

유리고화체 제조시 슬래그폐기물 내 함유된 산화철의 영향 조사

최휘경, 황두성, 최운동, 이규일, 문계권

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989길 111

hwi82@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 금속폐기물에 대한 용융처리는 제염과 부피감소 효과를 동시에 만족하는 매우 유용한 방법이다. 금속폐기물의 용융처리 시 약 1-3%정도의 방사성 슬래그폐기물이 발생되고 있으며, 이때 발생된 슬래그는 외부에서 가해지는 물리적 힘에 의하여 쉽게 부스러지며 불균일한 입자로 인하여 차지하는 부피도 매우 크다. 슬래그폐기물은 궁극적으로 처분되어야 하며, 이를 위하여 슬래그폐기물은 안정화 및 고형화 되어야 한다. 금속폐기물의 용융처리로부터 생성된 슬래그폐기물은 단순 열처리로 쉽게 유리고화체로 변환되어 안정화된 유리고화체로 전환된다. 유리화는 유해성 물질들을 물리·화학적 견고성이 타 물질에 비해 뛰어난 유리 구조 안에 결합시키고, 이 유해성 물질들을 환경과 인간에게 영향이 없도록 영구적으로 고정화하는 환경 친화적 처리기술이다. 또한 유리화 기술로 폐기물을 처리할 경우 폐기물의 감용 효과가 크며 폐기물 처리비용이 기존의 기술들에 비해 적게 들어 경제적인 장점이 있다[1].

본 연구는 한국원자력연구원 내의 우라늄변환시설 해체 시 발생한 금속폐기물을 용융제염하여 발생된 슬래그폐기물을 처분하기 위함이며, 슬래그폐기물의 단순 가열로부터 생성된 유리고화체를 처분이 가능한 안정화된 방사성폐기물로 전환하는데 목적이 있다.

2. 본론

2.1 슬래그형성체와 슬래그폐기물의 특성

방사성 금속폐기물의 용융 후 발생된 슬래그폐기물에는 산화물과 규화물 혹은 염 등으로 구성되어 있으며, 대부분의 경우 슬래그가 유리화 응고를 하도록 하는 SiO₂의 성분이 다량 함유되어 있기 때문에[2] 다른 첨가제 없이 슬래그폐기물만으로 고화체를 제조할 수 있다.

우라늄변환시설에서 발생된 금속폐기물의 용융제염 시 사용된 슬래그형성체는 2.38-1.14mm의 연황색 입상이며 화학적 성분은 유리고화체 제조에 필요한 SiO₂와 Al₂O₃가 주성분이다. 그림 1은 슬래그형성체와 유리화 처리된 슬래그형성의

XRD 분석결과로 슬래그형성체의 주요 피크는 Si와 Al의 산화물인 (Na,Ca)Al(Si,Al)₃O₈로 나타났으며, 유리화된 슬래그형성체는 상기 산화물외에 추가로 변형된 형태의 산화물인 CaAl₂Si₂O₈·4H₂O가 존재함을 확인할 수 있다.

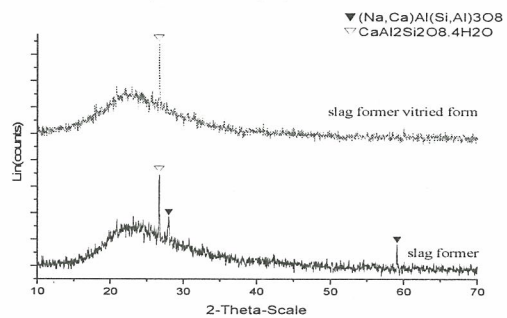


Fig. 1. XRD pattern of slag former and vitrified slag former.

우라늄변환시설 발생 금속폐기물 처리 시 생성된 슬래그 폐기물의 오염핵종은 우라늄이며, 방사능농도는 약 24Bq/g이다. 그리고 슬래그폐기물에는 금속과 금속의 부식성분 등 다량의 불순물이 많이 포함되어 있다. 그림 2는 슬래그폐기물과 유리화 처리된 슬래그폐기물의 XRD 패턴으로 슬래그형성체의 두 경우 모두 주요 구성성분인 SiO₂와 철(Fe) 화합물의 산화물인 Mg(Al,Fe)₂O₄이 존재함을 확인할 수 있다. 따라서 슬래그폐기물에는 금속폐기물을 용융 처리하면서 제거된 불순물에는 Fe성분이 다량 함유되어 있음을 예측할 수 있다.

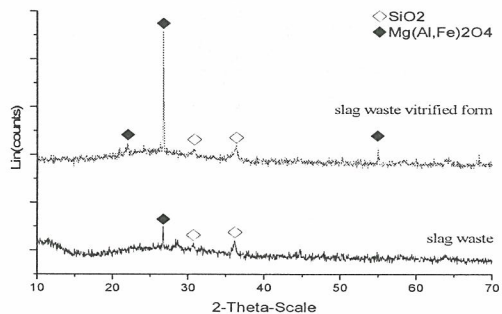


Fig. 2. XRD pattern of slag waste and vitrified slag waste.

2.2 실험방법

유리고화체를 제조하기 위하여 흑연도가니를 사용하여 슬래그형성제와 슬래그폐기물을 1300℃에서 1시간동안 용융하여 그림 3과 같이 유리고화체를 제조하였다.

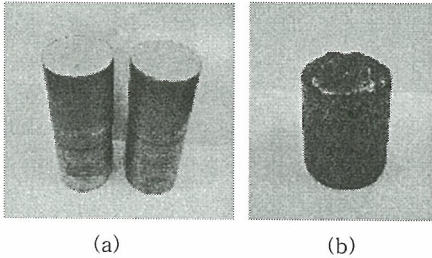


Fig. 3. (a)vitrified slag former, (b) vitrified slag waste.

2.3 유리고화체 제조 시 산화철의 영향

슬래그폐기물의 유리고화체 제조 시 슬래그폐기물에 포함된 불순물들이 용융되는 과정에 기포가 발생되어 슬래그폐기물이 도가니에서 넘치거나 유리고화체에 기공이 발생되었다. 또한 슬래그폐기물에 포함된 철들이 녹아 그림 4와 같이 고화체 밑부분에 철덩어리, 고화체 윗부분에는 철알갱이들이 생성되었음을 확인할 수 있었다.

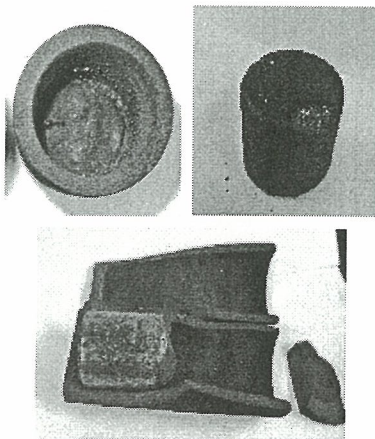


Fig. 4. Vitrified slag waste and crucible after melting.

또한 슬래그형성제는 주성분이 SiO_2 와 Al_2O_3 로 용융 시 기포가 발생하지 않았으나 시료 분쇄과정에서 분쇄기의 날이 마모되면서 불순물로 철이 포함되자 그림 5와 같이 고화체에 기포가 발생하며 끊어 넘치는 현상이 발생 되었다.

이 같은 현상은 슬래그 내에 함유된 산화철이 환원되면서 기포가 발생하는 것으로 판단되며, 이에 대한 추가 조사를 수행할 예정이다.

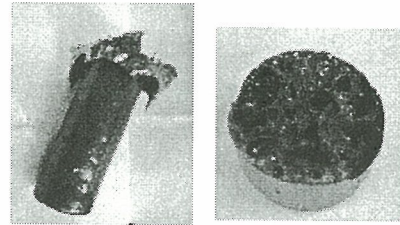


Fig. 5. Vitrified slag former (including iron).

3. 결론

우라늄변환시설 발생 금속폐기물의 용융제염후 발생한 슬래그폐기물 유리고화체 제조 시 슬래그폐기물에 함유된 산화철은 기포 발생을 야기하며, 이는 유리고화체의 압축강도를 저하시킬 것으로 판단된다. 따라서 추후 산화철의 함량 등 추가 조사를 통하여 주조된 고화체의 압축강도 등의 특성평가를 수행할 예정이다.

4. 참고문헌

- [1] 중·저준위 방사성폐기물 유리고화체의 물리·화학적 특성 연구, 한국세라믹학회, vol.38, No.9, p.893~845, 2001.
- [2] 방사성 금속폐기물의 용융 및 재활용 기술현황, 한국원자력연구원 보고서, 2004.