



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0064236
(43) 공개일자 2024년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C25F 3/08 (2006.01) C22C 27/06 (2006.01)
C25F 7/00 (2006.01) F28F 13/18 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C25F 3/08 (2013.01)
C22C 27/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0146018

(22) 출원일자 2022년11월04일

심사청구일자 2022년11월04일

(71) 출원인

경상국립대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

김형모

경상남도 진주시 충의로 146, 609동 1103호

김주현

경상남도 진주시 가좌동 가좌길29번길 50, 303호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인위솔

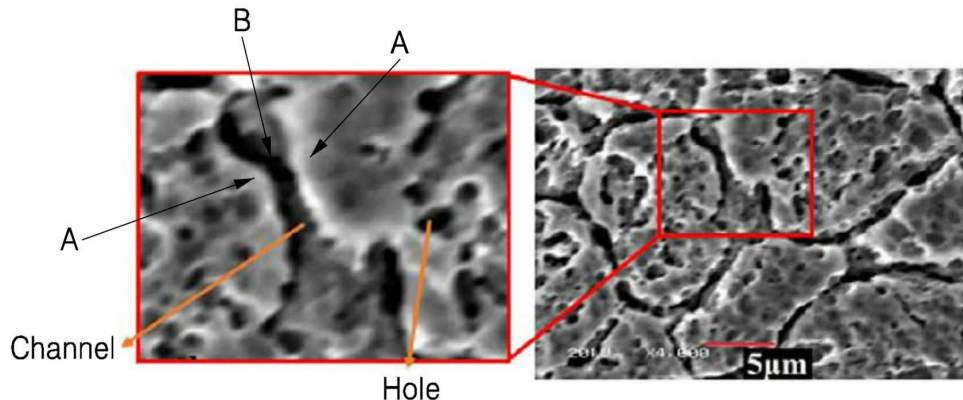
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강 및 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법

(57) 요약

본 발명은 열전달 성능 및 임계열유속이 향상된 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강 및 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법을 제공한다. 본 발명의 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강은 전기화학적 식각에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강으로서, 상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면에 기공이 형성된 복수의 제1영역과 상기 제1영역 사이에 위치하고 채널이 형성된 복수의 제2영역을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C25F 7/00 (2013.01)
F28F 13/185 (2013.01)
F28F 21/081 (2013.01)

정재현

경상남도 진주시 석갑로 45 (평거동, 들말홍한아파트) 102동 1301호

(72) 발명자

전영탁

울산광역시 울주군 언양읍 옷방천1길 33, 101동 1109호(삼성아파트)

김시후

경상남도 거제시 장승포로1길 18-1 (장승포동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345341781
과제번호	2021RIS-003
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체-대학협력기반지역혁신사업
연구과제명	(울산경남지역혁신플랫폼)경상국립대학교
기 여 율	70/100
과제수행기관명	경상대학
연구기간	2021.11.01 ~ 2022.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711171826
과제번호	2022R1F1A1065553
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	고정밀 분포형 광섬유 온도센서를 이용한 고열유속 환경 피동형 열관리 디바이스 설
계기술 개발	
기 여 율	30/100
과제수행기관명	경상국립대학교
연구기간	2022.06.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

전기화학적 식각에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강으로서,

상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면에 기공이 형성된 복수의 제1영역과 상기 제1영역 사이에 위치하고 채널이 형성된 복수의 제2영역을 포함하는 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 기공 및 상기 채널은 마이크로미터 크기인 것을 특징으로 하는 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강.

청구항 3

청구항 3에 있어서,

상기 채널의 면적은 상기 기공의 면적보다 큰 것을 특징으로 하는 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면 개질 전 총 중량을 기준으로 크롬 0.5 내지 9.0 중량% 및 몰리브덴 0.5 내지 1.0 중량%를 포함하는 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면 개질 전 총 중량을 기준으로 크롬 9.0 중량% 및 몰리브덴 1.0 중량%를 포함하는 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강.

청구항 6

크롬-몰리브덴 합금강 및 전해액을 준비하는 단계(S10);

상기 전해액에 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 침지하는 단계(S20); 및

상기 크롬-몰리브덴 합금강을 전류 밀도에 노출시켜 상기 크롬-몰리브덴 합금강의 표면에 기공 및 채널을 형성시키는 단계(S30)를 포함하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 S10단계에서,

상기 전해액은 탈이온수로 희석된 질산 용액인 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 질산 용액의 산 농도는 5 내지 15%인 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 S20단계에서,

상기 크롬-몰리브덴 합금강은 양극에 연결하고, 탄소판은 음극에 연결하는 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 S30단계에서,

상기 크롬-몰리브덴 합금강을 1 내지 6 A/cm²의 전류 밀도에 노출시키는 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 크롬-몰리브덴 합금강을 5 내지 15분 동안 상기 전류 밀도에 노출시키는 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 12

청구항 6에 있어서,

상기 S30단계에서,

상기 기공 및 채널은 마이크로미터 크기인 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 채널의 면적은 상기 기공의 면적보다 큰 것을 특징으로 하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법.

청구항 14

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 기재된 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강으로 이루어진 열교환기 튜브.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열전달 성능 및 임계열유속이 향상된 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강 및 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 크롬(Cr)-몰리브덴(Mo) 합금강은 300계 스테인리스강에 비해 열전도도가 높고 열팽창 계수가 낮아 상대적으로 고온에서의 열응력이 작게 발생하는 특성이 있어 기계, 선박, 건축 등 다양한 산업 분야에서 사용되고 있으며, 특히, 고온 플랜트의 열전달 기기에서 널리 사용되고 있다.

[0003] 크롬-몰리브덴 합금강의 크롬 함량은 항산화 및 부식 방지 능력을 향상시키고 몰리브덴은 고온에서의 강도를 향상시키는데, 성분 함량의 최적화를 통한 물성 향상에 제한이 따르기 때문에 표면 개질을 통해 물성을 향상시키는 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제 10-2179028호(2020.11.16)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 크롬-몰리브덴 합금강을 전기화학적 식각을 통해 표면에 기공 구조와 채널 구조를 동시에 형성시킴으로써 열전달 성능 및 임계열유속이 향상된 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강 및 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따라, 전기화학적 식각에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강으로서, 상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면에 기공이 형성된 복수의 제1영역과 상기 제1영역 사이에 위치하고 채널이 형성된 복수의 제2영역을 포함하는 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강을 제공한다.

[0008] 상기 기공 및 상기 채널은 마이크로미터 크기일 수 있다.

[0009] 상기 채널의 면적은 상기 기공의 면적보다 클 수 있다.

[0010] 상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면 개질 전 총 중량을 기준으로 크롬 0.5 내지 9.0 중량% 및 몰리브덴 0.5 내지 1.0 중량%를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 크롬-몰리브덴 합금강은 표면 개질 전 총 중량을 기준으로 크롬 9.0 중량% 및 몰리브덴 1.0 중량%를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따라, 크롬-몰리브덴 합금강 및 전해액을 준비하는 단계(S10); 상기 전해액에 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 침지하는 단계(S20); 및 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 전류 밀도에 노출시켜 상기 크롬-몰리브덴 합금강의 표면에 기공 및 채널을 형성시키는 단계(S30)를 포함하는 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법을 제공한다.

[0013] 상기 S10단계에서, 상기 전해액은 탈이온수로 희석된 질산 용액일 수 있으며, 상기 질산 용액의 산 농도는 5 내지 15%일 수 있다.

[0014] 상기 S20단계에서, 상기 크롬-몰리브덴 합금강은 양극에 연결하고, 탄소판은 음극에 연결할 수 있다.

[0015] 상기 S30단계에서, 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 1 내지 6 A/cm²의 전류 밀도에 노출시킬 수 있으며, 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 5 내지 15분 동안 상기 전류 밀도에 노출시킬 수 있다.

[0016] 상기 S30단계에서, 상기 기공 및 채널은 마이크로미터 크기일 수 있으며, 상기 채널의 면적은 상기 기공의 면적보다 클 수 있다.

[0017] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강으로 이루어진 열교환기 튜브를 제공한다.

발명의 효과

[0018] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 크롬-몰리브덴 합금강을 전기화학적 식각을 통해 표면에 기공 구조와 채널 구조를 동시에 형성시킴으로써 열전달 성능 및 임계열유속이 향상된 효과가 있다.

[0019] 또한, 열전달 성능 및 임계열유속이 향상된 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강을 열교환기 튜브 등 열전달 기기에 사용하는 경우 열적 안정성이 향상된 효과가 있다.

[0020] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해 될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강의 표면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법을 설명하기 위한 전기화학적 식각 과정의 모식도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법의 공정흐름도이다.

도 4는 실시예 1 내지 4에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강 표면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.

도 5는 비교예 1에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강 표면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.

도 6은 실시예 1, 실시예 2 및 비교예 1의 모세관 상승 실험 측정 결과를 나타낸 적외선 열화상 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 따라서, 몇몇 실시예에서, 잘 알려진 공정 단계들, 잘 알려진 소자 구조 및 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0023] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0024] 각 단계들에 있어 식별부호는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 실시될 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 실시될 수도 있고 실질적으로 동시에 실시될 수도 있으며 반대의 순서대로 실시될 수도 있다.

[0025] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0026] 도 1은 본 발명의 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강의 표면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.

[0027] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강은 전기화학적 식각에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강으로서, 표면에 기공(Hole)이 형성된 복수의 제1영역(A)과 제1영역(A) 사이에 위치하고 채널(Channel)이 형성된 복수의 제2영역(B)을 포함한다.

[0028] 전기화학적 식각에 의해 크롬-몰리브덴 합금강의 표면에 형성된 기공(Hole) 및 채널(Channel)은 모두 마이크로미터 크기일 수 있으며, 채널(Channel)의 면적은 기공(Hole)의 면적보다 클 수 있다.

[0029] 크롬-몰리브덴 합금강 표면에 형성된 채널(Channel)은 액체가 공급되는 통로의 역할을 수행하며, 기공(Hole)은 핵비등 사이트(site) 및 버블 팽창 시 유체를 잡아주는 역할을 수행함으로써, 크롬-몰리브덴 합금강 표면에 기공(Hole) 및 채널(Channel)이 동시에 형성되는 경우 표면에서 액체의 공급을 원활하게 하는 동시에 핵비등 사이트를 늘려줄 수 있어 열전달 성능과 임계열유속이 향상되는 효과가 있다.

[0030] 또한, 임계열유속이 향상된 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강을 열교환기 튜브 등 열전달 기기에 사용하는 경우

열적 안정성이 향상되는 효과가 있다.

- [0031] 크롬-몰리브덴 합금강은 표면 개질 전 총 중량을 기준으로 크롬 0.5 내지 9.0 중량% 및 몰리브덴 0.5 내지 1.0 중량%를 포함할 수 있으며, 크롬 9.0 중량% 및 몰리브덴 1.0 중량%를 포함하는 Gr.91 합금강인 것이 바람직하다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법을 설명하기 위한 전기화학적 식각 과정의 모식도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법의 공정흐름도이다.
- [0033] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법은 크롬-몰리브덴 합금강 및 전해액을 준비하는 단계(S10); 상기 전해액에 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 침지하는 단계(S20); 및 상기 크롬-몰리브덴 합금강을 전류 밀도에 노출시켜 상기 크롬-몰리브덴 합금강의 표면에 기공 및 채널을 형성시키는 단계(S30)를 포함한다.
- [0034] 먼저, 크롬-몰리브덴 합금강 및 전해액을 준비한다(S10).
- [0035] 크롬-몰리브덴 합금강은 총 중량을 기준으로 크롬 0.5 내지 9.0 중량% 및 몰리브덴 0.5 내지 1.0 중량%를 포함할 수 있으며, 크롬 9.0 중량% 및 몰리브덴 1.0 중량%를 포함하는 Gr.91 합금강인 것이 바람직하다.
- [0036] 전해액은 탈이온수로 희석된 질산 용액인 것이 바람직하나, 이에 한정되지 않고 크롬-몰리브덴 합금강의 성분에 따라 적절한 산 용액을 사용할 수 있다. 전해액으로 탈이온수로 희석된 질산 용액을 사용하는 경우, 질산 용액의 산 농도는 5 내지 15%일 수 있으며, 바람직하게는 질산 용액의 산 농도가 10%일 수 있다.
- [0037] 다음으로, 전해액에 크롬-몰리브덴 합금강을 침지한다(S20).
- [0038] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 크롬-몰리브덴 합금강은 양극에 연결하고 탄소판은 음극에 연결하여 전해액에 침지시킬 수 있으며, 전해액에 침지된 양극과 음극을 전기적으로 연결시킬 수 있다.
- [0039] 마지막으로, 전해액에 침지된 크롬-몰리브덴 합금강을 전류 밀도에 노출시켜 크롬-몰리브덴 합금강의 표면에 기공 및 채널을 형성시킨다(S30).
- [0040] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 크롬-몰리브덴 합금강을 전류 밀도에 노출시키는 것은 전기적으로 연결된 양극과 음극에 전압을 인가하여 전기화학적 식각을 수행할 수 있다. 전기화학적 식각은 1 내지 6 A/cm²의 전류 밀도에 5 내지 15분 동안 수행되는 것이 바람직하며, 5 내지 6 A/cm²의 전류 밀도에 5 내지 10분 동안 수행되는 것이 더욱 바람직하다.
- [0041] 전류 밀도가 1 A/cm² 미만인 경우 크롬-몰리브덴 합금강의 표면 식각이 충분하게 이루어지지 않아 기공 및 채널 형성이 부족하여 임계열유속 향상 효과가 크지 않을 수 있으며, 6 A/cm² 초과인 경우 크롬-몰리브덴 합금강의 표면 식각이 과다하게 이루어져 기공이 형성된 영역과 채널이 형성된 영역의 경계가 무너지고 표면 구조가 파괴될 수 있다.
- [0042] 또한, 1 내지 6 A/cm²의 전류 밀도에 노출시키는 시간이 5분 미만인 경우 크롬-몰리브덴 합금강의 표면 식각이 충분하게 이루어지지 않아 기공 및 채널 형성이 부족하여 임계열유속 향상 효과가 크지 않을 수 있으며, 15분 초과인 경우 크롬-몰리브덴 합금강의 표면 식각이 과다하게 이루어져 기공이 형성된 영역과 채널이 형성된 영역의 경계가 무너지고 표면 구조가 파괴될 수 있다.
- [0043] 이하 본 발명의 표면 개질 크롬-몰리브덴 합금강 및 전기화학적 식각을 이용한 크롬-몰리브덴 합금강 표면 개질 방법에 대한 실시예를 살펴본다. 그러나 이는 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 발명의 출원 시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0045] <실시예 1>
- [0046] 크롬-몰리브덴 합금강인 Gr.91 강을 양극에 연결하고 탄소판을 음극에 연결 다음, 탈이온수로 희석된 산 농도 10% 질산 용액에 양극과 음극을 침지시킨 후 평행하게 배치하였다. 이 후, 5분 동안 전기적으로 연결된 양극과 음극에 직류전압 10V를 인가하여 전기화학적 식각을 수행하였으며, 전기화학적 식각 수행 중 전류밀도는 5 내지 6 A/cm²를 유지하였다.

[0048] <실시예 2>

[0049] 크롬-몰리브덴 합금강인 Gr.91 강을 양극에 연결하고 탄소판을 음극에 연결 다음, 탈이온수로 희석된 산 농도 10% 질산 용액에 양극과 음극을 침지시킨 후 평행하게 배치하였다. 이 후, 10분 동안 전기적으로 연결된 양극과 음극에 직류전압 10V를 인가하여 전기화학적 식각을 수행하였으며, 전기화학적 식각 수행 중 전류밀도는 5 내지 6 A/cm²를 유지하였다.

[0051] <실시예 3>

[0052] 크롬-몰리브덴 합금강인 Gr.91 강을 양극에 연결하고 탄소판을 음극에 연결 다음, 탈이온수로 희석된 산 농도 10% 질산 용액에 양극과 음극을 침지시킨 후 평행하게 배치하였다. 이 후, 15분 동안 전기적으로 연결된 양극과 음극에 직류전압 5V를 인가하여 전기화학적 식각을 수행하였으며, 전기화학적 식각 수행 중 전류밀도는 1 내지 2 A/cm²를 유지하였다.

[0054] <실시예 4>

[0055] 크롬-몰리브덴 합금강인 Gr.91 강을 양극에 연결하고 탄소판을 음극에 연결 다음, 탈이온수로 희석된 산 농도 5% 질산 용액에 양극과 음극을 침지시킨 후 평행하게 배치하였다. 이 후, 10분 동안 전기적으로 연결된 양극과 음극에 직류전압 15V를 인가하여 전기화학적 식각을 수행하였으며, 전기화학적 식각 수행 중 전류밀도는 4 내지 5 A/cm²를 유지하였다.

[0057] <비교예 1>

[0058] 크롬-몰리브덴 합금강인 Gr.91 강을 양극에 연결하고 탄소판을 음극에 연결 다음, 탈이온수로 희석된 산 농도 10% 질산 용액에 양극과 음극을 침지시킨 후 평행하게 배치하였다. 이 후, 별도의 전압 인가 없이 12시간 동안 침지시켜 화학적 식각을 수행하였다.

[0060] <실험예 1> 실시예 1 내지 4 및 비교예 1의 SEM 이미지 분석

[0061] 실시예 1 내지 4 및 비교예 1에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강의 표면을 20kV 조건에서 4,000배로 관찰한 SEM 측정 결과를 도 4에 나타내었다.

[0062] 도 4 및 도 5를 참조하면, 전기화학적 식각이 이루어진 크롬-몰리브덴 합금강의 경우에는 표면에 마이크로미터 크기의 기공 및 채널이 동시에 형성된 것을 확인할 수 있으나, 화학적 식각만 이루어진 크롬-몰리브덴 합금강의 경우에는 표면에 기공 및 채널이 동시에 형성되지 않은 것을 확인할 수 있었다.

[0064] <실험예 2> 실시예 1, 실시예 2 및 비교예 1의 모세관 상승 실험

[0065] 실시예 1, 실시예 2 및 비교예 1에 의해 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강을 스테이지에 고정시키고, 아세톤(acetone)이 들어있는 접시의 높이를 상승시켜 표면이 개질된 크롬-몰리브덴 합금강의 표면과 아세톤을 접촉시킨 다음, 적외선 카메라를 통해 아세톤이 상승하는 추이를 실험한 결과를 도 6에 나타내었다.

[0066] 도 6을 참조하면, 전기화학적 식각이 이루어진 크롬-몰리브덴 합금강의 경우에는 시간이 지남에 따라 모세관이 상승되는 것을 확인할 수 있었으나, 화학적 식각만 이루어진 크롬-몰리브덴 합금강의 경우에는 아세톤의 표면이 반사되는 것 외 모세관이 상승되는 것을 확인할 수 없었다.

[0067] 이는, 전기화학적 식각을 통해 크롬-몰리브덴 합금강의 표면에 기공 및 채널이 동시에 형성됨으로써 액체의 공급을 원활하게 하는 동시에 핵비등 사이트를 늘려줘 열전달 성능과 임계열유속을 향상시킬 수 있다는 것을 의미한다.

[0068] 이상에서 설명된 본 발명의 실시예는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명의 보호범위는 본 발명 기술분야의 통상

의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등예를 포함할 수 있다.

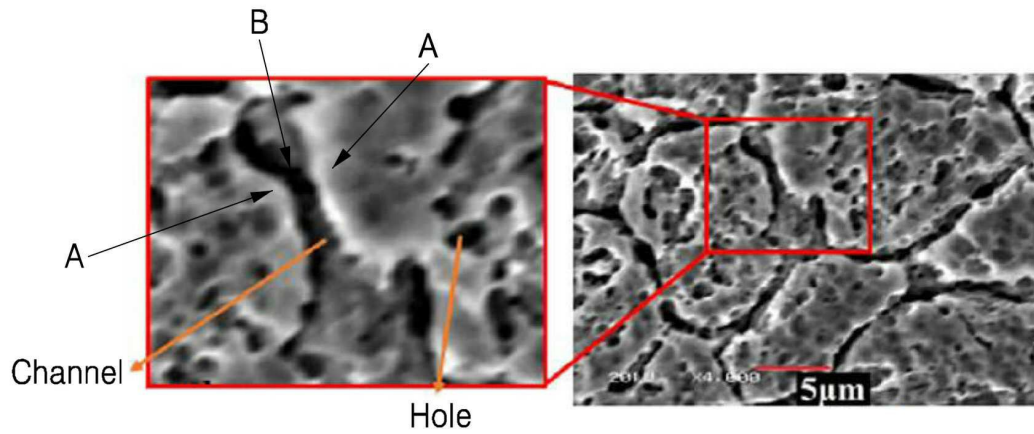
부호의 설명

A: 제1영역

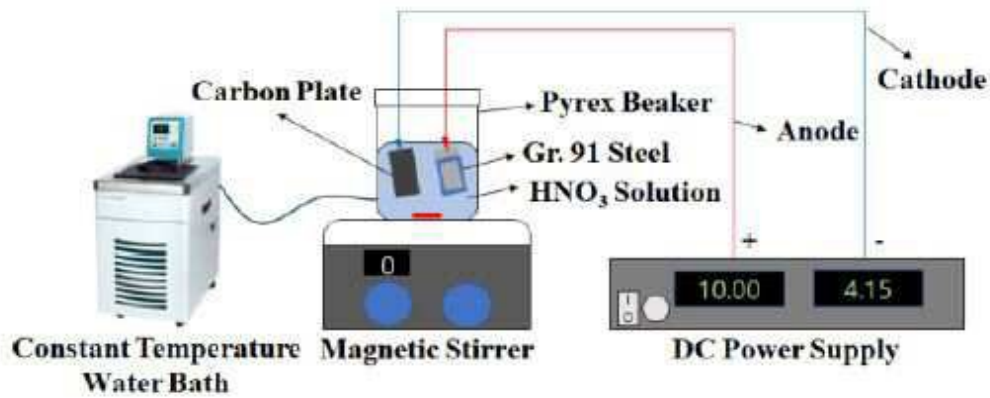
B: 제2영역

도면

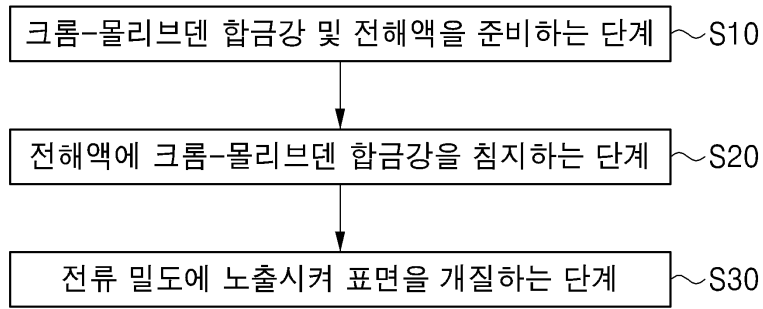
도면1



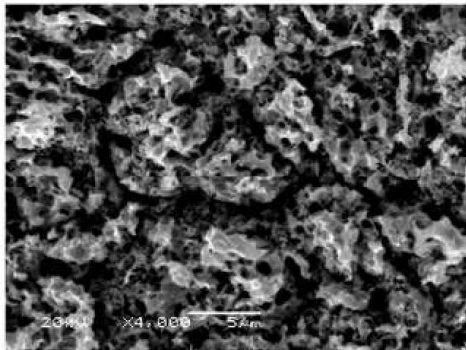
도면2



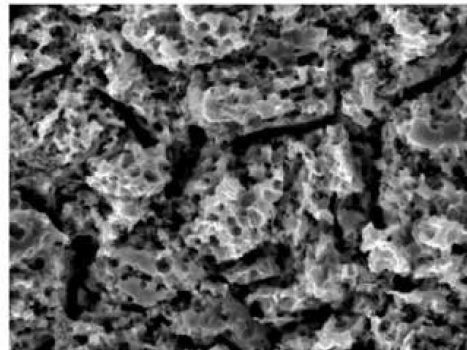
도면3



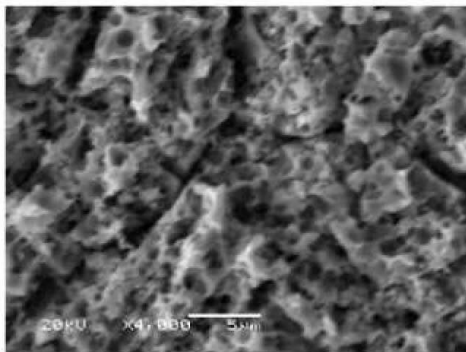
도면4



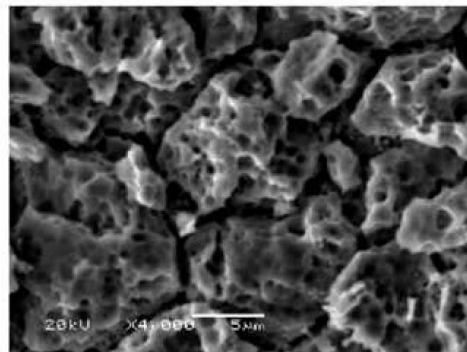
실시예 1



실시예 2

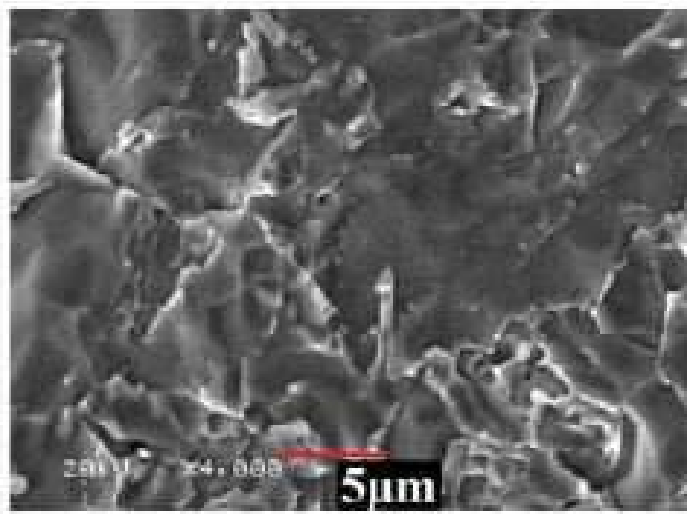


실시예 3



실시예 4

도면5



도면6

