



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0085967
(43) 공개일자 2021년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/28 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/28 (2013.01)
C21D 8/0236 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0179585
(22) 출원일자 2019년12월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
부산대학교 산학협력단
부산광역시 금정구 부산대학교63번길 2 (장전동,
부산대학교)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
반치범
경남 창원시 의창구 명서로 112-1
김선규
부산 연제구 고분로 200
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종석

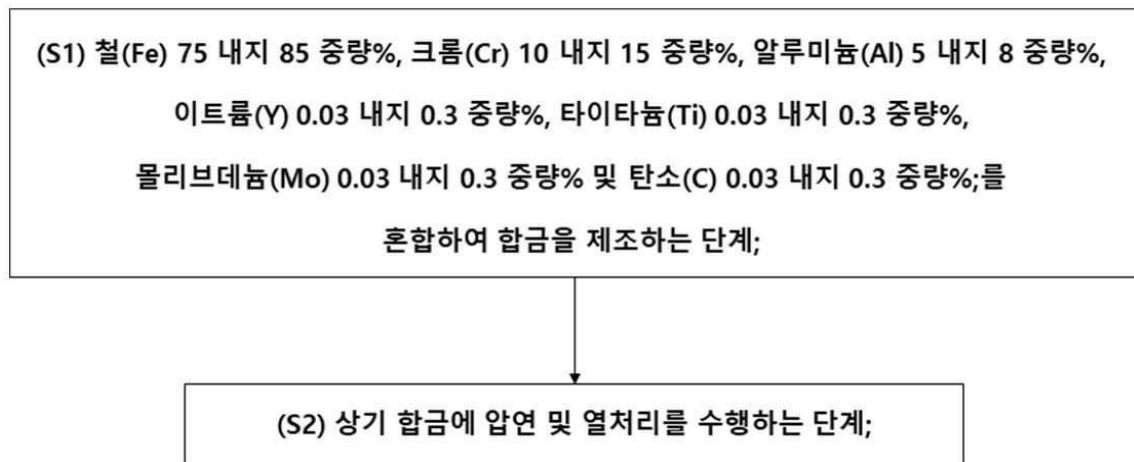
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 나노 크기의 (Ti,Mo)C 탄화물을 내부에 형성시켜 강도를 향상시키고, 원자력발전소 중대사고 하에서 예상되는 고온 수증기 환경에서 안정적인 알루미늄을 형성함으로써 우수한 고온 산화 저항성을 갖는 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21D 8/0273 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/22 (2013.01)

(72) 발명자

문준호

부산 금정구 부산대학교로38번길 51

김지현

울산 울주군 범서읍 구영로 101-7

김태용

대전 중구 동서대로1456번길 21

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711082321
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력기술개발사업(R&D)
연구과제명	사고저항성 향상을 위한 FeCrAl 기반 경수로 핵연료 피복재 기초기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	부산대학교
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415163401
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지인력양성(에특)(R&D)
연구과제명	산업 플랜트 프로세스용 대형 열교환기 시스템 고급트랙
기 여 율	1/2
과제수행기관명	부산대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

철(Fe) 75 내지 85 중량%, 크롬(Cr) 10 내지 15 중량%, 알루미늄(Al) 5 내지 8 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.03 내지 0.3 중량%, 몰리브데늄(Mo) 0.03 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.3 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금.

청구항 2

(S1) 철(Fe) 75 내지 85 중량%, 크롬(Cr) 10 내지 15 중량%, 알루미늄(Al) 5 내지 8 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.03 내지 0.3 중량%, 몰리브데늄(Mo) 0.03 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.3 중량%를 혼합하여 모합금을 제조하는 단계; 및

(S2) 상기 모합금에 압연 및 열처리를 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (S1) 단계는 진공 아크 재용해(Vacuum arc remelting, VAR) 및 진공 유도 용해(Vacuum induction melting, VIM)를 통해 수행되는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금의 제조방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 (S2) 단계는

(S2A) 상기 모합금을 1000 내지 1500 °C로 1차 열처리를 수행하는 단계;

(S2B) 상기 1차 열처리 후, 750 내지 850 °C에서 숙열시키는 단계;

(S2C) 상기 숙열 후, 압연하는 단계; 및

(S2D) 상기 압연 후, 650 내지 750 °C에서 2차 열처리를 수행하는 단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 나노 크기의 (Ti,Mo)C 탄화물을 내부에 형성시켜 강도를 향상시키고, 원자력발전소 중대사고 하에서 예상되는 고온 수증기 환경에서 안정적인 알루미늄을 형성함으로써 우수한 고온 산화 저항성을 갖는 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법이다.

배경 기술

[0002] 가열 처리는 많은 산업, 예로 반도체 웨이퍼의 제조에서 일반적인 공정이다. 상기 과정동안 반도체 웨이퍼는 상기 반도체 웨이퍼의 표면 특성 또는 조성이 변하도록 로에서 700°C 내지 1250°C의 온도까지 가열된다. 예를 들어, 제어된 기체 대기에서 가열 처리를 하면 임의의 도펀트(dopant) 성분이 반도체 재료의 구조 속으로 이동할 수 있다. 확산 로내에서의 제어된 환경은 예측가능한 결과를 가져 온다. 확산 로 내의 환경을 제어하는데 문제가 생길 수 있다. 임의의 해로운 불순물은 예를 들면 가열 성분으로부터 합금 성분 또는 불순물이 확산에 의해 로 속으로 도입되기 쉽고 이러한 방식으로 심지어 반도체 웨이퍼 속으로까지 도입된다. 이러한 해로운 불순물의 역효과는 로/튜브의 사용 시간을 증가시키려는 경향을 나타낸다. 이것은 오랫동안 이런 종류의 기구에서 잘 알려진 문제였다(USP 4,347,431 참조).

- [0003] 특정 형태의 반도체의 제조에 대한 수율은 상기 반도체 웨이퍼를 제조하는 동안 Cu-오염(contamination)에 의해 제한된다는 것이 밝혀졌다. 구리는 가장 유해한 불순물 중 하나로 확인되었다. 많은 다른 테스트를 거치면서 확산 로에서의 가열 성분이 상기 구리-오염의 원인인 것으로 확인되었다.
- [0004] 합금을 사용하여 가열 성분을 제조할 때 불순물로서 일반적으로 생기는 성분 함량의 측정과 관련하여 생기는 한 가지 문제점은 상기 저함량의 성분 및/또는 불순물이 만족스런 정확도로 측정될 수 없다는 것이다. 나중에 상세하게 설명되는 바와 같이, 본 발명의 합금의 장점을 나타내기 위해서라도 특별한 테스트 방법을 사용해야 했다.
- [0005] 일반적으로 FeCrAl-합금으로 불리는, 페라이트계 스테인리스강 합금은 승온에서 열 주기적 산화에 내성이 있고 예로, 열처리 후 합금 표면의 접착층/알루미늄의 스케일(scale)과 같은 보호용 산화물층을 형성하는데 적합하다. 이러한 산화물층/스케일은 고온에서 낮은 산화율을 가지면서, 동시에 장기간동안 주기적 열 변형작용에 내성이 있으므로, 상기 형태의 합금 표면의 가장 안전한 보호용 산화물/층 중 하나인 것으로 고려된다. 이런 형태의 합금은 예로 자동차 산업용 배기가스 방출 제어 시스템과 같은 적용 분야, 터빈 회전자와 같은 고온 유도 부식에 대한 내성이 크게 요구되는 적용 분야 및 전열 또는 내열 성분과 같은 산업 및 다른 가열 적용 분야에 유리하게 사용될 수 있다.
- [0006] 이런 형태의 합금의 수명에 대한 제한 요소는 알루미늄의 함량이다. 이들 합금으로 제조된 부품을 사용하고 주기적 열변형 작용에 노출시키는 동안, 알루미늄은 표면으로 이동하고, 알루미늄을 형성하며 일정 기간 후 소모될 것이다. 예를 들어 회도류 금속과 같이 일정 범위의 다른 성분이 영향력을 갖는데, 이는 합금으로부터 알루미늄을 소모하는 속도에 영향을 미쳐서 수명을 제한하는 것으로 알려져 있다.
- [0007] 다른 제한 요소는 각각 합금 표면의 산화물 스케일인 코팅층과 표면의 산화물-층 사이의 다른 연신율이다. 합금의 부피 및 산화물 스케일 사이의 특정 비율을 초과시킴에 따라, 합금-예를 들어 와이어-의 중심은 이 중심을 덮는 주위의 산화물 스케일보다 상당히 더 높은 양으로 이의 부피가 팽창된다. 산화물 스케일은 경질이고 부서지기 쉽고 이 스케일에 틈이 생기고 산화물 스케일의 파쇄가 나타날 때까지 중심이 실행하는 힘을 견딘다. 이들은 상기 가열 하에 새로 형성된 산화물에 의해 밀봉될 것이다. 산화물의 이러한 가열 공정은 합금 중심으로부터 알루미늄을 소모한다. 이 효과가 가열적용 분야에 대해 상기 합금을 사용하는데 있어서 일반적인 제약이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은 압연 및 열처리 과정을 통해 결정립 미세화를 수행하고, 나노 크기의 (Ti,Mo)C 탄화물을 내부에 균일하게 형성되는 석출 경화를 통해 합금 강도를 향상시킬 수 있는 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적은 원자력발전소 중대사고 하에서 예상되는 고온 수증기 환경에서 안정적인 알루미늄을 형성함으로써 우수한 고온 산화 저항성을 갖는 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0010] 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 본 발명의 기재로부터 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법을 제공한다.
- [0012] 이하, 본 명세서에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.
- [0013] 본 발명은 철(Fe) 75 내지 85 중량%, 크롬(Cr) 10 내지 15 중량%, 알루미늄(Al) 5 내지 8 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.03 내지 0.3 중량%, 몰리브덴(Mo) 0.03 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.3 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금을 제공한다.
- [0014] 또한, 본 발명은 하기의 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금을 제공한다.
- [0015] (S1) 철(Fe) 75 내지 85 중량%, 크롬(Cr) 10 내지 15 중량%, 알루미늄(Al) 5 내지 8 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.03 내지 0.3 중량%, 몰리브덴(Mo) 0.03 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.3 중량%를 혼합하여 모합금을 제조하는 단계; 및

- [0016] (S2) 상기 모합금에 압연 및 열처리를 수행하는 단계.
- [0017] 본 발명에 있어서, 상기 (S1) 단계는 진공 아크 재용해(Vacuum arc remelting, VAR) 및 진공 유도 용해(Vacuum induction melting, VIM)를 통해 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명에 있어서, 상기 (S2) 단계는 하기의 단계로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0019] (S2A) 상기 모합금을 1000 내지 1500 °C로 1차 열처리를 수행하는 단계;
- [0020] (S2B) 상기 1차 열처리 후, 750 내지 850 °C에서 숙열시키는 단계;
- [0021] (S2C) 상기 숙열 후, 압연하는 단계; 및
- [0022] (S2D) 상기 압연 후, 650 내지 750 °C에서 2차 열처리를 수행하는 단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 FeCrAl 합금의 제조방법.
- [0023] 상기 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법에 언급된 모든 사항은 모순되지 않는 한 동일하게 적용된다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법은 압연 및 열처리 과정을 통해 결정립 미세화를 수행하고, 나노 크기의 (Ti,Mo)C 탄화물을 내부에 균일하게 형성되는 석출 경화를 통해 합금 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명의 FeCrAl 합금 및 이의 제조방법은 원자력발전소 중대사고 하에서 예상되는 고온 수증기 환경에서 안정적인 알루미늄을 형성함으로써 우수한 고온 산화 저항성을 가질 수 있다.
- [0026] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명에 따른 FeCrAl 합금의 제조방법을 대략적으로 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 FeCrAl 합금의 제조방법에서 (S1) 단계에 제조된 합금의 이미지이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 FeCrAl 합금의 미세조직을 분석한 (a) 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM) 이미지 (b) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 이미지이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 FeCrAl 합금의 고온 산화 저항성을 확인한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0030] 수치 범위는 상기 범위에 정의된 수치를 포함한다. 본 명세서에 걸쳐 주어진 모든 최대의 수치 제한은 낮은 수치 제한이 명확히 쓰여져 있는 것처럼 모든 더 낮은 수치 제한을 포함한다. 본 명세서에 걸쳐 주어진 모든 최소의 수치 제한은 더 높은 수치 제한이 명확히 쓰여져 있는 것처럼 모든 더 높은 수치 제한을 포함한다. 본 명세서에 걸쳐 주어진 모든 수치 제한은 더 좁은 수치 제한이 명확히 쓰여져 있는 것처럼, 더 넓은 수치 범위 내의 더 좋은 모든 수치 범위를 포함할 것이다.
- [0031] 이하, 본 발명의 실시예를 상세히 기술하나, 하기 실시예에 의해 본 발명이 한정되지 아니함은 자명하다.

- [0032] **FeCrAl 합금**
- [0033] 본 발명은 철(Fe) 75 내지 85 중량%, 크롬(Cr) 10 내지 15 중량%, 알루미늄(Al) 5 내지 8 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.03 내지 0.3 중량%, 몰리브데늄(Mo) 0.03 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.3 중량%를 포함하는 FeCrAl 합금을 제공한다.
- [0034] 보다 구체적으로, 본 발명은 철(Fe) 78 내지 82 중량%, 크롬(Cr) 12 내지 14 중량%, 알루미늄(Al) 5.5 내지 7 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.08 내지 0.2 중량%, 몰리브데늄(Mo) 0.08 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.1 중량%를 포함하는 FeCrAl 합금을 제공한다.
- [0035] 상기 타이타늄(Ti), 몰리브데늄(Mo) 및 탄소(C)의 원자량은 1:1:1로 포함될 수 있다.
- [0036] 상기 타이타늄의 첨가는 $M_{23}C_6$ 와 같은 carbide 형성을 막기 위해 대신 TiC를 형성시키고자 포함될 수 있다.
- [0037] 상기 FeCrAl 합금은 나노 크기의 (Ti,Mo)C 탄화물을 내부에 형성시켜 강도를 향상시키고, 원자력발전소 중대사고 하에서 예상되는 고온 수증기 환경에서 안정적인 알루미늄이나를 형성함으로써 우수한 고온 산화 저항성을 갖는다.
- [0038] **FeCrAl 합금의 제조방법**
- [0039] 본 발명은 하기의 단계를 포함하는 FeCrAl 합금을 제공한다.
- [0040] (S1) 철(Fe) 75 내지 85 중량%, 크롬(Cr) 10 내지 15 중량%, 알루미늄(Al) 5 내지 8 중량%, 이트륨(Y) 0.03 내지 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.03 내지 0.3 중량%, 몰리브데늄(Mo) 0.03 내지 0.3 중량% 및 탄소(C) 0.03 내지 0.3 중량%를 혼합하여 모합금을 제조하는 단계; 및
- [0041] (S2) 상기 모합금에 압연 및 열처리를 수행하는 단계.
- [0042] 상기 FeCrAl 합금은 앞서 언급한 바와 동일하다.
- [0043] 상기 (S1) 단계는 진공 아크 재용해(Vacuum arc remelting, VAR) 및 진공 유도 용해(Vacuum induction melting, VIM)를 통해 수행될 수 있다.
- [0044] 보다 구체적으로, 상기 충분한 용질원자의 교반을 위해 진공 아크 재용해를 통해 모합금을 제작하고, 상기 과정에서 잉곳의 표면에 이트륨(Y) rich slag를 형성시킬 수 있다. 미량 합금 원소로 첨가되는 이트륨(Y)은 반응성이 매우 높기 때문에 원소재 내 존재할 수 있는 산소 및 불순물과 반응을 하여 재료 밖으로 빠져나가 slag 형태로 존재할 수 있다. 또한, 상기 이트륨(Y) rich slag는 진공 유도 용해 과정에서 도가니에서 용융물과 분리되고, 이때 몰드에 용융물을 부어 제거될 수 있다.
- [0045] 상기 (S2) 단계는 하기의 단계로 구성될 수 있다.
- [0046] (S2A) 상기 모합금을 1000 내지 1500 °C로 1차 열처리를 수행하는 단계;
- [0047] (S2B) 상기 1차 열처리 후, 750 내지 850 °C에서 숙열시키는 단계;
- [0048] (S2C) 상기 숙열 후, 압연하는 단계; 및
- [0049] (S2D) 상기 압연 후, 650 내지 750 °C에서 2차 열처리를 수행하는 단계.
- [0050] 보다 구체적으로, 상기 (S2A) 단계는 상기 (S1) 단계에서 제조된 상기 모합금을 불활성 기체 환경 하에서 1000 내지 1500 °C로 1차 열처리를 수행될 수 있으며, 바람직하게는 불활성 기체 환경 하에서 1100 내지 1300 °C로 1차 열처리를 수행될 수 있다.
- [0051] 상기 불활성 기체는 아르곤 또는 헬륨 기체일 수 있으며, 가장 바람직하게는 아르곤 기체일 수 있다.
- [0052] 상기 1차 열처리는 0.5 내지 5 시간 동안 수행될 수 있으며, 바람직하게는 0.5 내지 3 시간 동안 수행될 수 있고, 가장 바람직하게는 1 내지 3 시간 동안 수행될 수 있다.
- [0053] 상기 (S2A) 단계를 수행함으로써 제조되는 합금 내에 균일하게 원소들이 분포될 수 있다.
- [0054] 상기 (S2B) 단계는 상기 (S2A) 단계에서 수행된 1차 열처리 후, 750 내지 850 °C에서 숙열시킬 수 있다.
- [0055] 상기 숙열은 오랫동안 머물러 묵혀있는 열(熱)을 물질에 다하는 행위를 의미한다.

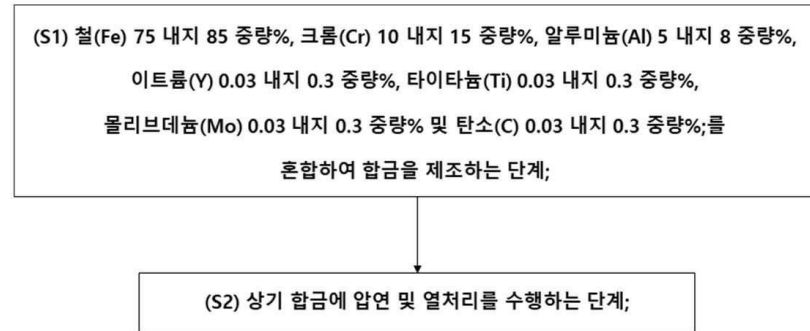
- [0056] 상기 (S2B) 단계는 불활성 기체 환경 하에서 수행될 수 있다. 상기 불활성 기체는 아르곤 또는 헬륨 기체일 수 있으며, 가장 바람직하게는 아르곤 기체일 수 있다.
- [0057] 상기 (S2C) 단계는 상기 (S2B) 단계에서 수행된 숙열 후, 압연하는 단계;일 수 있다.
- [0058] 상기 압연(rolling)은 금속의 소성(塑性)을 이용해서 고온 또는 상온의 금속재료를, 회전하는 2개의 롤 사이로 통과시켜서 여러 가지 형태의 재료로 가공하는 방법을 의미한다.
- [0059] 상기 (S2C) 단계에서 압연이 수행될 때 온도가 떨어지므로 2 내지 4회 압연 수행 후, 750 내지 850 ° C로 추가 열처리할 수 있다. 상기 추가 열처리 후, 10분 정도의 숙열 반응 후, 재압연을 수행할 수 있다.
- [0060] 상기 압연은 8 내지 15회 연속 수행될 수 있다.
- [0061] 상기 (S2D) 단계는 상기 (S2C) 단계에서 수행한 압연 후, 650 내지 750 °C에서 2차 열처리를 수행하는 단계;일 수 있다.
- [0062] 상기 2차 열처리는 불활성 기체 환경 하에서 수행될 수 있다. 상기 불활성 기체는 아르곤 또는 헬륨 기체일 수 있으며, 가장 바람직하게는 아르곤 기체일 수 있다.
- [0063] 상기 2차 열처리는 0.5 내지 5 시간 동안 수행될 수 있으며, 바람직하게는 0.5 내지 3 시간 동안 수행될 수 있고, 가장 바람직하게는 0.5 내지 2 시간 동안 수행될 수 있다.
- [0065] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해 질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려 주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0066] **실시예 1. FeCrAl 합금 제조**
- [0067] 철(Fe) 80.36 중량%, 크롬(Cr) 13 중량%, 알루미늄(Al) 6 중량%, 이트륨(Y) 0.3 중량%, 타이타늄(Ti) 0.1 중량%, 몰리브덴(Mo) 0.2 중량% 및 탄소(C) 0.04 중량%를 진공 아크 재용해에 넣고 혼합하고, 상기 혼합물을 진공 유도 용해에 넣어 모합금을 제조하였다. 그리고, 상기 모합금을 아르곤 환경 하에 1200 °C에서 2시간 동안 1차 열처리를 수행하여 균질화 작업을 수행하였다. 다음으로, 800 °C에서 시간 동안 숙열시키고, 10회 압연하고, 재경정을 위해 아르곤 환경 하에 700 °C 1시간 동안 2차 열처리를 수행하여, 본 발명에 따른 FeCrAl 합금을 제조하였다.
- [0068] **실험예 1. 미세조직 확인**
- [0069] 상기 실시예 1에서 제조된 본 발명에 따른 FeCrAl 합금의 미세조직을 확인하기 위해, (a) 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM) 이미지 (b) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 이미지를 측정하였으며, 그 결과를 도 2에 나타내었다.
- [0070] 도 2(a)를 참조하면, 본 발명에 따른 FeCrAl 합금 내부도 YFe₄Al₁₈ 금속간화합물이 존재하며, (Ti,Mo)C가 10~40 nm 직경 크기로 형성되어 있는 것을 볼 수 있다.
- [0071] **실험예 2. 고온 산화 저항성 확인**
- [0072] 상기 실시예 1에서 제조된 본 발명에 따른 FeCrAl 합금의 고온 산화 저항성을 확인하기 위해, 기존 판매되는 Zr 합금과 비교하여 Parabolic constant rate (k_p)를 계산하였으며, 그 결과는 하기 [표 1] 및 도 4에 나타내었다.
- [0073] [표 1]
- | | Parabolic constant rate (k_p) |
|----------------|-----------------------------------|
| 실시예 1 | 3.95E-06 |
| Zr-Nb-Sn alloy | 1.17E-03 |
- [0074]
- [0075] 상기 [표 1] 및 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 FeCrAl 합금은 실시예 1의 기존 판매되는 Zr 합금과 비교하여 1200 ° C 수증기 환경에서 1000배 이상 고온산화저항성이 우수한 것을 확인할 수 있다.

[0076]

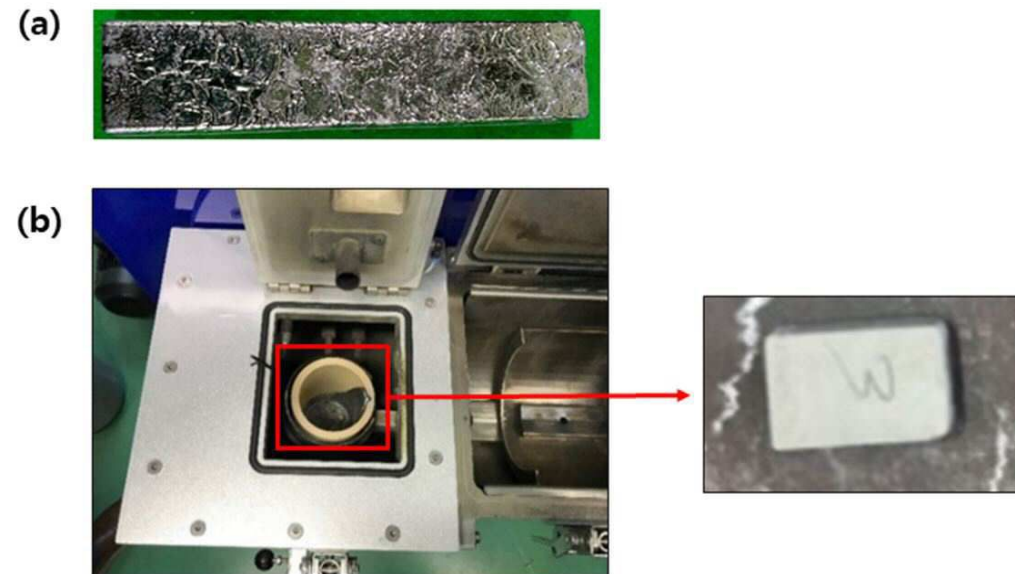
이상 설명으로부터, 본 발명에 속하는 기술 분야의 당업자는 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이와 관련하여, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다.

도면

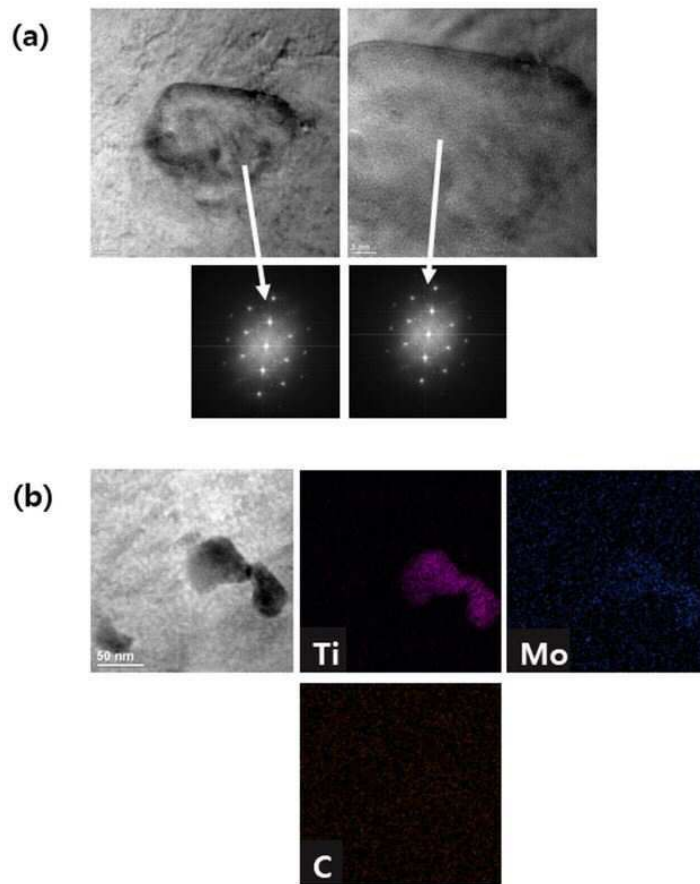
도면1



도면2



도면3



도면4

