



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월19일
(11) 등록번호 10-2638432
(24) 등록일자 2024년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B09B 3/38 (2022.01) B09B 101/00 (2022.01)
C04B 22/06 (2006.01) C04B 24/26 (2006.01)
C04B 7/24 (2006.01) C04B 103/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B09B 3/38 (2022.01)
C04B 22/062 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0037702
(22) 출원일자 2023년03월23일
심사청구일자 2023년03월23일
(56) 선행기술조사문헌
W01992019568 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
표석훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
바시스타 프라밋
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
김민규

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 오정우

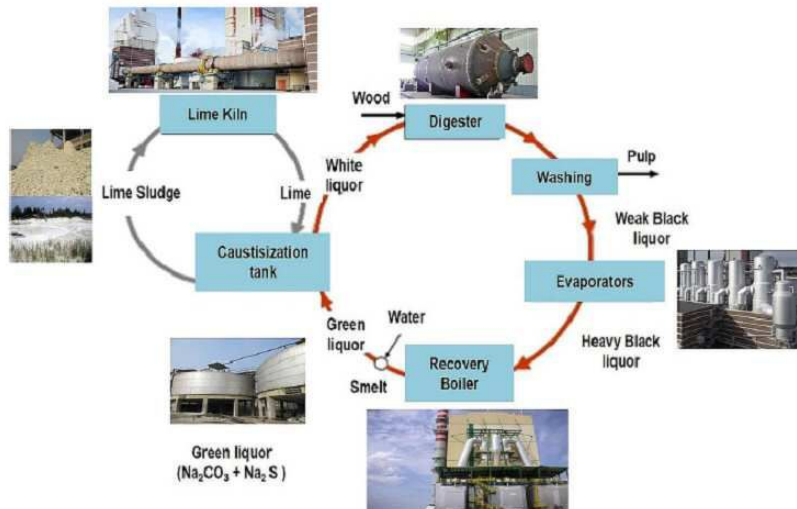
(54) 발명의 명칭 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법, 이를 통해 제조된 활성화된 라임 머드, 무시멘트 바인더 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 무시멘트 바인더

(57) 요약

본 발명은 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법, 이를 통해 제조된 활성화된 라임 머드, 무시멘트 바인더 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 무시멘트 바인더에 관한 것이다.

이러한 본 발명은, 제지공정에서 발생된 부산물인 라임 머드(Lime mud)의 활성화 방법으로서, 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10); 및 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20);를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C04B 24/2647 (2013.01)

C04B 7/24 (2013.01)

B09B 2101/00 (2022.01)

C04B 2103/302 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711165764

과제번호 2021H1D3A2A02041471

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 해외고급과학자초빙(BRAIN POOL)사업

연구과제명 폐콘크리트 미분말과 산업부산물의 업사이클을 통한 탄소중립형 고성능 콘크리트 개

발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 울산과학기술원

연구기간 2022.08.16 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711193962

과제번호 RS-2023-00212366

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 한우물파기 기초연구

연구과제명 산업부산물 활용 무시멘트 메타콘크리트 및 구조체 적용 기술 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 울산과학기술원

연구기간 2023.03.01 ~ 2033.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

제지공정에서 발생된 부산물인 라임 머드(Lime mud)의 활성화 방법으로서,
 라임 머드를 70~90℃에서 20~30 시간 동안 유지하는 건조 단계(S5);
 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10); 및
 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20);
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 염기성 용액은 수산화나트륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
 상기 염기성 용액은 1 ~ 3 몰농도(M)의 수산화나트륨 수용액인 것을 특징으로 하는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,
 상기 혼합 단계(S10)는,
 상기 수산화나트륨 수용액 15 ~ 55 중량%에 상기 라임 머드 45 ~ 85 중량%를 투입하여 교반하는 단계인 것을 특징으로 하는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서,
 상기 열처리 단계(S20)에서 제조된 활성화된 라임 머드와 직경이 5~30mm인 강구의 질량비가 1:4.5~5.5가 되도록 상기 강구가 수용되는 용기에 상기 활성화된 라임 머드를 투입하는 단계(S31), 및 상기 용기를 10~20분 동안 회전시키는 단계(S32)를 포함하는 분쇄 단계(S30);
 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법.

청구항 7

청구항 1에 기재된 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법에 의해 제조된 활성화된 라임 머드.

청구항 8

염기성 용액에 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10) 및 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20)를 포함하는 활성화 단계(S100); 및
 상기 활성화 단계(S100)에서 제조된 활성화된 라임 머드와 고로슬래그 분말을 혼합하는 배합 단계(S200);를 포

함하고,

상기 배합 단계(S200)는,

상기 활성화된 라임 머드, 상기 고로슬래그 분말 및 실리카흙을 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더 제조 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 배합 단계(S200)는,

상기 활성화된 라임 머드 20 ~ 60 중량%, 상기 고로슬래그 분말 30 ~ 70 중량%, 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더 제조 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 배합 단계(S200)는,

상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 ~ 65 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더 제조 방법.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 배합 단계(S200)는, 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더 제조 방법.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 배합 단계(S200)는,

폴리카복실레이트(polycarboxylates)를 포함하는 감수제, 상기 활성화 단계(S100)에서 제조된 활성화된 라임 머드, 및 고로슬래그 분말을 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더 제조 방법.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 배합 단계(S200)는,

상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%, 및 폴리카복실레이트를 포함하는 감수제 0.5 ~ 1 중량%를 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더 제조 방법.

청구항 15

염기성 용액에 라임 머드를 투입하고 교반하여 혼합물을 형성하고, 상기 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리를 걸쳐 활성화하며, 상기에서 활성화된 라임 머드와 고로슬래그 분말을 혼합하여 배합하되,

상기 배합시 상기 활성화된 라임 머드, 상기 고로슬래그 분말 및 실리카흙을 혼합하는 것을 포함하는 무시멘트 바인더.

청구항 16

삭제

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 활성화된 라임 머드 20 ~ 60 중량%, 상기 고로슬래그 분말 30 ~ 70 중량%, 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 내지 65 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더.

청구항 19

청구항 17에 있어서,

상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더.

청구항 20

청구항 15에 있어서,

폴리카복실레이트(polycarboxylates)를 포함하는 감수제를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더.

청구항 21

청구항 19에 있어서,

상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%, 및 폴리카복실레이트를 포함하는 감수제 0.5 ~ 1 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 무시멘트 바인더.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법, 이를 통해 제조된 활성화된 라임 머드, 무시멘트 바인더 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 무시멘트 바인더에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 펄프 및 제지 산업은 생산 공정에서 발생하는 다양한 유형의 고형 폐기물의 원인이다. 전 세계적으로 발생하는 펄프 및 제지 산업 폐기물은 연간 100만 미터톤 이상이다.

[0003] 라임 머드(Lime mud, LM, 라임 슬러지, 석회 머드, 석회 슬러지)는 제지산업의 회수구간에서 발생하는 부산물의 일종으로 펄프 1톤 생산 시 0.5톤의 LM이 생성되는 것으로 추정된다.

[0004] 전통적으로 석회는 석회 가마를 통해 제지 공장의 LM에서 회수되며 이를 석회 회수 공정이라고 한다. LM 생성 프로세스는 도 1에 도시되어 있다.

[0005] 제지 공정에서 생성되는 부산물인 라임 머드는 재활용하기 위한 노력이 이루어지고 있다(등록특허 제10-1903564 호(이하 종래기술 1) 참조).

[0006] 그러나 석회 회수는 고에너지 공정이 필요(석회 1530~1830kcal/kg)하며, LM의 높은 실리카 함량은 석회 가마에서 스케일링을 유발하여 에너지 소비를 증가시킨다. 따라서 석회 회수 공정은 에너지 비용을 높이고 이산화탄소 배출량을 증가시킨다.

[0007] LM은 효율적인 재처리 방법이 없기 때문에 제지 업체에서는 일반적으로 LM을 아무런 처리 없이 땅에 묻어 폐기

하거나 재활용을 하기 위해 950℃ 이상의 고온에서 열소성 과정을 거쳐야 하므로 많은 비용이 발생된다.

- [0008] 건설 재료에서 LM의 지속 가능한 활용은 환경 친화적이고 재정적 이익을 제공한다. 건설 재료 생산에 LM을 활용하는 것은 LM 관리와 관련된 문제를 해결하는 한 가지 방법이다.
- [0009] 일부 연구에 따르면 LM은 고온으로 가열하는 소결 공정을 통해 클링커 제조의 원료로 활용할 수 있다 (Buruberri, L.H., M. Seabra, and J. Labrincha, Preparation of clinker from paper pulp industry 538 wastes. Journal of Hazardous Materials, 2015. 286: p. 252-260.(이하 종래기술 2) 참조). 종래 연구에서는 다양한 출처의 폐기물에 LM을 적용하고 LM, 비산재 및 생물학적 진흙과 함께 사용하여 바인더를 준비했다. 상기 종래기술 2에서는 내구성과 기계적 강도가 만족스러운 시멘트 클링커를 제조하기 위해 LM을 1350℃에서 소결하였다.
- [0010] 다른 폐기물과 함께 LM을 활용하는 또 다른 연구(Simanco, L., et al., Waste-containing clinkers: Valorization of alternative mineral sources from pulp and paper mills. Process Safety and Environmental Protection, 2017. 109: p. 106-116. 참조)는 에코 클링커 제조를 위해 LM, 폐수 처리 진흙 및 석탄 바이오매스 재의 다른 비율이 준비되었다. 69% LM, 29% 바이오매스 회분 및 2% 폐수 공정 진흙으로 준비된 혼합물의 경우 주요 시멘트질 상은 1450° C에서 달성되었다.
- [0011] 제작된 시멘트질 결합체의 건축 자재로서의 잠재력은 X-선 회절 및 Rietveld 분석으로 확인되었다.
- [0012] Vashistha et al. 연구(Vashistha, P., et al., Synthesis of nanosilica from fly ash and its utilization with lime sludge in concrete: an environmentally friendly and sustainable solution. Clean Technologies & Environmental Policy, 2019. 21(9). 참조)에서는 950 ° C에서 벨라이트 기반 바인더 제조에 LM 및 나노실리카를 사용했다. 그들의 연구에서 제작된 벨라이트 기반 바인더로 준비된 모르타르는 기존 시멘트 기반 바인더와 비슷한 강도를 나타냄을 발견했다.
- [0013] 그러나 LM을 활용하기 위한 이 모든 종래기술들은 그것을 활용하기 위해 고온에서 가열하는 공정이 필요하여 많은 양의 이산화탄소를 배출하여 환경 친화적이지 않다는 문제점 등이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 고온에서 가열하는 공정 등이 필요하지 않아 환경 친화적으로 제지공정에서 발생되는 산업 부산물을 재활용할 수 있는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법, 이를 통해 제조된 활성화된 라임 머드, 무시멘트 바인더 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 무시멘트 바인더의 제공을 목적으로 한다.
- [0015] 또한 본 발명은 환경오염을 야기하는 종래의 시멘트를 대체할 수 있는 무시멘트 바인더를 제조할 수 있는 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법, 이를 통해 제조된 활성화된 라임 머드, 무시멘트 바인더 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 무시멘트 바인더의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 상기 과제의 해결을 목적으로 하는 본 발명은 다음의 구성 및 특징을 갖는다.
- [0017] 제지공정에서 발생된 부산물인 라임 머드(Lime mud)의 활성화 방법으로서, 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10); 및 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20);를 포함한다.
- [0018] 또한 상기 염기성 용액은 수산화나트륨을 포함할 수 있다.
- [0019] 또한 상기 염기성 용액은 1 ~ 3 몰농도(M)의 수산화나트륨 수용액일 수 있다.
- [0020] 또한 상기 혼합 단계(S10)는, 상기 수산화나트륨 수용액 15 ~ 55 중량%에 상기 라임 머드 45 ~ 85 중량%를 투입하여 교반하는 단계일 수 있다.
- [0021] 또한 상기한 혼합 단계(S10) 이전에, 상기 라임 머드를 70~90℃에서 20~30 시간 동안 유지하는 건조 단계(S5);를 더 포함할 수 있다.

- [0022] 또한 상기 열처리 단계(S20)에서 제조된 활성화된 라임 머드와 직경이 5~30mm인 강구의 질량비가 1:4.5~5.5가 되도록 상기 강구가 수용되고 직경 200~220mm이고 부피가 4500~5500ml인 용기에 상기 활성화된 라임 머드를 투입하는 단계(S31), 및 상기 용기를 10~20분 동안 회전시키는 단계(S32)를 포함하는 분쇄 단계(S30);를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법에 의해 제조된 활성화된 라임 머드를 포함한다.
- [0024] 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10) 및 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20)를 포함하는 활성화 단계(S100); 및 상기 활성화 단계(S100)에서 제조된 활성화된 라임 머드와 고로슬래그 분말을 혼합하는 배합 단계(S200);를 포함한다.
- [0025] 또한 상기 배합 단계(S200)는, 상기 활성화된 라임 머드, 상기 고로슬래그 분말 및 실리카흙을 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0026] 또한 상기 배합 단계(S200)는, 상기 활성화된 라임 머드 20 ~ 60 중량%, 상기 고로슬래그 분말 30 ~ 70 중량%, 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0027] 또한 상기 배합 단계(S200)는, 상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 ~ 65 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0028] 또한 상기 배합 단계(S200)는, 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0029] 또한 상기 배합 단계(S200)는, 폴리카복실레이트(polycarboxylates)를 포함하는 감수제, 상기 활성화 단계(S100)에서 제조된 활성화된 라임 머드, 및 고로슬래그 분말을 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0030] 또한 상기 배합 단계(S200)는, 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%, 및 폴리카복실레이트를 포함하는 감수제 0.5 ~ 1 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0031] 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10) 및 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20)를 포함하는 활성화 단계(S100)에 의해 제조된 활성화된 라임 머드, 및 고로슬래그 분말을 포함하는 무시멘트 바인더를 포함한다.
- [0032] 또한 실리카흙을 더 포함할 수 있다.
- [0033] 또한 상기 활성화된 라임 머드 20 ~ 60 중량%, 상기 고로슬래그 분말 30 ~ 70 중량%, 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함할 수 있다.
- [0034] 또한 상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 내지 65 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함할 수 있다.
- [0035] 또한 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함할 수 있다.
- [0036] 또한 폴리카복실레이트(polycarboxylates)를 포함하는 감수제를 더 포함할 수 있다.
- [0037] 또한 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%, 및 폴리카복실레이트를 포함하는 감수제 0.5 ~ 1 중량%를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0038] 상기 구성 및 특징을 갖는 본 발명은 고온에서 가열하는 공정 등이 필요하지 않아 환경 친화적으로 제지공정에서 발생하는 산업 부산물을 재활용할 수 있다는 효과를 갖는다.
- [0039] 또한 본 발명은 환경오염을 야기하는 종래의 시멘트를 대체할 수 있는 무시멘트 바인더를 제조할 수 있는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1은 제지 산업에서 라임 머드의 생성 프로세스를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

도 3은 LM 및 활성화된 라임 머드(AcLM)의 XRD(X-ray diffraction)를 나타낸 것이다.

도 4는 LM과 활성화된 라임 머드의 TGA와 FTIR을 나타낸 것이다.

도 5은 본 발명의 일 실시예에 따른 무시멘트 바인더 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

도 6은 실시예들과 비교예들의 압축강도를 나타낸 것이다.

도 7은 무시멘트 바인더 기반 경화 페이스트 생산을 위한 시스템 경계의 포커스를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 다양한 바인더 혼합물의 기후 변화 지표 흐름도이다((a) OPC 및 (b) AcLM50))

도 9는 AcLM50 바인더의 영향 평가를 설명하기 위한 그래프이다.

도 10은 OPC와 바인더 AcLM50의 환경 영향 평가를 비교하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 구현예(態樣, aspect)(또는 실시예)들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0042] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예(태양, 態樣, aspect)(또는 실시예)를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, ~포함하다~ 또는 ~이루어진다~ 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0043] 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 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0044] 본 명세서에서 기재한 ~제1~, ~제2~ 등은 서로 다른 구성 요소들임을 구분하기 위해서 지칭할 것일 뿐, 제조된 순서에 구애받지 않는 것이며, 발명의 상세한 설명과 청구범위에서 그 명칭이 일치하지 않을 수 있다.
- [0045] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0046] 도 1은 제지 산업에서 라임 머드의 생성 프로세스를 설명하기 위한 도면이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법은, 도 1과 같이 제지공정(제지 산업)에서 발생된 라임 머드(Lime Mud, 석회 머드, 석회 진흙, LM, 라임 슬러지, 석회 슬러지)를 재활용하기 위하여 활성화하기 위한 방법으로서, 이하에서는 설명의 편의상 '본 활성화 방법'이라 칭하기로 한다.
- [0048] 아래 표 1 LM, GGBFS 및 실리카흙(Silica Fume)의 XRF 실험 결과표로서, 산화물의 중량%를 나타낸 것이다.
- [0049] 아래 표 1을 참조하면, 라임 머드(LM)의 CaO의 비율은 90.43%로 상당히 시멘트질 재료로 LM의 활용 가능성이 높음을 확인할 수 있다. 또한 Na₂O는 존재하는 두 번째 주요 산화물인데 이는 LM의 알칼리 활성화를 향상시킬 수 있기 때문이다. 또한 라임 머드에는 미량의 산화물 SiO₂, MgO, Al₂O₃, K₂O 및 SO₃만 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다.

[0050] [표 1]

Raw materials	Oxide content (% weight)									
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Others
LM	0.45	0.79	90.43	0.89	1.4	1.33	-	2.46	0.11	2.14
GGBFS	13.40	33.14	46.22	0.43	3.09	1.93	0.27	0.20	0.47	1.32
Silica Fume	0.06	97.3	0.09	0.19	0.42	0.9	-	-	-	1.04

[0051]

[0052] 도 2를 참조하면, 본 활성화 방법(본 발명의 일 실시예에 따른 제지공정에서 발생된 부산물의 활성화 방법)은 혼합 단계(S10) 및 열처리 단계(S20)를 포함한다.

[0053] 혼합 단계(S10)는 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 단계이다.

[0054] 먼저 본 활성화 방법은 혼합 단계(S10) 이전에 수행되고, 상기 라임 머드를 70~90℃에서 20~30 시간 동안 유지하는 건조 단계(S5)를 포함할 수 있다.

[0055] 상기 건조 단계(S5)는 예시적으로 오븐에서 수행되는 것이 바람직한데, 상기한 제지공정에서 공급되는 라임 머드는 수분 함량이 높아 입자가 뭉쳐져 있어, 이러한 경우 후술하는 혼합 단계(S10)에서 후술하는 염기성 용액에 용해되기가 어려운 문제점이 있다.

[0056] 상기한 건조 단계(S5)는 제지 공정에서 공급되는 라임 머드를 70~90℃에서 20~30시간 동안 유지하고 교반하는 등의 과정을 통해 덩어리를 제거 하여 덩어리가 풀어지도록 할 수 있다.

[0057] 상기한 혼합 단계(S10)에서 상기 염기성 용액은 수산화나트륨을 포함할 수 있다. Si 및 Al 기반 재료의 경우, 다양한 종류의 알칼리 활성화제 사용이 알루미늄 실리케이트 반응을 촉진시키는 것으로 보고되었다.

[0058] 그러나 라임 머드의 활성화 주된 목적은 탄산칼슘을 용해하는 것이므로 수산화나트륨이 Na₂CO₃(탄산나트륨) 및 Na₂CO₃/NaOH(탄산나트륨 수산화나트륨 혼합물) 등보다 가장 적합하고 지속 가능한 알칼리이기 때문에 라임 머드의 활성화를 위해 수산화 나트륨을 포함하는 염기성 용액에 라임 머드를 투입하는 것이 바람직하다.

[0059] 여기서 염기성 용액은 1 ~ 3 몰농도(M)의 수산화나트륨 수용액일 수 있다. 상기한 수산화나트륨 수용액에서 수산화나트륨의 농도가 1 몰농도(M) 미만일 경우 라임 머드의 탄산 칼슘 상을 용해하는데 효과적이지 못하다.

[0060] 또한 수산화나트륨 수용액에서 수산화나트륨의 농도가 3M을 초과하는 경우, 후술하는 Portlandite가 과도하게 형성되어 팽창을 초래할 수 있어 탄산칼슘 상의 과용해를 피하기 위해 바람직하지 않다. 또한 비용이 많이 들며 환경 친화적이지 않은 문제점 등이 있다.

[0061] 상기한 혼합 단계(S10)는 보다 구체적으로 상기 수산화나트륨 수용액 10 ~ 55 중량%에 라임 머드 45 ~ 85 중량%를 투입하여 교반하는 단계일 수 있다.

[0062] 상기한 수산화나트륨 수용액과 라임 머드의 교반은 예시적으로 믹서에 의해 수행될 수 있다.

[0063] 혼합 단계(S10)에서 상기한 수산화나트륨 수용액이 10 중량%를 미만일 경우 알칼리의 부적절한 분산과 함께 LM의 충분한 활성화를 기대하기 어렵다. 상기한 수산화나트륨 수용액이 55 중량%를 초과하는 경우 매트릭스 내의 미반응 나트륨이 대기 중의 CO₂와 쉽게 반응하여 모체 수산화물보다 더 큰 부피를 갖는 탄산염을 형성할 수 있으며, 때때로 굳은 페이스트의 손상을 초래하는 내부 응력을 생성할 수 있다.

[0064] 상기한 혼합 단계(S10)에서 수산화나트륨 수용액과 라임 머드는 믹서에 의해 교반될 수 있다고 하였는데, 약 3~7분 동안 교반이 수행될 수 있으며, 이를 통해 LM의 방해석 상과 수산화나트륨 수용액 간의 반응을 위한 균일한 혼합을 제공할 수 있다.

[0065] 도 2를 참조하면, 열처리 단계(S20)는 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99℃(이하 열처리 온도)에서 40~100시간(이하 열처리 시간) 동안 유지하는 단계이다. 상기한 열처리 단계(S20)에서 수산화나트륨 수용액과 라임 머드의 방해석 상이 충분한 반응이 이루어질 수 있다.

[0066] 열처리 단계(S20)에서 상기 열처리 온도가 60℃ 미만일 경우 방해석 상과 수산화나트륨 수용액의 반응을 충분히 이끌어내기 어려우며 99℃를 초과하는 경우 수산화나트륨수용액의 물이 증발될 우려가 있어 균질성이 저하될 수 있다.

- [0067] 열처리 시간이 40시간 미만일 경우 방해석 상과 수산화나트륨 수용액의 반응을 충분히 이끌어내기 어려우며, 100시간을 초과하는 경우 에너지 소모가 지나치게 증대되어 환경 친화적이지 못하다.
- [0068] 도 3은 LM 및 활성화된 라임 머드(AcLM)의 XRD(X-ray diffraction)를 나타낸 것이다. 도 4는 LM과 활성화된 라임 머드의 TGA와 FTIR을 나타낸 것이다.
- [0069] 라임 머드는 열처리 단계(S20) 이후의 활성화된 라임 머드로 제조되는데, 이는 도 3 및 도 4 등을 통해 확인할 수 있다.
- [0070] 도 3에서 LM은 본 방법을 거치지 않은 제지 공정에서 발생하는 라임 머드를 의미하고, 활성화된 라임 머드(AcLM)은 상기 라임 머드가 본 방법을 통해 제조된 것이다. XRD 실험은 Bruker D8 고급 기기 모델을 사용하여 위상 분석을 수행했다. 25° C의 실온에서 3° /min의 스캐닝 속도를 유지했다. 통합 X선 분말 회절 소프트웨어(PDXL) 버전 2를 사용하여 결정상을 확인했다.
- [0071] 도 3을 참조하면, LM의 XRD 스펙트럼은 Calcite(방해석, CaCO_3) 만이 검출됨을 확인할 수 있다.
- [0072] 그러나 AcLM의 XRD 스펙트럼은 방해석 피크가 감소된 반면 포틀랜드석(Portlandite), 피어소나이트(Pirssonite), 데르모나트라이트(Thermonatrite)가 검출 됨을 확인할 수 있다.
- [0073] 이를 통해 본 방법에서 LM은 염기성 용액에 용해되어 활성화 됨을 확인할 수 있다.
- [0074] 또한 도 4를 참조하면, LM 및 AcLM 각각을 20 ° C에서 1000 ° C(TGA SII Seiko Instrument EXSTAR, USA)까지 10 ° C/min의 가열 속도로 질소 분위기에서 0.1g의 감도의 저울로 열중량 분석(TGA)을 수행하였다. 0.02%의 정확도를 가지며, 실험 내내 퍼지 가스 유속은 약 200mL/분으로 유지되었다.
- [0075] 도 4의 (a)를 참조하면, LM의 TGA 곡선은 최대 600° C까지 5%의 초기 질량 손실을 나타내며, 이는 수분 및 휘발성 성분의 제거에 기인한다. 600~750° C 사이에서 갑작스러운 질량 손실이 발생하는데, 이는 방해석(CaCO_3)이 산화칼슘으로 분해되는 반응의 특징이다. 이는 약 36%의 상당한 질량 손실을 반영한다. TGA에서 입고된 LM의 총 질량 손실률은 41.02%이다. 그러나 AcLM의 총 질량 손실은 32.64%로 감소했으며, 600° C에서 800° C까지 거의 17%의 질량 손실이 발생했다. AcLM의 TGA는 방해석의 약 절반이 알칼리 활성화 동안 용해되었음을 나타낸다.
- [0076] 도 4의 (b)를 참조하면, 받은 그대로의 LM 및 AcLM도 FTIR(푸리에 변환 적외선 분광법)로 분석했다. FTIR은 Omnic 버전 9(Nicolet 6700 Fourier Transform Infrared 시스템) 장비가 사용되었다.
- [0077] 도 4의 (b)를 참조하면, 714 cm^{-1} 및 3642 cm^{-1} 의 밴드는 LM의 알칼리 활성화 후 포틀랜드이트의 O-H 결합에 기인한다. 두 밴드의 강도는 수신된 LM의 경우 매우 낮은 반면 AcLM의 경우 흡광도 강도가 비교적 높다. 이는 알칼리성 환경에서 LM에 탄산칼슘이 용해되고 탄산칼슘 분해의 결과로 포틀랜드이트가 발달하기 때문이다. 1388 cm^{-1} 및 873 cm^{-1} 의 밴드는 C-O의 스트레칭 진동에 해당하며 알칼리 활성화 후 통합된 탄산염 14 그룹의 존재를 확인한다. 276 1388 cm^{-1} 밴드는 thermonatrite의 특징이다. AcLM에서 새로운 탄산염의 개발도 광물학적 분석과 일치한다.
- [0078] 즉, 본 방법에 의해 제조되는 활성화된 라임 머드는 포졸란 재료들과 반응할 수 있는 포틀랜드석(Portlandite), 피어소나이트(Pirssonite), 데르모나트라이트(Thermonatrite), 방해석이 존재함을 확인할 수 있다.
- [0079] 도 2를 참조하면, 본 방법은 활성화된 라임 머드와 직경이 5~30mm인 강구의 질량비가 1:4.5~5.5가 되도록 상기 강구가 수용되고 직경 200~220mm이고 부피가 4500~5500ml인 용기에 상기 활성화된 라임 머드를 투입하는 단계(S31) 및 상기 용기를 10~20분 동안 회전시키는 단계(S32)를 포함하는 분쇄 단계(S30)를 포함할 수 있다.
- [0080] 상기 분쇄 단계(S30)에서 활성화된 라임 머드를 미세하게 분쇄하여 표면적을 향상시킴으로써 반응성을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0081] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 활성화된 라임 머드(이하 '본 라임 머드'라 함)에 대해 설명한다. 본 라임 머드는 상술한 본 활성화 방법에 의해 제조되는 것으로서, 상술한 본 활성화 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하므로, 앞서 살핀 구성과 동일하거나 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.
- [0082] 본 라임 머드는 염기성 용액에 상기 라임 머드를 투입하고 교반하는 혼합 단계(S10); 및 상기 혼합 단계(S10)에서 제조된 혼합물을 60~99°C에서 40~100시간 동안 유지하는 열처리 단계(S20);에 의해 제조된 것이다.
- [0083] 도 5은 본 발명의 일 실시예에 따른 무시멘트 바인더 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

- [0084] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 무시멘트 바인더 제조 방법(이하 '본 방법'이라 함)에 대해 설명한다. 본 방법은 상술한 본 활성화 방법을 포함하고 무시멘트 바인더를 제조하는 것으로서, 상술한 본 활성화 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하므로, 앞서 살핀 구성과 동일하거나 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.
- [0085] 도 5를 참조하면, 본 방법은 활성화 단계(S100) 및 배합 단계(S200)를 포함한다.
- [0086] 상기한 활성화 단계(S100)는 상술한 본 활성화 방법과 상응하는 것으로, 활성화 단계(S100)의 설명은 상술한 본 활성화 방법의 설명으로 대체하기로 한다.
- [0087] 배합 단계(S200)는 활성화된 라임 머드와 고로슬래그 분말(GGBFS)을 혼합하는 단계이다. GGBFS의 성분은 위 표 1에서 확인할 수 있다.
- [0088] 한편, 배합 단계(S200)는 상기 활성화된 라임 머드, 상기 고로슬래그 분말 및 실리카흙을 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0089] 고로슬래그 분말(GGBFS)과 실리카흙은 무시멘트 바인더 개발에 필수적인 반응성 실리카, 알루미늄, 칼슘을 가지고 있다(위 표 1 참조).
- [0090] 또한 석회석의 알칼리 활성화는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 생성하는데, 이는 CO_2 와 쉽게 탄산화 되어 탄산염을 형성한다. 알칼리 활성화 석회석을 바인더로 사용하면 탄산화로 인해 더 많은 탄산염이 형성된다.
- [0091] 탄산염은 초기 수산화물보다 더 많은 공간을 차지하여 본 방법에 의해 제조되는 무시멘트 바인더의 팽창을 야기할 수 있다.
- [0092] 실리카흙은 LM의 알칼리 활성화 과정에서 실리카 공급원으로서 역할을 수행하여 LM의 탄산화를 최소화 할 수 있다.
- [0093] 또한 도 6은 실시예들과 비교예들의 압축강도를 나타낸 것이다.
- [0094] 배합 단계(S200)는 상기 활성화된 라임 머드 20 ~ 60 중량%, 상기 고로슬래그 분말 30 ~ 70 중량%, 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0095] 아래 표 2는 실시예들(아래 표 2에서 AcLM30, AcLM40, AcLM50)과 비교예들(아래 표 2에서 LM30, LM40, LM50)의 조성비를 나타낸 것이다.
- [0096] [표 2]
- | Sample designation | Mix design | | | | | |
|--------------------|------------|-----------|----------|--------|------|--------|
| | LM (%) | GGBFS (%) | AcLM (%) | SF (%) | W/S | SP (%) |
| LM30 | 30 | 60 | — | 10 | 0.45 | 0.5 |
| LM40 | 40 | 50 | — | 10 | 0.45 | 0.5 |
| LM50 | 50 | 40 | — | 10 | 0.45 | 0.8 |
| AcLM30 | — | 60 | 30 | 10 | 0.45 | 0.5 |
| AcLM40 | — | 50 | 40 | 10 | 0.45 | 0.5 |
| AcLM50 | — | 40 | 50 | 10 | 0.45 | 0.8 |
- [0097]
- [0098] LM은 상술한 바와 같이 제조 공정에서 발생된 라임 머드를 의미하고, AcLM은 본 활성화 방법에서 활성화된 라임 머드를 의미하는 것이다.
- [0099] 압축강도는 모든 경화된 페이스트 샘플의 3개의 시편을 시험하였고, 3개의 시편 중 평균을 각 경화 시점의 압축강도로 취하였다. 만능 시험기(INSTRON, 500kN)를 0.5mm/min의 속도로 사용하여 샘플을 시험하여 도 6과 같은 결과를 얻었다.
- [0100] 위 표 1 및 도 6을 참조하면, 실시예들(무시멘트 바인더)은 비교예들과 비교하여 압축강도가 월등함을 확인할 수 있다. 또한 실시예들의 28일 압축강도는 30MPa여서 일반 포틀랜드 시멘트의 28일 압축강도(30~60MPa)와 크게 차이가 나지 않아 시멘트 대체재로서 활용이 가능함을 확인할 수 있다.
- [0101] 배합 단계(S200)는 상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 ~ 65 중량%, 및 실리카흙

8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

- [0102] 상기 배합 단계(S200)가 상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 ~ 65 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 경우 실시예 1(AcLM30) 제품을 생산할 수 있다.
- [0103] 상기한 실시예 1의 경우 실시예 2(AcLM40)과 비교하여 압축강도가 우수하여, 라임 머드의 사용을 최소화 하고도 비교적 우수한 무시멘트 바인더를 제조할 수 있다.
- [0104] 또한 실시예 1은 7일 압축 강도가 가장 우수한 것으로 확인되어 시공 현장에서의 작업성을 향상시킬 수 있다.
- [0105] 배합 단계(S200)는 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0106] 상기 배합 단계(S200)가 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 혼합하는 단계일 경우 상기 실시예 3(AcLM50) 제품을 생산할 수 있다.
- [0107] 상기한 실시예 3의 경우 28일 압축강도가 실시예 1 및 2와 비교하여 가장 우수하였다. 이는 LM에서 Ca²⁺를 용해하고, 이후에 대기 중 CO₂로 다시 탄산화 되고 매트릭스를 조밀하게 만들어 압축 강도를 향상시켰을 가능성과 SF(실리카흙)과 활성화된 Ca²⁺ 사이에 더 많은 수화 생성물을 형성하는 포졸란 반응이 원인인 것으로 파악된다.
- [0108] 상술한 바와 같이 실시예 3의 경우 압축강도가 가장 우수하여 포틀랜드 시멘트를 가장 효과적으로 대체할 수 있으며, 라임 머드의 사용량을 가장 크게 할 수 있어 폐기되는 라임 머드를 가장 많이 재활용할 수 있다는 이점이 있다.
- [0109] 상기한 활성화된 라임 머드가 52 중량%(보다 정확하게는 50 중량%)를 초과하는 경우 Free Lime의 존재로 인해 무시멘트 바인더가 양생된 구조물의 내부 균열이 발생될 수 있어 바람직하지 않다.
- [0110] 한편, 배합 단계(S200)는 폴리카복실레이트(polycarboxylates)를 포함하는 감수제, 상기 활성화 단계(S100)에서 제조된 활성화된 라임 머드, 및 고로슬래그 분말을 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0111] LM은 미세한 입자여서 높은 수분 흡수와 낮은 흐름성을 야기하였는데, 감수제를 통해 LM의 수분 흡수를 억제하여 흐름성을 향상시킬 수 있다.
- [0112] 보다 구체적으로는 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%, 및 폴리카복실레이트를 포함하는 감수제 0.5 ~ 1 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.
- [0113] 상기한 감수제가 0.5 중량% 미만일 경우 LM의 수분 흡수를 효과적으로 억제하지 못하며 1 중량%를 초과하는 경우 비용을 지나치게 향상시킬 수 있다.
- [0114] 본 방법에 의해 제조되는 무시멘트 바인더(후술하는 본 바인더)는 상술하였듯이 LM을 활성화하여 LM이 혼합된 비교예들과 비교하여 압축강도가 월등하며 포틀랜드 시멘트의 압축강도와 비교하여도 크게 차이가 나지 않아 포틀랜드 시멘트를 충분히 대체 가능성을 확인할 수 있었다.
- [0115] 또한 상술한 바와 같이, 열처리 공정들이 1000℃ 내외의 온도에서 수행되지 않고 모두 100℃ 온도 이하에서 수행되기 때문에 열처리를 위한 에너지 사용을 최소화 할 수 있어 환경 친화적으로 LM을 재활용할 수 있다는 이점이 있다.
- [0116] 도 7은 무시멘트 바인더 기반 경화 페이스트 생산을 위한 시스템 경계의 포커스를 설명하기 위한 도면이다.
- [0117] 이하에서는 본 방법에 의해 제조되는 무시멘트 바인더의 환경 영향을 보다 자세히 설명하기로 한다.
- [0118] 무시멘트 바인더의 환경 영향은 사용된 재료(GGBFS, SF, 고성능감수제, AcLM)와 생산 공정을 고려하여 결정되었다. 시멘트리스 바인더(무시멘트 바인더)의 환경적 영향을 분석하기 위해 SimaPro 9.3.0.3이 사용되었다. 평가는 Ecoinvent 3.0의 라이브러리 데이터를 적용하고 평가 방법 IMPACT World+ midpoint V1.01을 사용하여 수행되었다. 준비된 AcLM 기반 바인더와의 비교를 위해 OPC(일반 포틀랜드 시멘트, Ordinary Portland Cement) 생산 데이터(유형 1)를 분석했다. OPC 생산 프로세스의 크래들에서 게이트까지 데이터 세트에는 OPC 생산 중 공장의 업스트림 및 다운스트림의 모든 활동이 포함된다. 시멘트 제조를 위한 데이터 세트는 전 세계적으로 사용할 수 있도록 모델링되었다. AcLM 기반 결합제를 기반으로 하는 시스템 경계와 주요 초점이 도 7에 나와 있다. 시스템 경계는 AcLM 기반 결합제 페이스트 생산의 생산으로 제한되며 적용이나 영향이 아니다.
- [0119] 사용되는 재료 외에도 모든 생산 공정에는 필요한 에너지와 운송이 포함된다. 공정의 입력 및 출력은 아래 표 3

에 표시되어 있다. 실험 기간 동안 분쇄 및 오븐에서 사용된 전기 에너지를 기반으로 분쇄 및 열처리에 대한 입력 값을 계산했다. LM 활성화 및 전기 사용을 위한 한국 사례에서 사용되는 경화 페이스트의 준비. 전력 소비 데이터는 2018년부터 IEA World Energy Statistics and Balances OECD Library[28]에서 찾을 수 있다. 그리드 손실은 2018년 데이터(또한 IEA 세계 에너지 통계 및 균형)를 기반으로 한다. LM의 화학적 활성화는 폐기물 생성, 탄소 감소 또는 가스 배출 과정을 포함하지 않기 때문에 출력 데이터는 0으로 설정되었다. OPC 및 AcLM-236 기반 혼합물(AcLM50) 생산의 12가지 환경 영향을 비교하는 것이 LCA의 주요 목표이다.

[표 3]

	Process	Intake	Unit	Experimental/ calculated
Inputs	Ball milling	Electrical energy	kWh	50
	Heat treatment	Electrical energy	kWh	20
	Transport	Fuel	km	30
Outputs	0	-	-	-

무시멘트 바인더 생산에 AcLM을 사용하면 OPC가 시멘트 1톤을 생산할 때 863kg의 CO₂를 배출한다는 모든 지표에서 환경 영향이 크게 줄어든다. 무시멘트 바인더(AcLM50)에 50% AcLM을 적용하였을 때 CO₂ 배출량이 OPC 대비 95% 감소한 49.9 kg/t 으로 감소하였다.

시멘트 대신 석회석 및 소성 점토를 사용하고 탄소 배출량 감소를 계산하기 위해 IMPACT 2002 방법을 사용했다. OPC와 AcLM50이라는 두 가지 바인더 혼합물에 대한 순서도 결과는 도 8에 나와 있다. 순서도는 IMPACT World+ 중간점 V1.01 평가 접근 방식을 사용하는 AcLM 기반 AcLM50 바인더에 대한 탄소 배출 지표 모델링을 기반으로 작성되었다.

도 9는 AcLM50 바인더의 영향 평가를 설명하기 위한 그래프이다.

바인더 AcLM50 제조의 환경 영향 평가 결과는 도 9에 제시되어 있다. 도 9에 표시된 결과는 AcLM의 적용이 AcLM50 바인더의 주요 환경 기여자임을 시사한다. AcLM은 AcLM50에서 기후 변화 지표의 약 62%를 구성하는 반면 광물 자원 지표의 경우 AcLM은 AcLM50 바인더의 약 50%를 차지한다. AcLM은 78%를 기여하고 바인더 AcLM50의 오존층 파괴지표와 이온화방사선지표는 각각 82%로 LM활성화 과정에서 NaOH를 사용하고 열처리를 하였기 때문이다. SF 및 GGBFS는 1차 제품의 부산물로 서로 다른 산업 공정에서 발생하는 산업 부산물이다. 따라서 AcLM50 바인더 제조에서 두 재료의 환경적 영향은 최소화된다.

도 10은 OPC와 바인더 AcLM50의 환경 영향 평가를 비교하기 위한 그래프이다.

도 10을 참조하면, OPC와 바인더 AcLM50의 환경 영향 비교를 알 수 있다. IMPACT World+ midpoint V1.01 방법을 사용하여 AcLM을 채택하면 18개 지표의 환경 성능이 상당히 향상되는 것으로 나타났다. 바인더 AcLM50의 잠재적인 기후 변화 지표는 OPC에 비해 95% 감소한 것으로 나타났다. OPC에 비해 에너지 사용량이 19.7% 적기 때문에 에너지 활용 측면에서도 환경적 영향이 더 나은 바인더를 발굴했다. AcLM50은 소비 측면에서 OPC보다 39.8% 적은 광물 자원을 사용했다. 광화학적 산화, 오존층 파괴, 담수 독성, 인체 독성, 담수 산성화, 육상 산성화, 입자상 물질 형성, 이온화 방사선, 토지 이용, 물 부족과 같은 기타 환경 지표는 AcLM 적용 결과 개선되었다.

즉, 본 방법 재활용이 어려운 LM을 저온에서 활성화 하여 환경오염을 야기시키는 OPC를 대체할 수 있는 무시멘트 바인더를 제조할 수 있다는 이점이 있는 것이다.

이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 무시멘트 바인더(이하 '본 바인더'이라 함)에 대해 설명한다. 본 바인더는 상술한 본 방법에 의해 제조되는 바인더로서, 상술한 본 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하므로, 앞서 살핀 구성과 동일하거나 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.

본 바인더는 활성화된 라임 머드 및 고로슬래그 분말을 포함한다. 본 바인더는 실리카흙을 더 포함할 수 있다.

본 바인더는 상기 활성화된 라임 머드 20 ~ 60 중량%, 상기 고로슬래그 분말 30 ~ 70 중량%, 실리카흙 8 ~ 12

중량%를 포함할 수 있다.

[0132] 본 바인더는 상기 활성화된 라임 머드 25 ~ 35 중량%, 상기 고로슬래그 분말 55 내지 65 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함할 수 있다.

[0133] 본 바인더는 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%를 포함할 수 있다.

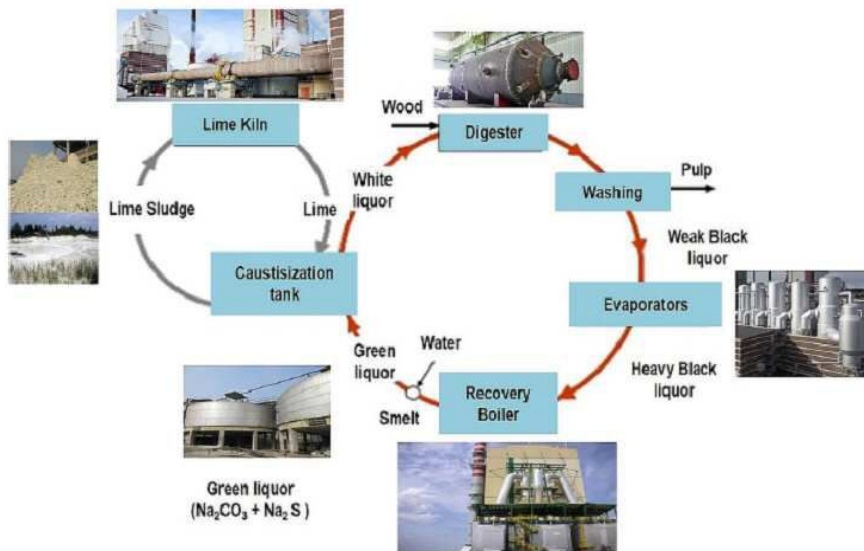
[0134] 본 바인더는 폴리카복실레이트(polycarboxylates)를 포함하는 감수제를 더 포함할 수 있다.

[0135] 본 바인더는 상기 활성화된 라임 머드 48 ~ 52 중량%, 상기 고로슬래그 분말 38 내지 42 중량%, 및 실리카흙 8 ~ 12 중량%, 및 폴리카복실레이트를 포함하는 감수제 0.5 ~ 1 중량%를 포함할 수 있다.

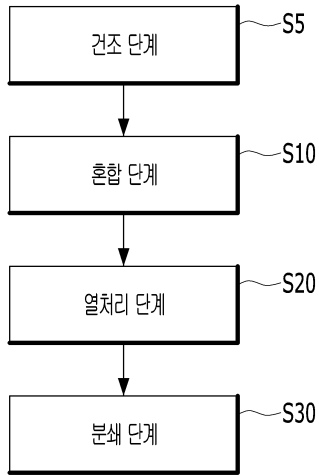
[0136] 이상에서 첨부된 도면을 참조하여 설명한 본 발명은 통상의 기술자에 의하여 다양한 변형 및 변경이 가능하고, 이러한 변형 및 변경은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

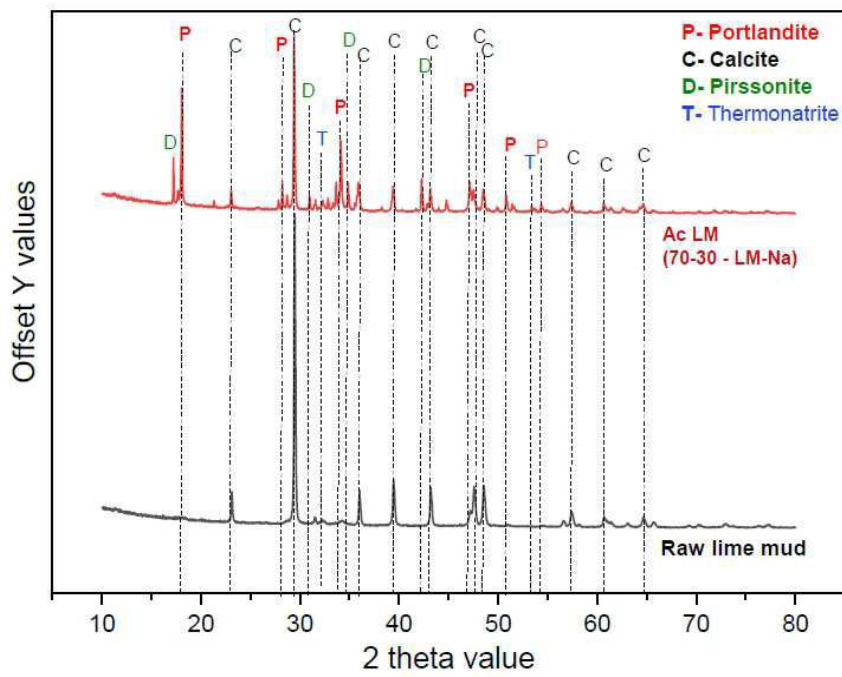
도면1



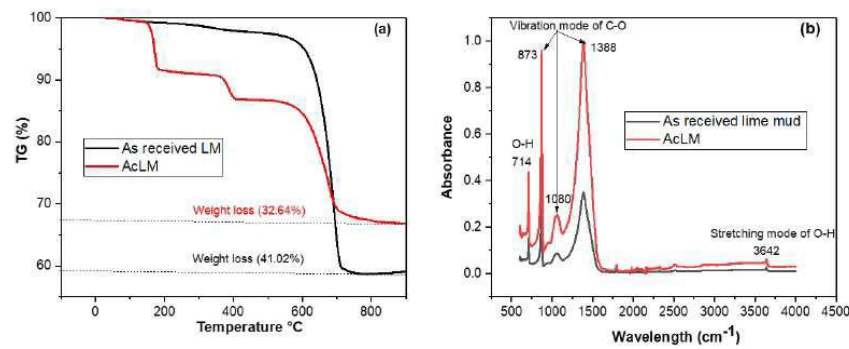
도면2



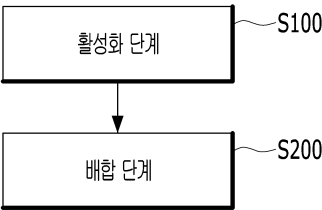
도면3



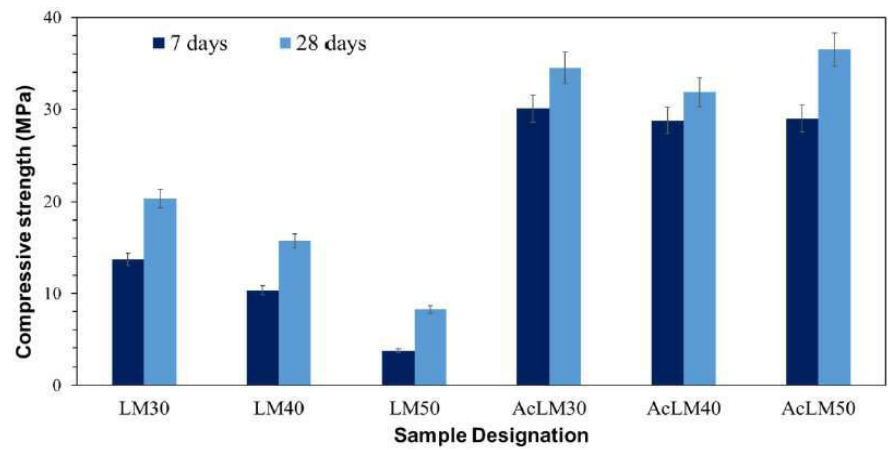
도면4



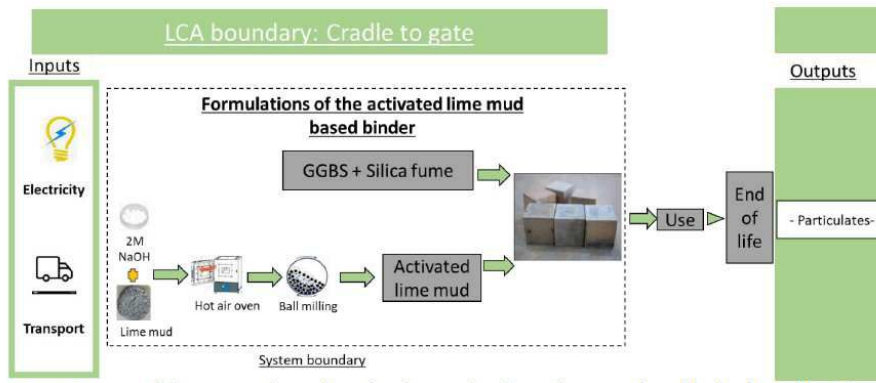
도면5



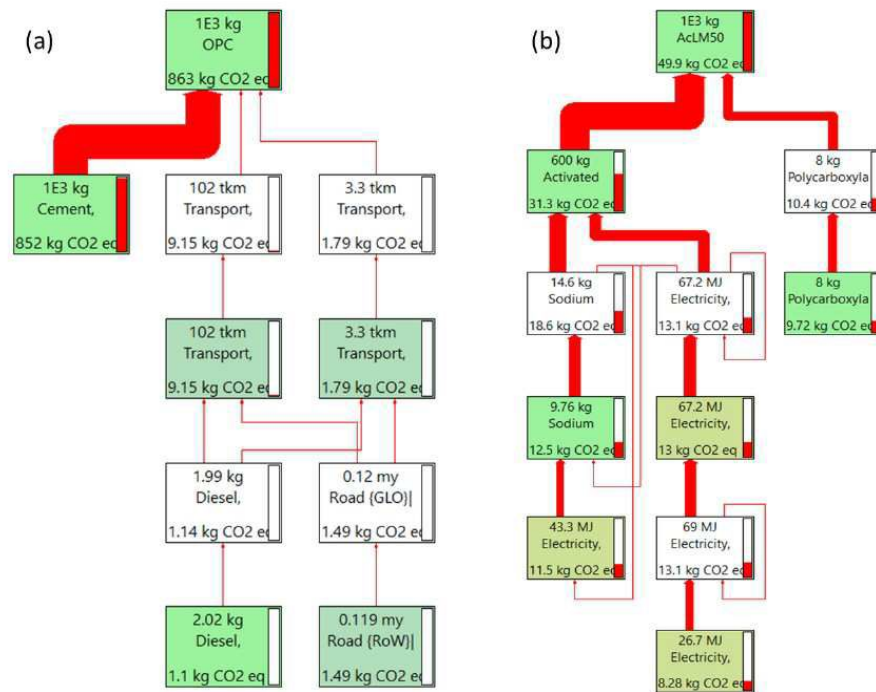
도면6



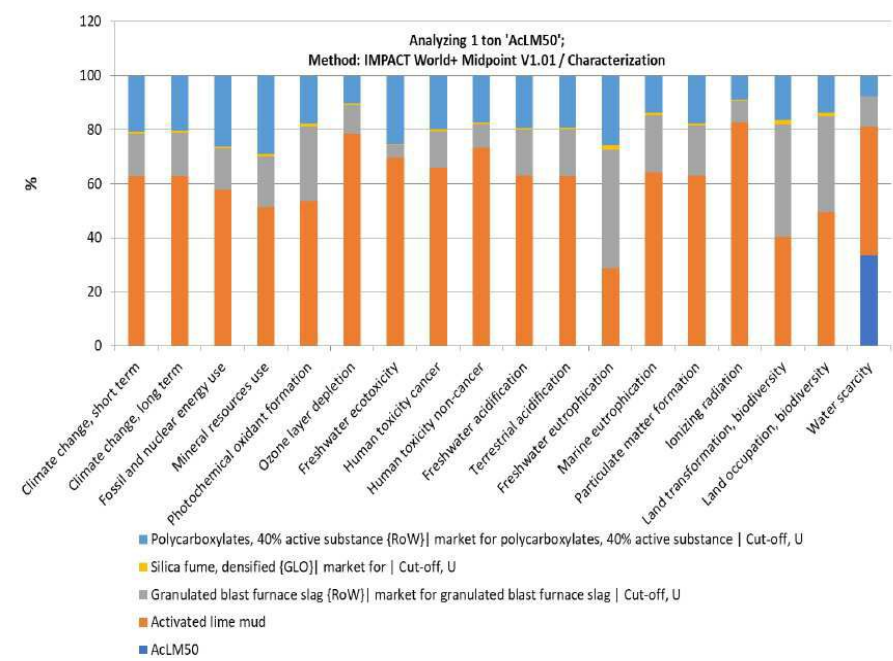
도면7



도면8



도면9



도면10

