
Global Report

건축용 재료로 에어로겔의 활용 검토

1. 개요
2. 소개
3. 문헌검토
4. 건축용으로의 활용 검토
5. 건축용 보수재료의 활용 검토
6. 결론

1. 개요

에어로겔(aerogel)은 아무런 수축이 없이 가스를 가지고 있는 겔(gel) 형태로 얻어지는 합성 경량소재(synthetic light weight material)이다. 최초 형태의 에어로겔은 실리카 겔(Silica gels)을 사용하여 생산된다. 탄소 기반의 에어로겔, 점토 기반의 에어로겔 및 실리카 기반의 에어로겔과 같은 여러 종류의 에어로겔이 있다. 에어로겔은 대부분 매우 낮은 전도성을 가진 고체 형태이며, 초저밀도와 고다공성(<100nm)의 특성을 지니고 있다. 에어로겔은 발수성 재료(water repellent material)이다. 최근 몇 년 동안 에어로겔은 유망한 특성을 기반으로 하여 건축물 공사와 광범위한 기술 분야에서 놀랄만한 쓰임새를 포함하여 다양한 부문에 그 매력을 뽐내고 있다. 에어로겔 기반의 재료는 건축부문에서 고성능 단열재로 쓰인다. 또한, 화학제품, 전자제품, 단열 및 방음, 에너지 흡수재, 우주복 및 건축용재의 제조에도 사용된다. 본 논문에서는 다양한 부문에서 에어로겔의 특성, 조성 및 용도와 건축물의 풍부한 쓰임새에 대해 검토코자 한다.

2. 소개

건축물은 매년 연례행사처럼 온실가스 배출의 일부분인 엄청난 양의 이산화탄소를 배출한다. 건물 에너지 수요는 온실가스 배출의 우려와 더불어 에너지 절약 재료 및 시스템의 수요를 증가시키면서 늘어나는 것이다. 단열재는 주로 건축물로부터 빠져 나가는 열을 막기 위하여 쓰인다. 건축물의 열 손실을 감소시키기 위하여 연구 중인 새로운 재료에는 단열재료 공급에 중요한 역할을 하는 에어로겔이 있다. 에너지 절약에 대한 요건에 더하여 단열재는 이제 건축물의 수명을 늘리기 위해 고도로 쾌적한 수준으로 제작이 된다. 건축물의 단열 특성은 벽과 지붕의 열전도율에 달려있다. 벽체의 미장 마감재 문제를 극복하기 위하여 선진국에서는 이산화규소 에어로겔이 사용되고 있다. 에어로겔은 1931년 Steven Kistler에 의해 도입되었으며, 경량성과 다양한 특성으로 인해 지난 수십 년 동안 여러 과학자들에 의해 오늘날 관심을 끌게 된 재료이다. 에어로겔은 IUPAC[14]에 따라 분산상(dispersed phase)이 기체인 저밀도와 낮은 열전도율을 갖는 미세 다공성의 고체로 이루어진 합성 겔로 정의된다.

그러나 에어로겔 기술은 오늘날 세계 단열 시장에서 그 중요성을 간과하고 있는 상태이며, 건설산업에 적용되고 있는 것에는 외벽마감재(façade systems), 미장 마감재, 보드류, 반투명판넬 및 환기용 에어로겔 판넬 등이 있다. 에어로겔 제조업체는 주로 단열 및 방음과 같은 용도에 집중하여 에어로겔 세계 시장이 성장하고 있어서 새로운 종류의 에어로겔 제품을 개발하기 위하여 제품의 비용 최적화에 초점을 맞추고 있다. 에어로겔은 방화복의 열 차단층에 내재되어 있지만 밀도와 열전도율이 더 낮은 우수한 특성을 지닌 것으로 입증되었다. 보고된 수많은 조사결과를 통해 에어로겔의 다양한 측면에 관한 포괄적인 문헌 검토를 실시하고자 한다.

3. 문헌검토

3.1 실리카 에어로겔의 특성

실리카 에어로겔은 수많은 기공의 이산화규소 사슬(chain)이 교차 결합된 내부구조로 이루어져 있다. 실리카 에어로겔의 기공 크기는 5~70nm 정도이고 순도와 제조 방법에 따라 달라진다. 실리카 에어로겔 판넬도 멜라민 폼과 여러 종류의 섬유와 같은 다양한 종류의 매트릭스로 제조된다. 크기 300mm x 400mm이고 두께가 30mm인 에어로겔 판넬에 대해 다양한 종류의 분석 시험이 이루어졌다. 본문 표 1에서 매트릭스 재료의 종류에 따른 열전도율과 그 밀도를 나타내었다. 에어로겔은 미세한 기공 크기로 인하여 상당한 물리적, 열적, 광학적 및 음향적 특성을 나타낸다. 실리카 에어로겔은 내 하중성과 더불어

어 아주 낮은 인장강도와 큰 압축강도를 나타낸다. 실리카 에어로겔의 물리적 특성은 본문 표2에 표시하였다.

3.2 실리카 겔의 형성

에어로겔은 실리카, 알루미늄, 크롬, 산화주석 및 탄소를 사용하여 제조될 수 있다. 실리카를 기반으로 한 에어로겔의 제조가 보다 더 용이하고 믿을만 한 편이다. 실리카 에어로겔의 제조 공정의 한 유형이 본문 그림1에 표시되어 있다. 에어로겔 판넬은 염산과 암모니아가 첨가된 알콕시실란을 가수분해하여 획득한 실리카 졸로 만들어지며 맞춤형 반응기에서 섬유가 함침된 멜라민 폼 시트에 부어진다. 겔화 과정 후 알코겔은 챔버에 도입된 하이드로 포브화제(hydro phobization agent)와 반응한다. 반응 혼합물은 소수성 실리카 알코겔 합성물에서 분리되고 멜라민 폼에 의해 강화된 응축 알코겔과 파일럿 규모의 건조기에서 건조된 섬유로 이루어져 있다. 또한 에탄올이 있는 상태에서 테트라에틸오르소실리케이트(tetraethylorthosilicate - TEOS)에 물을 첨가하여 제조할 수 있으며, 이것은 실리콘 알콕시 단량체의 농도에 따라 달라지는 최종 제품과 화학반응을 유발하는 것이다. 겔화 과정 후, 겔은 그 반응을 완료할 수 있도록 48시간 동안 용매에서 방해받지 않아야 한다. 반응이 완료되면 알코겔 생성물은 본문 그림 2에 표시한 바와 같이 형성된다. 무기 에어로겔은 본문 그림 2에 표시된 바와 같이 알코올 또는 수용액에 알콕사이드 또는 금속염을 필요로 하는 졸-겔 처리기술을 통해 제조할 수도 있다.

4. 건축용으로서의 활용 검토

실리카 에어로겔은 재료자체의 비용은 고가이지만 단열성능의 향상으로 인하여 건축부문에 단열재로 광범위하게 사용된다. 실리카 에어로겔은 액체와 접촉할 경우 파괴된다. 더 우수한 성능과 보다 저렴한 제조비용을 가진 에어로겔 단열재를 개발하기 위한 여러 연구들이 진행 중이다. 현재 사용 가능한 건축용 단열재에는 불투명, 반투명 실리카 에어로겔 및 태양복사를 활용한 투명 단열재 등이 있다. 신축 건물에 일광 목적으로 사용되는 반투명 에어로겔 단열재는 본문 그림 3에 표시되어 있다. 불투명한 에어로겔은 낡은 벽돌 건물에 개보수용으로 사용된다. 제한된 건물용으로 유망한 고성능 단열재인 에어로겔 진공단열판넬이 본문 그림 4에 표시되어 있다. 본문 참고문서 [11]과 같이 사실, 여러 에어로겔의 측면, 그 용도와 관련 분야에 대한 다양한 조사가 실시되어 오기도 하였다.

과립형 에어로겔 기반의 창문 및 유리창 방식은 건축물에 광범위하게 쓰인다. 햇빛 투과율이 높은 반투명 구체와 반투명 과립이 제공된다. 과립형 에어로겔은 본문 그림 5a에 표시된 바와 같이 크립톤 또는 아르곤으로 채워진 두 개의 틈과 유리판 사이에 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 이중 스킨 시트로 덮혀져 있다. 경량 에어로겔 몰탈이라는 새로운 아이디어는 본문 그림 6에 표시된 바와 같이 건물 외피에 사용되는 단열 코팅으로 특허를 받았다. 이 특허건은 물, 과립형 소수성 실리카 에어로겔, 미네랄 및 구조화 충전재로 구성되며 첨가제는 선택사항이다. 한편 이 재료는 신규 건물의 외벽 단열재로 쓰인다. 이 재료는 기존의 조적 벽체용 재료와 호환되므로 간단하고 더 용이한 방법으로 설치될 수 있다. 또한, 이 재료는 고르지 못한 표면에도 아주 용이하게 사용이 가능하고 미장 마감재처럼 면적이 큰 단열용으로 사용이 가능하며 건축물의 기능성 회복을 용이하게 한다.

파이로겔(pyrogel)이라고 불리는 아스펜 제품은 정유소, 석유화학 및 가스 처리공장과 같은 산업용으로 가장 효과적인 고온 단열재이다. 이 단열재는 다양하고 효율적이며 내구성이 있고 설치가 단순하다. 선박 및 대구경 배관에 사용되는 소수성 단열재이다. 지붕용 에어로겔 단열재는 지붕 서까래의 열교현상을 감소시키기 위하여 건물에 사용된다. 조적벽체와 지붕 싱글 하부 모두에 건물 외부로부터 완벽한 단

열을 하기 위하여 단열능력이 아주 우수한 특성을 가지고 있다. 목조 건물에서 벽체의 구조재를 통해 열이 빠져 나가는 열교 현상을 막기 위하여 얇은 에어로겔 스트립(strips)을 사용할 수 있다.

5. 건축용 보수재료의 활용 검토

에어로겔 개선 시스템 즉 에어로겔 유리, 에어로겔 미장 마감재, 에어로겔 콘크리트 타일 및 판넬과 에어로겔 섬유 덮개 등은 건축물의 리모델링재로 사용된다.

5.1 에어로겔 기반의 덮개

실리카 에어로겔은 담요와 같이 상당한 물리적, 열적 및 흡음 특성을 가진 미세한 공극을 가지고 있다. 실리카 에어로겔은 낮은 기계적 강도와 안전성을 보장한다. 보다 나은 인장력을 보장하기 위해 섬유가 함침된 합성 비정질 이산화 실리카로 구성된 판넬과 장막을 개발하려는 여러 시도 등이 있어 왔다. 다락방 공간은 견고한 벽, 바닥 및 지붕용 단열성능 발휘에 아주 적합하다. Proloft는 문짝 및 창문틀에 열교현상을 방지하는데 쓰일 수 있는 열 차단재의 한 종류이다.

5.2 에어로겔을 함유하는 미장 마감재

에어로겔 기반의 미장 마감재는 본문 그림 7에 표시된 바와 같이 낡은 건물의 리모델링용 건물벽체의 단열 성능을 향상시키는데 사용된다. 섬유질 판넬과 매트에 에어로겔을 주입하는 것과 같은 다양한 접근방식이 창문용 유리 등에 사용된다. 에어로겔 미장 마감재는 체적 구성과 열 성능을 변경하기 위해 발수성으로 만들어진다. 많은 연구자들은 시멘트가 없는 다양한 종류의 미네랄을 가진 실리카 기반의 에어로겔 미장 마감재를 개발하였으며 렌더링 작정성 향상을 위해 약간의 첨가제를 추가하였다.

6. 결론

본 논문에서는 건축물 관련 용도로 에어로겔을 상세히 언급하였다. 단열재와 같은 많은 재료들이 건축물에 다양한 용도로 사용되며 에너지 효율성에 대한 요구를 충족시키기 위해서도 사용된다. 에어로겔의 독점적인 특성은 건축부문에서 다양한 용도를 제공한다. 실리카 에어로겔은 비용이 고가이긴 하지만 높은 단열성을 제공하고 창문과 유리용으로 광학적 투명성을 제공하는데 사용된다. 에어로겔 기반의 재료들은 보다 우수한 단열성을 얻기 위하여 미장 마감재와 타일과 같은 건물 벽체용으로 사용된다. 이들 재료는 사용자 친화적이고 사용이 간편하며 재활용 및 재사용이 가능한 재료이다. 많은 연구자들은 기존의 건축 단열재에 대한 적절한 대체재를 찾기 위해 최적의 비용 그리고 환경 비용으로 에어로겔을 제조하고 있다. 기존 건축 단열재와 비교할 때 에어로겔의 열전도율은 약 2~3배 정도 낮은 수준이다. 에어로겔은 미래의 창문과 채광창에서 큰 에너지 절약 효과를 제공할 수 있으므로 반투명 상태 또는 가능한 만족스러운 투명상태로 사용될 수 있는 큰 잠재력을 본 연구를 통해 발견할 수 있었다.

<원문제목> Utilization of aerogel in building construction – A Review

<원문출처> IOP Conference Series – Materials Science and Engineering