

# 유리연마슬러지를 사용한 경량소재의 개발

## Development of Lightweight Material Using Glass Abrasive Sludge

권춘우\*      정석조\*      김영엽\*      추용식\*\*      이종규\*\*\*  
Kwon, Choon Woo    Jung, Suk Jo    Kim, Yung Yub    Chu, Yong Sik    Lee, Jong Kyu

---

### ABSTRACT

In this study, glass abrasive sludge was utilized for a light weight material and graphite was used as expanding agent. The glass abrasive sludge with added expanding agent was formed into pellet by a pelletizer. When glass abrasive sludge is made as pellet, water glass is added as a binder(water : water glass = 8 : 2). The pellet was sintered at 700~800°C by rotary kiln composed of 4 segment temp. system. The absorption ratio of lightweight materials tended to increase in proportion to increasing content of graphite. The lowest value of specific gravity that was observed in this study was 1.8%.

---

### 1. 서론

우리나라는 전체 소비에너지의 해외 의존도가 95% 이상을 차지하고 있으며 이러한 추세에 부응하여 국내에서도 에너지 사용 절감을 위한 다수의 시도가 이루어지고 있다. 이미 국외에서는 에너지 효율 증대 및 사용 절감을 위한 제도 시행 및 연구가 이루어지고 있어, 미국의 연방정부에서는 1994년부터 에너지절약인증 제도를 시행하고 있고 캐나다에서는 8000여채의 주택에 에너지 절약용 경량소재를 사용하여 큰 효과를 얻고 있다.

그러나 아직까지 벽체 및 바닥재에 사용될 수 있는 새로운 단열 경량소재의 개발이 미흡하고 이에 따른 최종 시공품의 성능 또한 뒤떨어져 에너지 절약 및 경량화에 적절히 대응하지 못하고 있는 형편이다. 또한 현재 생산 제품의 대부분은 단독으로는 벽체의 최종 마감 및 미장재로 사용하기 어려운 스티로폼, 압면 및 석면 제품 등으로 구성되어 있다. 특히 이들 제품은 단열성은 좋으나 화재에 약하고 인체에 매우 유해하다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 마감재로서의 역할과 더불어 상기의 단점을 극복할 수 있는 새로운 경량소재를 개발 하고자 하였다.

---

\*정회원, 요업(세라믹)기술원 세라믹·건재본부 연구원

\*\*정회원, 요업(세라믹)기술원 세라믹·건재본부 선임연구원

\*\*\*정회원, 요업(세라믹)기술원 세라믹·건재본부 책임연구원

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 실험계획

출발원료로는 유리연마슬러지와 Graphite를 사용하였으며, 발포제로 사용한 Graphite는 0.6~3.0%까지 혼합하였다. 혼합이 끝난 후 혼합수(물유리20%)의 비율을 0.32로 하여 성구를 제조·건조하고, Rotary kiln을 사용하여 740℃~810℃로 소성한다.

제조된 경량소재는 기공의 크기와 분포를 측정하고 비중, 흡수율 및 열전도율을 측정하여 경량소재의 물리적 특성을 파악 하였다.

### 2.2. 사용재료

본 연구에서는 B社 판유리 가공 공장에서 판유리의 면취 과정에서 발생·배출되는 유리연마슬러지를 사용하였으며, 발포제는 Kanto chemical社의 시약급 graphite를 사용하였다.

유리연마슬러지의 화학분석 결과, SiO<sub>2</sub> 66.9%, CaO 7.38% 및 Na<sub>2</sub>O 9.49% 이었으며, 자유 수분은 29.2% 이었다. 유리연마슬러지의 평균 입경은 4.71 $\mu$ m이었으며, 열분석 결과 연화점은 약 680℃임을 추정할 수 있었다. 그리고 유리연마슬러지의 비중은 2.51이었다.

Table 1 Chemical composition of glass abrasive sludge

Comp.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>
wt(%)	66.90	1.14	0.16	7.38	3.82	0.28	9.49	0.18	0.06

### 2.3. 실험방법

유리 가공공장에서 채취된 유리연마슬러지는 100℃-24hr 조건으로 건조한 후 Ball mill에서 24시간 분쇄하였다. 분쇄가 끝난 유리연마슬러지에 발포제로 graphite를 각각 0.6%, 1.0%, 2.0% 및 3.0%를 첨가하여 혼합하였으며, 혼합·분쇄가 완료된 원료는 pelletizer를 사용하여 pellet을 제조하였다. pellet 제조시 binder로 물유리를 사용하며(95 : 5=유리연마슬러지 : 물유리), 성구는 항상 건조하여 자유 수분을 제거하고자 하였다.

건조 성구는 Rotary kiln 1구간~4구간까지의 온도 740℃~810℃, 체류시간 160~180sec로 소성하여 제조하고, 제조된 경량소재는 light microscope를 사용해 기공의 크기와 분포를 관찰하였다. 또한 비중, 흡수율(KS F 2533) 및 열전도율을 측정하였다. 열전도율은 시멘트와 페놀수지를 binder로 사용하여 패널(200×200×20mm)을 제작한 후 측정하였다

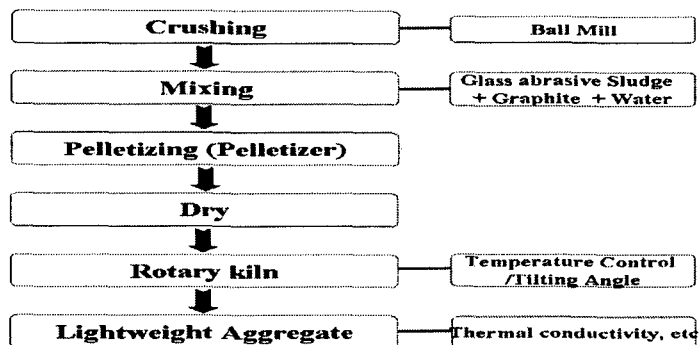


Fig. 1 실험 순서도

### 3. 실험결과

#### 3.1. Rotary Kiln 조건

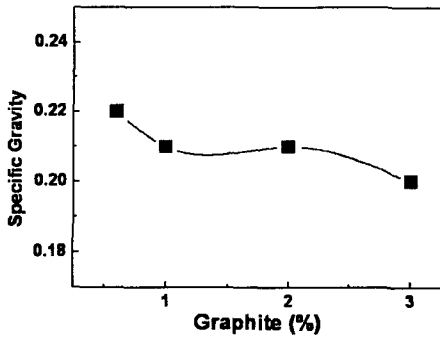
Table 2 Rotary kiln system

1zone	2zone	3zone	4zone	Tiltin Angle	RPM	체류시간
760℃	780℃	790℃	800℃	2°	40	160~180(sec)

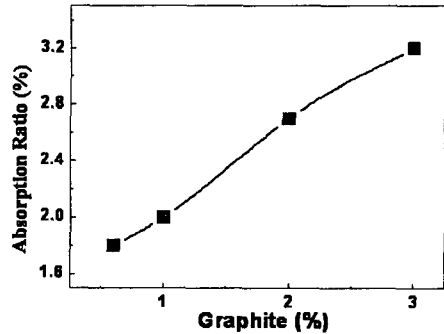
#### 3.2. 제조 소재의 물성

##### 1) 비중 및 흡수율

Graphite 0.6%를 사용하여 제조한 경우 기공의 크기가 약 60~120 $\mu\text{m}$  범위에 존재하나 Graphite 첨가량이 증가함에 따라 기공의 크기가 280~400 $\mu\text{m}$ (Graphite 3.0%)로 대폭 커지는 현상을 관찰할 수 있으며, 비중은 낮아짐을 확인할 수 있었다. 또한 흡수율은 Graphite 3.0%를 첨가할 경우 가장 높은 값을 나타내었으며, 이는 기공의 크기가 증가 하고 일부 기공 벽이 붕괴·병합하여 open pore로 변화하기 때문으로 판단된다.



(a) Absorption ratio of LWM



(b) Specific gravity of LWM

Fig. 2 Graphite 함량별 비중 및 흡수율

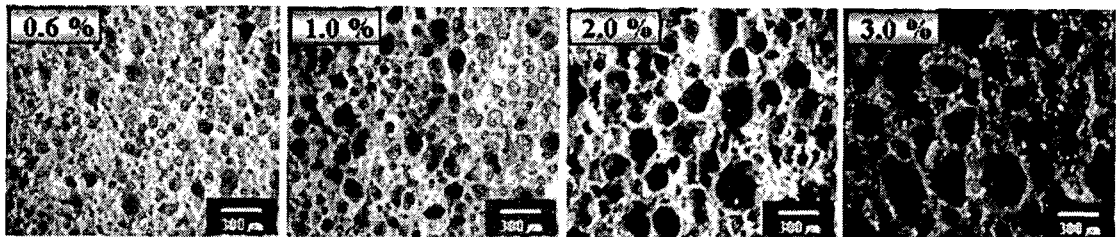
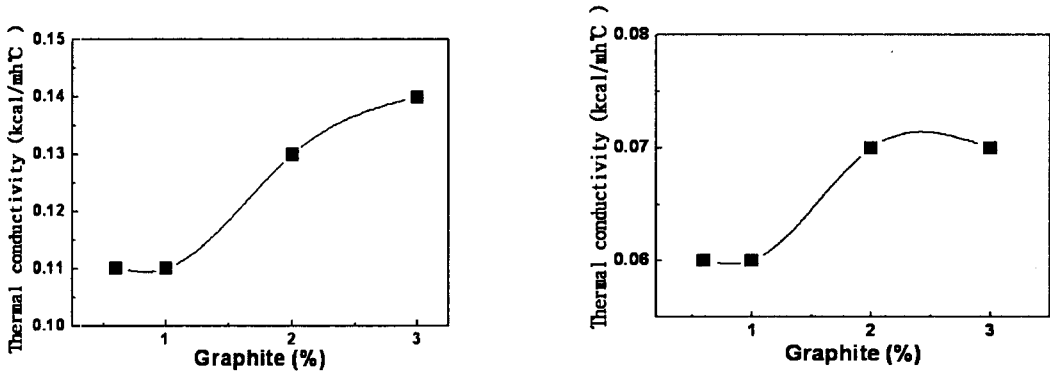


Fig. 3 Graphite 함량별 기공의 분포

## 2) 열전도율

제조된 경량소재의 열전도율을 측정하기 위해 경량소재 1ℓ 당 시멘트 500g, 페놀수지 60g을 각각 혼합하여 200×200×20mm의 크기로 경량 패널을 제작 하였다.

페놀수지를 사용해 경화시킨 경량 패널은 열전도율이 0.06~0.07까지로 매우 낮았으며, 시멘트를 사용한 경량패널은 0.11~0.14로 binder인 시멘트의 영향으로 다소 높은 열전도율을 나타내었다.



(a)페놀수지를 사용한 경량패널

(b)시멘트를 사용한 경량패널

Fig. 4 경량패널의 열전도율

## 3. 결론

- (1) 출발원료로 유리면마슬러지와 graphite를 사용하고, rotary kiln 소성(760~800℃)으로 경량 소재의 제조가 가능하였다.
- (2) Graphite를 발포제로 사용하여 제조된 경량 소재의 기공은 graphite 함량이 증가할수록 커졌으며, graphite 0.6% 조건에서 기공의 크기는 60~120 $\mu$ m 수준이었다,
- (2) Graphite함량 0.6~1.0%에서 흡수율 1.8~2.0%, 비중 0.21~0.22, 열전도율 0.05kcal/mh°C으로 단 열 경량소재로서의 우수한 물성을 나타내었다.

## 참고문헌

1. Graziella Bernardo, Milena Marroccoli and Fabio Montagnar, ICC, (2003) pp.1236-1227.
2. Sidney Mindess, J. Francis Young and David Darwin, Concrete, (2003) pp.159-158.
3. Ramazan Demirboga and Rusten Gul, CCR, 33, (2003) pp.727-723.
4. Boris V.L'vov, Valery L. Ugol'kov, Thermochemica Acta, 410, (2004) pp.55-47