



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월23일  
(11) 등록번호 10-2469908  
(24) 등록일자 2022년11월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C23C 4/11 (2016.01) C23C 4/02 (2006.01)  
C23C 4/134 (2016.01)  
(52) CPC특허분류  
C23C 4/11 (2016.01)  
C23C 4/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0064013  
(22) 출원일자 2021년05월18일  
심사청구일자 2021년05월18일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2001279473 A\*  
JP2011140693 A\*  
JP2020158859 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
국방과학연구소  
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
김우철  
서울시 서대문구 연세로 50  
김교민  
서울시 서대문구 연세로 50  
김동훈  
대전광역시 유성구 북유성대로 488번길 160  
(74) 대리인  
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 12 항

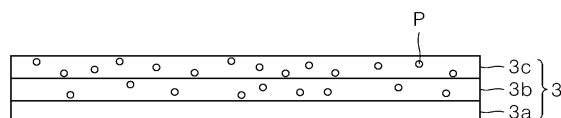
심사관 : 이철환

(54) 발명의 명칭 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법 및 이에 의해 증착된 열차폐 코팅

(57) 요약

본 발명에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법은, 모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 상기 열차폐 코팅은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착한 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류  
*C23C 4/134* (2016.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되,  
 상기 열차폐 코팅은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착한 것이며,  
 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상부에 복수의 코팅층을 증착하되,  
 상기 복수의 코팅층은 상기 제1코팅층으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것이며,  
 상기 복수의 코팅층은  
 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과,  
 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,  
 상기 제1코팅층, 제2코팅층 및 제3코팅층은 동일한 두께로 증착되는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,  
 상기 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,  
 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 7

모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되,  
 상기 열차폐 코팅은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착하고,  
 상기 복수의 층은 상기 모재를 기준으로 상부로 갈수록 이트리아( $Y_2O_3$ )의 함량이 높은 이트리아 안정화 지르코니아로 증착되며,  
 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상부에 복수의 코팅층을 증착하되,  
 상기 복수의 코팅층은 상기 제1코팅층으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것이며,  
 상기 복수의 코팅층은  
 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과,  
 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

청구항 7에 있어서,  
 상기 제1코팅층, 제2코팅층 및 제3코팅층은 동일한 두께로 증착되는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 11

청구항 10에 있어서,  
 상기 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 12

청구항 11에 있어서,  
 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 13

모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되,  
 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상  
 부에 복수의 코팅층을 증착하고,  
 상기 복수의 코팅층은 상기 제1코팅층으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것이며,  
 상기 복수의 코팅층은  
 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과,  
 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함하는 것을 특징으로  
 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

청구항 13에 있어서,  
 상기 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 16

청구항 15에 있어서,  
 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것을 특징으로 하는,  
 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법.

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

청구항 1, 4 내지 7, 10 내지 13, 15, 및 16 중 어느 하나의 청구항에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계  
 적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법에 의해 증착된 열차폐 코팅.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법 및 이에 의해 증  
 착된 열차폐 코팅에 관한 것으로, 구체적으로는 낮은 열전도도를 유지할 수 있고 내구성이 우수하며 제조가 용  
 이한 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법 및 이에 의해 증착된  
 열차폐 코팅에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 항공용이나 발전용 가스터빈은 높은 열효율을 얻기 위해 터빈입구온도(Turbine Inlet Temperature, TIT) 또는  
 연소온도를 1,000℃ 이상으로 운전하고 있다.

- [0004] 이러한 운전환경에서 고온의 연소가스와 직접 접촉하는 부품은 대부분 내열성이 강한 니켈계 또는 코발트계 초합금으로 제작되고 있다.
- [0005] 한편, 1,000℃이상의 고온환경에서 장시간 운전하기 위해, 1단 블레이드, 베인, 연소 캔 등과 같은 부품에는, 추가적으로 예를 들어, 본드 코팅(MCrAlY, M=Ni, Co) 또는 본드 코팅+지르코니아(zirconia, ZrO<sub>2</sub>) 계통 등의 열차폐 코팅(Thermal Barrier Coating, TBC)이 200μm 이상의 두께로 적용되고 있다.
- [0006] 통상적인 열차폐 코팅방법은 낮은 열전도도를 갖는 물질을 소재 표면에 적층하여 열전달을 느리게 함과 동시에 코팅시 형성되는 내부 기공들에 의한 고온의 연소가스 열을 차폐하는 방식으로 수행된다.
- [0007] 이때, 열차폐 코팅 시스템은 두 개의 코팅층으로 구성되어진다.
- [0008] 이때, 최외각에는 직접적으로 열을 차폐하는 역할을 하는 세라믹 코팅층이 존재한다.
- [0009] 그러나, 이러한 세라믹 코팅층은 모재 금속과의 열팽창 계수 차이로 인해 고온과 저온이 반복되는 운전환경에서 쉽게 박리된다.
- [0010] 이를 보완하기 위해 모재 금속과 세라믹 코팅층의 중간 열팽창계수를 갖는 금속 성분을 모재 위에 코팅하는데, 이를 금속본드(금속결합) 코팅이라 한다.
- [0011] 이러한 금속본드 코팅층은 세라믹 코팅층과 금속 모재간 결합을 용이하게 하고 외부의 가혹 환경에 의한 금속 모재의 고온산화를 방지한다.
- [0012] 이는 세라믹 코팅층과 금속본드 코팅층 계면에 안정한 알루미늄 산화물이 형성되어 외부에서 내부로 들어오는 산소와 반대 방향으로의 금속원소의 이동을 막아주는 원리에 의한다.
- [0013] 도 1은 종래 기술에 따른 열차폐 코팅층 형성방법을 개략적으로 나타내는 순서도이고, 도 2는 도 1의 열차폐 코팅층 형성방법에 의해 형성된 열차폐 코팅층을 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- [0014] 종래의 열차폐 코팅은 모재(10)에 블라스팅을 하여 표면 요철을 형성한 후, 아세톤 등을 이용하여 세척 후 표면의 오염물질을 제거한다.
- [0015] 그 다음에 모재(10)의 표면을 예열한 후, 금속 합금분말(성분: MCrAlY, M=Ni or/and Co)을 진공, 저진공 또는 대기중에서 고온 플라즈마를 이용하여 금속 모재(10)의 표면에 코팅한다.
- [0016] 그 다음 열차폐를 위해 세라믹 코팅(YSZ : 이트리아 안정화 지르코니아, ZrO<sub>2</sub>-8Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 후, 최종적으로 후열처리를 수행한다.
- [0017] 이러한 후열처리를 통해 금속본드 코팅층(20)과 세라믹 코팅층(50) 계면에 알루미늄 산화물층(30)이 형성되어 모재(10)를 고온 산화로부터 보호하게 된다.
- [0018] 그러나, 종래 기술에 따르면 금속본드 코팅층 형성을 위해 플라즈마 용사코팅 장비, 금속합금 분말, 공정시간 및 인력 등 비용 소모가 크고, 또한, 금속본드 코팅층과 모재간 조성 차이로 인해 구성 원소 사이에 이동이 발생하여 원하지 않는 상이 생성되는 등의 문제점이 있다.
- [0019] 또한, 종래의 회토류를 이용한 열차폐 코팅은 소재의 단가가 비싸다는 단점이 있고, 이종의 소재를 반복 증착한 열차폐 코팅은 제조 방법이 복잡하다는 단점이 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0021] (특허문헌 0001) KR 10-1920565 B1 (2018.11.20.공고)
- (특허문헌 0002) KR 10-2017-0034252 A (2017.03.28.공개)

### 비특허문헌

- [0022] (비특허문헌 0001) Surface and Coatings Technology 151 383 (2002)

(비특허문헌 0002) Journal of Thermal Spray Technology 24.4 622 (2015)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0023] 본 발명은 전술한 바와 같은 종래의 여러 문제점들을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 낮은 열전도도를 유지할 수 있고 내구성이 우수하며 제조가 용이한 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법 및 이에 의해 증착된 열차폐 코팅을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0025] 상기와 같은 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 제1관점에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법은, 모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 상기 열차폐 코팅은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착한 것을 특징으로 한다.
- [0026] 이때, 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상부에 복수의 코팅층을 증착하되, 상기 복수의 코팅층은 상기 제1코팅층으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것이 바람직하다.
- [0027] 이와 같은 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함한다.
- [0028] 또한, 상기 제1코팅층, 제2코팅층 및 제3코팅층은 동일한 두께로 증착되는 것이 바람직하다.
- [0029] 이때, 상기 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함한다.
- [0030] 아울러, 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것이 바람직하다.
- [0031] 본 발명의 제1관점에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법의 다른 실시예는, 모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 상기 열차폐 코팅은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착하고, 상기 복수의 층은 상기 모재를 기준으로 상부로 갈수록 이트리아( $Y_2O_3$ )의 함량이 높은 이트리아 안정화 지르코니아로 증착되는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 이때, 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상부에 복수의 코팅층을 증착하되, 상기 복수의 코팅층은 상기 제1코팅층으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것이 바람직하다.
- [0033] 또한, 상기 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함한다.
- [0034] 아울러, 상기 제1코팅층, 제2코팅층 및 제3코팅층은 동일한 두께로 증착되는 것이 바람직하다.
- [0035] 이와 같은 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함한다.
- [0036] 이때, 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것이 바람직하다.
- [0037] 본 발명의 제1관점에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법의 또 다른 실시예는, 모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상부에 복수의 코팅층을 증착하고, 상기 복수의 코팅층은 상기 제1코팅층으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 이러한 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함한다.

- [0039] 또한, 상기 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0040] 아울러, 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것이 바람직하다.
- [0041] 본 발명의 제1관점에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법의 또 다른 실시예는, 모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 상기 열차폐 코팅은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층의 상부에 복수의 코팅층을 증착하고, 상기 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층을 포함하며, 상기 제2코팅층과 제3코팅층은 기공을 포함하고, 상기 제2코팅층 보다 제3코팅층의 기공도(air porosity)가 더 큰 것을 특징으로 한다.
- [0042] 한편, 본 발명의 제2관점에 따른 열차폐 코팅은 전술한 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법에 의해 증착된 것을 특징으로 한다.
- [0044] 기타 실시예의 구체적인 사항은 "발명을 실시하기 위한 구체적인 내용" 및 첨부 "도면"에 포함되어 있다.
- [0045] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 각종 실시예를 참조하면 명확해질 것이다.
- [0046] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 각 실시예의 구성만으로 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수도 있으며, 단지 본 명세서에서 개시한 각각의 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구범위의 각 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐임을 알아야 한다.

### 발명의 효과

- [0048] 전술한 과제의 해결수단에 의하면 본 발명은 다음과 같은 효과를 가진다.
- [0049] 본 발명은 모재 상에 본드 코팅과 열차폐 코팅을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 열차폐 코팅은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착함으로써, 낮은 열전도도를 유지할 수 있고 내구성이 우수하며 제조가 용이한 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0051] 도 1은 종래 기술에 따른 열차폐 코팅층 형성방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
- 도 2는 도 1의 열차폐 코팅층 형성방법에 의해 형성된 열차폐 코팅층을 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 이트리아의 함량에 따른 열전도도의 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ)의 기공도를 조절하면서 증착하는 장치를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 5 내지 도 7은 도 4의 장치에 의해 증착된 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도(20%, 26%, 29%)에 따른 단면을 나타낸 사진들이다.
- 도 8은 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도(20%, 26%, 29%)에 따른 열전도도를 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 본 발명에 따른 열차폐 코팅층을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 10은 본 발명에 따른 열차폐 코팅층의 제1코팅층, 제2코팅층, 제3코팅층이 순차적으로 적층된 상태를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0052] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0053] 본 발명을 상세하게 설명하기 전에, 본 명세서에서 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 무조건 한정하여 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 발명자가 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해서 각종 용어의 개념을 적절하게 정의하여 사용할 수 있고, 더 나아가 이들 용어나 단어는 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 알아야 한다.



- [0054] 즉, 본 명세서에서 사용된 용어는 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 위해서 사용되는 것일 뿐이고, 본 발명의 내용을 구체적으로 한정하려는 의도로 사용된 것이 아니며, 이들 용어는 본 발명의 여러 가지 가능성을 고려하여 정의된 용어임을 알아야 한다.
- [0055] 또한, 본 명세서에 있어서, 단수의 표현은 문맥상 명확하게 다른 의미로 지시하지 않는 이상, 복수의 표현을 포함할 수 있으며, 유사하게 복수로 표현되어 있다고 하더라도 단수의 의미를 포함할 수 있음을 알아야 한다.
- [0056] 본 명세서의 전체에 걸쳐서 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소를 "포함"한다고 기재하는 경우에는, 특별히 반대되는 의미의 기재가 없는 한 임의의 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 임의의 다른 구성 요소를 더 포함할 수도 있다는 것을 의미할 수 있다.
- [0057] 더 나아가서, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 "내부에 존재하거나, 연결되어 설치된다"고 기재한 경우에는, 이 구성 요소가 다른 구성 요소와 직접적으로 연결되어 있거나 접촉하여 설치되어 있을 수 있고, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있을 수도 있으며, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있는 경우에 대해서는 해당 구성 요소를 다른 구성 요소에 고정 내지 연결시키기 위한 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재할 수 있으며, 이 제 3의 구성 요소 또는 수단에 대한 설명은 생략될 수도 있음을 알아야 한다.
- [0058] 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결"되어 있다거나, 또는 "직접 접속"되어 있다고 기재되는 경우에는, 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재하지 않는 것으로 이해하여야 한다.
- [0059] 마찬가지로, 각 구성 요소 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 " ~ 사이에"와 "바로 ~ 사이에", 또는 " ~ 에 이웃하는"과 " ~ 에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 취지를 가지고 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0060] 또한, 본 명세서에 있어서 "일면", "타면", "일측", "타측", "제 1", "제 2" 등의 용어는, 사용된다면, 하나의 구성 요소에 대해서 이 하나의 구성 요소가 다른 구성 요소로부터 명확하게 구별될 수 있도록 하기 위해서 사용되며, 이와 같은 용어에 의해서 해당 구성 요소의 의미가 제한적으로 사용되는 것은 아님을 알아야 한다.
- [0061] 또한, 본 명세서에서 "상", "하", "좌", "우" 등의 위치와 관련된 용어는, 사용된다면, 해당 구성 요소에 대해서 해당 도면에서의 상대적인 위치를 나타내고 있는 것으로 이해하여야 하며, 이들의 위치에 대해서 절대적인 위치를 특정하지 않는 이상은, 이들 위치 관련 용어가 절대적인 위치를 언급하고 있는 것으로 이해하여서는 아니된다.
- [0062] 더욱이, 본 발명의 명세서에서는, "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는, 사용된다면, 하나 이상의 기능이나 동작을 처리할 수 있는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있음을 알아야 한다.
- [0063] 또한, 본 명세서에서는 각 도면의 각 구성 요소에 대해서 그 도면 부호를 명기함에 있어서, 동일한 구성 요소에 대해서는 이 구성 요소가 비록 다른 도면에 표시되더라도 동일한 도면 부호를 가지고 있도록, 즉 명세서 전체에 걸쳐 동일한 참조 부호는 동일한 구성 요소를 지시하고 있다.
- [0064] 본 명세서에 첨부된 도면에서 본 발명을 구성하는 각 구성 요소의 크기, 위치, 결합 관계 등은 본 발명의 사상을 충분히 명확하게 전달할 수 있도록 하기 위해서 또는 설명의 편의를 위해서 일부 과장 또는 축소되거나 생략되어 기술되어 있을 수 있고, 따라서 그 비례나 축척은 엄밀하지 않을 수 있다.
- [0065] 또한, 이하에서, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 구성, 예를 들어, 종래 기술을 포함하는 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략될 수도 있다.
- [0066] 도 3은 이트리아의 함량에 따른 열전도도의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0067] 대기 플라즈마 용사(APS) 방식으로 증착한 열차폐 코팅(TBC)의 소재로는 지르코니아( $ZrO_2$ )와 이트리아( $Y_2O_3$ )가 혼합된 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ)를 사용하였다.
- [0068] 도 3에 도시된 바와 같이 지르코니아에 포함되는 이트리아의 함량이 증가할수록 낮은 열전도도를 가지는 것으로 나타났다.(비특허문헌 1)
- [0070] 도 4는 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ)의 기공도를 조절하면서 증착하는 장치를 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 5 내지 도 7은 도 4의 장치에 의해 증착된 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도(20%, 26%, 29%)에 따른 단면을 나타낸 사진들이며, 도 8은 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도(20%, 26%, 29%)에 따른 열전도도를 나타낸 그래프이다.

- [0071] 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도를 조절하면서 증착하는 장치는, 도 4에 도시된 바와 같은 구성으로 이루어진다.
- [0072] 플라즈마 용사 방식은 도 4에 도시된 바와 같이, spray distance, powder feed rate, hydrogen flow의 변화에 따라 결과물이 달라질 수 있다.
- [0073] 이와 같이 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도를 조절하면서 증착하는 장치를 이용하여 기공도를 조절하면서 단계적으로 증착하는 과정에 대해서는 주지관용기술이므로, 여기에서의 설명은 생략한다.
- [0074] 도 5는 도 4의 장치에 의해 증착된 이트리아 안정화 지르코니아의 기공도가 20%인 경우 단면 사진이고, 도 6은 기공도가 26%인 경우 단면 사진이며, 도 7은 기공도가 29%인 경우 단면 사진이다.
- [0075] 대기 플라즈마 용사 방식은 공정상의 이유로 공기를 포함한 기공이 발생하게 된다.
- [0076] 이에 따라, 증착 조건의 변화에 따라 기공도를 조절할 수 있다.
- [0077] 이러한 기공도의 변화에 따라 도 8에 도시된 바와 같이 열전도도가 변화됨을 알 수 있다.
- [0078] 즉, 기공도가 증가할수록 열전도도가 낮아지는 특성을 보이고 있다.(비특허문헌 2)
- [0080] 도 9는 본 발명에 따른 열차폐 코팅층을 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 10은 본 발명에 따른 열차폐 코팅층의 제1코팅층, 제2코팅층, 제3코팅층이 순차적으로 적층된 상태를 나타낸 도면이다.
- [0081] 본 발명에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법은, 모재(1) 상에 본드 코팅(2)과 열차폐 코팅(3)을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하여 이루어진다.
- [0082] 이때, 열차폐 코팅(3)은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착한다.
- [0083] 이와 같은 열차폐 코팅(3)은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층(3a)의 상부에 복수의 코팅층을 증착하는데, 복수의 코팅층은 제1코팅층(3a)으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시킨다.
- [0084] 이트리아의 함량이 높아질수록 열차폐 코팅의 열전도도는 더 낮아지는데, 제1코팅층(3a)으로 이트리아 7 wt%의 함량을 사용하는 이유는 버너리그 테스트를 통해 열적사이클 실험에서 가장 높은 내구성을 나타내기 때문이다.
- [0085] 이러한 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층(3b)과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층(3c)을 포함한다.
- [0086] 또한, 제1코팅층(3a), 제2코팅층(3b) 및 제3코팅층(3c)은 동일한 두께로 증착되는 것이 바람직하다.
- [0087] 구체적으로, 열차폐 코팅(3)이 총 450  $\mu m$  인 경우, 제1코팅층(3a)은 150  $\mu m$ 로 형성하고, 나머지 300  $\mu m$ 는 150  $\mu m$  씩 제2코팅층(3b)과 제3코팅층(3c)을 연속적으로 증착한다.
- [0088] 이때, 제2코팅층(3b)과 제3코팅층(3c)은 기공(P)을 포함하는데, 제2코팅층(3b) 보다 제3코팅층(3c)의 기공도(air porosity)가 더 큰 것이 바람직하다.
- [0090] 본 발명에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법의 다른 실시예는, 모재(1) 상에 본드 코팅(2)과 열차폐 코팅(3)을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 열차폐 코팅(3)은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착하고, 복수의 층은 모재(1)를 기준으로 상부로 갈수록 이트리아( $Y_2O_3$ )의 함량이 높은 이트리아 안정화 지르코니아로 증착되는 것을 특징으로 한다.
- [0091] 이때, 열차폐 코팅(3)은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층(3a)의 상부에 복수의 코팅층을 증착하되, 복수의 코팅층은 제1코팅층(3a)으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시킨다.
- [0092] 또한, 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층(3b)과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층(3c)을 포함한다.
- [0093] 아울러, 제1코팅층(3a), 제2코팅층(3b) 및 제3코팅층(3c)은 동일한 두께로 증착되고, 이와 같은 제2코팅층(3b)

과 제3코팅층(3c)은 기공(P)을 포함한다.

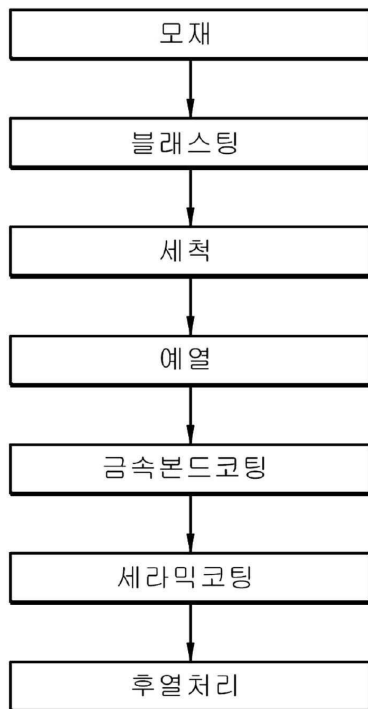
- [0094] 이때, 제2코팅층(3b) 보다 제3코팅층(3c)의 기공도(air porosity)가 더 큰 것이 바람직하다.
- [0096] 본 발명에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법의 또 다른 실시예는, 모재(1) 상에 본드 코팅(2)과 열차폐 코팅(3)을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 열차폐 코팅(3)은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층(3a)의 상부에 복수의 코팅층을 증착하고, 복수의 코팅층은 제1코팅층(3a)으로부터 멀어질수록 이트리아의 함량을 증가시키는 것을 특징으로 한다.
- [0097] 이러한 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층(3b)과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층(3c)을 포함한다.
- [0098] 또한, 제2코팅층(3b)과 제3코팅층(3c)은 기공(P)을 포함하고, 제2코팅층(3b) 보다 제3코팅층(3c)의 기공도(air porosity)가 더 큰 것이 바람직하다.
- [0100] 본 발명에 따른 대기 플라즈마 용사를 이용한 단계적 이트리아 안정화 지르코니아 열차폐 코팅 방법의 또 다른 실시예는, 모재(1) 상에 본드 코팅(2)과 열차폐 코팅(3)을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 열차폐 코팅(3)은 이트리아( $Y_2O_3$ )가 7 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(7YSZ)로 증착된 제1코팅층(3a)의 상부에 복수의 코팅층을 증착하고, 복수의 코팅층은 이트리아가 10 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(10YSZ)로 증착된 제2코팅층(3b)과, 이트리아가 12 wt% 포함된 이트리아 안정화 지르코니아(12YSZ)로 증착된 제3코팅층(3c)을 포함하며, 제2코팅층(3b)과 제3코팅층(3c)은 기공(P)을 포함하고, 제2코팅층(3b) 보다 제3코팅층(3c)의 기공도(air porosity)가 더 큰 것을 특징으로 한다.
- [0101] 이처럼 본 발명은 모재(1) 상에 본드 코팅(2)과 열차폐 코팅(3)을 대기 플라즈마 용사 방식을 이용하여 순차적으로 증착하되, 열차폐 코팅(3)은 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia, YSZ)를 이용하여 복수의 층으로 증착함으로써, 낮은 열전도도를 유지할 수 있고 내구성이 우수하며 제조가 용이한 효과가 있다.
- [0103] 이상, 일부 예를 들어서 본 발명의 바람직한 여러 가지 실시예에 대해서 설명하였지만, 본 "발명을 실시하기 위한 구체적인 내용" 항목에 기재된 여러 가지 다양한 실시예에 관한 설명은 예시적인 것에 불과한 것이며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이상의 설명으로부터 본 발명을 다양하게 변형하여 실시하거나 본 발명과 균등한 실시를 행할 수 있다는 점을 잘 이해하고 있을 것이다.
- [0104] 또한, 본 발명은 다른 다양한 형태로 구현될 수 있기 때문에 본 발명은 상술한 설명에 의해서 한정되는 것이 아니며, 이상의 설명은 본 발명의 개시 내용이 완전해지도록 하기 위한 것으로 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이며, 본 발명은 청구범위의 각 청구항에 의해서 정의될 뿐임을 알아야 한다.

## 부호의 설명

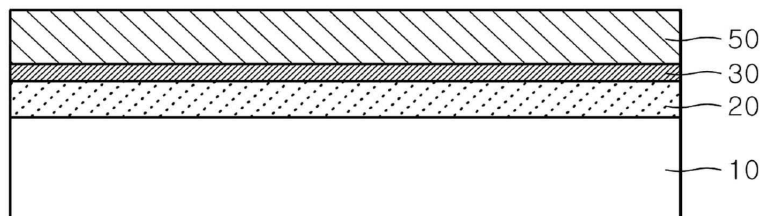
- [0106] 1 : 모재  
2 : 본드 코팅  
3 : 열차폐 코팅  
3a : 제1코팅층  
3b : 제2코팅층  
3c : 제3코팅층  
P : 기공

도면

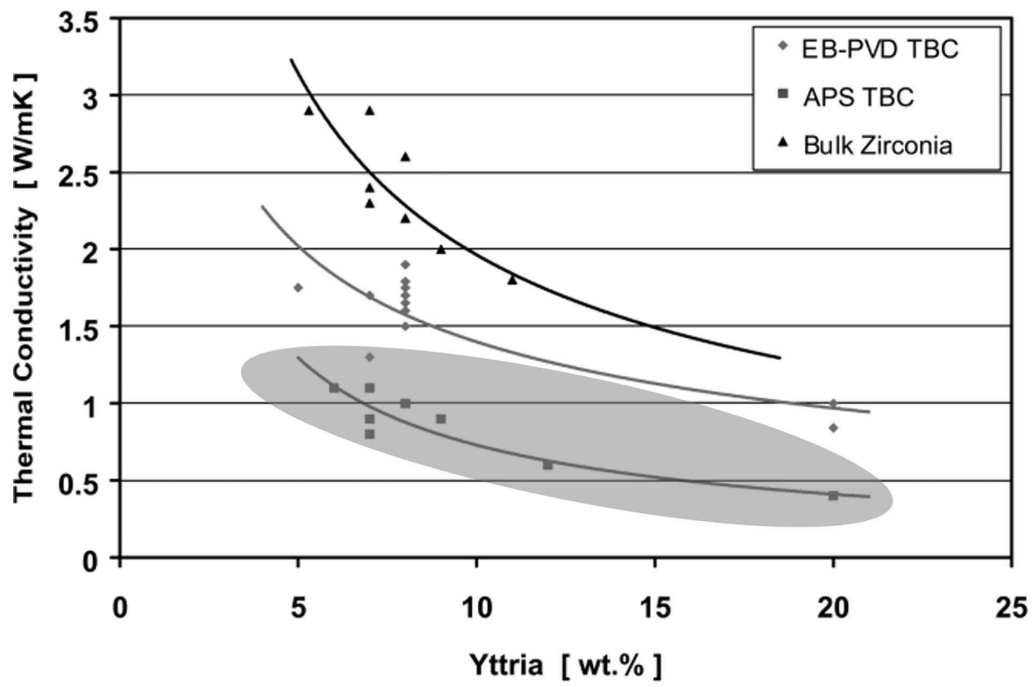
도면1



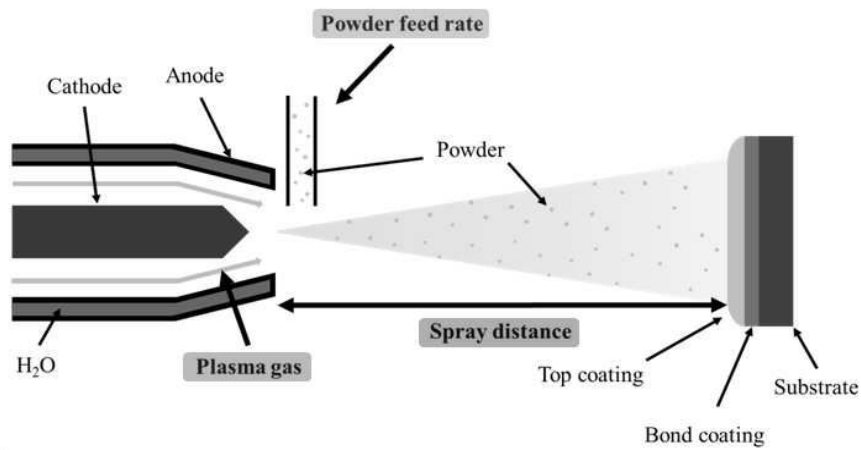
도면2



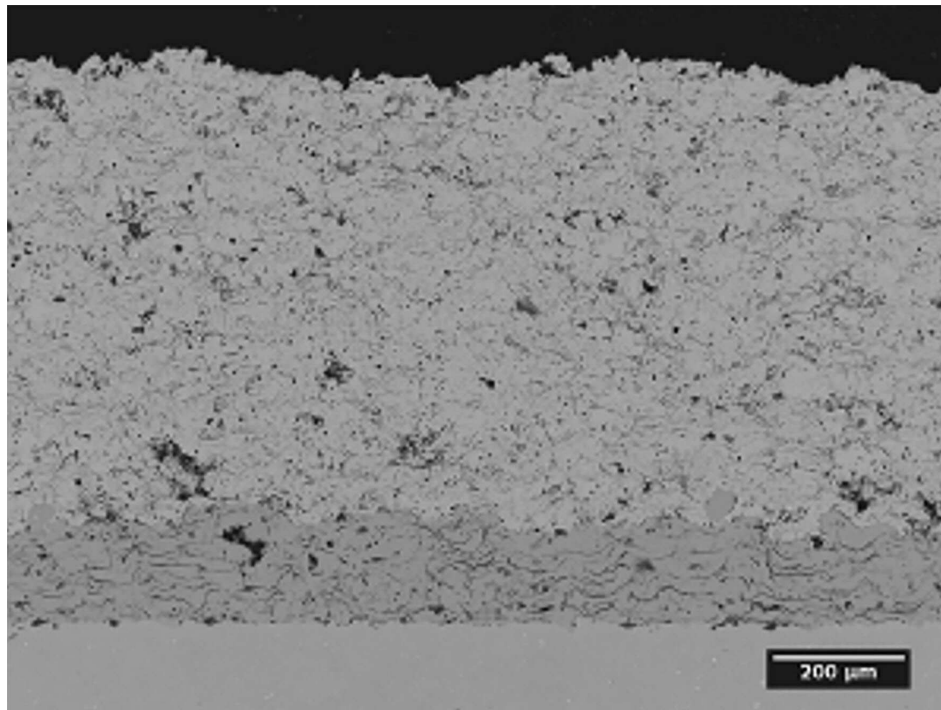
도면3



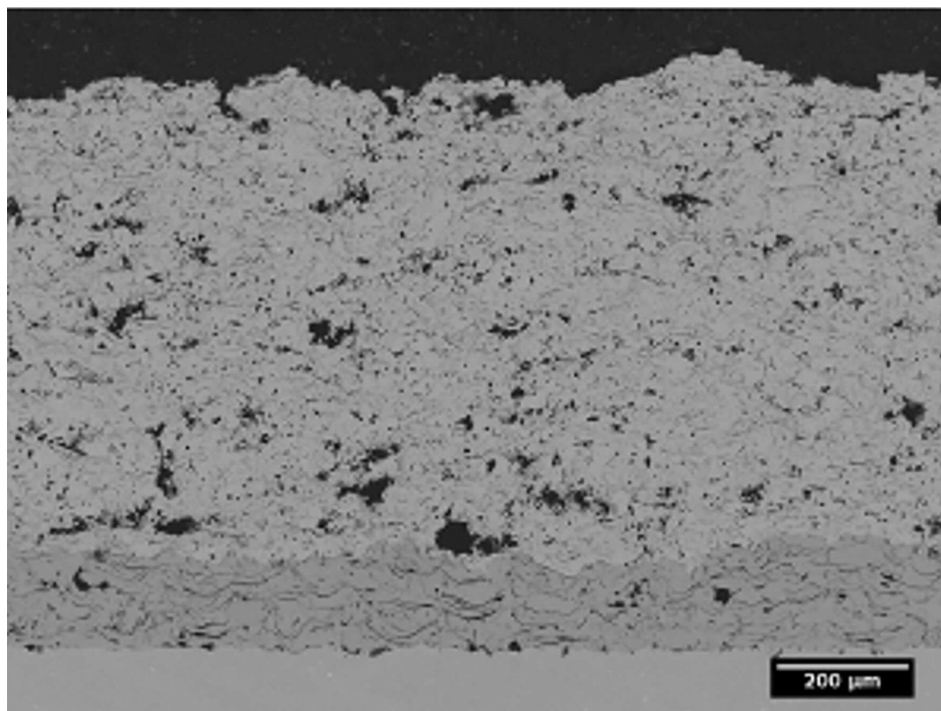
도면4



도면5

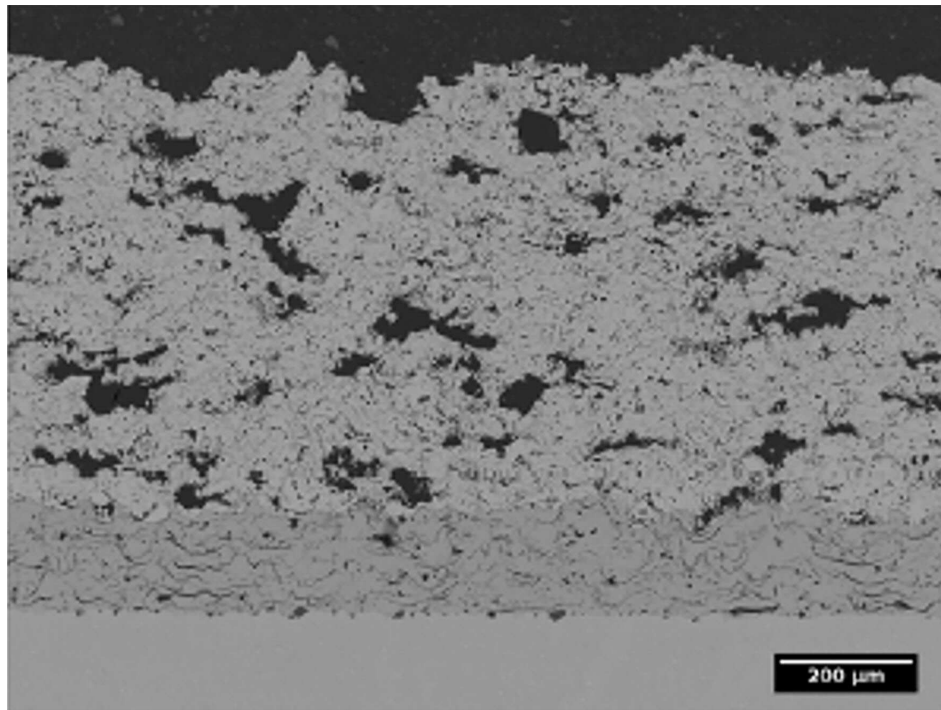


도면6

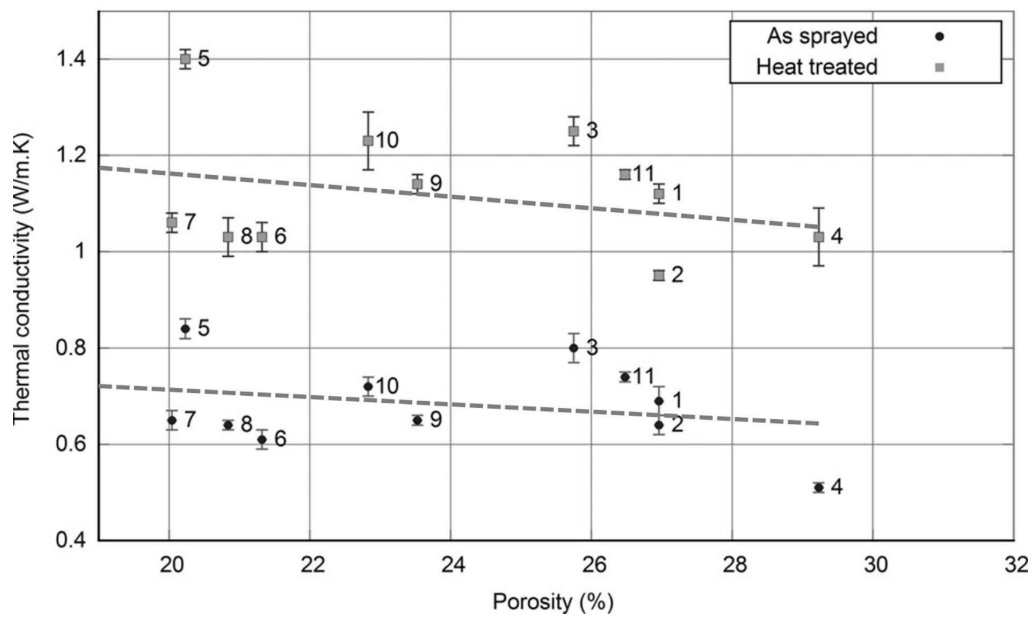




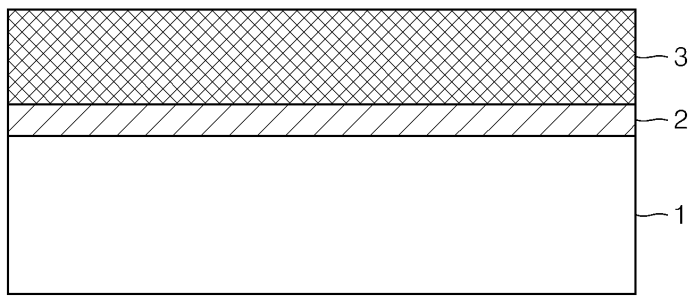
도면7



도면8



도면9



도면10

