

근접치료용 베타 밀봉선원 안전성 시험

박현진 · 전재언 · 방경식 · 이주찬 · 서기석
한국원자력연구원
E-mail: nksbang@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 근접치료용 밀봉선원, 온도, 압력, 충격, 누설

서 론

한국원자력연구원의 연구용 원자로인 하나로(HANARO)에서 생산되는 근접치료용 베타선원을 안전하게 운반하기 위해 밀봉선원을 제작하여 국내 교육과학기술부고시 제2008-46 “방사성동위원소 등의 생산에 관한 기준” 및 ISO 2919에 명시되어 있는 밀봉선원의 분류기준에 따라 시험을 수행하여 안전성을 평가하였다[1-2].

안전성 시험

근접치료용 베타 밀봉선원은 ISO 2919의 분류기준에 따르면 표 1에서 정의한 조건에 대한 시험을 수행한 후 ISO 9978[3]에서 규정하고 있는 Liquid nitrogen bubble test 방법을 사용하여 누설시험을 수행한 후 누설이 발생하지 않아야 한다.

시험에 사용된 선원 캡슐은 총 6개이며, 각 시험별로 2개씩 사용하였다. 시험은 온도, 외압, 충격에 대해 각각 시험을 수행하였으며, 모든 시험 전후에 누설시험을 수행하여 각 시험조건에 대한 근접치료용 베타 밀봉선원의 건전성을 평가하였다.

표 1. 밀봉선원 성능시험 분류

시험 구분	성능시험 등급				
	2	3	4	5	6
온도	-40℃(20분) 80℃(1시간)	-40℃(20분) 180℃(1시간)	-40℃(20분) 400℃(1시간) 20℃열충격	-40℃(20분) 600℃(1시간) 20℃열충격	-40℃(20분) 800℃(1시간) 20℃열충격
외압	25kPa(abs)	25kPa ~2MPa	25kPa ~7MPa	25kPa ~70MPa	25kPa ~170MPa
충격	1m에서 50g	200g	2kg	5kg	20kg

(1) 온도 시험(Temperature test)

근접치료용 베타 밀봉선원의 온도시험은 ISO 2919의 분류기준에 따라 성능시험 5등급 조건인 -40℃에서 20분 동안 저온시험을 수행한 후 600℃에서 1시간 동안 가열시험을 실시하고 시편에 열 충격을 가하였다.

저온시험에서 냉각매체로 액체질소를 사용하였다. 시편은 그림 1과 같은 액체질소가 담긴 통 속의 액체질소 위에 위치시켰으며 약 1분 경과 후 -43℃에 도달하였으며, -40℃ ~ -46℃의 상태를 20분 이상 동안 유지하였다. 가열시험은 그림 2와 같은 전기로를 사용하여 시험을 수행하였다. 먼저 전기로의 온도를 600℃로 가열한 후 시편을 전기로에 넣고 그 상태를 1시간 이상 유지한 후 시편을 전기로에서 빼내 15초 이내에 900cc, 약 20℃ 온도의 물에 넣어 열 충격을 가한 후 누설시험을 수행하였다. 시험결과 누설은 발생하지 않아 온도조건에서 근접치료용 베타 밀봉선원의 건전성은 유지되는 것으로 평가되었다.



그림 1. 저온시험



그림 2. 고온시험

(2) 외압시험(External Pressure test)

근접치료용 베타 밀봉선원의 외압시험은 ISO

2919의 분류기준에 따라 성능시험 3등급 조건인 절대압 25 kPa의 감압시험을 거친 후 2 MPa의 가압시험을 실시하였다. 각각의 시험은 시험압력에 5분 동안 노출시킨 후 대기압으로 환원하는 과정을 2회 반복하였다.

감압시험의 경우 그림 3과 같은 진공 시험장치를 사용하여 공기 중에서 수행하였다. 감압시험 후 수행한 누설시험결과 누설은 발생하지 않아 감압조건에서 근접치료용 베타 밀봉선원의 건전성은 유지되는 것으로 평가되었다.

가압시험의 경우 그림 4와 같은 외압 시험장치를 사용하여 정수압으로 시험을 수행하였다. 가압시험 후 수행한 누설시험결과 또한 누설은 발생하지 않아 가압조건에서 근접치료용 베타 밀봉선원의 건전성 역시 유지되는 것으로 평가되었다.



그림 3. 감압시험



그림 4. 가압시험

(3) 충격시험(Impact test)

근접치료용 베타 밀봉선원의 충격시험은 ISO 2919의 분류기준에 따라 성능시험 2등급 조건인 질량 50g의 추를 1m의 높이에서 캡슐의 가장 취약부위에 낙하시켰다.[그림 5] 이때 사용되는 추의 외경과 하단 가장자리 부는 각각 $25 \pm 1\text{mm}$, $3.0 \pm 0.3\text{mm}$



그림 5. 충격시험

의 조건을 만족하도록 하였으며, 시험에 사용된 추의 질량은 50.258g 이었다. 시험 후 길이 및 직경의 변화는 없었으며, 충격시험 후 수행한 누설시험에서 누설은 발생하지 않아 충격조건에서 근접치료용 베타 밀봉

선원의 건전성은 유지되는 것으로 평가되었다.

(4) 누설시험(Liquid nitrogen bubble test)

근접치료용 베타 밀봉선원의 누설시험은 ISO 9978에서 규정하고 있는 Liquid nitrogen bubble test 방법을 사용하여 온도, 외압, 충격시험 후 수행하였다. 각각의 시험을 수행한 시편을 그림 6과 같이 액체질소 탱크에 5분 이상 담근 후 꺼내어 그림 7과 같이 메탄올 수조에 2분 이상 넣고 기포 발생여부를 확인하였으며 6개 시편 모두 기포가 발생하지 않아 누설이 발생치 않는 것으로 판명되었다.



그림 6. 누설시험 1



그림 7. 누설시험 2

결 론

의료용으로 사용하기 위해 개발된 근접치료용 베타 밀봉선원에 대한 안전성 시험 결과 온도시험, 외압시험 및 충격시험에서 어떠한 변형도 없었으며 누설시험에서 누설은 발생하지 않았다. 따라서, 근접치료용 베타 밀봉선원의 건전성에는 이상이 없음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 교육과학기술부고시 제 2008-46호, 방사성동위원소 등의 생산에 관한 기준.
2. ISO 2919, 1999(E), Radiation Protection - Sealed Radioactive Sources - General Requirements and Classification.
3. ISO 9978: 1992(E), Radiation protection - Sealed radioactive sources - Leakage test methods.