

# 유리분말과 플라이애시를 사용한 내화성 경량 무기발포 소재 연구

## A Study of Fire-resistance Light-weight Inorganic Foam Material Using Cullet and Fly-ash

신 현 욱\*      송 훈\*\*      추 용 식\*\*\*      이 종 규\*\*\*  
 Shin, Hyeon-Uk      Song, Hun      Chu, Yong-Sik      Lee, Jong-Kyu

### Abstract

To prevent energy waste in buildings used heat insulator, Heat insulator materials can be classified inorganic and organic. The organic material is due to toxic gas emission, when a fire occurs. And it has lower water resistance. The inorganic material is heavy and worse thermal performance than organic materials. This study focused on evaluation of the physical properties and fire-resistance of inorganic foam material for using industrial by-products materials for the applicability of Fire-resistance Light-weight material.

키 워 드 : 유리분말, 내화성, 경량, 무기발포소재  
 Keywords : cullet, fire-resistance, light-weight, inorganic foam material

### 1. 서 론

무기계 소재는 제품 특성상 단독으로는 패널 형태로 가공하기 힘들 뿐만 아니라 내수성이 약하고, 단열성능이 유기단열소재에 크게 못 미치고, 또한 무게가 무겁기 때문에 시공성이 나쁘다. 최근 비중이 낮은 인공경량소재를 사용한 단열보드 제조에 대한 연구가 있었으나 보드의 열전도율이 일반 유기단열재 보다 여전히 성능이 많이 떨어지고 있다. 또한 소재의 특성상 무기계는 수분에 취약하여 뭉침 및 처짐 현상 등이 발생하여 단열효과가 불량하고 유기계는 화재에 대한 취약성을 극복할 수 있는 새로운 소재의 개발이 시급하다. 따라서, 본 연구에서는 산업부산물인 유리분말과 플라이애시를 활용하여 무기발포소재를 개발하고 단열성과 내화성능을 갖추기 위해 압축강도, 휨강도, 열전도율, 밀도 등의 기초물성과 연소성능, 가스유해성 등의 화재성능을 평가하여 내화성 경량 무기발포 소재의 기술개발을 목표로 한다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 원료특성

기본 원료로 사용되는 유리분말과 플라이애시는 국외 제품을

사용하였고, 재료의 주요 성분은 표 1과 같다. 또한, 발포제는 3가지 종류로 실험을 진행하였다. 배합비는 표2와 같다.

#### 2.2 혼합물

유리분말과 플라이애시, 발포제는 볼밀을 이용하여 혼합하였고 혼합물은 TG-DSC로 소성온도를 결정하였다.

그림 1은 C배합(7:3)과 D배합(8:2)의 열분석결과이다. 혼합물의 열분석 결과를 보면 용점이 명확하게 나타나지 않아 실험에 의해 온도를 설정하였다. 실험을 실시하여 발포제 및 배합조건에 따라서 소성온도가 달라지는 것을 발견하였다.

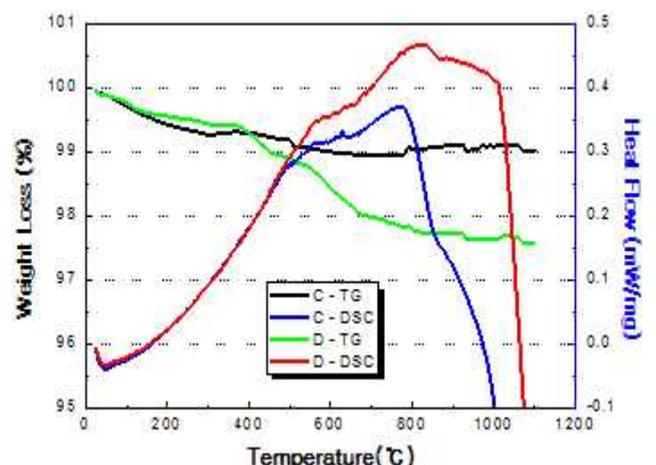


그림 1. 혼합비에 따른 TG-DSC 그래프

\* 한국세라믹기술원 예코복합소재센터 연구원, 교신저자 (vexguy@naver.com)

\*\* 한국세라믹기술원 예코복합소재센터 선임연구원

\*\*\* 한국세라믹기술원 예코복합소재센터 책임연구원

이 연구는 2011년도 국토해양부 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. (과제번호: 10첨단도시C40)

표 1. 기본원료의 주요성분

| 구분    | 주요성분                           | 함량(%) |
|-------|--------------------------------|-------|
| 유리분말  | SiO <sub>2</sub>               | 71.9  |
|       | Na <sub>2</sub> O              | 15.2  |
|       | CaO                            | 7.44  |
|       | MgO                            | 3.42  |
|       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.9   |
| 플라이애시 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.36  |
|       | SiO <sub>2</sub>               | 59.5  |
|       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 23.8  |
|       | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.54  |
|       | CaO                            | 3.75  |
|       | C                              | 1.56  |
|       | K <sub>2</sub> O               | 1.5   |

표 2. 배합비

| 구분     | 기호  | 배합비율 |   | 발포제(%)  |  | 온도(°C)          |
|--------|-----|------|---|---------|--|-----------------|
|        |     | FA   | C | 1       | 2                                      |                 |
| IFMc   | b12 | 3    | 7 | 1.1, 2  | 1.2,                                   | 850<br>~<br>950 |
|        | b13 |      |   | 1.3, 3  | 1.4,                                   |                 |
|        | b14 |      |   | 1.5, 4  | 1.6,                                   |                 |
|        | b22 |      |   | 1.7,    | 1.8, 2                                 |                 |
|        | b23 |      |   | 1.9,    | 1.10, 3                                |                 |
|        | b24 |      |   | 1.11,   | 1.12, 4                                |                 |
| IFMd   | c12 | 4    | 6 | 1.13, 2 | 1.14,                                  |                 |
|        | c13 |      |   | 1.15, 3 | 1.16,                                  |                 |
|        | c14 |      |   | 1.17, 4 | 1.18,                                  |                 |
|        | c22 |      |   | 1.19,   | 1.20, 2                                |                 |
|        | c23 |      |   | 1.21,   | 1.22, 3                                |                 |
|        | c24 |      |   | 1.23,   | 1.24, 4                                |                 |
| IFMc-1 | b3  | 3    | 7 | -       | Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub><br>30 |                 |
|        | b30 |      |   | 0.5     |  |                 |
|        | b31 |      |   | 1       |  |                 |
|        | b32 |      |   | 2       |  |                 |

표 3. 경량 발포체의 물성

| 물성   | 단위                  | 결과    |
|------|---------------------|-------|
| 밀도   | g/cm <sup>3</sup>   | 0.46  |
| 압축강도 | kgf/cm <sup>2</sup> | 61.8  |
| 휨강도  | kgf/cm <sup>2</sup> | 19.8  |
| 열전도율 | kcal/mh°C           | 0.074 |

3.3 화재성능평가

발포체의 내화성능을 평가하기 위하여 불연성시험(KS F ISO 1182)으로 성능을 확인하였고 난연고시에 따른 성능평가 준불연재료(KS F ISO 5660-1, KS F 2271)를 실시하였다.

시험결과 준불연재료로서의 성능과 불연성 성능을 확인하였다.

표 4. 준불연재료시험

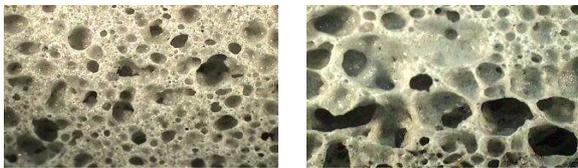
| 항목    |                   | 시험번호           |       |     |         | 기준                     |
|-------|-------------------|----------------|-------|-----|---------|------------------------|
|       |                   | 1              | 2     | 3   |         |                        |
| 준불연재료 | 열방출율              | 총방출열량          | 0.1   | 0.2 | 0.4     | 8 MJ/m <sup>2</sup> 이하 |
|       |                   | 200kw를 초과하는 시간 | 0     | 0   | 0       | 10s 이상 초과하지 않을 것       |
|       |                   | 균열, 구멍 등       | 없음    | 없음  | 없음      | 없을 것                   |
| 가스유해성 | 취의 평균행동 정지시간(m:s) | 13:12          | 14:58 | -   | 9min 이상 |                        |

표 5. 불연성시험

| 항목    |           | 시험번호 |     |     |        | 기준 |
|-------|-----------|------|-----|-----|--------|----|
|       |           | 1    | 2   | 3   |        |    |
| 불연성시험 | 평균온도차 (K) | 1.9  | 4.3 | 1.1 | 20K 이하 |    |
|       | 질량감소율 (%) | 0.5  | 0.4 | 0.4 | 30% 이하 |    |

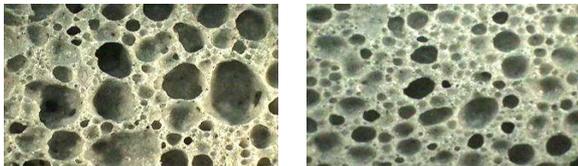
3. 실험결과 및 분석

3.1 발포특성



(a) Graphite 0.5%, 900°C

(b) Graphite 0.5%, 950°C



(c) CaCO<sub>3</sub> 0.5%, 900°C

(d) CaCO<sub>3</sub> 1%, 900°C



(e) CaCO<sub>3</sub> 2%

(f) Graphite 2%

(g) Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 30%

그림 2. 공극구조

그림 2는 camscope 촬영사진(40배)이며 소성온도에 따라 (a),(b), 발포제량에 따라(c),(d), 기공이 다른 형태로 발생한다. (e), (f), (g)에서 소듐실리케이트의 물성이 가장 좋았다. 작고 균질한 기공이 열전도율 및 강도에 유리하게 작용하는 것으로 판단된다.

3.2 기초물성

소듐실리케이트를 사용한 발포체의 물성은 표 3과 같고, 압축강도와 휨강도는 KS L ISO 679, 길보기 밀도는 KS L 4008, 열전도율은 KS L 9016으로 측정하였다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 내화성 경량 발포 복합패널을 만들기 위한 기초 재료를 위한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

극은 온도 및 발포제의 영향을 받으며 작고 균질한 기공이 물성을 향상시키며, 소듐실리케이트를 사용한 경우 발포체의 물성이 가장 좋았다.

발포체의 온도에 따른 물리적 성질을 알아보기 위하여 추가 실험이 필요하다.

무기물을 이용한 경량 발포체는 화재성능평가를 만족하여 내화성 소재로 적합하다고 판단되며, 복합패널을 만들기위한 추가 연구가 필요하다.

### 참 고 문 헌

1. 권춘우, 유리연마 슬러지를 사용한 다공성 소재의 기공과 물리적 특성, 석사학위논문, 인하대학교, 2008
2. 추용식, 유리연마 폐슬러지를 재활용하여 제조한 다공성 소재의 기공 구조와 물리적 특성, 한양대학교, 박사학위논문, 2007