

# 사용후핵연료 수송용기의 복합신소재 차폐체 적용에 관한 연구 A study on application of advanced composite material shielding production for nuclear spent fuel shipping cask

\*이주철<sup>1, #</sup>, 박상후<sup>2</sup>, 박종필<sup>1</sup>, 박정현<sup>1</sup>

\*J. C. Lee<sup>1, #</sup>, S. H. Park(sanghu@pusan.ac.kr)<sup>2</sup>, J. P. Park, J. H. Park

<sup>1</sup>부산대학교 기계공학부 대학원, <sup>2</sup>부산대학교 기계공학부 / 정밀정형 및 금형가공연구센터

Key words : Nuclear spent fuel, Shipping cask, Shielding production

## 1. 서론

에너지 소비의 증가로 인하여 수입에 의존하는 화석에너지 사용은 우리나라 경제에 큰 부담으로 작용하고 있다. 이에 우리나라의 에너지 자립을 위해 유일한 현실적 대안으로 여겨지는 원자력 발전은 지속적으로 발전해 왔으며 현재 국내 에너지 생산에 중요한 역할을 하고 있다. 또한, 현재 가동 원전의 수명연장 및 신규 원전의 건설에 따라 사용후핵연료 발생량은 급격히 증가될 것으로 예상된다. 그러므로 사용후핵연료를 처리할 수 있는 기술의 확보가 필요한 실정이다.

이에 본 과제에서는 이러한 환경에 발맞추어 사용후핵연료 수송용기 내 차폐체에 대한 개발을 그 목적으로 하며 대표 수송용기를 선정하여 수립된 방법론을 적용하여 정적인 상태에서의 일반 조건에서 열적 건전성 해석을 바탕으로 열구조해석을 실시하여 차폐체를 적용한 수송용기의 구조적 건전성 평가를 수행하였다.

## 2. 열구조해석 수치모델

수송용기의 열유동 해석결과 도출된 온도 분포를 구조해석 코드로 전달하여 열구조 해석을 평가하였다. 상용 차폐체인 NS-4-FR 이 적용된 TN24 사용후 핵연료 수송용기의 형상은 Fig.1 과 같다. TN24 수송용기는 알루미늄 재질의 핵연료 바스켓, 스테인리스 스틸 재질의 메인 바디, 구리 재질의 냉각핀, NS-4-FR 재질의 차폐체 및 스틸 재질의 Lib 과

상하부 받침대로 구성되어 있다. 구조 해석은 유동해석(비선형)과 달리 선형 방정식을 푸는 과정이므로 구조해석에 적합한 격자를 재생성 하였으며 총 노드수는 약 120 만개이며 총 격자수는 약 70 만개이다.

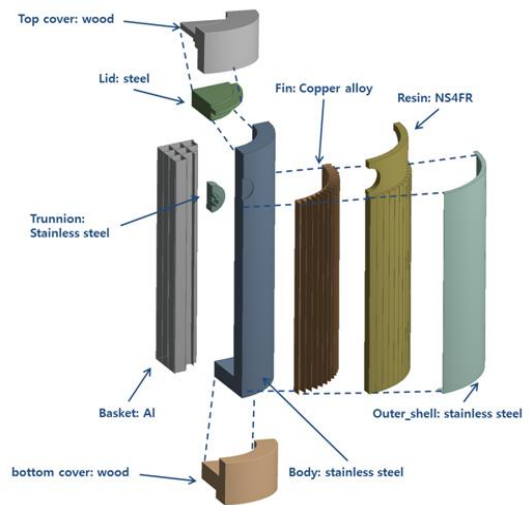


Fig. 1 The Model of nuclear spent fuel shipping cask for thermal-structure coupled field analysis

## 3. 열구조해석 경계조건

수송용기 전체모델의 1/4 만 해석대상으로 선정하였으므로 대칭이 되는 경계면에 x, y 방향으로 대칭 경계조건을 선정하였으며, 수송용기 바닥은 그림 Fig.2 와 같이 마찰을 고려하지 않는것으로 가정하였다.

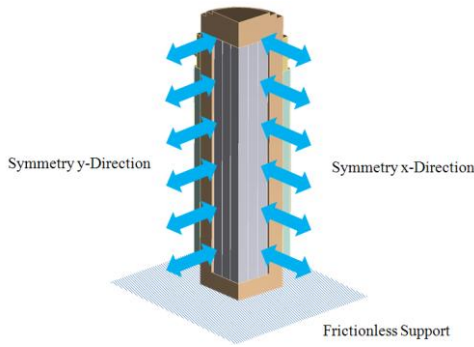


Fig. 2 Boundary conditions of thermal-structure coupled field analysis

#### 4. 열구조해석 해석결과

열구조 해석결과 Fig.3 과 같이 최대 열응력은 약 690 MPa, 최대 변형률은 약 4.4 mm 로 평가되었다. 수송용기 각부의 응력을 분석해 본 결과 바스켓 및 메인 바디의 경우에는 냉각핀 및 차폐체를 둘러싼 외통의 모서리에서 국부적인 응력집중이 발생됨을 확인하였다. 바스켓과 외통은 그 두께가 상대적으로 매우 얇으므로 모서리 부분에 응력이 집중되는 것은 물리적으로 타당한 현상이다. 냉각핀의 응력 분포의 경우 바스켓과는 달리 국부적인 응력 집중 없이 냉각핀 전체에 응력이 고르게 분포되어 있었으며, 차폐체 영역 또한 Fig.4 와 같이 국부적인 응력집중 없이 열응력이 고르게 분포되어 있음을 알 수 있다.

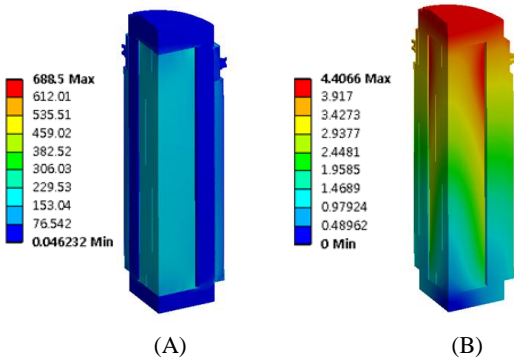


Fig. 3 (A) Stress distribution of spent fuel shipping cask, (B) Strain distribution of spent fuel shipping cask

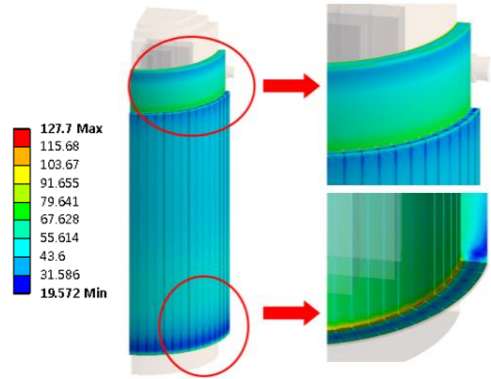


Fig. 4 Stress distribution of the shielding production

#### 5. 결론

대표 수송용기를 선정하여 열적 건전성 해석을 바탕으로 열구조해석을 실시하였다. 해석결과 최대 열응력은 약 690 MPa, 최대 변형률은 약 4.4 mm 로 평가되었으며, 각 부의 응력을 분석해 본 결과 국부적인 응력집중 없이 열응력이 고르게 분포되어 있음을 확인할 수 있었다. 향후 대표 수송용기를 이용한 차폐체의 열적·구조적 해석결과를 바탕으로 개발될 차폐체에 대한 열적·구조적 해석에 적용할 수 있다.

#### 후기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다 (No. 20101720200020-12-3-01).

#### 참고문헌

1. 교육과학기술부고시 제 2009-37 호
2. 이주찬, 김동학, 방경식, 신희성, 서기석, 김호동, "사용후핵연료 금속전환체 저장용기 설계 및 안전성 평가", 한국방사성폐기물학회 학술발표회 논문집, 2006
3. 서기석, 이재한, 강경훈, 박성원, 정성환, "사용후연료 건식 저장용기의 구조평가", Proceeding of Korean Radioactive Waste Society, 2003