

Borax와 Fly Ash 첨가량에 따른 인산세라믹의 압축강도 변화

양계환, 이창화, 전민구, 허철민, 강권호
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
 vih98@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료로부터 고속로에 사용될 수 있는 금속핵연료를 얻는 파이로프로세스 기술은 전해 정련법을 통해 이산화우라늄을 금속우라늄으로 전환한다. 전해정련에 투입되는 사용후핵연료에는 고준위의 핵분열생성물이 포함되어 있으므로 전처리 공정을 거쳐 핵분열생성물을 최대한 제거하여 염폐기물의 발생을 줄이는 것이 효과적이다. 전처리 공정에서 배기체로 발생하는 Cs, Tc, I 등의 준휘발성 핵종들은 fly ash, 칼슘, AgX를 이용해 만든 필터를 이용해 포집한다. 이렇게 배기체를 포집한 폐 필터는 중저준위 폐기물이 되기 위한 핵종별 처분 농도 제한치를 넘어서는 고준위 폐기물이 되고 발생량은 사용후핵연료 10 ton/HIM 당 0.8 톤에 이른다[1]. 방사성폐기물이 지하처분장에서 안전한 형태로 저장되기 위해서는 적절한 고화매질을 이용하여 폐기물을 고정화해야 하며, 현재까지 유리, 시멘트, 인산세라믹 등의 물질이 고화매질로 사용되고 있다. 그 중 인산세라믹은 산-염기반응을 통해 제조되는 물질로서 별도의 열처리가 필요 없고 수습 분 내에 빠른 경화가 이루어진다는 특징을 지닌다[2]. 그러나 반응속도가 지나치게 빠르면 폐기물과 고화매질이 균질하게 혼합되기 어렵고 공정을 제어하기 곤란하기 때문에 borax 등을 사용하여 반응을 인위적으로 지연시킨다. 본 연구에서는 반응지연제인 borax의 첨가량을 변화시키며 인산세라믹을 제조하고 압축강도를 측정하고, 이를 통해 최고의 압축강도를 나타내는 borax 첨가량을 알아보고자 하였다. 또한 세습 흡착제로 사용되는 fly ash의 loading 량을 변화시키며 loading 량에 따른 압축강도의 변화를 살펴보았다.

2. 본론

2.1 실험방법

인산세라믹의 제조를 위해 원료분말로서 MgO(325 mesh sieved, Martin Marietta Specialties)와

KH_2PO_4 (Junsei)를 사용하였고, 반응지연제로서 borax($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Junsei)를 원료분말 대비 3 ~ 12 wt% 첨가하였다. MgO : KH_2PO_4 = 4:1로 원료분말을 혼합한 뒤 증류수를 원료분말 질량의 20% 첨가한 후 수 분 동안 혼합한 뒤 플라스틱 몰드(2.8X5.6 cm)에 붓고 25 °C의 온도조건에서 경화반응을 진행시켰다. Fly ash를 넣은 인산세라믹의 경우 원료물질의 용이한 혼합을 위해 MgO : KH_2PO_4 = 2:1로 고정한 뒤 첨가량을 10 ~ 50 wt% 까지 변화시키며 제조하였다. 제조한 인산세라믹의 내부구조를 보기 위해 SEM(Philips)을 이용했고, 압축강도 측정을 위해 유압식 컴프레서(홍진정밀)를 사용하였다.

2.2 실험결과

그림 1은 borax를 6 wt% 첨가하여 인산세라믹을 제조하고 28일이 경과한 후의 파단면을 촬영한 사진이다. 그림에서 보는 것은 MgO와 KH_2PO_4 가 반응하여 생성된 MgKPO_4 결정물로서 직육면체 형상에 20 - 30 μm 의 크기를 지니고 있음을 알 수 있다. 반면 제조 후 경과시간이 길지 않은 인산세라믹에서는 그림 1에서와 같은 결정물들의 집합을 쉽게 확인할 수 없었으며 이는 산-염기 반응이 지속되면서 시간경과에 따라 MgKPO_4 양이 점차 증가하는 것을 의미한다.

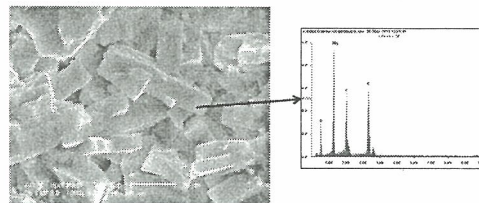


Fig. 1. Microstructure of phosphate ceramic(borax addition : 6 wt%, 28 day).

그림 2는 borax 첨가량을 3, 6, 9, 12 wt%로 달리하며 제조한 인산세라믹의 압축강도를 나타낸 것이다. 인산세라믹 제조 후 3일, 7일, 14일, 28일째의 압축강도를 측정하였고, 동일한 측정을 3회

실시한 뒤 평균값을 사용하였다. 그림에서 보는 것처럼 시간이 지날수록 압축강도는 증가하고 있고, borax를 첨가하지 않은 경우와 비교하여 borax를 첨가했을 때 압축강도는 모두 증가하는 경향을 보인다. 이는 경화반응의 지연으로 인해 내부에 포함된 기공이 더 많이 빠져나갈 수 있었기 때문이다. 28일 짜의 최대 압축강도는 borax를 12 wt% 첨가했을 때 대략 70 MPa 정도로서 이는 일반 Portland 시멘트의 2배가 넘는 강도이다.

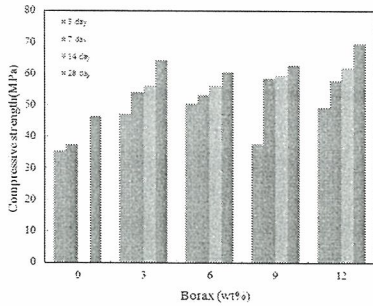


Fig. 2. Compressive strength of phosphate ceramics according to borax addition.

그림 3은 Fly ash를 10 ~ 50 wt% 까지 첨가시키며 제조한 인산세라믹에 대해 28일째의 압축강도를 측정된 결과이다. Fly ash를 30 ~ 40 wt% 정도 첨가했을 때 최대의 압축강도 45 MPa를 나타내었고, 그 이후에는 압축강도가 감소하는 것을 확인하였다. Fly ash는 인산세라믹 내부의 공간을 메워주는 filler의 역할을 하기 때문에 fly ash가 없을 때에 비해 압축강도가 증가하는 것이다. 반면 fly ash의 양이 40 wt%를 넘으면 인산세라믹의 양 자체가 감소하므로 압축강도가 줄어드는 것으로 보인다.

3. 결론

폐 필터의 고화매질로서 사용될 수 있는 인산세라믹을 반응지연제인 borax의 첨가량에 따라 제조하고 압축강도를 측정하였다. 경화반응속도 감소로 인해 인산세라믹 내부에 포함된 pore가 빠져나갈 수 있는 시간을 제공하므로 압축강도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Fly ash를 첨가하여 인산세라믹을 제조할 경우 첨가량이 30 ~ 40 wt% 정도에서 최대의 압축강도를 보이는 것을

확인하였고, 이는 fly ash가 filler로서 작용하기 때문이다. 본 연구결과는 향후 인산세라믹을 이용하여 고화체를 제작할 때 fly ash 필터의 최적 loading 량을 결정하기 위한 기초자료로서 사용될 수 있을 것이다.

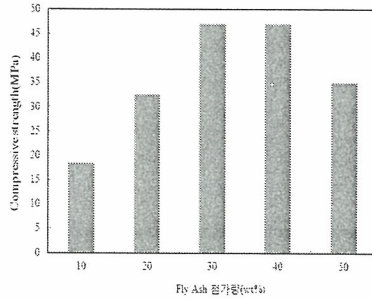


Fig. 3. Compressive strength of phosphate ceramics according to fly ash addition.

4. 참고문헌

[1] 중·저준위방사성폐기물처분시설 안전성분석보고서 (2008).
 [2] A. S. Wagh, Chemically Bonded Phosphate Ceramics, Elsevier (2004).