

Ir-192 의료용 RALS 선원에 대한 안전성시험

김동학, 방경식, 서기석, 손광재, 한현수
한국원자력연구소, dhkim@kaeri.re.kr

1. 서론

의료분야, 산업분야, 농학분야 등에서 널리 사용되고 있는 동위원소의 수요량 증가와 더불어 이를 안전하고 효율적으로 운반하기 위한 운반캡슐에 대한 수요도 증가하고 있다. 치료용으로 널리 사용되는 Ir-192 방사선원은 직경이 작고 (1~1.6mm) 비방사능이 높아서 치료를 위한 의료적 적용범위가 넓다. 이러한 Ir-192 방사선원은 치료기에 장착하여 암 조직 사이에 선원을 직접 삽입하여 치료하는 방법으로 근래에 널리 이용되고 있다. 특히 Ir-192 는 시술자의 편의와 방사선 피폭을 줄이기 위하여 사용되는 원격조작에 의한 근접치료기용 선원으로 널리 쓰이고 있는데 소형선원 형태가 많이 있다. 이러한 특수형 방사성 동위원소 Ir-192 를 안전하게 운반하기 위해 방사성물질 운반캡슐을 소승관련 법규에 규정된 기술기준에 따라 안전성 시험을 실시하여야 한다.

특수형 방사성물질의 운반캡슐은 국내 과기부 고시 제 2001-23 호[1], IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1[2] 및 미국 10 CFR Part 71[3]에서 낙하시험, 타격시험 및 굽힘시험 후에 손상되지 않아야 한다고 규정되어 있다. 또한 가열시험으로 인하여 용융 또는 분산되지 않아야 하고, 각각의 시험 후 침수시험을 실시하여 수중에서의 방사성물질 누설량이 1,859Bq 을 초과하지 않도록 규정되어 있다. 밀봉캡슐에 대해서는 ISO 9978:1992[4]에서 규정한 누설시험으로 대체 시험할 수 있으며, 적용승인 기준을 초과하지 않도록 명시되어 있다. 대체 누설시험에 대하여 IAEA Safety Standard Series No. TS-G-1.1[5]에서는 불용성 고체의 경우, 10^{-5} Pa m³/s, 가용성 고체 및 유체의 경우, 10^{-7} Pa m³/s 를 2,000Bq 와 동등하게 고려한다고 명시 되어있다. 본 논문에서는 치료용으로 널리 사용되는 특수형 방사성 동위원소 IR-192 를 안전하게 운반하기 위한 RALS 선원에 대하여 국내 과기부 고시 제 2001-23 호에 따른 낙하, 타격 및 가열시험을 실시하였다.

2. 시험 방법 및 절차

Fig. 1 은 운반캡슐의 개략도를 보여준다. 직경 1.1 mm, 길이 1500 mm 로 선원캡슐과 이동케이블로 구성되어 있으며, 앞부분은 10Ci 의 원통형 방사선원이 밀봉상태로 들어있고

뒷부분은 원격조작용 근접치료기에 장착하여 사용할 수 있도록 이동케이블을 이룬 wire 가 풀리지 않도록 용접하여 마감처리를 하였다. 격납경계를 이루는 선원캡슐은 외경 1.1 mm, 내경 0.6 mm, 두께 0.25 mm 그리고 길이 5.2 mm 의 스테인레스강으로 용접하여 제작하였다. 시험대상으로 이러한 선원캡슐로 사용 하였으며 낙하시험, 타격시험과 가열시험에 대하여 각각 두개의 시편을 이용하여 실시하였다.

낙하시험조건은 시편을 9m 높이에서 수평한 바닥면에 낙하시킨다. 바닥면은 수평면이고 시편의 충격으로 변위 혹은 변형에 의한 바닥면의 저항 증가가 시편에 대한 손상을 크게 증가시키지 않아야 한다 release 장치에 시편을 설치하고 호이스트에 매달아 9m 높이로 들어올린 후 낙하시험시설의 단단하고 평평한 바닥면에 자유낙하 시켰다.

타격시험조건은 시편을 매끄러운 납판 위에 놓고, 1m 높이에서 1.4kg 의 강철제 환봉을 최대의 파손이 미치도록 위치시킨 후 자유낙하시킨다. 강철제 환봉은 하단부가 평단면으로 직경이 2.5 cm 이며 평단면의 모서리 부분은 반경이 0.3±0.03mm 의 곡률을 가진다. 납판의 두께는 2.5 mm 보다 크지 않고 비커스 경도가 3.5~4.5 의 범위를 가져야 한다. 납판 면적은 시편면적보다 커야 하며, 타격시험 시마다 납판의 새로운 면을 사용하여야 한다.

가열시험은 시편을 800℃로 가열하여 그 온도상태를 30 분 이상 유지한 후 자연냉각 시킨다.

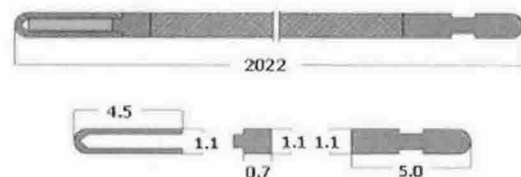


Fig. 1 Elements of RALS source assembly designed by KAERI

누설시험은 ISO 9978:1992 에서 표준화 되어있는 액체질소방울시험(Liquid Nitrogen Bubble Test)를 이용하여 실시하였다.[4] 액체질소방울시험은 누설에 대한 검출량이 10^{-7} Pa m³/s⁻¹ 으로 검출기준을 만족하고 매우 작은 체적에 대한 검출이 가능하다. 액체질소방울시험은 시편을 액체질소가 들어있는

chamber 에 넣고 그 상태를 5 분 이상 동안 유지한 후, 메탄올이 들어있는 chamber 로 옮겨놓고 2 분 이상 그 상태를 유지한다. 그 과정에서 시편으로부터 bubble 현상이 발생하는지의 여부를 관찰한다.

3. Results and discussion

Fig. 2 는 시험 후의 시편 외관을 보여주고 있다. 낙하시험 시에 release 장치에 부착이 어렵고 9m 의 낙하에서 시편의 크기가 너무 작아서 분실의 위험이 있으므로 이를 위하여 시편의 일부분에 실을 연결하고 이를 이용하여 release 장치에 부착하였다. 시편의 무게가 매우 작아서 낙하에 따른 충격력이 매우 작고 변형 등이 거의 없었다.

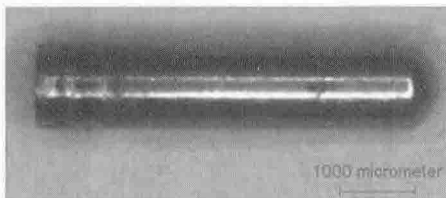


Fig. 2-a Drop test

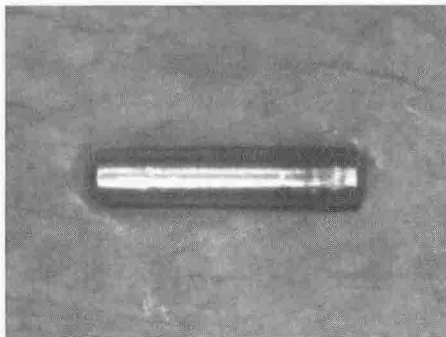


Fig. 2-b Impact test

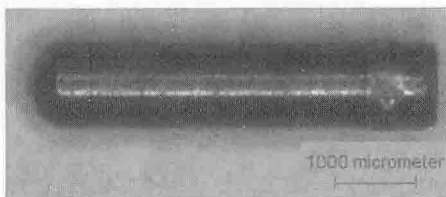


Fig. 2-c Heat test

Fig. 2 Specimens after testing

타격시험결과, Fig. 2-b 와 같이 시편이 납판에 완전히 함몰되어 들어갔다. 또한 타격 봉이 납판을 타격함으로써 실제 시편이 받는 충격력은 더욱 감소하였다. 시편의 직경이 0.01mm 정도로 매우 작은 양의 감소와 길이의 0.01mm 정도의 증가를 보였다. 이는 측정오차에 가까운 변형으로 거의 변형이 없었다. 시험 전후의 시편의 외관으로, 흠집이 거의 없었음을 알 수 있었다.

가열시험 결과, Fig 2-c 에서 보는 바와 같이 시편의 외관이 은색에서 황동색으로 변화하였으며 용융되거나 분산되지 않았다.

타격시험과 가열시험의 전후에 실시한 액체질소 방울 누설시험의 결과 bubble 이 발생하지 않았다. 그러므로 타격조건과 가열조건에서 캡슐은 안전한 것으로 평가되었다.

4. Conclusion

특수형 방사성 동위원소 Ir-192 를 안전하게 운반하기 위한 RALS 밀봉선원에 대하여 낙하, 타격 및 가열시험을 실시하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 낙하시험에 의한 시편의 충격력이 작아서 시편에 변형 등이 거의 없었다.
2. 타격시험결과 시편이 납판에 완전히 함몰되어 들어가서 시편의 변형이나 흠집 등이 거의 없었다.
3. 가열시험에 의하여 시편의 외관이 은색에서 황동색으로 변화하였으며 용융되거나 분산되지 않았다.
4. 낙하, 타격 및 가열시험을 실시한 이후의 누설시험에서 bubble 현상이 발생하지 않음으로써 RALS 밀봉선원이 Ir-193 를 안전하게 운반할 수 있음을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] 과학기술부, “방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정,” 과학기술부 고시 제 2001-23 호, 2001.
- [2] IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1, “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material,” 2000.
- [3] U.S. Code of Federal Regulations, “Packaging and Transportation of Radioactive Material,” Title 10, Part 71, 1997.
- [4] ISO 9978:1992(E), “Radiation protection – Sealed radioactive sources – Leakage Test Methods,” 1992.
- [5] IAEA Safety Standard Series No. TS-G-1.137, “Advisory Material For the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material,” 2002.