

주물고사와 폐알루미나 분말을 이용한 다공성 물라이트계 담체의 제조

정 훈, 황 광 태, 오 유 근
요업기술원, 도자기 제품팀

I. 서론

급격한 산업 및 생활의 발달로 인하여 폐기물의 발생이 급격하게 증가되어지고 있으며 또한 폐기물에 의한 환경 오염이 큰 사회적인 문제로 대두되고 있다. 특히 산업체에서 발생하는 폐기물의 재활용 및 자원화에 대한 관심이 확대되어 지속적인 연구가 수행되어지고 있는 실정이다. 하지만 현재까지는 주물고사나 폐알루미나 분진 등을 이용하여 재활용하는 부분은 아주 단편적인 부분에 한정되어 졌다. 예를 들어 주물사의 경우 시멘트 원료, 원예자재, 아스팔트골재, 건축용 골재 그리고 기포 콘크리트 제품 등의 단순 제품 제조에 대부분 사용되어졌다. 하지만 발생하는 무기계 폐기물들의 성분을 분석한 결과 세라믹 다공성 담체 및 필터의 제조에 사용되는 원료들과 동일한 성분들을 가지고 있다.

물라이트계 세라믹 다공체는 종래에는 천연원료를 주체로 하여 합성되었다. 하지만 무기계 폐기물 이용하여 합성하게 되면 고부가가치의 수질 및 대기 오염 방지용 고기능성 고부가 가치의 제품을 생산할 수 있다. 물라이트의 특성은 용융온도가 높고 밀도가 작으며 열팽창계수, 열전도율, 유전율 등이 비교적 적은 것이 하나의 특징이다. 따라서 본 연구에서는 주물업계에서 발생하는 주물고사, 알루미나 분진 그리고 석재 가공과정에서 생성되는 폐기물을 재활용여 물라이트계 다공성 담체를 제조하고 제조된 다공성 담체의 물성 및 특성을 평가하여 미생물 고정화 담체의 활용 가능성에 대해서 고찰하였다.

II. 실험 방법

폐주물사와 알루미나 분진 그리고 폐석분을 이용하여 물라이트계 다공성 담체의 제조 모식도를 그림 1에 나타내었다. 제조 공정은 일반 세라믹 원료를 사용하여 다공성 담체를 제조하는 경우와 동일하게 제조되었으며 가소성을 부여하기 위해 유기계 바인더와 무기계 결합제를 코팅하여 골재에 균일하게 코팅한 후 건조하여 성형이 가능한 원료 분말을 제조하였다. 이들 분말에 MC등을 첨가하여 kneader를 이용하여 가소성을 부여한 후 압출성형기를 이용하여 압출성형하여 제조하였다. 제조된 시편은 건조기에서 40℃를 유지하면서 완전하게 건조한 후 전기로에서 물라이트 형성되는 온도까지 승온하여 열처리 하였다.

제조된 시편의 분석은 분말 X-선 회절 분석기(Mac Science, Japan)를 이용하여 40 kV, 30 mA의 조건에서 10~70° 범위에서 측정하였고, 미세구조분석은 주사전자현미경(SEM, AKASHI, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 시편의 기공율과 밀도는 아르키메데스법을 사용하여 5개 시편의 값을 평균하여 구하였다.

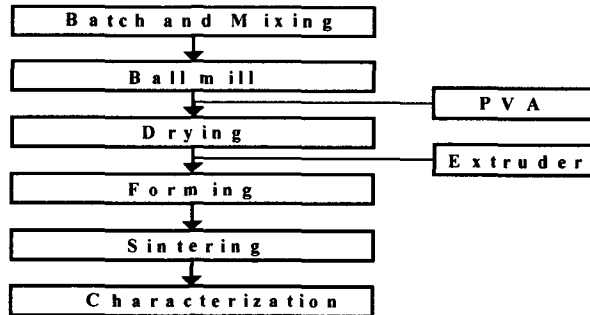


그림 1 다공성 담체 제조 모식도

III. 결과 및 고찰

물라이트계 다공성 담체의 제조에 사용된 원료는 주물고사, 알루미나 분진 그리고 점토를 사용하였으며 이들의 정성분석결과(ICP)결과를 표 1에 나타내었다.

표 1 점토, 알루미나 분진 그리고 주물고사의 정성분석 결과

(단위 : wt%)

구 분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Ig. loss
점 토	50.5	37.7	1.20	1.59	0.44	0.61	1.76	0.52	0.01	0.05	5.62
알루미나 분진	7.81	81.3	0.99	0.55	0.11	3.51	0.44	0.10	0.02	0.18	5.34
주 물 고 사	68.5	8.28	2.12	0.03	1.28	0.73	2.21	1.59	0.03	0.12	14.84

물라이트의 조성은 3Al₂O₃·2SiO₂이므로 점토, 알루미나 분진 그리고 주물고사를 적절한 비율로 혼합하여 다공성 담체를 제조하였다. 열처리 전 각 원료의 XRD분석 결과와 압출성 형법에 의해 제조된 시편의 온도별 열처리 후 XRD 분석 결과를 그림 2와 그림 3에 나타내었다.

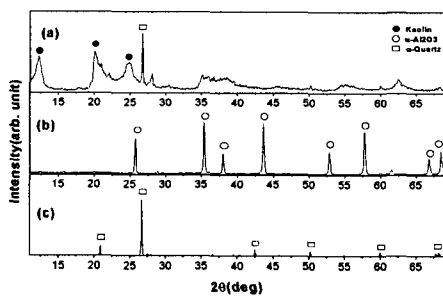


그림 2 각 원료별 XRD 분석 결과
(a)점토, (b)알루미나 분진, (c)주물고사

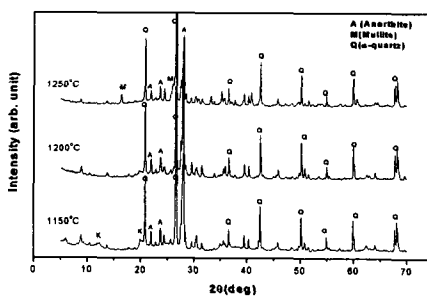


그림 3 온도별 열처리후 XRD 분석 결과

열처리 전 XRD 분석결과 점토는 카올린과 α -quartz, 알루미나 분진은 α -Al₂O₃ 그리고 주물고사는 α -quartz로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 각 원료들을 일정비율로 혼합하여 1150, 1200, 1250°C에서 열처리 후 분석한 결과 골재로 첨가된 주물고사의 결정상은 그대로 존재하면서 CaO, Al₂O₃와 SiO₂의 결합상인 anorthite 상이 형성되지만 1200°C까지는 mullite 결정상이 관찰되어지지 않고 1250°C에서 몰라이트 결정상이 형성된 것을 확인할 수 있다.

열처리된 다공성 시편의 표면 미세구조를 관찰한 결과를 그림 4에 나타내었다. 열처리 온도에 따라 약간의 차이를 보이고는 있지만 일반적으로 다공성 담체에서 요구되는 기공을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 1200°C에서 열처리된 시편의 경우 아직까지 완전하게 결합을 형성하지 못하고 있는 곳이 부분적으로 나타나고 있지만 1250°C에서 열처리된 시편의 경우 구형의 형상으로 약 100~200 μ m 정도의 큰 기공이 관찰되었으며 큰 기공 내부에는 수 μ m 정도의 작은 기공들이 균일하게 형성되어 있는 것이 관찰되었다.

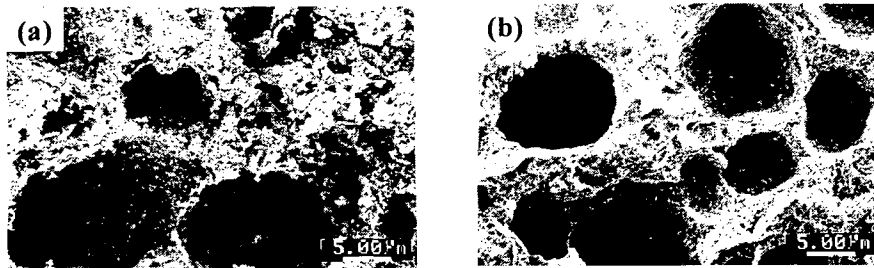


그림 4 열처리 온도에 따른 다공성 담체의 미세표면 사진
(a) 1200°C, 1hr (b) 1250°C, 1hr

열처리 된 다공성 담체 시편의 물성을 측정된 결과를 그림 5에 나타내었다. 열처리 온도에 따른 약간의 차이를 나타내고 있지만 50~60% 정도의 기공율을 가지고 있으며 1.8~2.1 정도의 낮은 밀도를 가지는 것을 알 수 있다. 따라서 열처리 온도와 성형방법의 적절한 선택에 따라 폐기물을 이용한 다공성 담체의 제조가 가능하다는 것을 알 수 있었다.

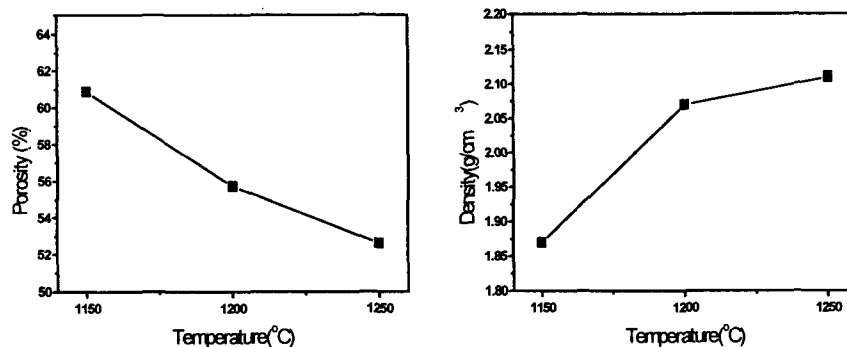


그림 5 온도별 열처리 후의 기공율과 밀도의 변화

IV. 결론

기존의 세라믹 담체의 제조에 사용된 정제된 원료들을 대체하여 주물고사와 페알루미나 분진 등을 이용하여 플라이트계 다공성 담체의 제조에 관한 연구 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주물고사를 골재로 사용하고 결합제로 알루미나 분진, 점토 등을 이용하여 플라이트계 다공성 담체를 제조할 수 있었다.
2. 제조된 시편은 열처리 온도가 1200℃까지는 플라이트 상이 관찰되지 않았지만 1250℃가 되면서 플라이트 상과 골재의 α -quartz 상이 공존하고 있었다.
3. 알루미나와 점토의 혼합비에 따라 기공율과 밀도가 변화되며 1250℃에서 약 50% 이상의 기공율과 약 2 g/cm³의 비교적 낮은 밀도를 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. Y. S. Lin and A. J. Buggraaf, J. Am. Ceram. Soc., 1991
2. 환경부 환경 백서, 1998
3. 산업자원부, 2010년의 산업기술 예측과 장기발전전략(III), 1999
4. 주물산업에 있어서의 리사이클링, 리사이클링백서, 1995
5. T. Mizrah, A. Maurer, L. Gauckler and J. P. Gabathuler SAE 80074, 1989
6. J. S. Woyansky, C. E. Scott and W. P. Minnear, Am. Ceram. Soc. Bull., 1992
7. J. J. Tutko, S. S. Lestz, J. w. Brockmeyer and J. E. Dore, SAE 841394. 1984