

출탕전극을 이용한 폐기물 용융 슬래그의 배출특성 시험

박승철, 박종길, 최영부

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

scpark@khnp.co.kr

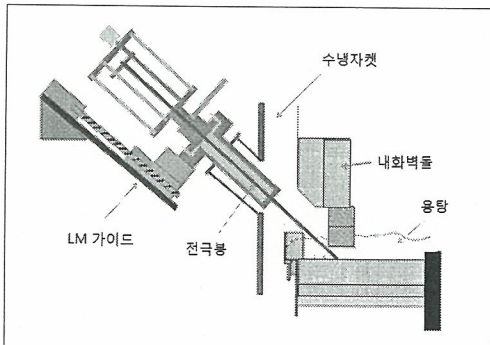
1. 서론

전기에너지를 이용하여 7,000~10,000℃의 플라즈마 불꽃을 만들어 폐기물을 용융시키는 기술은 감용효과 및 최종생성물의 안정성이 매우 우수하며, 처리대상 폐기물의 종류 및 성상에 상관없이 처리가 가능하다. 또 일반 소각에 비해서 다이옥신, 산성가스, 이산화탄소 등의 발생이 현저히 적은 친환경적인 기술로서, 중·저준위 방사성폐기물 처리에도 적절한 기술이다. 그러나 많은 장점에도 불구하고 플라즈마 용융기술을 폐기물 처리에 적용하기 위해서는 중금속류의 휘발, 용융슬래그 배출의 어려움, 전극 및 내화재의 짧은 수명 등을 극복하여야 한다. 이 중에서 용융 슬래그 배출기술은 현재 다양한 기술들이 개발되어 있으나 각 공정의 특성과 현장의 니즈에 맞게 개발해야 할 분야이다. 본 논문에서는 플라즈마 용융기술을 방사성폐기물처리에 활용할 경우 적용가능한 용융슬래그 배출방법을 조사/분석하고 실제 플라즈마 시스템에서 폐기물 용융 슬래그의 배출특성을 시험한 결과를 논의하였다.

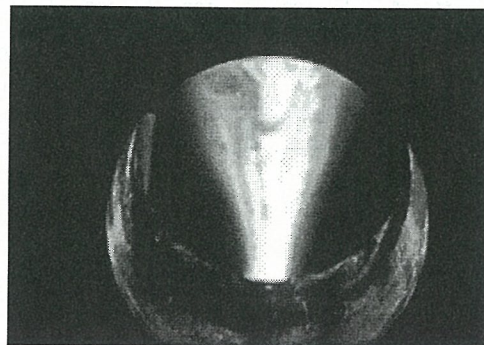
2. 본론

일반적으로 폐기물을 용융하게 되면 비중이 높은 금속류가 용융물의 기저부를 이루고 비중이 낮은 기타 무기물은 상층부를 이루기 때문에 금속층은 로하부 배출구를 통해 배출하고 상부 슬래그층은 로측면으로 배출하게 된다. 그리고 용융 슬래그의 조성, 염기도(CaO/SiO₂의 비), 비중 등은 당초 폐기물의 무기물 조성으로부터 결정되는 사항이기 때문에 용융물의 배출과 관련하여 가장 중요한 것은 로의 용융물 배출시스템의 구조, 용융물의 온도 및 점성이다. 여기서 용융물의 온도는 power balance를 조절하여 제어할 수 있으며 용융물의 점성은 플럭스 도입으로 일정 범위에서 조절할 수 있다. 그러나 용융물 배출시스템은 처리 대상 폐기물의 특성 및 슬래그 고화체의 재활용 여부 등 현장의 니즈에 맞도록 설계하여야 하는 사항이다. 특별히 중·저준위 방사성폐기물 용융 슬래그를 배출할 때는 다음 몇 가지 사항이 고려되어야 한다. 첫째, 전용배출구를 통해 용융물을 배출할 경우 배출구에 설치된 내화재가 용융물 유동에 의해 마모, 침식, 용융 등으로 소모되기 쉽기 때문에 내구성을 대비한 재료선정이 중요하며, 배출 시작 후 배출구가 점차 좁아지는 점을 고려하여 설계하여야 한다. 둘째, 용융로 주변의 동작부품(moving parts)은 유지보수가 쉽도록 하여야 한다. 셋째, 보조 열원(heat source)을 이용하여 용융 슬래그를 배출하려는 경우 설비안전성과 운전절차의 단순화가 가장 중요하다.

원자력발전기술원이 시험 중인 500kW급 혼합형 플라즈마 토치용융로 시스템에서는 출탕전극을 이용하여 용융 슬래그를 배출하는 일련의 시험을 수행하였다. 시험에 사용한 용융 슬래그 배출방법은 전극의 방전을 이용하여 배출구를 막고 있는 슬래그를 녹여내는 방식으로서 일종의 보조열원에 의한 용융 슬래그 배출방식이다.



a. 출탕전극에 의한 용융 슬래그 방법



b. 출탕전극에 의한 용융 슬래그 배출 장면

그림 1. 500kw급 혼합형 플라즈마 토치 용융로의 출탕전극 개념 및 슬래그 배출 장면

이 방법에 의한 용융 슬래그 배출은 우선 로내 용탕의 배출 시기가 도래하면 이송모드(transfer mode)로 운전 중이던 토치의 전류 흐름을 출탕구쪽으로 전환하고, 다음으로 출탕전극과 배출구를 막고 있는 슬래그 사이에 방전을 유도하여 그 열로서 배출구를 막고있는 용융물을 녹여낸다. 방전열에 의해 배출구가 open되어 용융 슬래그가 배출되기 시작하면 출탕전극의 방전을 멈추고 토치 운전모드를 본래 상태로 전환한다. 이 출탕전극에 의해 용융물 배출을 위해서는 용융물의 spitting이나 사이드 아킹에 의한 토치 손상을 최소화할 수 있도록 사전에 비이송(non-transfer) 전류와 이송(transfer)전류의 혼합비, 플라즈마 토치 전방노즐과 용탕표면 간의 거리 등 조건을 최적화해야 한다. 시험결과 배출구가 용융에 소요되는 방전시간은 시험조건마다 달라서 일률적으로 언급하기는 어려우나 5~10분 이내에 슬래그 배출구를 open할 수 있었고 약 30분 이내에 용융물 1 batch(기저 금속 제외 최대 100리터)를 완전히 배출할 수 있었다. 그러나 출탕전극 방식에 의해 용융 슬래그를 안정적으로 배출하기 위해서는 몇 가지 개선이 필요한 것으로 나타났다. 출탕전극과 용융 슬래그간의 통전이 불완전할 경우 배출이 어려우며, 출탕전극의 냉각이 고려되지 않아서 전극의 소모속도가 빠르다는 문제점이 있었다. 그러나 용융 슬래그 배출구가 점차 좁아지는 현상은 필요시 추가적인 방전을 통해 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결론

중·저준위 방사성폐기물 용융 슬래그의 원격 자동화 배출 방법의 하나로서 자체 개발한 출탕전극에 의한 배출방법을 원자력발전기술원 플라즈마 용융시스템에서 시험하였다. 시험결과 비교적 짧은 시간에 용융 슬래그의 배출이 가능하였다. 그러나 보다 안정적인 용융 슬래그 배출을 위해서는 출탕전극과 용융슬래그간의 통전의 불완전성을 극복하고 냉각에 의해 전극의 수명을 보완하는 방안에 대한 추가적 연구가 필요한 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] J. of Hazardous Materials 161 pp 614-624, Thermal Plasma Technology for the Treatment of Waste(2009)
- [2] Proceedings of GLOBAL 2005 Tsukuba, Japan, The ZWILAG Incinerator and Melting Furnace(2005)
- [3] IT3 Conf. Phoenix, Arizona, Destruction of Electrical Equipment and PCB oil in a Plasma Enhanced Melter(2004)