운전되고 있으며, 외국에서는 1700℃급의 가스터빈이 연구 개발 단계에 있다. 따라서 이에 부응하는 신소재와 코팅 기술의 연구, 핵심 부품을 제작 및 개발하고 설계하는 연구가 필요한 실정이다. 가스터빈 엔진의 성능은 터빈 입구온도 상승에 따라 현저하게 향상되어 왔으며, 터빈 입구온도가 55℃ 상승으로 출력 10~12%, 효율 2~4% 정도 향상시키는 것으로 알려져 있다. 특히 가스터빈에 응용되는 열차폐 코팅층은 고온에 항상 노출되어 있으므로 열적 안정성 및 내구성에 대한 고려가 있어야 하며, 이러한 열차폐 코팅층은 재료의 특성, 용사 방법 및 코팅 공정변수에 의해 다양하게 제조가 가능하며 다양한 기능과 성능이 발휘된다. 열차폐 코팅층의 두께가 증가할수록 모재의 온도가 이에 비례하여 감소한다는 문헌에 따른 것으로, 25.4 μm 당 4~9℃의 열차폐 효과를 가져올 수 있다.
- [0003] 이러한 열차폐 코팅층 제조 기술의 종래 기술은 하기와 같다.
- [0004] 한국공개특허 제2011-0001175호에서는 가스터빈의 운전 중에 상기 가스터빈에서 연료의 연소가스와 접하는 부분의 표면에 기저층이 형성되도록 제1 조건 하에서 실리콘을 함유하는 유기화합물을 상기 연료에 첨가하는 단계; 및 상기 기저층 위에 기저층 보다 많은 기공을 가지는 다공성층이 형성되도록 제2 조건 하에서 실리콘을 함유하는 유기화합물을 상기 연료에 첨가하는 단계를 포함하는 가스터빈의 운전 중 열차폐 코팅층 형성방법에 관하여 개시하고 있다.
- [0005] 한국등록특허 제798478호에서는 S1) Gd_2O_3 와 이트리아로 안정화된 지르코니아를 혼합하여 혼합 분말을 제조하는 단계; S2) 상기 혼합 분말을 가압 성형하여 성형체를 제조하는 단계; 및 S3) 제조된 성형체를 소결 온도를 달리 하여 상당량의 기공을 포함하는 다공성 소결체 및 치밀한 소결체를 제조된 열차폐 코팅용 소결체를 이용한 열차폐 코팅층에 관하여 개시하고 있다.
- [0006] 이론적으로 1,500 μm 이상으로 열차폐 코팅층의 두께가 증가될 시, 코팅 과정 혹은 적용과정에서 자연적인 열차폐 코팅층의 박리가 보고되고 있다. 이러한 코팅층이 고온 환경에서 노출되는 경우, 열화 현상이나 열피로에 의해 열차폐 코팅층과 본드 코팅층의 계면에 산화물층(thermally grown oxide; TGO)이 형성되어 성장됨에 따라 박리 현상이 발생되는 것이 아니라 코팅층간 계면 안정성이 없어 열차폐 코팅층이 박리되는 문제점이 있었다. 본 발명에서는 용사코팅에 있어서 열차폐 코팅층의 미세구조는 출발 분말의 크기, 형상, 밀도에 직접적인 영향을 받으며, 이러한 미세구조 제어는 열차폐 코팅층의 열적 안정성 및 수명을 결정하는 인자로 작용하게 되므로 열차폐 코팅층과 본드 코팅층의 계면 안정성에 대한 성질의 개선에 대한 연구와 두꺼운 열차폐 코팅층의 제조를 통하여 보다 높은 고온에서의 고온 요소 부품으로의 적용이 가능하도록 하는 연구가 이루어졌다.
- [0007] 상술한 종래 기술의 문제점을 해결하고자, 본 발명자들은 열차폐 코팅층과 본드 코팅층의 계면 안정성을 향상시키기 위한 방법에 대해 예의 연구를 거듭하였고, 그 결과 1,500 μm 이상으로 두꺼운 열차폐 코팅층과 본드 코팅층의 미세구조를 제어하여 계면 안정성을 향상시킬 수 있는 방법을 개발하여 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 두꺼운 열차폐 코팅층을 고출력 발전용 가스터빈에 적용하여도 열차폐 코팅층이 박리되지 않도록 미세구조가 제어되어 계면 안정성이 우수한 열차폐 코팅층을 제공하는 데 있다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적은 모재층 상에 형성된 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층 사이의 계면 안정성을 향상시킴으로써 고출력 발전용 가스터빈 등과 같은 고온의 환경에서도 열적 안정성 및 내구성이 우수한 열차폐 코팅층의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 초내열합금으로 형성된 모재층, 상기 모재층의 표면에 금속 분말을 코팅하여 형성된 본드 코팅층, 및 상기 본드 코팅층의 표면에 1,500~2,000 μm 두께로 형성된 열차폐용 탑 코팅층을 포함하며, 상기 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층은 플라즈마 열처리를 수행하여 형성된 것임을 특징으로 하는 계면 안정성을 갖는 두꺼운 열차폐 코팅층을 제공한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 초내열합금으로 형성된 모재층 표면에 금속 분말을 용사 코팅하여 본드 코팅층을 형성하는 단계(단계 1); 상기 본드 코팅층이 형성된 모재층을 냉각시키는 단계(단계 2); 상기 본드 코팅층을 플라즈마 열처리하는 단계(단계 3); 상기 플라즈마 열처리된 본드 코팅층 표면에 열차폐용 탑 코팅층을 형성하는 단계(단계 4); 및 상기 열차폐용 탑 코팅층을 플라즈마 열처리하는 단계(단계 5)를 포함하는 열차폐 코팅층의 제조방법을 제공한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 모재층은 코인 형태이며, 본드 코팅층이 형성된 후 대기 중에서 실온으로 냉각 처리되는 것이 바람직하다.
- [0013] 상기 본드 코팅층은 MCrAlY ($\text{M} = \text{Co}, \text{Ni}$ 또는 이들의 합금) 분말을 사용하여 모재층 표면에 150~300 μm 의 두께로 형성된 후, 플라즈마 열처리된다.
- [0014] 상기 열차폐용 탑 코팅층은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria-stabilized zirconia, YSZ)를 사용하여 본드 코팅층의 표면에 1,500~2,000 μm 두께로 용사 코팅되어 형성된 후, 플라즈마 열처리된다.
- [0015] 본 발명에서 열차폐용 탑 코팅층을 플라즈마 열처리하는 경우 열차폐용 탑 코팅층의 내부에 균열이 형성되며, 상기 균열은 인치당 40~50 개인 것이 바람직하다.
- [0016] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 플라즈마 열처리는 플라즈마 건의 이동속도를 250~500 mm/s 로 하여 1 초 간격으로 5 내지 6회 수행되며, 플라즈마 건과 대상물의 거리는 50~180 mm 이내인 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명은 1,500 μm 이상으로 두꺼우면서도 계면 안정성이 우수한 열차폐 코팅층 및 이의 제조방법을 제공함으로써, 본드 코팅층과 열차폐용 탑 코팅층의 계면에서의 안정성을 높여주어 고온에서의 박리현상 없이 열차폐용 탑 코팅층이 두껍게 형성된 열차폐 코팅층을 가스터빈, 고온요소 부품 등에 적용하여 고온의 환경에서 고출력 및 고효율을 달성할 수 있고 수명을 연장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 시험예 1에서 제조한 열차폐 코팅층의 측단면을 촬영한 SEM 사진이다.
- 도 2는 본 발명의 시험예 2에서 제조한 열차폐 코팅층의 측단면을 촬영한 SEM 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 시험예 3에서 제조한 열차폐 코팅층의 측단면을 촬영한 SEM 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 시험예 2에서 제조한 열차폐 코팅층의 측단면을 도 2보다 500 배 확대하여 촬영한 SEM 사진이다.
- 도 5는 본 발명의 시험예 3에서 제조한 열차폐 코팅층의 측단면을 도 3보다 500 배 확대하여 촬영한 SEM 사진이다.
- 도 6은 본 발명의 시험예 4에서 측정된 열차폐용 탑 코팅층에서 본드 코팅층 계면까지의 경도를 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 시험예 5에서 3점 굽힘강도를 측정하기 위한 시험개략도 및 사용한 장치의 사진이다.
- 도 8은 본 발명의 시험예 5에서 3점 굽힘강도 시험 후 열차폐 코팅층의 측단면을 촬영한 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0020] 본 발명에 따른 열차폐 코팅층은 초내열합금으로 형성된 모재층, 상기 모재층의 표면에 금속 분말을 코팅하여 형성된 본드 코팅층, 및 상기 본드 코팅층의 표면에 1,500 ~ 2,000 μm 두께로 형성된 열차폐용 탑 코팅층을 포함하여 구성되며, 상기 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층에 대해 플라즈마 열처리를 수행함으로써 본드 코팅층과 열차폐용 탑 코팅층 사이의 계면 안정성이 향상될 수 있다.
- [0021] 본 발명은 1,500 μm 이상의 두꺼운 열차폐용 탑 코팅층의 열적 안정성 확보를 위해 열차폐용 탑 코팅층의 미세 구조를 제어하는 기술로 특히 열차폐용 탑 코팅층 내부에 수직형 균열을 도입한 열차폐 코팅층에 대한 것이다. 열차폐 코팅 시스템에서 탑 코팅층의 두께가 두꺼워짐에 따라 열차폐 효과(25 μm 의 두께 증가 시, 약 4~9도 정도의 열차폐 효과)는 증가하지만, 통상 탑 코팅층의 두께가 1,500 μm 이상이 되면, 모재 및 본드 층과 탑 코팅층의 열팽창계수 차이에 기인하여 탑 코팅층의 형성 혹은 사용 중에 박리가 발생하게 된다. 따라서 이러한 박리 현상을 억제하기 위해 열차폐용 탑 코팅층에 수직형 균열을 도입하면, 열간 노출에 있어서 열차폐용 탑 코팅층의 열팽창 및 열수축 시 물질이 움직일 수 있는 공간을 제공할 수 있고, 또한 인위적으로 도입된 수직 균열이 결함과 같이 작용하여, 열간 노출시 열차폐용 탑 코팅층에 형성되는 응력들이 수직 균열의 성장으로 해소될 수 있다. 이러한 결과로 열차폐용 탑 코팅층과 본드 코팅층의 계면 안정성을 가져와 열차폐 코팅층의 내구성, 특히 변형저항성의 향상을 가져올 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따른 열차폐 코팅층은 하기의 방법에 따라 제조된다.
- [0023] 우선, 초내열합금으로 형성된 모재층 표면에 금속 분말을 용사 코팅하여 본드 코팅층을 형성한다(단계 1).
- [0024] 상기 모재층은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적으로 알려져 있는 가스터빈의 제조 시 사용되는 초내열 합금으로 형성되며, 코인 형태로 제조된 것을 사용할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 코인 형태의 모재층으로 지름이 1인치이고 두께가 약 5~8 mm 형태로 제작된 것을 사용할 수 있다. 코인 형태의 모재층의 표면은 블라스팅 공정을 통하여 코팅이 용이할 수 있으며, 코인 형태의 모재층은 열피로 시험이 용이하도록 1인치 코인 형태로 제조되는 것이 바람직하다.
- [0026] 상기 모재층에 본드 코팅층을 형성하기 전에 블라스팅 처리를 하여 표면에 있는 유분, 먼지 등을 제거하는 것이 바람직하다.
- [0027] 상기 모재층 표면에 MCrAlY ($\text{M} = \text{Co}, \text{Ni}$ 또는 이들의 합금) 분말을 용사 코팅하여 본드 코팅층을 형성한다.
- [0028] 본 발명에서 상기 본드 코팅층은 모재층과 열차폐용 탑 코팅층 간의 접합력을 향상시키는 역할을 한다.
- [0029] 상기 본드 코팅층은 150 ~ 300 μm 의 두께로 형성되는 것이 바람직하며, 상기 본드 코팅층이 150 μm 미만의 두께로 형성되는 경우 본드 코팅층의 두께가 얇아 열전달이 용이하여 모재층이 고온에 노출되어 특성을 저하시킬 수도 있으며, 상기 본드 코팅층이 300 μm 초과 두께로 형성되는 경우 지나치게 제조 비용이 높아질 수 있다.
- [0030] 다음으로, 상기 본드 코팅층이 형성된 모재층을 냉각시킨다(단계 2).
- [0031] 상기 본드 코팅층을 모재층의 표면에 형성한 후 냉각시킨다.
- [0032] 본드 코팅층에 대한 플라즈마로 표면처리 시, 상온보다는 고온에서 물질의 이동이 쉽게 일어나며, 이를 통해 표면에서의 물질 재배열 등으로 인위적으로 본드 코팅층의 표면의 상태를 제어하기가 어려우므로, 냉각한 후 플라즈마 표면처리를 수행하는 것이 바람직하다.
- [0033] 다음으로, 상기 본드 코팅층을 플라즈마 열처리한다(단계 3).
- [0034] 상기 단계 3에서는 본드 코팅층에 대해 플라즈마 열처리를 함으로써, 본드 코팅층에 대한 표면조도를 개선할 수 있으며, 임의의 이물질을 제거할 수 있는 효과로 인해 본드 코팅층과 열차폐용 탑 코팅층의 계면에서 안정성을 높여 주어 고온의 환경에서 열차폐용 탑 코팅층이 쉽게 박리되는 것을 방지할 수 있다.
- [0035] 상기 본드 코팅층에 대한 플라즈마 열처리는 플라즈마 건의 이동속도를 250~500 mm/s 로 하여 1초 간격으로 5 내지 6회 수행하는 것이 바람직하며, 이때 플라즈마 건과 대상물의 거리는 100 ~ 180 mm 이내인 것이

바람직하다.

- [0036] 플라즈마 열처리는 고온의 열원을 사용하여 충분히 냉각된 탑 코팅층의 표면을 열처리하여 열차폐용 탑 코팅층 내부에 수직 균열을 형성함으로써 기계적 특성 및 열적 특성을 동시에 증진시킬 수 있다. 주로 코팅층의 박리 현상은 열차폐용 탑 코팅층과 본드 코팅층의 계면에서 발생하므로 본드 코팅층의 플라즈마 열처리를 통하여 탑 코팅층과의 계면 안정성을 증진함으로써 수명 향상을 증가시킬 수 있다.
- [0037] 다음으로, 상기 플라즈마 열처리된 본드 코팅층 표면에 열차폐용 탑 코팅층을 형성한 후, 상기 열차폐용 탑 코팅층을 열처리한다(단계 4 및 5).
- [0038] 상기 단계 4에서는 상기 단계 3에서 플라즈마 열처리된 본드 코팅층 표면에 이트리아 안정화 지르코니아 분말 등과 같은 세라믹을 용사코팅함으로써 열차폐용 탑 코팅층을 형성한다.
- [0039] 이트리아 안정화 지르코니아로는 일반적으로 사용하는 ZrO_2 분말에 8 중량% Y_2O_3 가 첨가된 분말을 사용할 수 있다. Y_2O_3 의 첨가량은 보통 6~8 중량%를 사용할 수 있으나 이에 제한되지 않고 본 발명에서는 이트리아 안정화 지르코니아 분말의 입자 사이즈나 입자의 모양, 순도 등을 고려하여 다양한 분말을 사용할 수 있다.
- [0040] 열차폐용 탑 코팅층의 두께 증가는 모재층의 온도 감소와 비례적인 관계에 있으므로, 즉, 열차폐용 탑 코팅층의 두께가 증가할수록 모재층의 온도는 이에 비례하여 감소되므로 열차폐용 탑 코팅층이 두껍게 형성되는 것이 바람직하나, 열차폐용 탑 코팅층의 두께가 증가되면 고온의 환경에서 박리되는 문제점이 발생될 수 있다.
- [0041] 본 발명에서는 본드 코팅층의 표면에 1,500~2,000 μm 의 두꺼운 두께로 열차폐용 탑 코팅층을 형성한 경우에도 플라즈마 열처리를 통해 미세구조를 제어하여 계면 안정성을 향상시킴으로써, 열차폐용 탑 코팅층의 두께가 1,500 μm 이상으로 증가되어도 고온의 환경에서 박리되는 문제점을 해결할 수 있다.
- [0042] 본 발명에서 열차폐용 탑 코팅층을 플라즈마 열처리하는 경우 급격한 열충격에 의해 열차폐용 탑 코팅층의 외측면에서 내부 방향으로 균열이 형성된다(하기 도 2 및 도 3 참조). 상기 균열은 상기 모재층과 열차폐용 탑 코팅층의 열팽창률 및 기계적 특성, 특히 본드 코팅층과 열차폐용 탑 코팅층의 열팽창률 및 기계적 특성 등이 서로 달라 열에 대해서 다르게 반응하여 발생하는 열차폐용 탑 코팅층의 박리 및 파손을 방지하는 역할을 한다.
- [0043] 열차폐용 탑 코팅층이 두꺼워짐에 따라 박리현상이 외부 요인에 의한 것이 아니라 내부의 미세구조적 결함에 의해 발생되기 쉬우므로 이러한 표면 처리는 계면 안정성을 향상시켜 손상 정도를 억제함과 동시에 보다 고온의 환경에서의 구동을 용이하게 할 수 있다.
- [0044] 열차폐용 탑 코팅층에 대한 플라즈마 열처리는 플라즈마 건의 이동속도를 250~500 mm/s로 하여 1초 간격으로 5 내지 6회 수행하는 것이 바람직하며, 이때 플라즈마 건과 대상물의 거리는 50~180 mm 이내인 것이 바람직하다.
- [0045] 이와 같은 공정 조건에서 열차폐용 탑 코팅층에 대해 플라즈마 열처리를 하면, 고온의 플라즈마 열원에 의해 용융되지 아니하고 열차폐용 탑 코팅층의 내부에 균열을 형성하여 계면 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0046] 상기 열차폐용 탑 코팅층의 내부에 형성된 균열은 인치당 40~50 개인 것이 계면의 접합력 및 계면 안정성에 있어서 바람직하다.
- [0047] 본 발명에서 상기 열차폐용 탑 코팅층은 코팅재료의 양을 조절, 예를 들어, 코팅재료 중 하나의 양을 줄이고, 다른 재료의 양을 늘여가며 경사층으로 구성될 수도 있다.
- [0048] 상기와 같이 본 발명에서 열차폐용 탑 코팅층을 경사화 코팅층으로 형성함으로써 기계적 특성 우수하여 외부의 자극으로부터 쉽게 마모나 박리현상을 억제할 수 있다.
- [0049] 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층에 플라즈마 열처리를 수행하여 이들의 계면에서의 미세구조 안정성을 향상시키는 역할을 한다.
- [0050] 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 시험예를 상세하게 설명한다. 본 명세서 및 특허청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적 의미로 한정되어 해석되지 아니하며, 본 발명의 기술적 사항에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0051] 본 명세서에 기재된 실시예, 시험예 및 도면은 본 발명의 바람직한 실시예이며, 본 발명의 기술적 사상을 모두

대변하는 것이 아니므로, 본 출원 시점에서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있다.

[0052] 실시예 1

[0053] 직경 25 mm, 두께 5 mm를 갖는 Ni계 초내열 합금을 코인 형태로 가공하여 모재층으로 사용하였으며 플라즈마 열처리를 위하여 블라스팅 공정을 실시하였다. 블라스팅 공정 후 유분, 먼지 등이 남아 있을 경우에는 본드 코팅층이 잘 형성되지 않아 박리가 일어나거나 계면에서의 미세구조가 나빠질 수 있으므로, 부드러운 솔이나 압축공기를 이용하여 모재층의 이물질을 제거하여 전처리된 모재층을 얻었다. 상기 모재층에 본드 코팅층을 형성하기 위하여 Ni을 주원료로 하는 상용화 분말인 56~106 μm 크기의 AMDRY 962(Sulzer metco 사제) 및 TriplexPro-200 용사장비를 사용하였으며, 코팅 건과 모재층 간의 거리는 본드 코팅시 180 mm 를 유지하였으며 ㄷ자 형태로 플라즈마 건을 이용 및 제어하여 APS (air plasma spray; 대기용사)법으로 코팅하였으며 형성되는 본드 코팅층의 두께는 약 200 μm 내외로 하였다. 본드 코팅층을 형성한 후 모재층을 대기 중에서 충분히 냉각한 후 상기의 용사장비를 이용하여 본드 코팅층의 표면을 플라즈마 열처리하였다. 플라즈마 처리는 상온에서 냉각된 후 본드 코팅층 표면과 건의 거리를 150mm 두고 건의 속도를 500 mm/s 로 하여 플라즈마 열처리를 수행하였다.

[0054] 이후, 열차폐용 탑 코팅층을 본드 코팅층의 표면에 형성하기 위하여, 45~125 μm 입자 크기를 가지는 이트리아 안정화 지르코니아 상용화 분말 중 METCO 204 C-NS(Sulzer metco 사제) 및 상기의 용사장비를 사용하여 열차폐용 탑 코팅층을 형성하였다. 이때, 코팅 건과 모재층 간의 거리는 코팅시 150 mm를 유지하였으며 'ㄷ' 자 형태로 플라즈마 건을 이용 및 제어하여 약 2000 μm 의 두께로 열차폐용 탑 코팅층 형성하였으며, 이후, 열차폐용 탑 코팅층의 표면을 플라즈마 열처리하였다. 플라즈마 열처리는 상온에서 냉각된 열차폐용 탑 코팅층 표면과 건의 거리를 50mm 두고 건의 속도를 250 mm/s 로 하여 열충격에 의한 수직균열이 형성되도록 하였다.

[0055] 시험예 1 : SEM 사진을 통한 미세구조 측정

[0056] 실시예 1에서 본드 코팅층을 형성하기 위한 AMDRY 962 및 열차폐용 탑 코팅층을 형성하기 위한 METCO 204 C-NS의 공급률 및 본드 코팅층과 열차폐용 탑 코팅층에 대한 플라즈마 열처리 유무를 달리한 것을 제외하고 실시예 1과 동일한 조건으로 수행하여 본 발명의 열차폐 코팅층을 제조하였고, 이들의 측단면에 대해 촬영한 SEM 사진을 도 1에 나타내었다. 도 1을 참조하면, 전반적으로 미세구조 설계에 따른 각 코팅층의 영향을 알 수 있다.

[0057] 시험예 2 : 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층의 플라즈마 열처리 유무에 따른 미세구조 측정

[0058] 실시예 1에서 출발물질로 METCO사의 AMDRY 962와 204 C-NS 분말을 사용하여 각각 약 200, 2000 μm 내외의 두께로 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층을 모재층에 형성하는 과정에서 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층의 플라즈마 열처리 유무를 달리하여 열차폐 코팅층을 형성하였고, 이들의 측단면에 대해 촬영된 SEM 사진을 도 2 및 도 4에 나타내었다.

[0059] 도 2 및 도 4를 참조하면, 본드 코팅층의 플라즈마 열처리는 쉽게 확인할 수 없으나, 열차폐용 탑 코팅층의 플라즈마 열처리에 따른 수직균열을 관찰할 수 있었다. 또한, 본드 코팅층의 플라즈마 열처리를 하였음에도 계면에서의 산화물층이나 박리현상은 발견되지 않았음을 알 수 있다.

[0060] 시험예 3 : 경사화하여 제조된 열차폐용 탑 코팅층의 플라즈마 열처리 유무에 따른 미세구조 측정

[0061] 실시예 1에서 출발물질로 METCO사의 AMDRY 962와 204 C-NS 분말을 사용하여 각각 약 200, 2000 μm 내외의 두께로 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층을 모재층에 형성하는 과정에서 열차폐용 탑 코팅층을 경사화하고, 플라즈마 열처리 유무를 달리하여 열차폐 코팅층을 형성하였고, 이들의 측단면에 대해 촬영된 SEM 사진을 도 3 및 도 5에 나타내었다.

[0062] 도 3 및 도 5를 참조하면, 약 150~200 μm 의 두께로 경사화 미세구조를 설계하였음을 열차폐용 탑 코팅층의 하층부에서 확인할 수 있다.

[0063] 시험예 4 : 열차폐용 탑 코팅층에서 본드 코팅층 계면까지의 경도 측정 시험

[0064] 실시예 1에서 출발물질로 METCO사의 AMDRY 962와 204 C-NS 분말을 사용하여 각각 약 200, 2000 μm 내외의 두께로 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층을 모재층에 형성하는 과정에서 AMDRY 962의 공급률 및 본드 코팅층의 플라즈마 열처리 유무를 달리하여 열차폐 코팅층을 형성하였고, 이들의 열차폐용 탑 코팅층에서 본드 코팅층 계면까지의 경도를 측정하여 도 6에 나타내었다. 이때 본드 코팅층의 플라즈마 열처리는 건과 표면의 거리를 150 mm로 두고, 건의 속도를 500 m/s로 하여 5회에 걸쳐 수행하였으며, 탑 코팅층의 플라즈마 열처리는 건과 표면의 거리를 50 mm로 두고, 건의 속도를 250 m/s로 하여 5회에 걸쳐 수행하였다.

[0065] 도 6을 참조하면, 본드 코팅층에 대해 플라즈마 열처리 유무에 상관없이 탑 코팅층에 플라즈마 열처리를 하지 않은 경우 전반적으로 유사한 경도값을 보이나, 탑 코팅층에 대해 플라즈마 열처리를 한 경우 경사화되는 경도값을 나타냄을 알 수 있다.

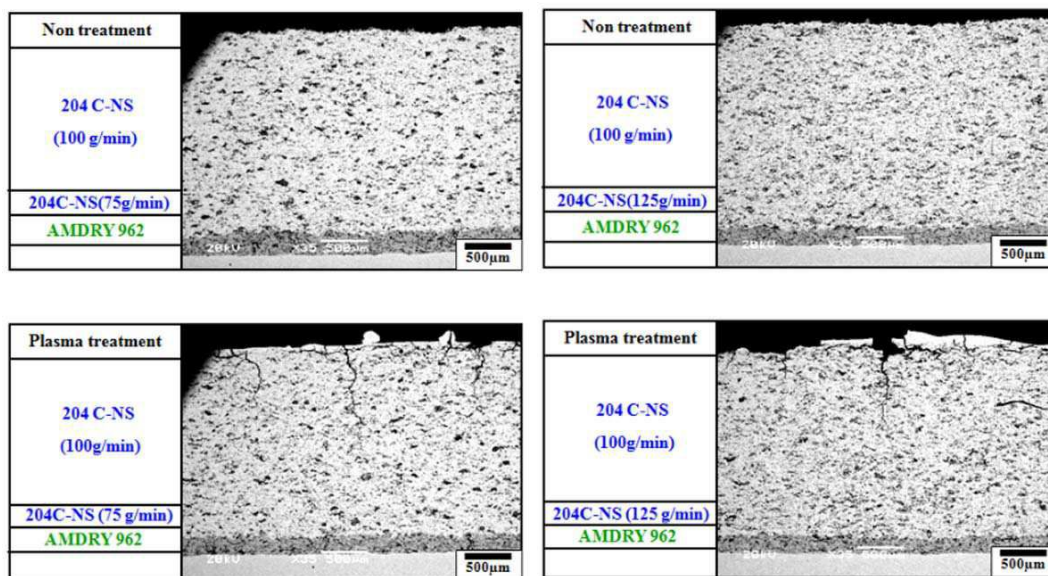
[0066] 도 6에 나타난 바와 같이, 탑 코팅층의 플라즈마 열처리를 통해 탑 코팅층의 경도를 높임으로써 기계적 특성을 증진시킬 수 있다. 또한 본드 코팅층으로 진행됨에 따라 분말의 공급량이 적어질수록 화염에 용융이 유리하여 치밀한 코팅층을 형성하여 경도를 높일 수 있다. 코팅층의 경도값이 경사화되는 것으로부터 코팅층의 표면이 플라즈마 처리를 통해 치밀한 미세구조를 나타냄을 확인할 수 있다.

[0067] 시험예 5 : 열차폐 코팅층의 3점 굽힘강도 측정 시험

[0068] 실시예 1에서 출발물질로 METCO사의 AMDRY 962와 204 C-NS 분말을 사용하여 각각 약 200, 2000 μm 내외의 두께로 본드 코팅층 및 열차폐용 탑 코팅층을 모재층에 형성하는 과정에서 AMDRY 962의 공급률 및 본드 코팅층과 열차폐용 탑 코팅층의 플라즈마 열처리 유무를 달리하여 형성한 본 발명의 열차폐 코팅층들에 대해 도 7에 나타난 3점 굽힘강도 시험 개략도 및 측정 장치를 이용하여 3점 굽힘강도 측정 시험을 수행하였다. 이후, 이들의 측단면에 대해 촬영된 SEM 사진을 도 8에 나타내었다.

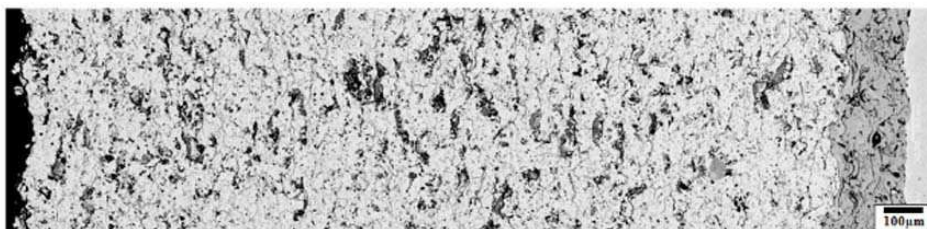
[0069] 도 8을 참조하면, 본드 코팅층에 대해 플라즈마 열처리를 수행하지 않고 제조된 열차폐 코팅층은 계면에서의 균열이 성장하는 거동을 보이나, 본드 코팅층에 대해 플라즈마 열처리를 수행하여 제조된 열차폐 코팅층은 계면에서의 균열 성장 거동을 억제함을 알 수 있었다. 또한 경사화된 계면에서 분말의 공급량이 적음에 따라 치밀한 미세구조가 형성되며, 이에 따라 균열의 진행이 치밀한 미세구조를 따라 성장되는 것이 관찰되었으나 상대적으로 분말의 공급량이 적어 기공이 많은 미세구조가 형성될 경우, 계면으로 성장된 균열이 일부 진행되지만 그 성장의 크기는 치밀한 미세구조에 비해 적음을 알 수 있었으며, 이를 통해 계면 안정성을 확인할 수 있었다.

도면3



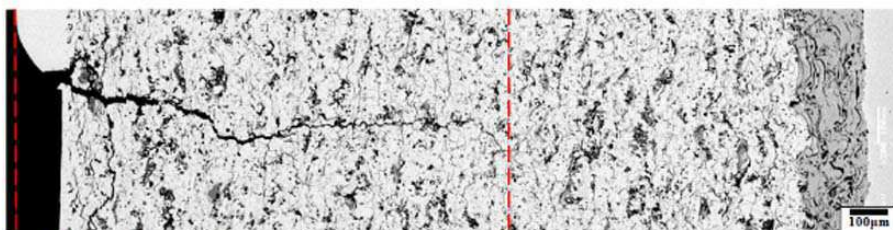
도면4

Non treatment



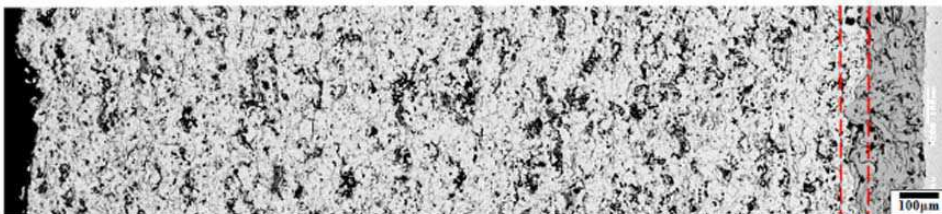
Plasma treatment

Feedingrate 100g/min



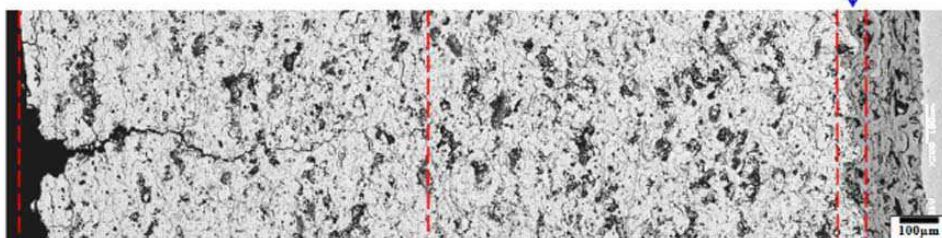
Crack length (690 ~ 1,200 μm)

Non treatment



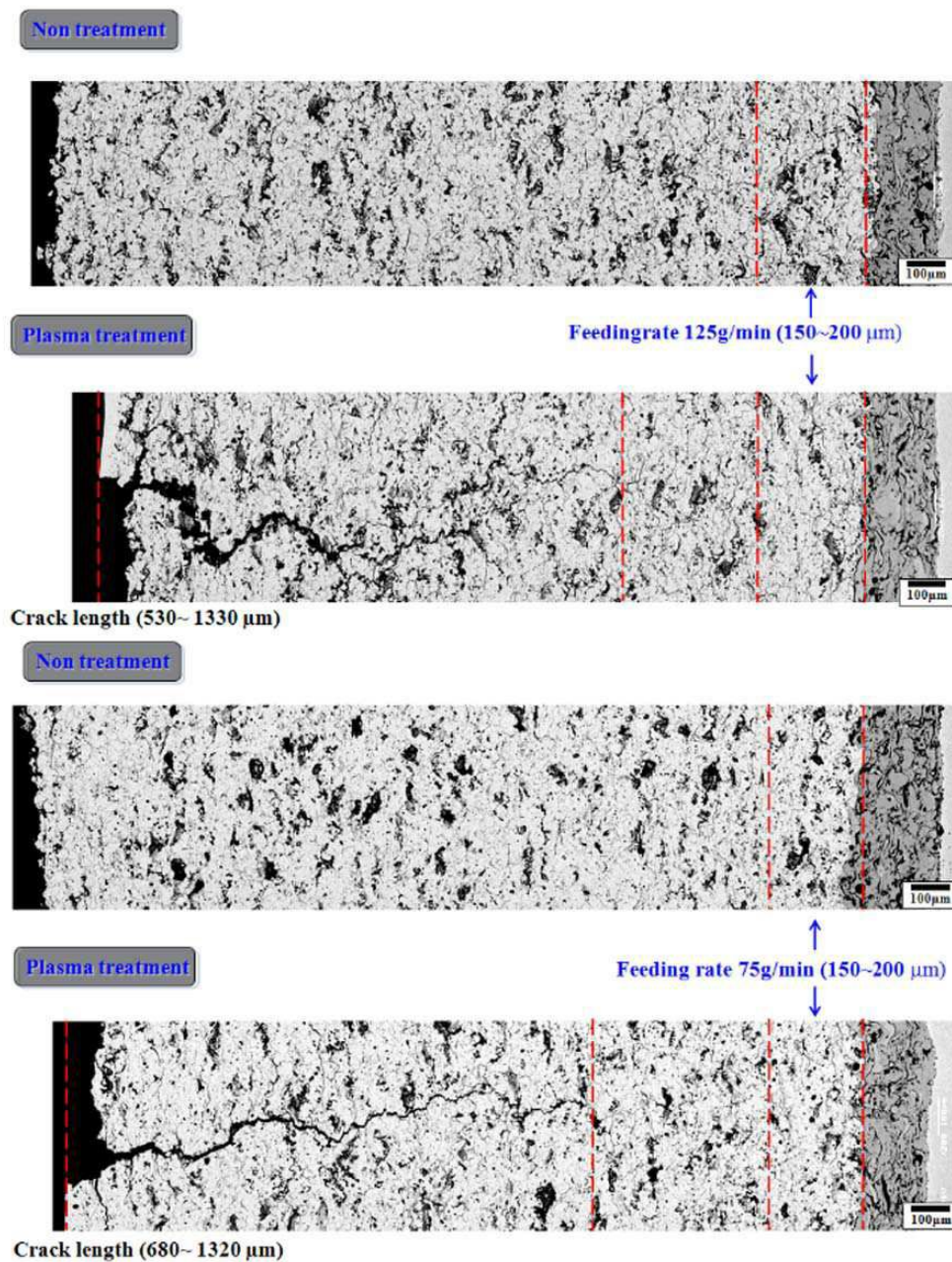
Plasma treatment

Bond Plasma treatment

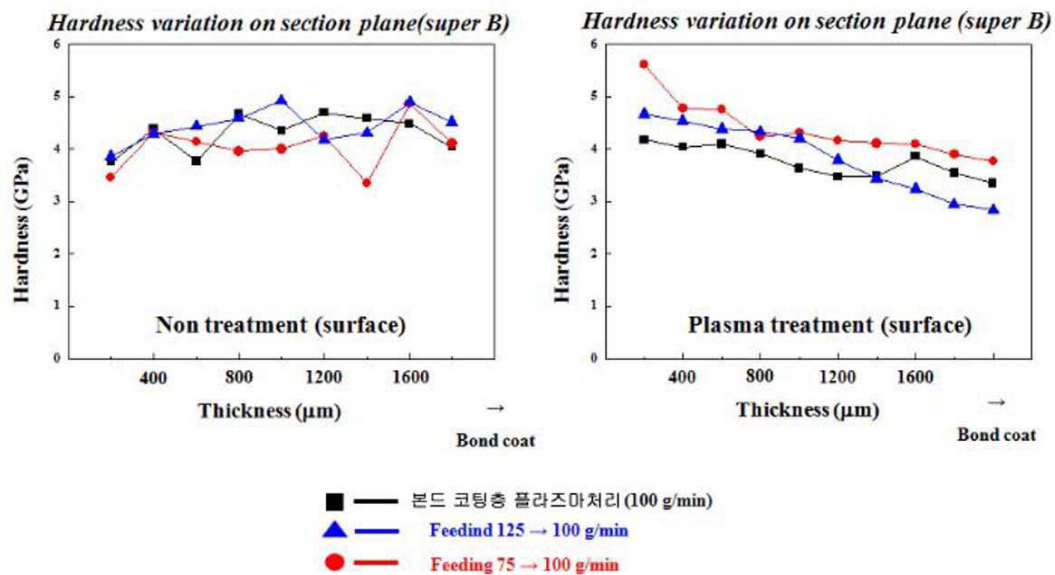


Crack length (870 ~ 1050 μm)

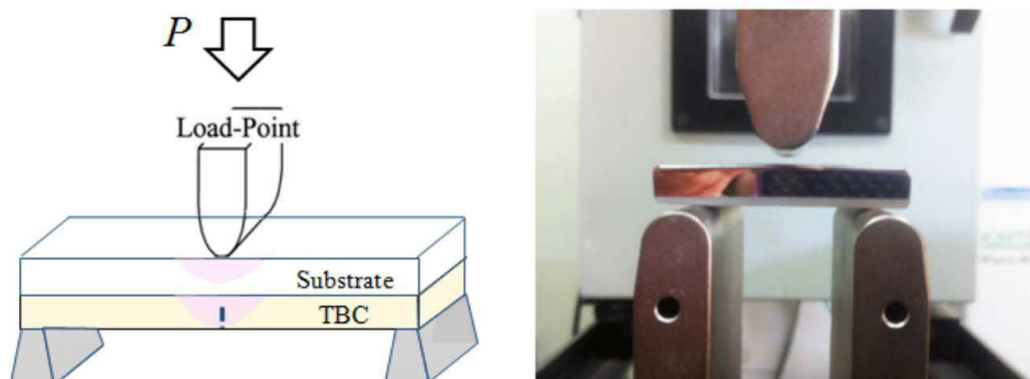
도면5



도면6

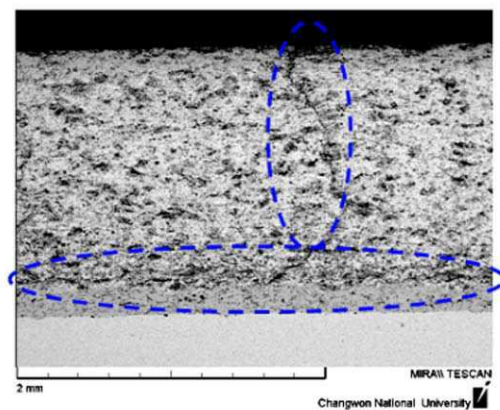


도면7

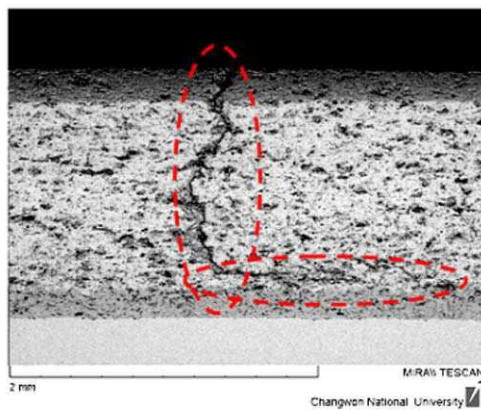


도면8

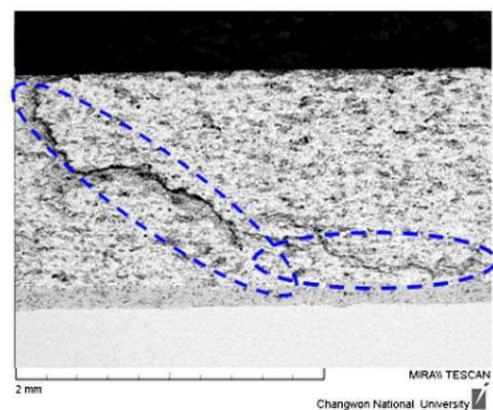
Non treatment (Bond)



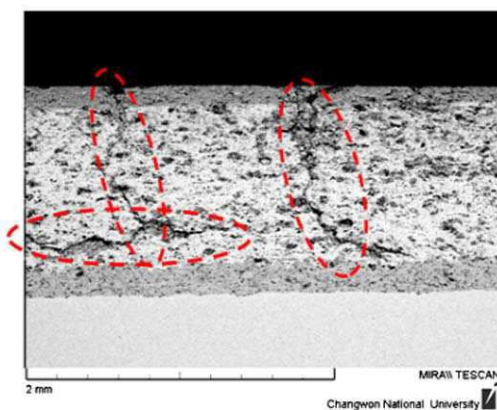
Plasma treatment (Bond)



Plasma treatment (표면)



Plasma treatment (표면)



Feeding 75→100g/min

Feeding 125→100g/min