



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0062056
(43) 공개일자 2020년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 13/04 (2006.01) C03B 37/04 (2006.01)
D01F 9/08 (2006.01) E04B 1/74 (2006.01)
E04B 1/78 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03C 13/046 (2013.01)
C03B 37/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0152246
(22) 출원일자 2019년11월25일
심사청구일자 2019년11월25일
(30) 우선권주장
1020180147571 2018년11월26일 대한민국(KR)

(71) 출원인
주식회사 벽산
서울특별시 중구 퇴계로 307 (광희동1가, 광희빌딩)
(72) 발명자
이제철
세종특별자치시 다정중앙로 77, 606동 802호(다정동, 가운마을6단지)
김한복
전라북도 익산시 선화로10길 17, 112동 403호(모현동1가, 익산e편한세상)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
신성특허법인(유한)

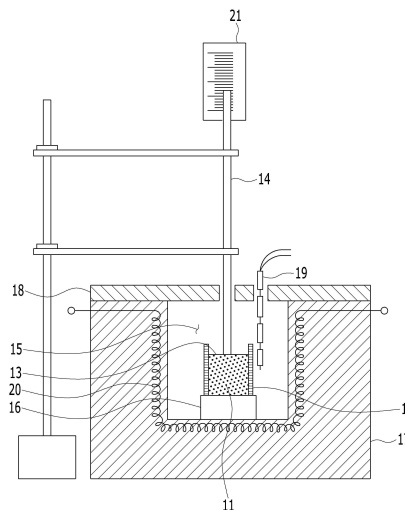
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **재생 원료를 활용한 무기 섬유 조성물, 이를 이용하여 제조된 무기 섬유, 이를 포함하는 무기 단열재 및 그 제조방법**

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는 SiO₂ 35.0~45.0 중량%, Al₂O₃ 10.0~20.0 중량%, Fe₂O₃ 0.1~10.0 중량%, CaO 20.0~40.0 중량%, MgO 4.0~8.0 중량% 및 MnO 8.0~15.0 중량%를 포함하는 무기 섬유 조성물, 이를 이용하여 제조된 무기 섬유, 이를 포함하는 무기 섬유 단열재 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 무기 섬유 단열재는 미네랄울의 장점인 우수한 내화성과 그라스울의 장점인 단열성능을 모두 발휘할 수 있으며, 외부 충격으로부터 단열재의 파손을 방지하도록 향상된 강도를 가지며, 고성능 외부 세라믹 단열재로 유용하게 이용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

D01F 9/08 (2013.01)

E04B 1/78 (2013.01)

E04B 2001/746 (2013.01)

(72) 발명자

조현석

대전광역시 동구 대학로 102-7, 101동 501호(용운동, 용운마젤란21아파트)

조원희

대전광역시 동구 계족로 65, 106동 704호(인동, 어진마을아파트)

박성은

대전광역시 유성구 어은로 57, 106동 505호(어은동, 한빛아파트)

정성훈

전라북도 전주시 덕진구 쪽구름2길 9, 1동 1009호(반월동, 세움펠리피아)

정용식

대전광역시 중구 태평로 89, 51동 25호(태평동, 삼부아파트5단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GPA17078-1

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 국토교통기술지역특성화 사업 동남권 5세부

연구과제명 재생원료를 활용한 고성능 외부 세라믹 단열재 개발

기 여 율 1/1

주관기관 동아대학교

연구기간 2017.08.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

SiO₂ 35.0~45.0 중량%, Al₂O₃ 10.0~20.0 중량%, Fe₂O₃ 0.1~10.0 중량%, CaO 20.0~40.0 중량%, MgO 4.0~8.0 중량% 및 MnO 8.0~15.0 중량%를 포함하는 무기 섬유 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

Na₂O, K₂O, 또는 그 조합을 0 중량% 초과 3.0 중량% 이하의 함량으로 더 포함하는

무기 섬유 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 무기 섬유 조성물은 슬래그를 원료로 하여 제조된 것인

무기 섬유 조성물.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 무기 섬유 조성물을 이용하여 제조된 무기 섬유.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 무기 섬유는 3~7 μm 의 직경을 갖는

무기 섬유.

청구항 6

제4항에 따른 무기 섬유 및 상기 무기 섬유 사이에 결합력을 부여하는 유기 바인더를 포함하는 무기 단열재.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 무기 섬유는 상기 무기 단열재 내에 물결형으로 배열되어 있는

무기 단열재.

청구항 8

제6항에 있어서,
710℃ 이상의 열간수축온도 및 10 kPa 이상의 압축강도를 갖는
무기 단열재.

청구항 9

i) 큐폴라 로를 이용하여 원료인 슬래그를 용융시켜 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 무기 섬유 조성물을 형성하는 단계;
ii) 용융된 조성물을 섬유화하여 무기 섬유를 형성하는 단계; 및
iii) 형성된 무기 섬유에 유기 바인더를 혼합하고, 상기 무기 섬유를 물결형으로 배열시키는 단계를 포함하는 무기 단열재의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 ii) 단계에서, 섬유화는 스피너 휠의 원심력을 이용하는 스피닝 방식에 의해 이루어지며, 스피너 휠의 회전속도는, 무기 섬유의 직경이 3~7 μm 로 형성될 수 있는 원심력을 나타내도록 선택되는 무기 단열재의 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 iii) 단계에서, 무기 섬유를 물결형으로 배열하는 것은, 무기 섬유를 수평으로 배열 적층한 후, 적층된 무기 섬유에 외부 물리력을 가하여 무기 섬유의 배열을 물결형으로 변환시킴으로써 이루어지는 무기 단열재의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,
상기 외부 물리력은 무기 섬유가 이송되는 컨베이어 벨트의 속도를 조정함으로써 이루어지는 무기 단열재의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 재생 원료를 활용한 무기 섬유 조성물, 이를 이용하여 제조된 무기 섬유, 이를 포함하는 무기 단열재 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 재생 원료인 슬래그 등을 활용하여 기존 무기 단열재인 미네랄 울 섬유 단열재와 그라스울 섬유 단열재의 장점을 결합함으로써, 높은 내화성능과 낮은 열전도율을 보유하는 무기 단열재 제조에 유용하게 이용될 수 있는 무기 섬유 조성물, 이를 이용하여 제조된 무기 섬유, 이를 포함하는 무기 단열재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 단열재는 원료의 종류, 형태 및 사용용도에 따라 구분될 수 있으며, 재질에 따라 무기질 단열재와 유기질 단열재로 분류되는 것이 일반적이다. 이 중, 무기 섬유 단열재는 유리, 자연석, 슬래그와 같은 산업 부산물을 포함하는 광물질 등으로 제조된 섬유 형태로 이루어진 인조광물 섬유 단열재를 총칭하는 것으로, 당해 기술분야에서 무기 단열재로 약칭되기도 한다. 무기 섬유 단열재는 사용되는 원료에 따라 락울(rock wool), 슬래그울(slag wool), 그라스울(glass wool) 등으로 구분될 수 있다.
- [0004] 락울과 슬래그울은 광석 원료로 만들어지는 것으로 국내에서 미네랄울로도 나타내어지며, 현무암, 안산암 등의 염기성 화성암이 원료인 경우 락울로 나타내며, 선철 제조시 발생하는 슬래그가 원료인 경우 슬래그울로 나타내어진다. 이와 같은 미네랄울은 원료인 슬래그 또는 광석에 고온의 열을 가하여 용융시킨 후 고속 회전의 원심력을 이용하여 방사함으로써 섬유상으로 형성함으로써 제조될 수 있다. 미네랄울은 내화성이 우수하고, 열전도율이 낮으며, 흡음율이 높은 장점을 갖는다. 이와 같이 섬유상으로 형성된 슬래그울은 펠트, 보드, 보온통, 보온대, 블랭킷 등 다양한 형태로 가공되어 특히 산업 및 선박에 있어서 내화성능이 요구되는 고온 적용 부위에 적용되고 있다.
- [0005] 그라스울은 유리를 고온에 용융시킨 후 섬유상으로 형성한 것으로, 규사, 석회석, 장석, 소다회 등 유리계 광물질이 주원료이다. 유리 섬유 사이에 밀봉된 공기층이 단열층을 이루어 단열성, 불연성, 흡음성, 시공성, 운반성 등이 우수한 장점을 갖는다. 그라스울도 미네랄울과 같이 펠트, 보드 등 다양한 형태로 가공되어, 건축용 내장재 및 샌드위치 패널 심재로 내화성능보다는 단열성능이 요구되는 분야에 많이 적용되고 있다.
- [0006] 이와 같이, 미네랄울과 그라스울은 세부적인 작용효과 측면에서 차이를 가질 수 있으며, 구체적으로 미네랄울은 산업용의 보온 및 단열에 적용되는 경우 높은 내화성능을 발휘하는 장점이 있으며, 그라스울은 건축용의 보온 및 단열재로 적용되는 경우 높은 단열성능을 발휘하는 장점을 갖는다.
- [0007] 또한, 미네랄울과 그라스울은 제조방법, 특히 용융 방식에 있어서도 차이를 가질 수 있다. 구체적으로, 그라스울은 유리질 원료를 용해하여 약 1500~1700℃ 온도에서 전기로를 사용하여 고온 용융시키는 방식에 의해 제조되며, 미네랄울은 큐폴라 로(cupolar furnace)를 이용하여 고온 용융시키는 방식에 의해 제조된다.
- [0008] 그라스울 제조에 이용되는 전기 저항 방식의 용융은 미네랄울 제조에 이용되는 큐폴라 로 방식의 용융에 비해 높은 수준의 조성 평형을 이루어낼 수 있으나, 제품을 생산하는 한 유희시간에도 로의 온도를 고온으로 유지시켜야만 한다. 반면, 큐폴라 로를 이용한 용융은 제품 생산 경우를 제외한 유희시간대에는 로의 온도를 고온으로 유지할 필요가 없다. 따라서, 전기저항 방식의 용융은 큐폴라 로를 이용하는 용융에 비하여 온도 유지에 따른 높은 비용이 발생하는 문제가 있다. 또한, 전기로를 구성하는 전극봉을 주기적으로 교체하여야 하고, 내화물이 침식에 의해 손상이 발생되므로, 관리가 어렵고 관리비용이 지속적으로 발생하는 단점이 있다. 이에, 효율적으로 용융로를 운영하기에는 큐폴라 로가 보다 편리하고 경제적인 수 있다.
- [0009] 특허문헌 1에는 총 100 중량%에 대해, SiO₂ 33 내지 45 중량%, Al₂O₃ 16 내지 24 중량%, FeO 0.2 내지 1.5 중량%, Fe₂O₃ 0.1 내지 1.0 중량%, CaO 25 내지 35 중량%, MgO 2 내지 7 중량%, 알칼리금속 산화물 1 내지 4 중량%를 포함하는 기본 조성물 및 상기 기본 조성물 100중량%에 대해 0.5 내지 5 중량%인 환원제를 포함하는 염용해성 미네랄울 섬유 제조용 조성물이 개시되어 있다.
- [0010] 그러나, 이 조성물은 내열성, 내수성, 열전도율과 같은 단열재로서의 물성 측면에서 충분히 만족할만한 정도에 이르지 못하였으며, 여전히 개선이 요구되고 있다. 미네랄울을 고온 조건에서 거치하면 섬유의 수축 현상이 발생하여 미네랄울의 초기 형상 유지가 어려울 수 있다. 또한, 이 조성물을 용융할 때, 용융물 내에서 기포가 발생하여 균일한 용융물 형성이 어려워지고, 이에 따라 최종 생성된 섬유의 물리 화학적 물성이 저하될 수 있다. 아울러, 특허문헌 1에 개시된 미네랄울 섬유 조성물은 원료를 고온의 전기로를 사용하여 고온 용융시키는 방식에 의해 제조되므로, 전술한 전기 저항 방식 용융의 단점을 갖고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0007563호(2017.0007563)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 미네랄의 장점인 우수한 내화성과 그라스의 장점인 단열성을 모두 발휘할 수 있으며, 외부 물리력에 대해 내구성을 가지며, 고성능 무기 단열재 제조에 유용하게 이용될 수 있는 무기 섬유 조성물, 이를 이용하여 제조된 무기 섬유, 이를 포함하는 무기 단열재 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예는 SiO_2 35.0~45.0 중량%, Al_2O_3 10.0~20.0 중량%, Fe_2O_3 0.1~10.0 중량%, CaO 20.0~40.0 중량%, MgO 4.0~8.0 중량% 및 MnO 8.0~15.0 중량%를 포함하는 무기 섬유 조성물에 관한 것이다.
- [0016] 상기 실시예에서, 상기 무기 섬유 조성물은 Na_2O , K_2O , 또는 그 조합을 0 중량% 초과 3.0 중량% 이하의 함량으로 더 포함할 수 있다. 상기 무기 섬유 조성물은 슬래그를 원료로 하여 제조된 것일 수 있다.
- [0017] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 일 실시예는 상기 실시예에 따른 무기 섬유 조성물을 이용하여 제조된 무기 섬유에 관한 것이다.
- [0018] 상기 실시예에서, 상기 무기 섬유는 3~7 μm 의 직경을 가질 수 있다.
- [0019] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 또 다른 일 실시예는 상기 실시예에 따른 무기 섬유 및 상기 무기 섬유 사이에 결합력을 부여하는 유기 바인더를 포함하는 무기 단열재에 관한 것이다.
- [0020] 상기 무기 섬유는 무기 단열재의 강도를 향상시키도록 무기 단열재 내에 물결형으로 배열되어 있을 수 있다. 상기 무기 단열재는 건축물 외부 단열재일 수 있다. 상기 무기 단열재는 710℃ 이상의 열간수축온도 및 10 kPa 이상의 압축강도를 가질 수 있다.
- [0021] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 또 다른 일 실시예는 i) 큐폴라 로를 이용하여 원료인 슬래그를 용융시켜 상기 실시예에 따른 무기 섬유 조성물을 형성하는 단계; ii) 용융된 조성물을 섬유화하여 무기 섬유를 형성하는 단계; 및 iii) 형성된 무기 섬유에 유기 바인더를 혼합하고, 상기 무기 섬유를 물결형으로 배열시키는 단계를 포함하는 무기 단열재의 제조방법에 관한 것이다.
- [0022] 상기 실시예에서, 상기 ii) 단계에서, 섬유화는 스피너 휠의 원심력을 이용하는 스피닝 방식에 의해 이루어지며, 스피너 휠의 회전속도는, 무기 섬유의 직경이 3~7 μm 로 형성될 수 있는 원심력을 나타내도록 선택될 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따른 무기 단열재는 기존의 무기 단열재인 미네랄과 그라스가 갖는 각각의 장점인 우수한 내화성과 우수한 단열성을 결합하여 무기 단열재로서의 향상된 물성을 발휘할 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명에 따른 무기 단열재는 향상된 압축강도 특성을 나타내므로, 외부 물리력에 대한 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따른 무기 단열재는 별도의 추가 공정없이 기존의 생산 방식을 적용하여 제조될 수 있으며, 원료로 산업부산물인 슬래그 등을 이용함으로써 공정 효율성 및 경제성을 더욱 높일 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명에 따른 무기 섬유 조성물 제조시 큐폴라 로를 이용하여 원료를 용융시킬 수 있어, 지속적으로 고온 상태를 유지할 필요가 없고 효율적으로 용융로를 운영할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 무기 섬유용 열간수축온도 측정에 이용된 열간수축온도 측정기를 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기로 한다. 하기의 설명에서는 구체적인 구성요소 등과 같은 많은 특정사항들이 도시되어 있는데, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들 없이도 본 발명이 실시될 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 무기 섬유 조성물은 SiO_2 35.0~45.0 중량%, Al_2O_3 10.0~20.0 중량%, Fe_2O_3 0.1~10.0 중량%, CaO 20.0~40.0 중량%, MgO 4.0~8.0 중량% 및 MnO 8.0~15.0 중량%를 포함할 수 있다.

[0033] 상기 실시예에서, 무기 섬유 조성물을 이루는 각 구성성분 및 그 함량은, 각 구성성분의 특성, 및 각 구성성분 사이의 상관관계를 고려하여, 본 발명이 목적으로 하는 특유한 효과를 달성하기 위하여, 예의 연구를 거듭한 결과 비로소 도출된 것이다.

[0034] 무기 섬유 조성물에 포함되는 SiO_2 는 섬유 골격 형성 능력이 있는 산화물로 망목형성 산화물로 불리며, 섬유의 기본적인 골격을 구성하는 역할을 수행하며 특정 혼합비로 조성물 중에 혼합되어 용융되면 세라믹을 생성하게 된다. 따라서, 무기 섬유 조성물 중에 특정 함량으로 포함되어 무기 섬유의 근간을 이루는 망목 구조를 형성함으로써, 무기 섬유의 기계적 물성을 확보할 수 있다.

[0035] SiO_2 의 함량은 35.0~45.0 중량%, 바람직하게 37.0~43.0 중량%일 수 있다. SiO_2 의 함량이 35.0 중량% 미만인 경우에는 무기 섬유의 기본 골격을 이루는 망목구조 형성이 어려워 섬유의 기계적인 물성이 저하될 수 있으며, 충분한 내화성능 발휘에 어려움을 발생시킬 수 있다. 또한, SiO_2 의 함량이 45.0 중량%를 초과하는 경우에는 조성물 용융시 용융물의 점도가 높아져 섬유화하는데 어려움이 발생한다. 이 때, 용융로의 온도를 높여 섬유화를 수행할 수는 있으나, 높은 온도 유지를 위한 더 많은 에너지 사용 비용이 발생하여 비효율적이며, 섬유의 직경이 굵어지고, 섬유 표면이 거칠어질 수 있으며, 미섬유화 입자 발생이 증가하는 등 제품의 열전도율 성능에 악영향을 미칠 수 있다.

[0036] 무기 섬유 조성물에 포함되는 Al_2O_3 는 망목 형성 산화물과 망목 수식 산화물의 중간 성질을 갖는 중간 산화물로, SiO_2 의 역할을 대체할 수도 있고, 다른 망목 수식 산화물의 역할을 대체할 수도 있다. Al_2O_3 는 무기 섬유의 내수성을 향상시킬 수 있으며, 조성물의 점도에 영향을 미칠 수 있다.

[0037] Al_2O_3 의 함량은 10.0~20.0 중량%, 바람직하게 12~18 중량%일 수 있다. Al_2O_3 의 함량이 10.0 중량% 미만인 경우에는 무기 섬유의 내수성이 저하되며 섬유 강도 유지에 어려움이 발생하기 때문에 외부 단열재 목적으로 적절하지 않으며, 20.0 중량%를 초과하는 경우에는 망목형성 산화물 분포가 높아져 용융에 어려움이 발생할 수 있다.

[0038] 무기 섬유 조성물에 포함되는 Fe_2O_3 는 무기 섬유의 내구성 및 내열성을 향상시키는 역할을 할 수 있다.

[0039] Fe_2O_3 의 함량은 0.1~10.0 중량%, 바람직하게 4.0~8.0 중량%일 수 있다. Fe_2O_3 의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는 무기 섬유의 내구성 및 열적안정성이 저하될 수 있으며, 10.0 중량%를 초과하는 경우에는 미섬유화 입자 발생이 증가되며, 용융액 섬유화 시 고속회전 스피너 휠의 수명을 단축시키는 문제로 제품 생산에 유희시간 및 스피너 교체비용 등이 발생하여 제품과 설비에 악영향을 미칠 수 있다.

[0040] 무기 섬유 조성물에 포함되는 CaO 및 MgO 는 재생원료 용융 시 점도를 낮춰주는 역할과 화학적 내구성을 향상시키는 망목수식 산화물이다.

[0041] CaO 의 함량은 20.0~40.0 중량%, 바람직하게 25.0~35.0 중량%일 수 있으며, MgO 의 함량은 4.0~8.0 중량%, 바람직하게 4.0~6.0 중량%일 수 있다. CaO 및 MgO 의 함량이 상기 범위 미만인 경우에는 조성물의 용융온도가 상승하여 용융에 필요한 열량 소모가 커져 효율성이 저하되는 문제가 발생하며, 상기 범위를 초과하는 경우에는 제

생원료 섬유화 온도와 결정발생 온도의 차이가 감소하여 미립 입자 발생이 증가하게 되어 제품 품질의 문제를 초래할 수 있다.

- [0042] 무기 섬유 조성물에 포함되는 MnO는 무기 섬유의 제조 공정 및 우수한 물성 확보의 다양한 측면에서 있어서 중요한 역할을 할 수 있다. 구체적으로, MnO는 무기 섬유 조성물에 포함되는 철 성분의 잘 깨지는 취성을 보완하여 강도를 높이는 역할을 할 수 있으며, 산소와 결합 시 용융물의 기포 발생을 막아주기 때문에 무기 섬유 조성물의 용융 시 제조 공정을 용이하게 하고, 물성을 향상시킬 수 있다. 또한, 세라믹 섬유는 그 자체가 열에 대한 수축 현상을 갖는 것이 일반적이는데, MnO는 이러한 세라믹 섬유에 있어서 열적 저항성을 향상시킴으로써 수축 현상을 방지 또는 지연시켜, 높은 온도에서도 섬유의 형상을 잘 유지할 수 있도록 하여, 최종 생성된 제품이 우수한 물성을 갖도록 할 수 있다.
- [0043] MnO의 함량은 8.0~15.0 중량%, 바람직하게 8.0~12.0 중량%일 수 있다. MnO의 함량이 8.0 중량% 미만인 경우에는 무기 섬유 조성물에 포함되는 철 성분의 취성을 보완하여 강도를 높이는 데 역할을 수행할 수 없으며, 15.0 중량%를 초과하는 경우에는 무기 섬유의 내산성 및 내산화성을 저해하는 등 부정적인 효과를 미치게 되어 무기 섬유의 물성을 악화시킬 수 있다.
- [0044] 일 실시예에서, 무기 섬유 조성물은 Na₂O, K₂O, 또는 그 조합을 0 중량% 초과 3.0 중량% 이하의 함량으로 더 포함할 수 있다.
- [0045] Na₂O 및 K₂O는 추가적인 망목 수식 산화물로 작용하여, 무기 섬유 조성물의 용융 시 점도를 조절하여 용융 공정의 좀더 원활한 수행에 도움을 줄 수 있다.
- [0046] Na₂O 및 K₂O의 함량은 합계량으로 0 중량% 초과 3.0 중량% 이하일 수 있으며, 상기 범위를 초과하는 경우에는 무기 섬유 조성물의 용융 시 점도가 높아져 용융 공정의 수행이 어려워지며, 용융을 위하여 더 높은 에너지 소비가 요구되어 공정 비용이 증가할 뿐 아니라, 제조된 섬유의 품질도 저하되는 문제가 있다.
- [0047] 한편, 무기 섬유 조성물에는 사용되는 원료에 따라 TiO₂, SO₃, P₂O₅와 같은 성분들이 불순물로서 포함될 수 있으나, 그 함량은 섬유의 열적 특성이나 물성이 영향을 미치지 않는 정도의 범위이다.
- [0048] 본 실시예에 따른 무기 섬유 조성물은 재생원료를 이용하여 제조될 수 있으며, 재생원료의 예는 선철 제조시 발생하는 슬래그 등을 포함하나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이와 같이, 본 실시예에 있어서는 제철 공정의 부산물로 폐기되는 슬래그를 무기 섬유 제조에 이용함으로써, 공정 효율성 및 경제성을 더욱 높일 수 있으며, 환경적 측면에서도 긍정적인 역할을 할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 다른 일 실시예는, 전술한 실시예에 따른 무기 섬유 조성물을 이용하여 제조된 무기 섬유에 관한 것이다.
- [0050] 무기 섬유 조성물을 이용하여 무기 섬유를 제조하는 방법은 당해 기술분야에서 공지된 임의의 방법에 의해 이루어질 수 있다. 예를 들어, 각각의 구성성분을 혼합하여 형성된 무기 섬유 조성물을 고온의 용융 장치를 이용하여 용융시킨 후, 공지된 섬유화 방법을 이용하여 무기 섬유를 제조할 수 있다. 특히, 본 실시예에 있어서는 큐폴라 로를 이용함으로써 제품 생산 경우를 제외한 유희시간대에는 로의 온도를 고온으로 유지할 필요가 없어, 효율적으로 용융로를 운영할 수 있으며, 전기로를 이용하는 경우에 비하여 관리가 용이하고 관리 비용 측면에서 경제적일 수 있다.
- [0051] 섬유화 방법의 예는, 연속적으로 작은 구멍으로 고온에서 용융된 무기 섬유 조성물을 뽑아내면서 고압의 공기를 주입하여 섬유로 만드는 블로잉(blowing) 법, 또는 고온에서 용융된 무기 섬유 조성물을 벽면에 구멍이 있는 원통에 넣고 고속회전을 이용하여 원심력에 의해 섬유가 뽑아져 나오게 되는 로터리(rotary) 원심법, 용융된 무기 섬유 조성물을 원심회전하는 디스크 형태의 스피너 표면에 떨어뜨려 섬유를 인장시키고, 동시에 후면에서 고압의 에어를 분사하여 섬유를 세섬유화하는 스피닝 법 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0052] 이와 같이 형성된 섬유의 기계적 물성 중 섬유의 직경은 무기 단열재의 주요 물성에 영향을 미치는 요인으로 작용할 수 있다. 무기 단열재를 구성하는 섬유의 직경이 작아지면, 단열재 재부의 미세 기공의 개수가 증가하고, 무기 단열재의 단열 성능이 더욱 향상될 수 있으며, 섬유의 직경이 증가하면, 단일 섬유의 물성이 향상되어 무기 단열재의 기계적 특성이 개선될 수 있다. 따라서, 무기 단열재의 섬유 직경은 단열재 사용 목적에 따라 최적의 효과를 발휘할 수 있도록 선택될 수 있다.
- [0053] 본 실시예에 따르면, 무기 단열재의 단열성능, 강도, 내구성을 충분히 확보하고 섬유 형성이 가능하도록 하기

위하여 무기 섬유는 직경을 3~7 μm 로 형성할 수 있다. 무기 섬유의 직경이 3 μm 미만인 경우에는 섬유를 일정한 두께로 수집하는 집면기 하부에 미세 섬유가 부착되어 무기 단열재 생산 수율이 악화되고, 폐기물 발생량이 증가될 수 있다. 또한, 무기 섬유의 직경이 7 μm 를 초과하는 경우에는 단열재 내부 기공의 크기가 증가하여 단열재의 열전도율이 상승하고 유리 가시 발생량이 증가하여 단열재의 시공성을 저하시킬 수 있다.

- [0054] 이와 같은 무기 섬유의 직경은 종래 무기 단열재에 포함되는 섬유 직경에 비하여 작은 것으로, 예를 들어, 고속 회전하는 스피너 휠의 속도를 높여 원심력을 크게 함으로써 섬유 형성을 더욱 용이하게 하여 섬유의 직경을 보다 얇게 제조할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 또 다른 일 실시예는 전술한 실시예에 따른 무기 섬유 및 상기 무기 섬유 사이에 결합력을 부여하는 유기 바인더를 포함하는 무기 단열재에 관한 것이다.
- [0056] 무기 단열재는 일정하게 배열된 무기 섬유들이 유기 바인더에 의해 부여되는 결합력에 의해 결합된 형태를 갖게 된다. 통상적인 무기 단열재에 있어서 무기 섬유는 집면되는 평면에 대하여 수평으로 배열 적층되어 층상형을 이루게 된다. 이 경우, 수직 방향의 외부 물리력에 의해 쉽게 파손될 뿐 아니라, 두께 방향의 인력에 대하여 그 내구성이 약하다는 문제점이 있다. 반면, 본 실시예에 있어서는, 무기 단열재의 압축 강도를 높이기 위하여 무기 섬유의 배열 방향이 수평으로 배열 적층된 층상형이 아니라, 주름진 형태의 물결형일 수 있다. 이와 같이, 무기 단열재 내에 무기 섬유를 물결형(물결형)으로 배열함으로써 무기 단열재의 강도를 더욱 향상시킬 수 있으므로, 외부 물리력에 대한 내구성을 개선할 수 있다.
- [0057] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 무기 단열재는 높은 강도 특성을 가지므로 건축물 외부 단열재 등과 같이 기계적 강도를 요구하는 분야에 적용될 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따른 무기 단열재는 710℃ 이상, 바람직하게 750℃ 이상의 열간수축온도를 나타낼 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 실시예에 따른 무기 단열재는 10 kPa 이상, 바람직하게 12 kPa 이상의 압축강도를 가질 수 있다.
- [0060] 본 발명의 또 다른 일 실시예는 i) 쿠파라 로를 이용하여 원료인 슬래그를 용융시켜 상기 실시예에 따른 무기 섬유 조성물을 형성하는 단계; ii) 용융된 조성물을 섬유화하여 무기 섬유를 형성하는 단계; 및 iii) 형성된 무기 섬유에 유기 바인더를 혼합하고, 상기 무기 섬유를 물결형으로 배열시키는 단계를 포함하는 무기 단열재의 제조방법에 관한 것이다.
- [0061] i) 단계에서, 원료는 재생원료인 슬래그 등을 이용할 수 있으며, 용융 온도는 1,200~1,800℃일 수 있다. 용융 온도가 1,200℃ 미만인 경우에는 슬래그 등의 원료가 완전하게 용융되지 않아 섬유 생산성이 낮아지고, 용융로 내부에 원료가 적재되어 조업을 중단하게 될 수 있으며, 1,800℃를 초과하는 경우에는 섬유화 설비에 열충격을 가하게 되어 설비 교체 주기가 짧아질 수 있다.
- [0062] ii) 단계에서, 섬유화 방법은 당해 기술분야에 공지된 방법을 적절히 선택할 수 있다.
- [0063] 섬유화 공정에서, 무기 단열재의 물성을 좌우하는 큰 요인인 섬유의 직경을 무기 단열재의 단열성능, 강도, 내구성을 충분히 확보하고 섬유 형성이 가능하도록 조절하는 것이 필요하다.
- [0064] 일 실시예에서, 섬유화는 스피너 휠의 원심력을 이용하는 스피닝 방식에 의해 이루어지며, 스피너 휠의 회전속도는, 무기섬유의 직경이 3~7 μm 로 형성될 수 있는 원심력을 나타내도록 선택될 수 있다.
- [0065] iii) 단계에서, 무기 섬유와 유기 바인더의 혼합은 당해 기술분야에 공지된 방법 중 적절한 방법을 선택하여 이루어질 수 있다. 예를 들어, 무기 섬유에 유기 바인더를 분사하거나, 유기 바인더에 무기 섬유를 침지하는 등의 방법에 의해 이루어질 수 있다.
- [0066] 이 때, 무기 섬유는 수평으로 배열 적층된 층상형이 아닌 물결형으로 배열됨으로써, 무기 단열재의 강도를 향상시킬 수 있으며, 외부 물리력에 대한 내구성을 개선할 수 있다.
- [0067] 무기 섬유를 물결형으로 배열하는 것은, 무기 섬유를 수평으로 배열 적층한 후, 무기 섬유의 배열을 물결형으로 변환시킴으로써 이루어질 수 있다.
- [0068] 일반적으로, 판성형 무기 단열재에 포함되는 무기 섬유의 적재는 집면기라고 불리는 박스형 설비 내부를 저기압으로 만들어서 섬유가 집면기 하단에 수평으로 배열 적층됨으로써 이루어질 수 있다. 본 실시예에서는, 이와 같이 적재된 무기 섬유에 외부 물리력을 가함으로써 층상으로 적층된 수평인 섬유의 배열 형태를 주름진 형태의

물결형으로 변환시킬 수 있다. 외부 물리력의 인가는 다양한 방식에 의해 이루어질 수 있으며, 예를 들어 적층된 무기 섬유가 집면기를 나가게 되면 무기 섬유가 이송되는 컨베이어 벨트의 속도를 조정함으로써 섬유의 배열을 변경시킬 수 있다.

[0069] 후속적으로, 경화, 열가압성형, 건조 등의 단계를 거쳐 적용 목적에 따른 형태를 갖도록 무기 단열재를 형성할 수 있다.

[0070] 무기 단열재의 형태는 적용되는 용도나 위치 등에 적합하도록 적절하게 선택될 수 있다.

[0071] 본 발명의 무기 단열재는 기존의 무기 단열재인 미네랄울과 그라스울이 갖는 각각의 장점인 우수한 내화성과 우수한 단열성능을 함께 발휘할 수 있으며, 섬유 배열의 변형으로 향상된 압축강도 특성을 가져, 외부 물리력에 대한 내구성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 무기 단열재는 별도의 추가 공정없이 기존의 생산 방식을 적용하여 제조될 수 있으며, 원료로 산업부산물인 슬래그 등을 이용함으로써 공정 효율성 및 경제성을 더욱 높일 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 무기 섬유 조성물 제조시 큐폴라 로를 이용하여 원료를 용융시킬 수 있어, 지속적으로 고온 상태를 유지할 필요가 없고 경제적 및 효율적으로 용융로를 운영할 수 있다.

[0073] [실시예]

[0075] 1. 무기 섬유 및 무기 단열재 제조

[0076] 원료로는 제철 공정에서 생성되는 산업부산물인 슬래그를 이용하였으며, 큐폴라 로를 이용하여 용융시킴으로써 하기 표 1 및 2에 나타내어진 조성비를 갖는 실시예 및 비교예에 따른 무기 섬유 조성물을 제조하였다. 제조된 조성물을 이용하여 무기 섬유 제조용 스피닝 공정을 수행함으로써 무기 섬유를 제조하였다. 무기 섬유 제조용 스피닝 공정은 무기 섬유 조성물을 용융시켜 용융물을 원심회전하는 디스크 형태의 스피너에 떨어뜨려 원심력을 이용하여 섬유상으로 형성함으로써 이루어질 수 있었다. 실시예 1 내지 5의 경우, 고속 스피너를 이용하여 제조되었으며, 비교예 1 내지 5의 경우, 일반 스피너를 이용하여 제조되었다. 이와 같이 제조된 무기 섬유에 유기 바인더를 혼합하고, 통상적인 공정을 통하여 무기 섬유 단열재를 제조하였다. 이 때, 실시예 1 내지 5의 경우, 무기 섬유의 배열을 물결형으로 변환시켰으며, 비교예 1 내지 5의 경우에는 수평으로 배열 적층된 층상형을 유지하였다.

[0078] 2. 물성 측정

[0079] 상기에서 제조된 실시예 및 비교예에 따른 무기 섬유를 이용한 무기 단열재에 대하여 KS L 9102에서 요구되는 품질과 내열성 측정을 실시하였다. 각각의 특성의 측정 방법을 하기에 나타낸다.

[0081] (1) 밀도

[0082] 밀도는 질량 및 부피를 측정하여 하기 수학식 1에 따라 구하였다. 하기 표 1 및 2에 나타내어진 실험 결과를 참조하면, 무기 섬유의 열간수축온도 및 열전도율이 제품 밀도에 따라 달라지는 것을 확인할 수 있다. 즉, 밀도가 높아질수록 열간수축온도가 높아지며, 열전도율의 경우, 일정 밀도까지는 낮은 열전도율 값을 나타내지만, 일정 임계점의 밀도 이상이 되면 반대로 열전도율 값이 낮아지는 현상을 보였다. 따라서, 제품의 밀도는 제품 성능을 평가할 수 있는 좋은 지표로 볼 수 있다.

[0083] [수학식 1]

$$[0084] \rho = m/V$$

[0085] 상기 수학식 1에서, ρ 는 밀도(kg/m³), m은 질량(kg), V는 부피(m³)를 나타낸다.

[0086] (2) 열전도율

[0087] 실시예 및 비교예에 따른 무기 섬유를 판상형(길이 300 mm, 너비 300 mm, 높이 50 mm)으로 성형하여, KS L 9016에서 규정하는 평판열류계법(HFM)에 따라 열전도율 측정 장치의 평균 온도 20 (+5, -2)℃ 조건으로 열전도율을 측정하였다.

[0088] (3) 입자함유율

[0089] 실시예 및 비교예에 따른 무기 섬유 약 100 g을 채취하여 섬유 내 수분을 제거할 수 있는 온도로 건조한 후, 테시케이터를 통해 상온까지 냉각시키고 무게를 측정하여 초기 섬유 시료의 무게를 측정하였다. 해당 섬유를 원심분리기를 통하여 입자와 섬유를 분리하고, 충분히 물로 세척한 후, 망체 500 μ m 위에 남은 것을 채취 및 건조하여 남은 입자의 무게를 측정하였다. 입자함유율은 하기 수학적 식 2에 따라 구하였다.

[0090] [수학적 식 2]

$$S = m1/mo \times 100$$

[0092] 상기 식에서, S는 입자함유율(%),

[0093] m1: 건조 후의 입자 무게(g)

[0094] mo: 초기 섬유 시료의 무게(g)

[0095] (4) 열간수축온도

[0096] 도 1에 도시된 열간수축온도 시험기를 이용하여 KS L 9102의 규정에 따라 열간수축온도를 측정하였다.

[0097] 구체적으로, 실시예 및 비교예에 따른 무기 섬유 시료(11)를 가열 용기(12)에 넣고, 그 위에 그 위에 cm^2 당 무게 5 g이 되도록 조정된 하중판(13) 및 측정봉(14)을 설치하고, 실온에서 측정봉(14) 끝단 높이의 눈금을 읽고 기록하였다. 가열로(15)의 승온 속도는 예상되는 열간수축온도에서 약 200℃ 낮은 온도까지는 5℃/분, 그 후에는 3℃/분으로 승온시키며, 가열 개시부터 10분 간격으로 가열로(15) 내 온도 및 측정봉(14) 앞끝의 높이를 측정하여 기록하였다. 두께 수축률은 하기 수학적 식 3에 따라 구하였다.

[0098] [수학적 식 3]

$$\Delta t = (to-t1)/to \times 100$$

[0100] 상기 식에서, Δt 는 두께 수축률(%), to 는 초기 시료 두께(mm), $t1$ 은 가열 중의 시료 두께(mm)를 나타낸다.

[0101] (5) 압축강도

[0102] 시험편은 직육면체로서, 두께는 각각 50 mm, 75 mm 및 100 mm으로 하며, 길이는 300 ± 1 mm, 너비는 300 ± 1 mm로 하였다. 시험편을 압축 시험기의 판 사이에 두고, 시험편과 판의 중심을 맞춘 후, 이동판을 일정한 속도로 이동시키며, 시험편을 압축하였다. 시험 속도는 가능하면 압축 전에 측정한 시험편 초기 두께의 10%/min에 가까운 속도로 시험편 초기 두께의 85%가 감소될 때까지 압축하였다. 두께가 감소되는 중에 도달하는 최대 하중을 기록하였다. 두께의 상대 변형이 10%일 때의 압축응력은 하기 수학적 식 4에 따라 구하였다.

[0103] [수학적 식 4]

$$\delta_{10} = 10^3 \times F_{10}/A_0$$

[0105] 상기 식에서, δ_{10} 은 두께의 상대 변형이 10%일 때의 압축응력(kPa), F_{10} 은 두께의 상대 변형 10%에 대응하는 하중(N), A_0 는 시험편의 초기 단면적(m^2)을 나타낸다.

표 1

구분		단위	실시예				
			1	2	3	4	5
화학 조성	SiO ₂	wt%	37.86	39.20	39.24	37.29	38.95
	Al ₂ O ₃	wt%	12.27	12.70	13.29	12.92	13.10
	Fe ₂ O ₃	wt%	5.08	4.94	5.14	5.84	4.91
	CaO	wt%	26.13	25.21	26.73	26.47	26.65
	MgO	wt%	4.51	4.40	4.39	4.39	4.46
	Na ₂ O	wt%	0.52	0.51	0.47	0.45	0.59
	K ₂ O	wt%	1.72	1.52	1.58	1.75	1.62
	MnO	wt%	9.09	8.68	8.74	9.42	8.89

물성	섬유 직경	μm	4.19	4.20	3.95	4.28	4.82
	입자함유율(500 μm)	%	0.81	0.74	0.77	0.47	0.64
	밀도	kg/m^3	96.12	98.27	97.47	94.35	95.77
	열간수축온도	$^{\circ}\text{C}$	767	759	754	772	778
	열전도율(@20 $^{\circ}\text{C}$)	$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$	0.033	0.032	0.033	0.032	0.032
	압축강도	kPa	12.96	13.08	16.12	13.37	14.68

표 2

구분		단위	비교예				
			1	2	3	4	5
화학 조성	SiO ₂	wt%	39.98	40.89	40.79	40.93	40.13
	Al ₂ O ₃	wt%	15.54	15.27	15.24	14.88	14.94
	Fe ₂ O ₃	wt%	0.83	0.41	0.41	0.43	0.48
	CaO	wt%	36.03	36.51	36.60	37.72	38.74
	MgO	wt%	5.29	5.71	6.07	4.92	5.14
	Na ₂ O	wt%	0.29	0.41	0.34	0.53	0.47
	K ₂ O	wt%	0.53	0.60	0.38	0.43	0.55
	MnO	wt%	0.30	0.41	0.27	0.45	0.42
물성	섬유 직경	μm	5.41	5.19	5.46	4.73	5.04
	입자함유율(500 μm)	%	1.31	0.94	1.54	1.23	1.46
	밀도	kg/m^3	97.84	96.23	97.14	94.99	96.56
	열간수축온도	$^{\circ}\text{C}$	690	702	707	696	693
	열전도율(@ 20 $^{\circ}\text{C}$)	$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$	0.033	0.033	0.034	0.034	0.033
	압축강도	kPa	6.03	6.41	5.82	5.45	5.65

[0110] 상기 표 1 및 2에 나타내어진 실시예 및 비교예에 따른 무기 단열재의 특성을 비교하면, 실시예 1내지 5의 무기 단열재는 비교예 1 내지 5의 무기 단열재에 비하여 높은 열간수축온도, 낮은 열전도율 그리고 현저하게 높은 압축 강도를 나타내었다. 이는 열적 저항성이 우수한 MnO 성분의 함량을 증가시킴으로써 실시예의 무기 단열재의 내화성능이 비교예의 무기 단열재 대비 향상됨을 확인할 수 있다. 용융 원료를 섬유화하는 회전체를 기존 대비 고속으로 운전할 수 있는 고속 스피너를 도입함으로써 무기 섬유의 직경을 특정 범위로 작게 제조할 수 있었기 때문에 무기 단열재의 단열성능이 개선됨을 확인할 수 있다. 또한 무기 섬유의 배열을 물결형으로 변환함으로써, 실시예 1 내지 5의 무기 단열재의 물성이 비교예 1 내지 5의 무기 단열재 대비 개선되었음을 확인할 수 있다. 이로써 무기 단열재의 적용 범위를 높은 내열성, 단열성, 강도를 필요로 하는 외벽단열 등으로 확대할 수 있다.

[0112] 상기 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

- [0114] 1: 전기로 내부 2: 전기로 내화물
3: 받침대 4: 샘플
5: 열전대 11: 시료

- 12: 가열 용기 13: 하중판
 14: 측정봉 15: 가열로
 16: 시료대 17: 보온벽
 18: 가열로 뚜껑 19: 열전대
 20: 발열체 21: 눈금

도면

도면1

