

La Hague 재처리시설에서의 원격취급시스템 적용 사례 분석

이종광, 박병석, 김기호, 조일제, 이한수

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

leejk@kacri.re.kr

1. 서론

La Hague 재처리시설은 원격취급과 관련하여 전 세계적으로 가장 주목할 만한 곳으로, 약 600대의 기계식 마스터-슬레이브 원격조작기가 설치되어 있고 150 여명의 운전원이 근무하고 있다. 최근에는 작업 조건의 개선과 핫셀 내 공정 운전 및 유지보수 작업의 효율 향상을 위하여 내방사성을 고려한 각종 첨단 자동화 장비, 원격 조작기 및 원격 감시/검사기기 등을 개발하고 있으며 작업 표준 확립을 위한 노력을 경주하고 있다. 본 논문에서는 La Hague 재처리 시설에 적용하기 위해 개발하고 있는 원격취급시스템과 이들의 적용 사례를 조사하여 정리하였다.

2. La Hague 재처리 시설 및 공정 개요

현재 AREVA NC La Hague 부지에는 연간 800톤씩 처리할 수 있는 UP2-800 및 UP3 재처리 공장이 가동 중이며, 40년 이상 운영하면서 26,000톤 이상의 산화 연료들을 재처리하였다. 재처리 공정은 Fig. 1과 같이 구성된다. 약 35 mm 길이로 절단된 연료는 질산 용액에 담겨 용해되며, 용해되지 않은 지르코늄 합금 피복체는 체적을 줄이기 위해 압축된다. 우라늄/플루토늄/핵분열 생성물은 PUREX 공정에 기반한 솔벤트 추출 공정을 통해 분리된다. 우라늄과 플루토늄은 가공해서 MOX 연료를 만들어 재사용하고, 최종 폐기물은 유리고화하여 중간저장한다.

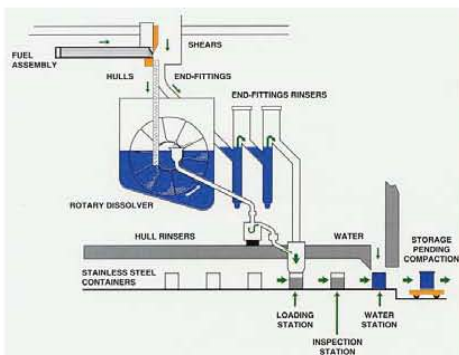


Fig. 1. La Hague recycling process flow.

3. 원격취급시스템

1996년부터 프랑스 CEA LIST와 AREVA는 서로 다른 요구조건을 갖는 사용후핵연료 관리 시설들에 적용하기 위한 로보틱스와 원격취급 기술들에 대한 야심찬 연구 개발 프로그램을 시작하여 현재까지 활발한 협력관계를 유지하고 있다. CEA LIST는 개념 설계와 프로토타입의 개발을 맡고 AREVA는 개발품의 규격화와 산업화를 담당하도록 업무를 분담했다. 재처리 시설의 원격 유지보수 작업을 위해 Fig. 2와 같은 다양한 하드웨어 개발과 함께 이들을 제어하고 관리하는 소프트웨어 개발도 병행하고 있다[1].



Fig. 2. Development remote handling hardware.

4. 원격취급시스템 적용 사례

4.1 MT-200 TAO 핫셀 적용

MT-200 TAO 시스템은 La Hague 재처리시설에 설치되어 있는 La Calhène사 MT-200 기계식 마스터-슬레이브 원격조작기의 성능을 개선하고 인간공학적 측면에서 작업공간을 최적화하기 위해 슬레이브 암을 서보화한 것으로, 2010년 9월 프로토타입을 핫셀에 설치하여 현재 적용성 평가를 수행하고 있다(Fig. 3). 원격제어는 서보식 마스터 조작기를 통해 수행된다. 이러한 개량을 통해 작업영역이 3배 이상 늘어났으며, 토크 제한과 컴퓨터 지원을 통해 수명이 4배 이상 증가되었다.



Fig. 3. MT-200 TAO system.

4.2 용해조 휠 교체 작업

재처리시설의 용해셀에 설치된 용해조는 농축된 질산이 담겨진 평평한 형상의 탱크와 12개 버킷이 설치된 용해 휠로 구성된다. 용해 휠은 프레임에 고정된 여덟 개의 롤러에 지지되어 회전한다. 롤러들은 예방적 유지보수 차원에서 매 5년마다 교체하며, 이를 위해 용해조 휠은 커버와 함께 용해셀 상부에 위치한 고준위 유지보수셀로 들어 올려져 유지보수 작업이 수행된다(Fig. 4).

원격 작업을 위해 산업용 로봇을 개조하여 슬레이브 팔로 사용하는 MA23/RX170 원격로봇 시스템이 AREVA 자회사인 MECACHIMIE에 의해 구축되었다. 세 번의(UP2-800 플랜트 : 2007년, UP3 플랜트 : 2005년과 2010년) 성공적인 유지보수 작업을 수행한 이후 이러한 유지보수 작업 절차는 La Hague 재처리시설에서 표준이 되었다.

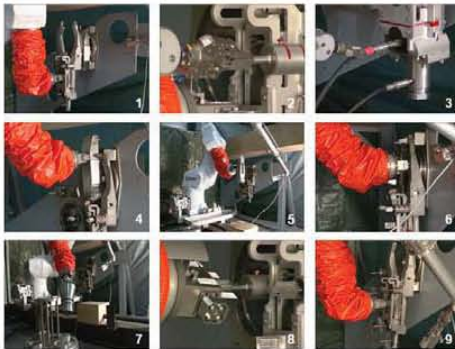


Fig. 4. Dissolver roller wheel maintenance.

4.3 용해조 버킷 내부 청소 작업

용해 휠을 구성하는 12개 버킷들은 약 1 mm 직경의 구멍들이 나있는 다수의 표면들을 갖는 체와 비슷하다. 주된 유지보수 작업은 최적의 공정 효율을 유지하기 위하여 침착물들을 제거하도록 고압수를 사용하여 내부 버킷들 사이 공간을

청소하는 것이다. 하지만 고압의 호스로 내부 버킷 공간들에 대해 접근하는 것은 무게 불균형 때문에 특히 어렵다. 이 작업에서 각각의 구멍들에 정확하게 고압수를 분사하고 배출물 발생을 최소화하기 위해서는 정교하고 자동화된 시스템이 필요하며, AREVA는 용해조 휠 교체작업을 성공적으로 수행했던 장비를 이 작업에도 사용했다. Fig. 5는 목업에서 RX170 로봇을 사용하여 버킷 내부 공간을 청소하는 모습을 보여주며, 현재 핫셀 적용을 위한 사전 검증 작업을 진행 중에 있다.



Fig. 5. Clean-up of the interbucket spaces.

5. 결론

본 논문에서는 La Hague 재처리시설에 적용된 원격취급기술 현황에 대해 정리하였다. 산업체와 연구기관 간의 긴밀한 연계와 적극적인 업무 분담을 통해 여러 가지 성공적인 연구/개발/적용이 가능했으며, 컴퓨터 지원 원격운전을 통해 작업성을 향상시킬 수 있었다.

6. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

7. 참고문헌

[1] F. Geffard et al., "TAO2000 v2 computer-assisted force feedback telemanipulators used as maintenance and production tools at the AREVA NC-La Hague fuel recycling plant," *Journal of Field Robotics*, vol. 29, no. 1, pp. 161-174, 2012.