3D 프린팅 격자구조 기반 고성능
충격흡수용 방사성물질 운반용기 완충장치

KEYWORD 사용후핵연료 운반용기, 충격완충체, 격자구조, 3D 프린팅, 충격에너지 흡수
기술완성도(TRL) Applied research (기본성능검증 ; 3단계)

기술 개발 배경

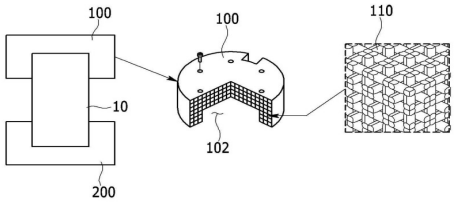
충격흡수용 방사성물질 운반용기 완충장치 개발 필요

- 사용후핵연료 및 방사성물질 운반용기는 국제 안전기준에 따라 낙하, 충돌 등 극한 사고 조건에서도 내부 방사성물질을 안전하게 보호할 수 있는 고성능 충격완충재가 필수적으로 요구됨
- 기존 완충재로 사용되는 발사(Balsa) 목재와 Red Wood는 천연재료 특성상 밀도, 함수율 및 기계적 물성이 일정하지 않아 충격흡수 성능의 편차가 발생하는 문제가 있음
- 천연 목재는 장기 보관 시 품질 변화가 발생할 수 있으며, 안정적인 원자재 확보와 품질 관리에도 어려움이 있음
- 최근에는 제품 경량화, 설계 자유도 향상 및 맞춤형 제작이 가능한 첨단 제조기술에 대한 산업계 수요가 빠르게 증가하고 있음
- 이에 따라 균일한 품질과 우수한 충격흡수 성능을 확보하면서 다양한 형상으로 제작 가능한 차세대 충격흡수 기술 개발이 요구되고 있음

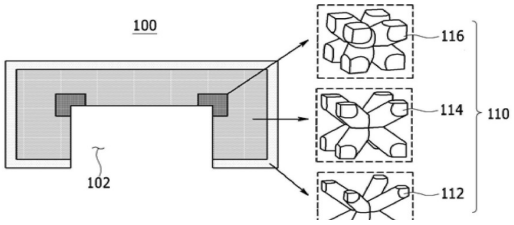
기술 내용 및 특징

충격흡수용 방사성물질 운반용기 완충장치 핵심 기술

- 본 기술은 3D 프린팅 기반 격자(Lattice) 구조 설계기술을 적용하여 충격에너지를 단계적으로 흡수·분산시키는 고성능 충격완충 기술임
- 충격이 집중되는 위치에 따라 격자의 밀도와 형상을 다르게 설계하는 밀도 최적화 기술을 적용하여 기존 완충재 대비 우수한 에너지 흡수 성능을 구현함
  - 외곽부(저밀도): 정상 운반조건(0.3~1.2 m 낙하) 충격력 최소화 + 좁은 단면적·내부 캐비티로 화재사고 시 단열 기능
  - 내측부(중밀도): 대부분의 충격에너지를 흡수
  - 모서리부(고밀도): 사고조건(9 m 낙하)에서 운반용기와 표적의 직접 충돌을 최종적으로 저지
- 금속 및 고분자 소재를 적용할 수 있어 사용 목적과 운용 환경에 맞는 다양한 제품 설계가 가능함
- 기존 절삭가공 방식과 달리 필요한 부분만 적층하여 제작하므로 재료 이용률이 높고 제작 공정을 단순화할 수 있음
- 균일한 품질 확보가 가능하여 제품 간 성능 편차를 최소화하고 반복 생산 시 높은 신뢰성을 확보함
- 본 기술은 설계 변경이 용이하여 운반용기뿐만 아니라 다양한 산업용 충격흡수 구조체로 확대 적용이 가능한 플랫폼 기술임



[운반용기 상·하부 충격완충체 및 격자구조 완충재 구성]



[결합 위치별 밀도를 달리한 격자구조(밀도 다변화 설계)]

10:운반용기	100:제1 충격완충체	102:제1 결합부	110:제1 격자형 완충재
112:제11 완충부	114:제12 완충부	116:제13 완충부	200:제2 충격완충체

Technology Brief

충격흡수용 방사성물질 운반용기 완충장치

종래기술과의 차별성

종래 기술의 한계

- 천연 목재를 사용하여 함수율과 밀도 차이로 성능 편차가 발생
- 재료 특성상 형상 변경과 성능 최적화에 한계
- 절삭가공 방식으로 재료 손실이 많고 제작 공정이 복잡
- 천연 목재의 안정적 수급 및 품질관리에 어려움
- 운반용기 중심의 제한적인 활용
- 설계 변경 시 새로운 금형이나 가공이 필요

본 기술의 우수성

- 3D 프린팅 격자구조를 적용하여 균일한 품질과 안정적 충격흡수 성능 확보
- 격자 형상과 밀도를 자유롭게 설계하여 목적에 맞는 최적 성능 구현
- 적층제조 방식으로 재료 이용률을 높이고 제작 공정을 단순화
- 금속 및 고분자 소재를 활용하여 안정적인 생산과 품질관리 가능
- 항공우주, 방산, 자동차, 물류 등 다양한 산업분야로 적용 가능
- 디지털 설계 기반으로 신속한 맞춤형 제작과 설계 변경 가능

적용분야

- 사용후핵연료 및 방사성물질 운반용기의 충격완충재
- 원자력 저장용기, 방사성폐기물 운반용기 및 방호용 구조물
- 항공우주 및 방산 분야의 경량 충격흡수 구조체
- 자동차, 철도 및 선박 분야의 안전 부품과 에너지 흡수 구조물
- 정밀기기, 반도체 장비 및 고가 장비의 운송 포장 시스템
- 3D 프린팅 기반 맞춤형 산업용 완충재 및 구조제품 제작 분야



기대효과

- 균일한 품질과 안정적인 충격흡수 성능 확보
- 격자 밀도 최적화로 경량화와 안전성 동시 향상
- 적층제조로 재료 손실 감소 및 제작공정 단순화
- 디지털 설계로 맞춤 제작과 설계변경 기간 단축
- 원자력·항공우주·자동차·물류 분야 적용 확대

보유특허

No.	국가	출원 / 등록번호	발명의 명칭	상태
1	한국	10-2519109(등록일: 2023.04.03)	방사성 물질 운반용기의 충격완충장치	등록

문의처

기술문의	기술이전(1차)	기술이전(2차)
운반저장기술개발부 임종민 박사 042-868-2564 | jmlim86@kaeri.re.kr	처분성능실증연구부 유재복 042-868-2236 | jbyoo@kaeri.re.kr	기술사업화팀 이재용 042-868-4521 | jaylee93@kaeri.re.kr