해체금속폐기물의 용융제염

이규일, 황두성, 김태준. 최윤동, 황성태, 박진호, 정운수
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
kilee@kaeri.re.kr

변환시설의 해체 시 발생한 해체폐기물은 2007년 현재까지 약 260톤이며, 이들 중 탱크, 배관, 반응기, 펌프류 등의 해체금속폐기물이 약 179톤으로 79%를 차지하고 있다. 이들 해체금속폐기물은 제염 처리공정을 통하여 전량 자체처분폐기물로 전환시키는 것을 목표로 두고 있다. 이는 오염된 금속류를 효과적으로 제염한 다음 자체처분시킴으로서 방사성폐기물에 대한 처분비용을 저감할 수 있기 때문이다. 해체금속폐기물 중 스테인레스강 해체폐기물은 질산 용액을 사용한 초음파 화학제염공정으로 제염한 후 자체처분폐기물로 전환하였으나, 탄소강 해체물의 경우 스팀제염공정으로 제염한 결과 제염 효율은 좋았으나 변환시설 가동 중 유지 보수를 위하여 페인팅을 하였던 해체물의 경우 페인트를 제거하지 않을 경우 스팀제염장치로는 제염이 안 되었다.

제염 대상 탄소강 해체물량은 약 86톤이며, 이의 제염 및 감용을 위하여 용융제염 연구를 수행하였다. 금속용융은 고주파에 의한 용융방법을 선택하였으며, 이 방법은 장치가 간단하고 폐기물 처리량이 비교적 적고 단속적인 운전에 매우 효과적이다. 용융장치는 그림과 같이 고주파 발진기 및 용해로체로 구성된 전기유도로와 냉각계통으로 구성된다. 고주파발진기는 철제 200kg을 용해할 수 있는 용량을 갖추었고, 실험을 위해서 30kg을 녹일 수 있는 용해로체를 구성하였다. 용해로체를 크게 할 경우에는 고주파발진기의 출력 주파수를 변경할 수 있게 하였으며, 냉각장치는 비용절감을 위해서 냉각탑으로 하지 않고, 직접 냉각수를 흘려보내면서 냉각하는 방식을 채택하였다. 용융장치의 발진기 부분의 입력전원은 3상, 440V, 60Hz이며, 출력전원은 200kW, 출력주파수는 1kHz, 3kHz, 5kHz로 구성되어 있다. 융융장치의 최고가열온도는 1650℃이고, 입/출력신호는 전기, 전자 및 컴퓨터제어 방식으로 제어된다. 용해로체 부분 중 고주파유도가열부는 heating coil 및 절연부로 구성되어 있고, 그 외 support frame과 lever로 구성되어 있다.

유도로를 이용한 금속용융의 장점은 그림 2와 같이 용융물의 대류현상으로 용융물 내 함유된 성분이 균일하다는 장점을 가지고 있다. 이는 기초 실험을 통하여 확인하였으며, 기초 실험은 탄소강 3kg에 우라늄과 열역학적 거동이 유사한 Ce을 1 wt% 첨가하여 용융제염을 수행하였다. 슬래그 형성제를 5 wt% 첨가하여 Ce을 제거한 후, 제조된 주괴 내 함유된 오염물(Ce)의 균일도를 확인하기 위하여 그림 3에 나타낸 바와 같이 6 지점을 선정하여 시료를 채취하였으며, 채취된 시료내 Ce의 농도는 분석장치(ICP)의 검출 한계인 2ppm이하로 균일하였으며 (표 1), 실제 처리 전 변환시설 해체폐기물을 사용하여 실제 규모로 확인할 예정이다.

위와 같은 용융물 내 오염물 농도의 균일도를 근거로 용융제염 시 1 batch에서 국자 모양의 시료 채취기를 사용하여 시료를 채취한 후 얇은 판 형태의 방사능 분석용 주괴를 제조하여 방사능 농도 분석을 수행할 예정이다.

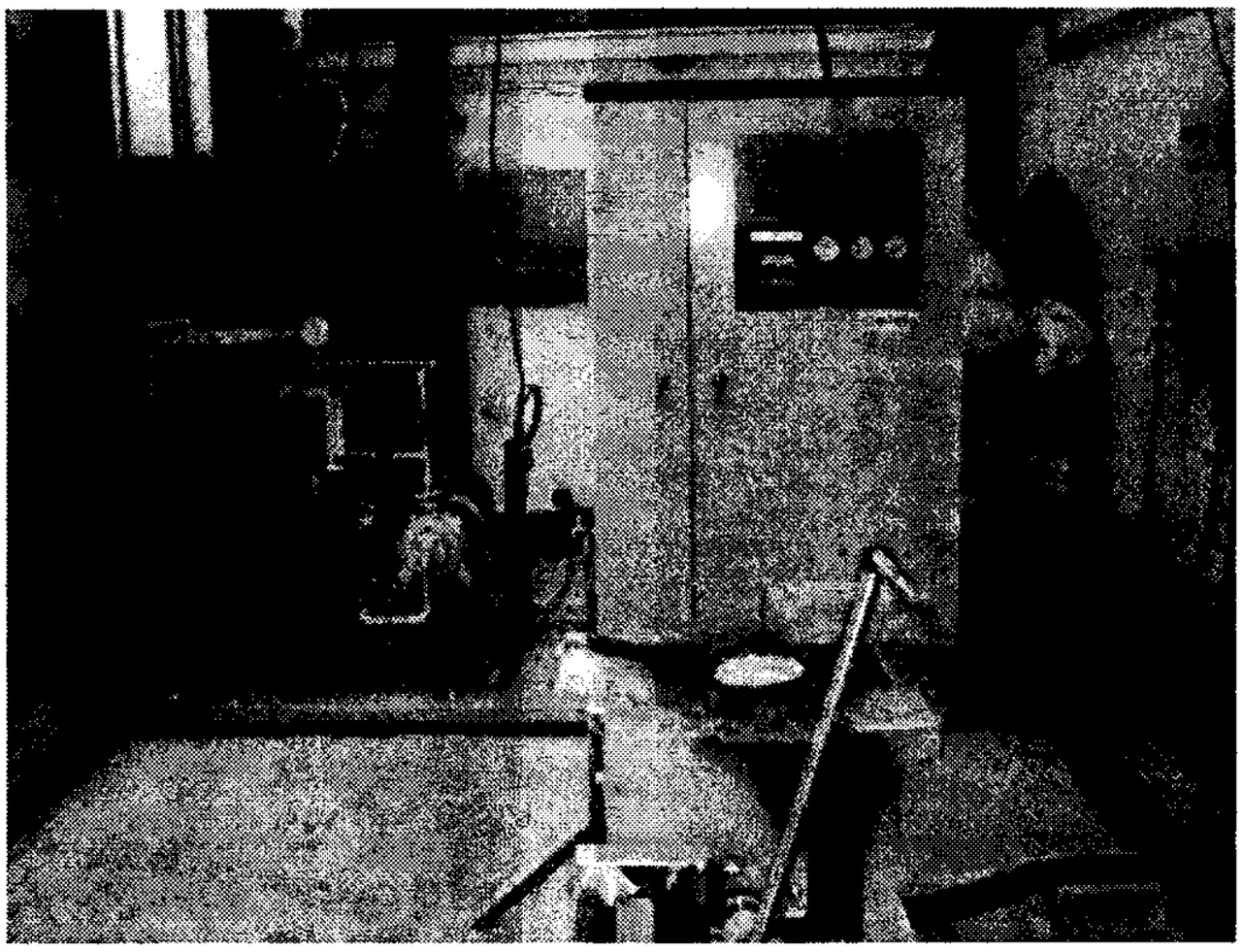

그림 1 고주파 유도로

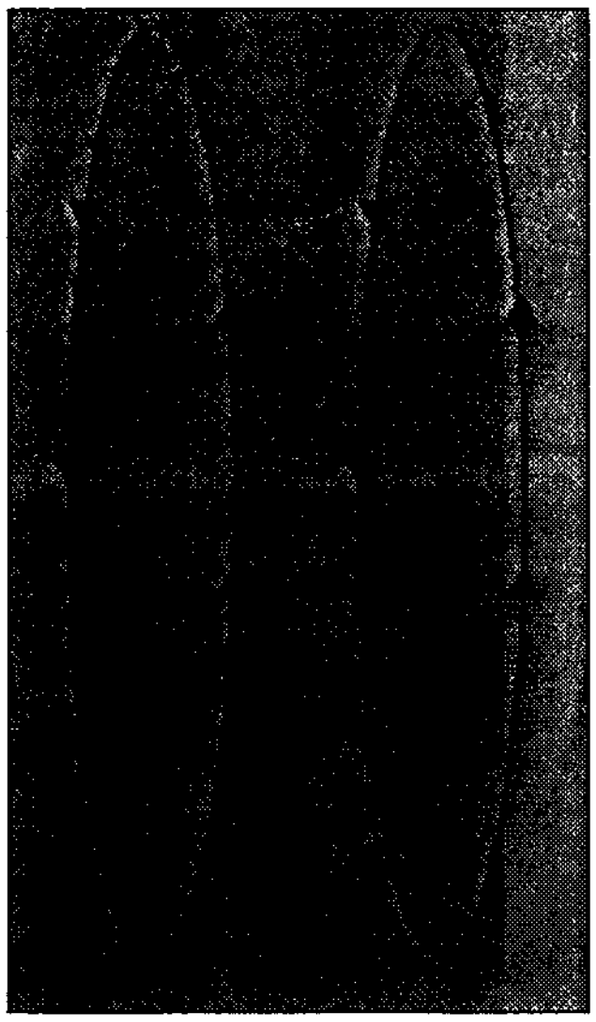

그림 2. 용융물의 대류 현상

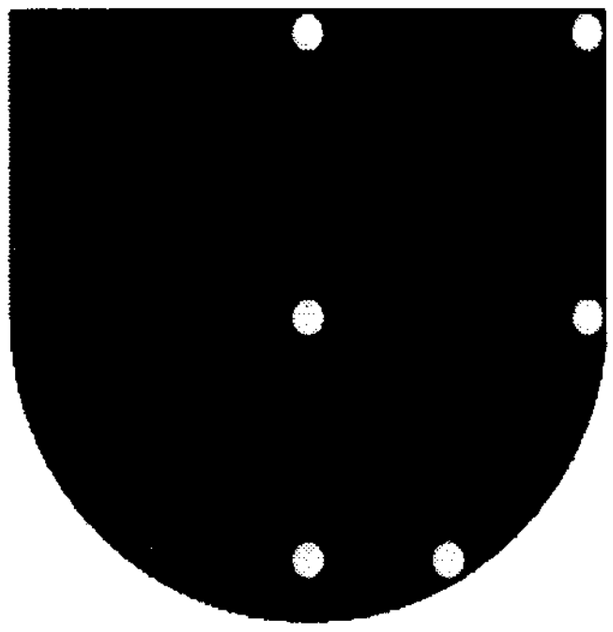

그림 3. 시료 채취지점

표 2.2.1 용융제염 후 주괴(ingot) 내 Ce 농도

시료번호	1	2	3	4	5	6
Ce, ppm	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2