

## 하나로 OR 시험공에서 조사한 계장용 재료캡슐(07M-21K)의 이송, 절단 및 해체의 핫셀시험 비교/분석

주용선, 송웅섭, 유병옥, 김도식, 김기하, 백승제, 안상복  
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

[vschoo@kaeri.re.kr](mailto:vschoo@kaeri.re.kr)

### 1. 서 론

조사재시험시설에서 2008년 6월 초부터 약 3주간에 걸쳐 하나로 OR 조사공에서 최초로 조사한 계장캡슐(07M-21K)을 절단 및 해체하였다. 본 캡슐은 제4세대 원전용 고온재료의 환경 및 조사효과 연구 과제에서 개발하는 원자로재료의 노내 성능평가를 위한 것으로써, 중성자 조사량은 24일 1주기 동안 최대  $3.5 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$  이며, 캡슐의 특징은 외경이 기존의 하나로 CT/IR 조사공에서 조사한 표준형 재료계장 캡슐의 외경인 60 mm보다 4 mm가 작은 56 mm이고, 조사온도도 390°C로 기존의 캡슐 조사온도인 300°C보다 높고, 또한 조사기간이 길었다. 본 캡슐의 시편 홀더에 삽입한 시편은 모재용 충격시편 17개, 용접재 충격시편 12개 및 1/2 충격시편 19개이다.

본 논문에서는 기존의 조사캡슐[1]에 비해 외경이 작고, 조사온도가 높으며, 조사기간이 긴 캡슐(07M-21K)의 이송, 절단 및 해체 등의 시험 전 검토 내용[2]과 실제 핫셀시험과정을 비교/분석하였다.

### 2. 실험 및 결과

#### 2.1 이송(Transportation)

하나로 저장풀에서 약 30일 냉각된 조사캡슐을 10톤 운반용 캐스크(cask) 및 11톤 트럭을 사용하여 조사재시험시설의 캐스크 인수구역으로 운반하고, 30톤 고정용 호이스트 및 30톤 운반용 카트를 사용하여 서비스구역(service area)으로 이송하였다. 운반용 캐스크의 상부 충격흡수체 및 뚜껑 체결용 볼트를 이완 및 제거하고, 30톤 천정크레인(overhead crane) 및 취급장치로 캐스크를 수조(pool)의 바닥으로 이송하고, 캐스크의 뚜껑을 전용장치로 들어 올리고, 용량이 500 kg인 지브크레인 및 조사캡슐 인출용 치구로 캡슐을 캐스크로부터 꺼내 M1 핫셀과 연결되어 있는 30 cmW x 30 cmDm x 1.6 mH 의 버켓엘리베이터를 구동시켜 핫셀로 이송하고, 인셀크레인(in-cell crane) 및 원격조종기(master-slave manipulator)를 사용하여 M1 핫셀 내부로 반입하였다. 하나로 OR 조사공에서 조사한 계장캡슐(07M-21K)의 직경이 기존의 캡슐에 비해 직경이 4 mm 감소하였지만, 전체 길이는 기존의 캡슐의 제원과 동일하므로, 전술한 일련의 작업에서 문제점은 전혀 없었다.

#### 2.2 절단 및 해체(Cutting and dismantling)

M1 핫셀로 반입한 캡슐은 셀간 문(intercell door)을 통해 M2 핫셀로 이송하여 그림 1의 캡슐절단기 및 표1의 운전조건으로 캡슐의 하단부 및 상단부를 절단한 후, 원격조종기를 활용하여 외통 및 내부구조물을 분리하였고, 분리한 내부구조물은 다시 캡슐절단기로 열선(heating wire) 및 열전대(thermo-couple)를 절단하여 5개단의 열매체와 시편홀더를 해체하였다. 하나로에서 캡슐의 상부를 절단한 직후 조사재시험시설의 풀로 이송하더라도 하나로 저장풀물이 캡슐 내부로 침투하여 캡슐 내부의 열매체, 시편홀더 및 시편간의 화학작용으로 인해 진흙과 같은 알루미늄 화합물이 발생해 절단 및 해체시 시편을 시편홀더의 구멍으로부터 용이하게 분리시키는데 많은 시간과 인력이 투입될 것으로 예상하였으나, 캡슐 절단 작업 중 하나로 저장풀물의 캡슐 내부로의 침투를 전혀 확인할 수 없었고, 따라서 캡슐 내부의 열매체, 시편홀더 및 시편간의 화학작용으로 인한 진흙과 같은 알루미늄 화합물이 발생하지 않아, 절단 및 해체시 시편을 시편홀더의 구멍으로부터 용이하게 분리시킬 수 있었다.

공작물의 장착에 대해서는 캡슐절단기의 시편물림척은 연동척으로 구성되어 있어 커다란 문제는 발생하지 않겠으나, 운전조건은 절단회과 캡슐 외통간의 절단 작업 중의 끼임현상을 최소화하기 위해 기존의 캡슐 외경 60 mm를 기준으로 설정한 조건보다 물림척, 휠 회전속도 및 이송속도는 표1의 조건 값들보다 높게 설정해야 할 것으로 검토하였으나, 캡슐의 중성자 조사로 인한 조사취화

(irradiation embrittlement) 정도가 비교적 양호하여 기존의 운전조건으로 절단 및 해체작업을 수행하였는데, 절단휠과 외통간의 끼임현상이 전혀 발생하지 않았다. 시편홀더의 구멍으로부터 삽입된 시편들을 해체하기 위해 그림 2의 시편 프레스 머신(specimen press machine)을 사용하였는데, 시편과 시편홀더간의 끼임현상(jamming)도 전혀 발생하지 않아 해체작업이 용이하게 완료되었다.

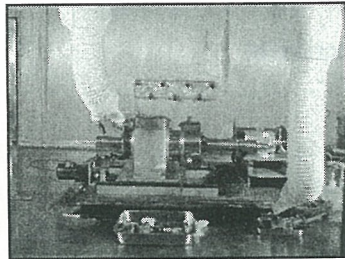


그림 1. 캡슐절단기

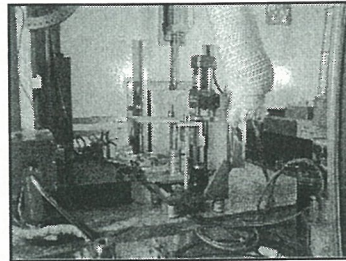


그림 2. 시편 프레스 머신

표 1 계장캡슐(07M-21K)의 캡슐절단기 절단작업 운전조건

비교 항목	기존 값	실제 운전값	비고
Material of outer	STS316	STS316	
Diameter(mm)	60	54	
Length(mm)	1,000	1,000	
Chuck(rpm)	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 3.0	
Wheel(rpm)	200	200	
Feed speed(mm/min)	0.15	0.15	
Working time(hr)	1.0	1.0	

### 3. 결 론

하나로 OR 조사공에서 최초로 조사한 계장캡슐(07M-21K)의 직경, 조사온도 및 조사기간의 변경으로 인한 조사재시험시설에서의 이송, 절단·해체 등의 조사후시험에 대해 작업착수 전 검토내용과 실제 작업내용에 대해 비교/분석하였다.

캡슐 외경이 기존의 캡슐에 비해 4 mm 감소하였지만, 캡슐의 중성자 조사로 인한 조사취화 정도가 비교적 양호하여 물립척, 휠 회전속도 및 휠 이송속도는 표1과 같이 기존의 조건 값들과 같게 설정하여 수행하였다.

캡슐 장전은 캡슐절단기의 시편물립척이 연동적으로 구성되어 있어 커다란 문제점은 없었고, 하나로 저장플에서 조사재시험시설의 반입플 간의 신속한 작업으로 캡슐내부로의 풀물 침투현상이 발견되지 않아 캡슐 내부의 열매체, 시편홀더 및 시편간의 화학작용으로 인한 진흙과 같은 알루미늄 화합물 발생이 전혀 없어 캡슐의 절단 및 해체, 그리고 시편 해체 등에 문제점이 전혀 없었다.

### 4. Acknowledgment

본 실험은 제4세대 원전용 고온재료의 환경 및 조사효과 연구 과제의 일환으로 2008년 6월에 수행되었습니다.

### 5. REFERENCES

- [1] 주용선 외, “하나로 조사 핵연료 및 재료용 무게장/계장 캡슐 조사후시험 현황”, 하나로 심포지엄, 2004.
- [2] 주용선 외, “하나로 OR 시험공에서 조사한 계장용 재료캡슐(07M-21K) 핫셀시험”, 하나로 심포지엄, 2008.