(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0088927
(43) 공개일자 2025년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22C 9/10 (2006.01) *B22C 1/18* (2006.01)
B22C 9/12 (2006.01) *C04B 35/628* (2006.01)
C04B 35/63 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22C 9/10 (2013.01)
B22C 1/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0178303
(22) 출원일자 2023년12월11일
심사청구일자 2023년12월11일

(71) 출원인
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
정연길
경남 창원시 성산구 동산로 115
양승철
경남 창원시 성산구 대암로 253
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종석

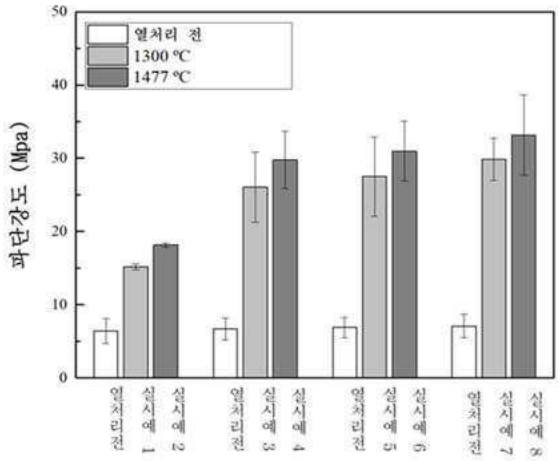
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **고융점 합금 주조용 코어 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 고융점을 가지는 합금의 주조에 사용할 수 있는 코어의 조성 및 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 고융점의 합금을 주조하기 위하여, 높은 주조온도에서 견디며 유효한 강도를 가져 주조 후 주조품의 표면 결함을 발생시키지 않는 코어 및 제조방법에 관한 것이다. 이를 위해 3원계 무기 바인더를 적용하고 그 조성을 확립하고 적합한 열처리 온도를 제공하여 고융점 합금 주조용 코어 및 그 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
B22C 9/12 (2013.01)
C04B 35/62807 (2013.01)
C04B 35/6303 (2013.01)
C04B 35/6316 (2013.01)
(72) 발명자
김은희
경남 창원시 마산회원구 내서읍 중리상곡로 114
양병일
부산광역시 부산진구 초연로 11
손정훈
경남 김해시 율하1로 90
최현희
경남 김해시 삼안로132번길 15-23

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711188045
과제번호 2021R1A4A1052059
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원
연구과제명 차세대 가스터빈용 코팅 소재 및 공정 원천·핵심기술 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 창원대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415185216
과제번호 20010408
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술기획평가원
연구사업명 전략핵심소재자립화기술개발
연구과제명 TIT 1650도 급 가스터빈 정밀주조용 Equiaxed 소재 기술 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 (주)성일터빈
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415187620
과제번호 20193310100030
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 LNG발전용가스터빈고온부품성능검증기술개발
연구과제명 3D 프린팅 공정 제어 및 설계 최적화 기법(DfAM) 적용을 통한 F급 이상의 고효율 냉각터빈 고온부품 기술 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 연세대학교 산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계;

상기 무기 바인더로 코팅된 분말과 유기 바인더를 혼합하여 코어 성형체를 형성하는 단계; 및

상기 코어 성형체를 열처리하여 상기 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 무기 바인더는 액상의 무기 바인더 전구체인 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 무기 바인더는 3원계 무기 바인더 전구체인 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 3원계 무기 바인더 전구체는 산화소듐(Na_2O)-실리카(SiO_2)-산화 지르코니아(ZrO_2)의 3성분을 형성하는 전구체인 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 실리카 전구체는 졸-겔 반응의 의해 Si-O-Si 사슬 구조를 형성시키는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 산화 소듐 전구체는 소듐 알콕사이드를 사용하는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 산화 지르코니아 전구체는 지르코늄 알콕사이드를 사용하는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 및 제조방법.

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 산화 지르코니아 전구체는 전체 전구체 조성 100 mol% 에 대하여 20 mol% 내지 33 mol% 포함하는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 코어 성형체를 열처리하여 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계에서 ZrO_2, Na_2SiO_3, Na_2ZrSO_5의 3상의 결정상을 생성시키는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계는 1회 내지 2회 수행하는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 코어 성형체를 열처리하여 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계에서 열처리 온도는 1300 ℃ 내지 1600 ℃인 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법.

청구항 12

상기 제 1항 내지 제 11항의 어느 한 항의 방법으로 제작된 고융점 합금 주조용 코어

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고융점을 가지는 합금의 주조에 사용할 수 있는 코어의 조성 및 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 높은 온도에서도 안정한 상을 유지하여 고융점의 용탕에도 형상 변화없이 견딜 수 있는 코어의 조성 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 중공형 기계부품 (주물품)의 제작에는 외형을 형성하는 세라믹 주형과 내부 공간을 마련하는 세라믹 코어가 함께 사용되고, 이 중 세라믹 코어는 기계부품의 정밀성과 목적성을 확보하기 위한 중요 부분이다. 이러한 정밀 주조용 코어는 일련의 사출성형 공정으로 제작되며 이러한 제작 방법은 생산성이 낮고, 제조단가가 높은 단점이 있다. 세라믹 코어의 열적, 기계적 특성은 출발 분말의 크기와 분포, 조성비, 공정변수 등에 매우 의존적이며, 요구특성에 맞는 세라믹 코어 제작을 위한 정확한 데이터 확보가 어렵다. 또한, 고온부품 제작을 위한 세라믹 코어에 강도를 부여하기 위해서는 수십 시간의 열처리 시간이 필요하며 소결 시 세라믹 코어가 수축되어, 형상

비틀림 현상이 발생하고 유기 물질이 기화되어 코어내 기공이 형성되는 문제점이 야기된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 무기 바인더 시스템을 이용하여 파단강도를 높이고 형상안정성을 향상시키는 새로운 개념의 유기-무기 전환공정이 제안되었다. 적용되었던 무기 바인더는 실리케이트와 금속 알콕사이드의 복합체로써 첨가된 금속 알콕사이드에 의해 유리화 온도가 낮아지는 장점을 가지지만, 1000℃ 이상의 온도에서 액상으로 전환됨에 따라 고융점의 합금을 주조할 경우 용탕의 온도에 의해 코어가 붕괴되거나 치수 변경의 문제점이 발생한다. 그러므로, 선행 특허에서는 2원계 바인더와 3원계 바인더를 모두 이용한 이중코팅 공정을 코어 제작에 적용함으로써 효과적인 강도증가과 형상변화를 감소시켰다. 그러나 이중 코팅 공정은 고온 열처리를 두 번 반복해야 하며, 고상의 전구체가 적용되는 3원계 바인더 시스템으로 인해 균일한 반응을 얻기 어려워 코어의 소성강도가 낮다. 따라서, 본 발명에서는 고융점의 합금 주조에 적용 가능한 코어를 제작하기 위해 액상의 3원계 무기 바인더 시스템을 적용하여 높은 주조온도와 우수한 기계적 특성을 가지는 코어를 제작하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2206188호

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2019-0012482호

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1905802호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 고융점의 합금을 주조하기 위하여 높은 주조온도에서 견디며 유효한 강도를 가져 주조 후 주조품의 표면 결함을 발생시키지 않는 고융점 합금 주조용 코어의 조성을 확립하고 이를 이용한 세라믹 코어 제조 방법을 제공하는 데에 있다.

[0008] 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] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계; 상기 무기 바인더로 코팅된 분말과 유기 바인더를 혼합하여 코어 성형체를 형성하는 단계; 및 상기 코어 성형체를 열처리하여 상기 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고융점 합금 주조용 코어 제조방법을 제공한다.

[0012] 상기 무기 바인더는 액상의 무기 바인더 전구체일 수 있다.

[0013] 상기 무기 바인더는 3원계 무기 바인더 전구체일 수 있다.

[0014] 상기 3원계 무기 바인더 전구체는 산화소듐(Na_2O)-실리카(SiO_2)-산화 지르코니아(ZrO_2)의 3성분을 형성하는 전구체일 수 있다.

[0015] 상기 실리카 전구체는 졸-겔 반응의 의해 Si-O-Si 사슬 구조를 형성시킬 수 있다.

[0016] 상기 산화 소듐 전구체는 소듐 알콕사이드를 사용할 수 있다.

[0017] 상기 산화 지르코니아 전구체는 지르코늄 알콕사이드를 사용할 수 있다.

[0018] 상기 산화 지르코니아 전구체는 전체 전구체 조성 100 mol% 에 대하여 20 mol% 내지 33 mol% 포함할 수 있다.

[0019] 상기 코어 성형체를 열처리하여 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계 이후 ZrO_2, Na_2SiO_3, Na_2ZrSO_5의 3상의 결정상을 생성시킬 수 있다.

[0020] 상기 코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계는 1회 내지 2회 수행할 수 있다.

[0021] 상기 코어 성형체를 열처리하여 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계에서 열처리 온도는 1300 ℃ 내지 1600 ℃일 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명은 상기 제 1항 내지 제 11항의 어느 한 항의 방법으로 제조된 고융점 합금 주조용 코어를 제공한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 제조방법은 실리카 전구체, 산화 지르코늄 전구체 및 산화소듐 전구체의 3원분계 무기 바인더 전구체를 이용하여 이들에 의한 결정상을 형성시킴으로써 높은 융점을 가지는 무기 바인더가 생성됨으로써 주조 시 높은 용탕 온도에서 견디는 코어가 제작가능하고 형상변화도 없어 고품질의 주조품을 주조할 수 있다.

[0026] 본 발명에 따르면, 상기의 3원계 무기 바인더 조성은 용융 금속과의 반응을 억제할 수 있는 결정상을 형성시킴으로써 주조품의 내부 결함 및 특성 저하를 감소시킬 수 있다.

[0027] 본 발명에 따르면, 액상의 무기 바인더를 적용함으로써 코어 분말 표면에서의 코팅효율을 향상시키고 입자 표면에 균일하게 코팅할 수 있다.

[0028] 본 발명에 따르면, 높은 융점을 가지는 무기 결정상의 생성으로, 1500℃ 이상의 주조 온도 및 긴 주조 시간에서도 유효한 강도를 갖는 고융점 합금 주조용 세라믹 코어를 제공할 수 있다.

[0029] 본 발명에 따르면, 주조 후, 높은 용출성을 갖는 고융점 합금 주조용 세라믹 코어를 제공할 수 있다.

[0030] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 고융점 합금 주조용 코어의 제조 공정 개략도이다.

도 2는 비교예 1과 2의 XRD 결과 그래프이다.

도 3(a) 내지 (d)는 실시예 1 내지 8의 XRD 결과 그래프이다.

도 4는 비교예 2의 열처리 전, 후 미세구조 이미지이다.

도 5(a) 내지 (d)는 실시예 1 내지 8의 열처리 후 미세구조 이미지이다.

도 6는 실시예 1 내지 8에 대한 강도특성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 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 가

지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0035] 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.

[0036] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[0037] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0039] 이하, 본 발명을 상세하게 설명하기로 한다.

[0041] 본 발명에 따른 고융점 합금 주조용 코어 제조방법은 코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계; 상기 무기 바인더로 코팅된 분말과 유기 바인더를 혼합하여 코어 성형체를 형성하는 단계; 및 상기 코어 성형체를 열처리하여 상기 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계를 포함할 수 있다.

[0042] 도 1은 본 발명에 따른 고융점 합금 주조용 코어 제조 공정을 나타낸 것이다.

[0043] 상기 코어 분말은 세라믹계 분말을 적용하며 실리카, 뮬라이트, 및 지르콘 플라워 등의 기계적 특성이 높은 분말을 독립 또는 혼합하여 사용할 수 있다.

[0044] 기존의 정밀주조용 세라믹 코어는 높은 온도와 긴 시간의 열처리에 의해 코어 분말 입자 간의 소결 반응을 형성하여 코어의 강도를 발현한다. 이는 24시간의 열처리로 인한 긴 공정 시간 및 생산단가를 높일 뿐 아니라 주조 후 코어의 용출에 문제를 야기시킨다. 따라서 본 발명에서는 상기 코어 분말을 상기 무기 바인더 전구체로 코팅하고 상기 무기 바인더에 의해 형성되는 유리상 및 결정상에 의해 코어의 강도를 발현할 수 있다. 이를 통해 주조 후 알칼리 용액에 쉽게 용출되는 특징도 가질 수 있다.

[0045] 상기 무기 바인더는 액상의 무기 바인더 전구체일 수 있다. 무기 바인더에 의해 강도를 효과적으로 유도하기 위해서는 코어 입자 표면에 무기 바인더 전구체가 균일하게 코팅이 되어 코팅 효율이 높아야 한다. 따라서, 상기 무기 바인더 전구체는 분말 입자 표면으로의 코팅효율을 높이기 위해 액상의 무기 바인더 전구체를 적용할 수 있으며, 이를 통해 유효한 강도를 확보할 수 있다.

[0046] 상기 무기 바인더는 3원계 무기 바인더 전구체일 수 있다. 기존의 SiO_2-NaO_2로 구성되는 2원계 무기 바인더는 1000 ℃의 낮은 열처리 온도 및 짧은 열처리 시간에서도 유리상이 형성되어 코어의 강도를 발현시키고 주조 후 용출성이 매우 우수하다. 하지만, 이는 1500 ℃ 이상의 용탕에서는 용탕 온도에 의해 생성된 유리상이 액상화되어 코어의 형상이 붕괴되는 단점을 가진다. 따라서, 본 발명에서는 상기 3원계 무기 바인더를 적용하여 고융점에서도 결정상이 유지되는 무기바인더 전구체를 적용하는 것을 특징으로 한다.

[0047] 상기 3원계 무기 바인더 전구체는 산화소듐(Na_2O)-실리카(SiO_2)-산화 지르코니아(ZrO_2)의 3성분을 형성하는 전구체일 수 있다.

[0048] 상기 실리카 전구체는 졸-겔 반응의 의해 Si-O-Si 사슬 구조를 형성시킬 수 있다. 보다 상게하게는, 상기 실리카 전구체는 졸-겔 반응의 의해 Si-O-R 구조가 Si-O-H로 가수분해반응 및 축합반응 후 Si-O-Si 사슬 구조를 형성시키는 것을 적용할 수 있다.

[0049] 상기 실리카 전구체는 실리케이트계 전구체, 실록산계 전구체 및 실란계 전구체로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 혼합물일 수 있으며, 보다 바람직하게는 테트라에틸 오쏘실리케이트(TEOS)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0050] 상기 산화 소듐 전구체는 소듐 알콕사이드를 사용할 수 있으며, 보다바람직하게는 소듐 메톡사이드(NaOMe)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 소듐 알콕사이드는 알코올 등의 용제에 용해시켜 사용하는 것을 포함

할 수 있다.

[0051] 상기 산화 지르코니아 전구체는 지르코늄 알콕사이드를 사용할 수 있으며, 보다 바람직하게는 지르코늄 부톡사이드(ZrOBu)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0052] 상기 산화 지르코니아 전구체는 전체 전구체 조성 100 mol% 에 대하여 20 mol% 내지 33 mol% 포함할 수 있다.

[0053] 상기의 범위 내의 산화 지르코니아 전구체를 포함하는 경우, 상기 3원계 무기 바인더 전구체에 의해 ZrO_2, Na_2SiO_3, Na_2ZrSO_5의 3상의 결정상이 함께 생성시킬 수 있다. 이를 통해 코어의 강도를 증대시킬 수 있다.

[0054] 상기 무기 바인더 전구체는 희석제로 알콜계 용제를 포함할 수 있다.

[0055] 상기 코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계는 1회 내지 2회 수행할 수 있다. 상기 무기 바인더로 코팅하는 공정은 강도 증진을 위해 반복하여 코팅할 수 있으나, 용출성 측면에서 1회 내지 2회 코팅하는 것이 바람직하다.

[0056] 상기 코어 분말을 무기 바인더로 코팅하는 단계 이후, 상기 무기 바인더 전구체의 졸-겔 반응에서 형성된 H_2O 및 ROH를 제거하기 위해 건조하는 공정을 더 포함할 수 있다. 상기 건조공정은 물과 알코올의 증발을 위해 80℃ 내지 100℃에서 실시할 수 있다.

[0057] 상기 무기 바인더로 코팅된 코어 분말과 유기 바인더를 혼합하여, 코어 성형체를 형성하는 단계에서 상기 유기 바인더는 열, 광 등으로 고분자 화합물을 형성되는 것을 사용할 수 있으며, 이는 코어의 성형강도를 부여하며, 후술하는 열처리 동안 분해되어진다.

[0058] 상기 코어 성형체를 열처리하여 상기 코팅된 무기 바인더를 유리화하는 단계에서 열처리 온도는 1300 ℃ 내지 1600 ℃일 수 있다. 상기 코어 성형체를 열처리하여 상기 코팅된 3원계 무기 바인더를 결정상으로 변환되는 단계를 실시할 수 있다. 상술한 바와 같이, ZrO_2,Na_2SiO_3,Na_2ZrSO_5의 3상을 모두 생성시키기 위해 열처리 온도는 1300 ℃ 내지 1600 ℃로 하는 것이 바람직하다. 열처리 동안 유기 바인더가 분해한 후 코어 분말사이에 존재하는 무기 바인더가 결정상으로 전환됨으로써 강도가 발현될 수 있다.

[0059] 상기 열처리 시간은 코어의 크기 및 무기 바인더의 함량에 따라 적절히 선택되어야 하며, 본 발명의 일실시예에 따르면 1시간 내지 3시간 열처리할 수 있다.

[0060] 또한, 본 발명은 상기 제 1항 내지 제 11항의 어느 한 항의 방법으로 제조된 고융점 합금 주조용 코어를 제공한다.

[0062] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 들어 상세하게 설명하기로 한다. 다만 하기의 실시예는 본 발명의 내용을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0064] <실시예 1,2>

[0065] 뮬라이트 분말을 TEOS, NaOMe 및 ZrOBu을 16:16:1의 몰비로 혼합한 무기 바인더 전구체 용액으로 코팅하였다. 상기 무기 바인더가 코팅된 뮬라이트 분말을 100℃에서 1시간 건조하였다. 상기 건조된 분말에 분말 대비 폴리비닐알콜 10 중량%로 혼합하여 가압성형하여 성형체를 제조하였다. 상기 성형체를 1300℃, 1470℃에서 각각 1시간 동안 열처리하여 코어 시험편을 제조하였다.

[0067] <실시예 3,4>

[0068] 뮬라이트 분말을 TEOS, NaOMe 및 ZrOBu을 2:2:1의 몰비로 혼합한 무기 바인더 전구체 용액으로 코팅하였다. 상기 무기 바인더가 코팅된 뮬라이트 분말을 100℃에서 1시간 건조하였다. 상기 건조된 분말에 분말 대비 폴리 비닐알콜 10 중량%로 혼합하여 가압성형하여 성형체를 제조하였다. 상기 성형체를 1300℃, 1470℃에서 각각 1시간 동안 열처리하여 코어 시험편을 제조하였다.

[0070] <실시예 5,6>

[0071] 뮬라이트 분말을 TEOS, NaOMe 및 ZrOBu을 1.16:1.16:1의 몰비로 혼합한 무기 바인더 전구체 용액으로 코팅하였다. 상기 무기 바인더가 코팅된 뮬라이트 분말을 100℃에서 1시간 건조하였다. 상기 건조된 분말에 분말 대비 폴리 비닐알콜 10 중량%로 혼합하여 가압성형하여 성형체를 제조하였다. 상기 성형체를 1300℃, 1470℃에서 각각 1시간 동안 열처리하여 코어 시험편을 제조하였다

[0073] <실시예 7,8>

[0074] 뮬라이트 분말을 TEOS, NaOMe 및 ZrOBu을 1:1:1의 몰비로 혼합한 무기 바인더 전구체 용액으로 코팅하였다. 상기 무기 바인더가 코팅된 뮬라이트 분말을 100℃에서 1시간 건조하였다. 상기 건조된 분말에 분말 대비 폴리 비닐알콜 10 중량%로 혼합하여 가압성형하여 성형체를 제조하였다. 상기 성형체를 1300℃, 1470℃에서 각각 1시간 동안 열처리하여 코어 시험편을 제조하였다.

[0076] 하기 표 1에 실시예 1 내지 8에 적용한 무기 바인더 전구체의 조성비를 나타내었다.

표 1

[0077] 실시예에 적용한 무기 바인더 전구체의 조성비

	TEOS:NaOMe:ZrOBu(몰)	전구체 내ZrOBu의 함량(몰%)
실시예 1, 2	16:16:1.0	3
실시예 3, 4	2.0:2.0:1.0	20
실시예 5, 6	1.16:1.16:1.0	20
실시예 7, 8	1.0:1.0:1.0	33

[0079] <비교예 1,2>

[0080] 비교예 1은 2원계 무기 바인더 시스템을 적용하여 코어를 제작하는 것이다. TEOS 및 NaOMe을 0.18:1.5의 몰비로 혼합한 무기 바인더 전구체를 0.08몰의 Isobutyl alcohol와 혼합하여 농도를 조절한다. 이후 무기 바인더 전구체 용액으로 뮬라이트 분말을 코팅하였다. 상기 무기 바인더가 코팅된 뮬라이트 분말을 100℃에서 1시간 건조하였다. 상기 건조된 분말에 분말 대비 폴리 비닐알콜 10 중량%로 혼합하여 가압성형하여 성형체를 제조하였다. 상기 성형체를 500℃, 1000℃에서 1시간 동안 열처리하여 코어 시험편을 제조하였다.

[0082] <실험예 1> 비교예 1, 2의 XRD 분석 결과

[0083] 도 2는 비교예 1의 XRD 결과로 열처리 전 TEOS와 NaOMe의 혼합물에서 NaOMe에서 변환된 Na_2CO_3와 가수분해 후 TEOS에서 생성된 비정질 SiO_2의 복잡한 피크가 보인다. 이후 이들 생성물은 500 ℃에서 열처리를 통해 Na_2CO_3, 비정질 SiO_2및 Na_2SiO_3 복합 혼합물을 거쳐 1000℃에서 유리상 Na_2SiO_3 으로 변환된다. 생성된 Na_2SiO_3에 의해 코어의 강도가 발현되어 2원계 무기 바인더 시스템이 적용된 코어의 강도는 8~10 MPa의 값을 가진다.

[0085] <실험예 2> 실시예 1 내지 8의 XRD 분석 결과

[0086] 도 3은 실시예 1 내지 8의 XRD 상분석 결과를 나타낸 것으로, 열처리 전의 무기 바인더에서는 결정상이 존재하지 않는다. 그러나 열처리 후에는 무기 바인더의 온도와 조성에 관계없이 ZrO_2, Na_2SiO_3, Na_2ZrSiO_5가 모두 검출되었다.

[0087] ZrOBu 함량이 3% 정도로 매우 낮은 조성에서는 3상으로 변환되지 않은 규산나트륨(Na_2SiO_3)이 다량 검출되고 실시예 3 내지 8에서는 대부분 규산나트륨이 지르코니아와 반응하여 3상을 형성하고, ZrO_2가 다수 생성된다. 이와 같은 생성상의 함량 차이는 코어의 강도에 영향을 미친다.

[0089] <실험예 3> 비교예 2의 열처리 전, 후 미세구조 이미지

[0090] 도 4는 비교예 2의 열처리 전, 후 미세구조 이미지이다. 열처리 전 가수분해 및 축합반응으로 생성된 Na_2CO_3와 SiO_2코어 입자 표면에 존재하며 이들은 열처리 후 입자 표면 및 입자 계면에서 Na_2SiO_3를 생성시켜 화살표와 같은 유리질을 형성한다. 코어의 강도는 이 유리질에 의해 발현되는 것이다.

[0092] <실험예 4> 실시예 1 내지 8의 열처리 후 코어의 표면과 파단면의 미세구조

[0093] 도 5는 실시예 1 내지 8의 열처리 후 코어의 표면과 파단면의 미세구조이다. 열처리 후, 뮬라이트 입자의 표면과 계면에 무기 바인더에 의해 변환된 유리질(흰색 실선 화살표)이 생성되었음을 보였고, 특히 파단면 후방산란 이미지에서(짙은 회색 부분이 뮬라이트 입자의 단면이고, 밝은 회색 부분이 3원계 무기바인더) 입자사이의 무기바인더의 존재가 확연히 확인되어 치밀한 구조의 코어가 제작되었음을 밝혔다.

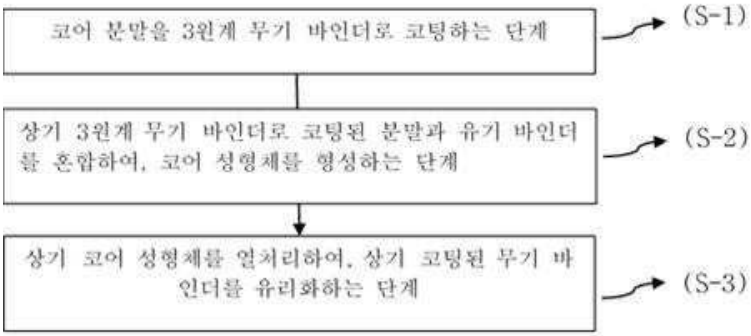
[0095] <실험예 5> 실시예 1 내지 8에 대한 강도특성 분석

[0096] 도 6는 실시예 1 내지 8에 대한 강도특성을 나타내는 그래프이다. 지르코니아 전구체의 함량이 증가할수록 코어의 기계적 물성이 증가하는 것을 확인하였다. 열처리 전 파단강도(백색바)의 경우 조성에 따라 큰 차이는 없었으며, 약 7 MPa를 나타내어 기존 이원계 무기바인더 금형에 비해 소폭 증가한 것으로 나타났다(2원 무기 바인더 시스템 사용: ~5MPa). 하지만 본 발명의 3원계 무기 바인더를 적용한 경우, 기존의 2원계 무기 바인더를 적용한 코어의 강도에 비해 실시예 8의 경우 약 3배가 향상되었으며, 이는 고융점 합금 주조에 3원계 무기 바인더 시스템의 적용이 적합한 것으로 판단된다.

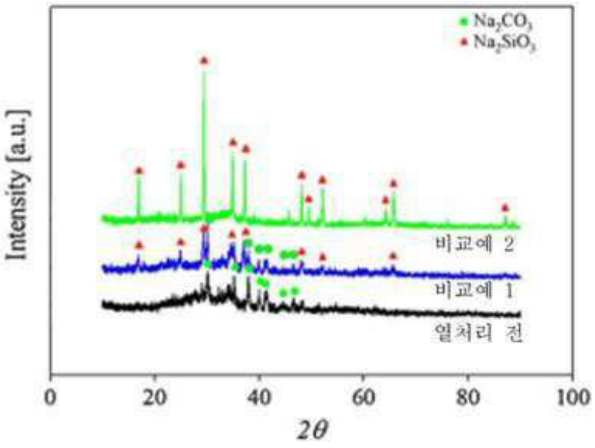
[0098] 이제까지 본 발명에 대한 구체적인 실시예들을 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

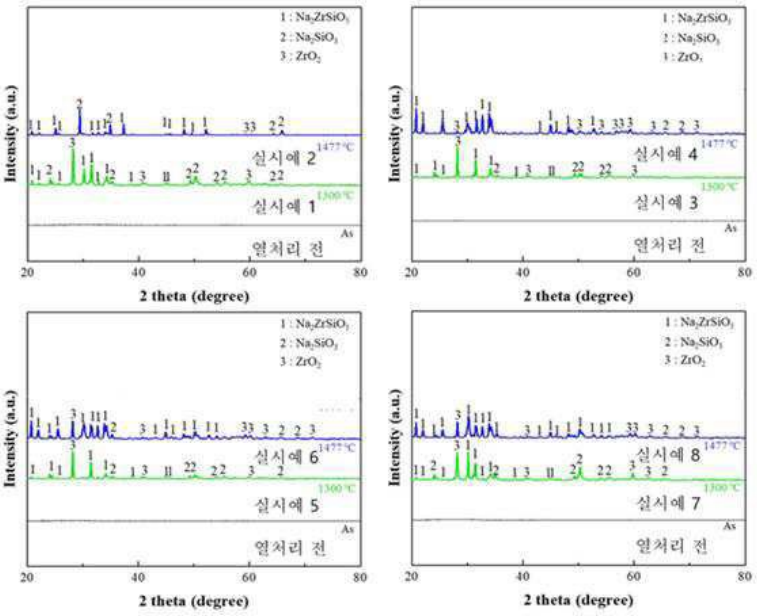
도면1



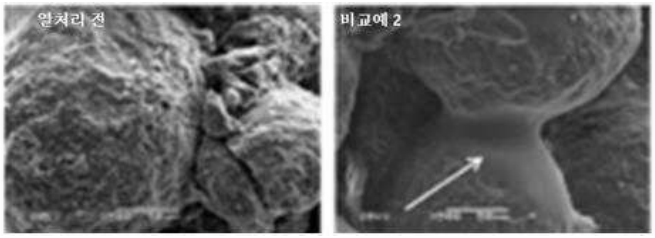
도면2



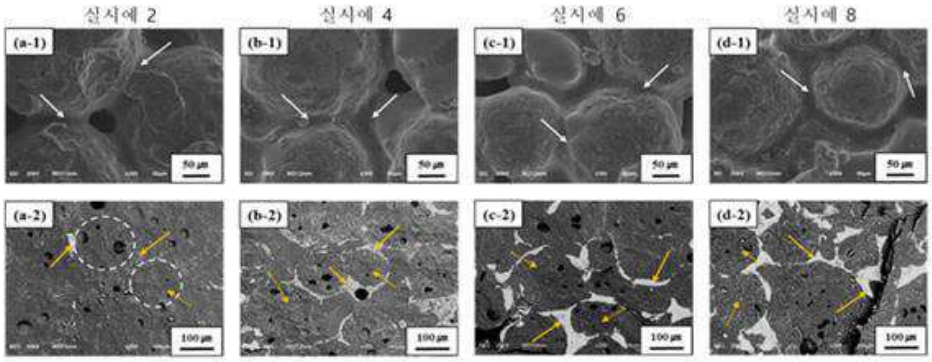
도면3



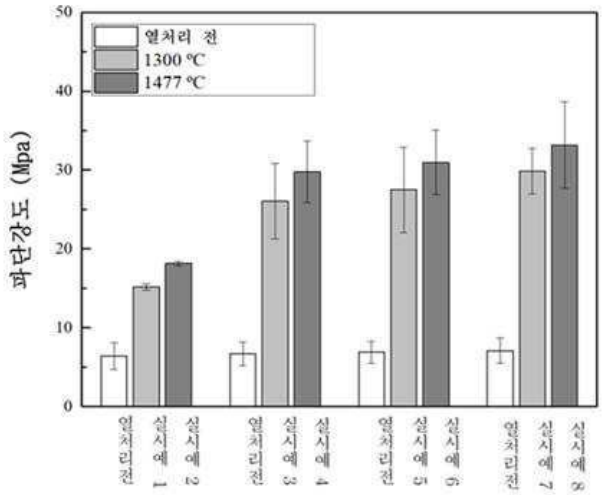
도면4


열처리 전
비교예 2

도면5


실시예 2
실시예 4
실시예 6
실시예 8
(a-1)
(b-1)
(c-1)
(d-1)
(a-2)
(b-2)
(c-2)
(d-2)

도면6


열처리 전
1300 ℃
1477 ℃
파단강도 (Mpa)
0
10
20
30
40
50
열처리전
실시예 1
실시예 2
열처리전
실시예 3
실시예 4
열처리전
실시예 5
실시예 6
열처리전
실시예 7
실시예 8