

Γ 상수를 이용한 ^{57}Co 선원 차폐 계산

Shielding Calculation of ^{57}Co with Γ Factor

김태원, 강동구, 김용곤
한택방사선(주)
경상북도 울진군 북면 부구리
이의동
하나검사(주)
울산시 남구 삼산동

요 약

물질의 특성분석에 사용되는 Mössbauer 방사선원 중 ^{57}Co 점선원을 수입하는데 따르는 운반관련 법규와 보관 및 사용시 법적 허용을 만족시키기 위해 차폐계산을 수행하여 운반/보관/사용시 적절한 차폐물질을 선정하여 방사선 선원의 안전성을 확보하였다. 계산결과 5cm와 10cm 떨어진 지점에서의 선량은 각각 206, 52 mR/hr였으며, 2cm 철을 차폐체로 사용하였을 경우 5cm, 10cm 떨어진 지점에서의 선량은 각각 2.5, 0.6 mR/hr로 계산되었으며 1mm 납을 차폐체로 사용하였을 경우 3.0, 0.76 mR/hr로 각각 계산되어 2 cm 두께의 철 또는 1 mm 두께의 납 차폐체를 사용할 경우 운반/보관/사용시에 안전성을 확보하는 것을 알게되었다.

Abstract

Mössbauer source is used to characteristic analysis of material. Law limit of transportation, deposit and application is satisfied by Shielding calculation of ^{57}Co radiation source. Safety of radiation source is assured by selection of shielding material in transportation, deposit, application. Radiation dose is 206, 52mR/hr in 5cm and 10cm distance from radiation source. When iron(thickness is 2cm) is used by shielding material, Radiation dose is 2.5, 0.6mR/hr. Lead(thickness is 1mm) is used, Radiation dose is 3.0, 0.76mR/hr. Shielding calculation with material of lead(thickness is 1mm) or iron(thickness is 2cm) is assured to safety in transportation, deposit and application.

1. 서 론

감마선 흡수시 되튬핵 분석을 통해 물질 특성을 측정하는데 Mössbauer 분석법이 사용된다. 이 분석법에 사용되는 감마선원으로는 272일의 반감기를 가지는 ^{57}Co 과 293일의 반감기를 가지는 $^{119\text{m}}\text{Sn}$ 이 주로 사용된다. 방사선 선원은 사용 목적에 따라 점선원과 원반형 선원이 있다. 국내에 그동안 원반형 선원을 주로 사용해 왔었는데 최근 점선원의 수요

가 있어 러시아에 위치한 Ritverc GmbH사에서 이를 수입하게 판매하게 되었는데, 방사선 관리 측면에서 차폐계산을 수행하게 되었다.

2. Mössbauer 선원

2.1 ^{57}Co 점선원 특성

^{57}Co 의 외형은 그림1과 같은데, 길이는 14 mm이고, M4(4mm) 암나사에 조립해서 사용할 수 있는 형태로 제공된다. 앞부분에 보이는 부분이 선원이 존재하는 부분인데 5 mCi 제품의 경우 크기가 0.5 mm이고 10 mCi 제품의 경우 크기가 1.0 mm이다. 선원을 둘러싸고 있는 물질은 밀도가 12.4 g/cm^3 인 Rhodium이다¹⁾. ^{57}Co 에서 방출되는 감마선의 에너지와 방출분율은 표 1과 같다.

표 1. ^{57}Co 에서 발생하는 방사선 에너지 및 방출 분율

Energy, keV	Yield, %
6.40	49.8
14.41	9.64
122.06	85.68
136.47	10.67

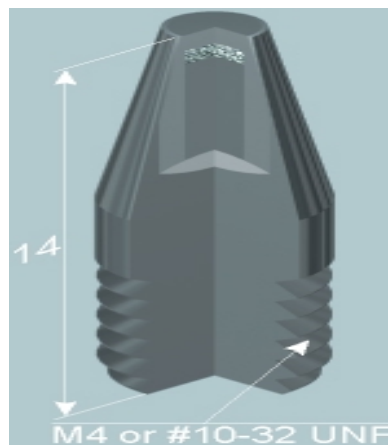


그림 1. Mossbauer 점선원 개략도

2.2 차폐체 후보물질 선정

차폐체로는 금속물질이며 가공이 용이하고 밀도가 비교적 큰 물질을 고려하였다. 고려된 후보물질을 표2에 나타내었으며, 각 차폐체의 밀도, 감쇠계수 값을 함께 나타내었다. 감쇠계수의 크기는 원자번호가 커짐에 따라 10배 가량 차이가 났으며, 차폐특성으로는 텅스텐과 납이 월등히 좋은 것으로 나타났다. 그러나 텅스텐의 경우 분말형태를 가공해야 하고,

납의 경우 경도가 낮아 가공이 쉽지 않은 특징을 가지고 있다. 로듐, 아연의 경우에는 경도가 우수하나 가격이 비싸 차폐체로 적절치 않다고 판단되며, 가공이 비교적 수월하고 가격도 저렴한 철과 감마선 차폐체로 많이 사용하는 납을 후보물질로 선정하였다.

표 2. 차폐체 후보물질의 밀도 및 감쇠계수

	Density	μ/ρ
Iron	7.86	0.282
Titanium	4.51	0.220
Zinc	7.14	0.362
Tunensten	19.3	3.001
Lead	11.34	3.728
Rhodium	12.4	0.901

2.3 방사선량 관련 규정

방사성 물질에 관한 규정 중 운반에 관한 규정은 2001년 9월 18일 공포된 “방사성 물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정²⁾”에 규정되어 있고, 사용에 따른 차폐체 관련 규정은 2003년 1월 6일 공포한 “방사선 방호 등에 관한 기준³⁾”에 규정되어 있다.

방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정

제15조(사업소 안의 운반)

④방사선규칙 제9조제1항제4호 및 제35조제1항제2호의 규정에 의한 방사선량률은 다음 각 호와 같다.

1. 운반물 외부표면으로부터 10센티미터 떨어진 위치에서 시간당 10밀리시버트
2. 운반차량 외부표면에서 2미터 떨어진 위치에서 시간당 0.1밀리시버트

방사선방호등에 관한 기준

제13조(차폐물의 설계기준)

방사선안전기준규칙 제18조 제1항 제3호의 규정에 의한 차폐벽이나 차폐물에 대한 설계기준은 다음 각 호와 같다.

1. 사용시설 등의 내부에 사람이 상시 출입하는 장소는 연간 방사선량이 방사선작업종사자의 선량한도를 초과하지 아니 하여야 하고 1주당 방사선량은 1 mSv를 초과하지 아니 하여야 한다.
2. 사용시설 등의 경계에 인접하여 사람이 거주하는 구역은 연간 방사선량이 일반인의 선량한도를 초과하지 아니 하여야 하고 1주당 방사선량은 0.1 mSv를 초과하지 아니하여야 한다.

운반에 따른 규제선량은 시간당 10 mSv이고, 차폐체 규정은 주당 1 mSv이다. 운반규정보다는 차폐체 규정이 더 엄격하기 때문에 주당 1mSv를 기준으로 고려하고 주5일 근무와 하루 8시간 근무를 가정하면 0.025 mSv/hr로 환산된다. 즉, 차폐체 표면(10cm 떨어진 위치)에서의 선량이 0.025 mSv/hr(2.5 mr/hr) 이하이면 법정요구를 만족하게 된다. 그러나 개인피폭선량과 관계된 2001년 7월 17일 개정된 원자력법시행령⁴⁾ 제2조 제5호에 의하

면 선량한도를 “연간 50 밀리시버트를 넘지 아니하는 범위에서 5 년간 100 밀리시버트”로 규정하고 있다. 즉, 선량한도를 연간 50 mSv으로 규정하면서 5년 평균 100 mSv을 권고하고 있기 때문에 연간 50 mSv보다 연간 20 mSv을 보는편이 ALARA 개념에 보다가깝다 하겠다. 이런 이유로 차폐체 규정을 개인피폭관점으로 바라보면 법에서 규정하는 주당 1 mSv보다는 주당 0.25 mSv(1mr/hr)로 해석하는 것이 타당하다고 판단된다.

3 차폐계산

3.1 Γ 상수를 이용한 차폐계산

차폐체 설계를 위해 Γ상수를 이용한 차폐설계방법을 사용했다. ^{57}Co 의 Γ상수값은 $0.9 \text{ mRm}^2/\text{mCi hr}$ 을 사용하여 거리 제곱에 반비례하는 식을 이용하여 계산하였다⁵⁾. 차폐체에 의한 감쇠를 고려하기 위해 감마에너지를 122 keV로 가정하여 구한 감쇠계수값은 표 2에 나타나 있다. 2장에서 언급한대로 여러 가지 물질을 차폐체 후보물질로 고려하였으나, 가공이 비교적 수월하고 가격도 저렴한 철과 감마선 차폐체로 많이 사용하는 납을 후보물질로 선정하였다. 철의 경우, 원통형 차폐체를 고려하고 있으며 납의 경우 두께가 1mm 정도로 얇은 납판으로 사용을 고려하고 있다.

3.2 차폐계산 결과

차폐설계에 앞서 방사선물질에 대한 조사선량계산을 수행했다. 그림 2의 왼쪽에 있는 그림은 10 mCi ^{57}Co 에서 거리에 따른 조사선량률 계산 결과인데, 그림 1에서 보듯이 방사선원 앞에 0.5 mm 두께의 Rhodium이 있어 로듐의 자체차폐효과를 고려하여 계산을 수행하였다. 계산결과 10 cm에서 조사선량이 90 mR/hr, 52 mR/hr로 차폐체가 요구됨을 알 수 있었다. 그림 2의 오른쪽에 있는 그림은 로듐의 자체차폐효과를 고려한 10 mCi ^{57}Co 선원을 차폐체로 차폐하였을 경우 거리에 따라 계산된 선량 그림이다. 10 cm 떨어진 지점에서 철 1 cm 차폐체를 사용하였을 경우 5.62 mR/hr, 철 2 cm를 차폐체로 사용하였을 경우 0.63 mR/hr, 납 1mm를 사용하였을 경우 0.75 mR/hr로 계산되었다.

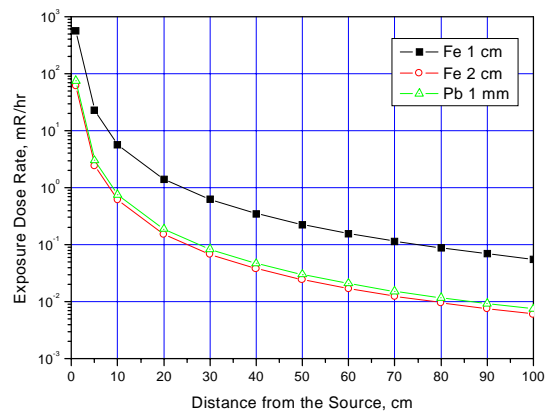
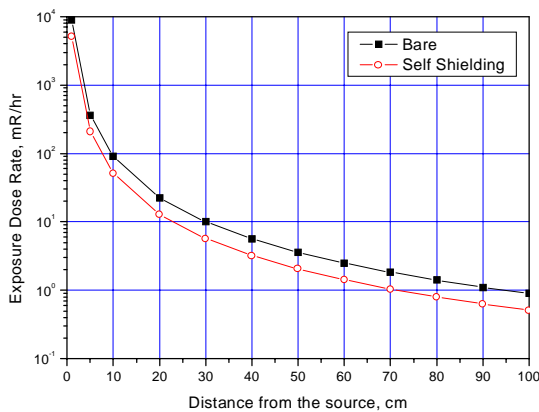


그림 2. 10 mCi 선원의 거리에 따른 조사선량(왼쪽) 및
차폐체 두께에 따른 조사선량(오른쪽)

4. 결 론

물질의 특성 실험을 위해 사용하는 Mössbauer 선원중 하나인 ^{57}Co 10 mCi 점선원에 대하여 차폐체 설계를 위한 차폐계산을 수행하여 철 2 cm 또는 납 1 mm이면 법적 요건인 시간당 1mR을 만족시킬 수 있음을 확인하였다. 차폐계산시 136.47 keV와 14.41 keV를 고려하지 못한 부분과 Buildup Factor를 고려한 추가계산과 차폐전용 전산코드를 이용한 계산이 추가로 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. <http://www.ritverc.com>, Mössbauer sources(2002)
2. 과학기술부, 방사성 물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정(2001)
3. 과학기술부, 방사선 방호 등에 관한 기준(2003)
4. 과학기술부, 원자력법시행령(2001)
5. R.E. Faw, and J.K. Shultis, *Radiological Assessment: Sources and Exposures*, PTR Prentice-Hall(1993)