

의료방사선 차폐 고무시트의 제작과 성능 비교

김선철

대구보건대학 방사선과

Comparison on the Performance Medical Radiation Shielding Made of Rubber Sheet

Seon Chil Kim

Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

Abstract

Main component of radiography barrier aprons is lead. To manufacture a lead-free barrier sheath, barium sulfate and organic iodine-based chemicals should be mixed with rubber. Barrier capacity was tested in the medical field. To improve adaptation of rubber with the mixture, raw materials went through milling, agitation, and extruding processes. Three sheaths were manufactured with 30%, 80%, and 120% sulfate barium, respectively. This study found 10% lower barrier capacity of lead-free barrier than the traditional lead-containing rubber sheath. Problems, however, were confronted during the agitation and extruding processes. Mixing with rubber was a technically demanding job. Inconsistent depth, problems with thermal processing and dissipation were encountered as well.

Key Word : Apron, Barium, Lead

I. 서 론

병원에서 방사선 촬영 검사 시 사용되는 방사선 방호용 에이프런은 대부분이 납으로 구성되어 있으며, 최근 친환경 소재 개발과 방호복의 경량화에 노력하고 있다.¹ 이는 투시 검사와 같이 장시간 동안 방사선 검사에서는 육체적인 부담감을 줄이는 방안으로 이해된다. 기존의 방호용 에이프런은 대부분이 원자번호가 큰 납(Pb)을

주원료로 사용하고 있다. 이는 진단영역의 저에너지 X선에 대해 우수한 차폐능을 보여주기 때문이다. 그러나 납은 중금속인 동시에 물리적으로 경량화에 대해서 한계를 가지고 있다. 따라서 최근 바륨, 요오드를 비롯하여 안티몬, 텅스텐과 같은 인체 무해제품의 출시와 경량화도 10%에서 20%까지 저감된 우수한 에이프런이 생산되고 있다.² 아직은 경제성 측면에서 매우 고가의 제품들이고 대량 생산과정에 많은 기술적 어려움을 지니고 있다. 본 연구에서는 현재 납을 주성분으로 하여 고무시트로 만들어진 기존의 차폐 제품과 황산바륨, 요오드를 주성분으로 한 차폐 고무시트 형태로 제작하여 성능비교를 하고자 하였다. 또한 경제성 측면을 고려하여 타 금속 물질을 사용하지 않은 형태로 제작하여 경제성과 대량생산 방법을 제시하고자 하였으며, 고무의 성능

Received January 25, 2010, 1st Revised February 11, 2010,

Accepted February 25, 2010.

Corresponding Author: 김선철

(720-722) 대구광역시 북구 태전 1동 산 7번지

대구보건대학 방사선과

Tel: 053) 320-1458 Fax: 053) 320-1449

E-mail: sckim@dhc.ac.kr

을 잃지 않는 형태로 어느 정도의 바륨을 함유할 수 있는 지 제작과정의 특수성과 차폐율의 상호관계를 제시 하는데 목적을 두고 있다.

II. 실험 방법 및 제작 과정

1. 실험기기 및 재료

- 1) 진단용 X선발생장치 : DK-525, 125 kV~500 mA, Toshiba E7239X
- 2) Exposure and Exposure rate meter(192X, Capintec)
- 3) Ion Chamber(Model PM-30, PR-18)
- 4) 반가층 측정용 Al 흡수체 300 mm×300 mm×10 mm 10개
- 5) 부가필터 0.1 mmCu 2개

2. 의료방사선 차폐 고무(Rubber) 시트 샘플

황산바륨(Barium Sulfate)을 기준으로 유기 요오드계 방사선 조영제 화합물을 첨가하는 형태의 세 가지 고무 시트를 샘플로 제작하여 실험하였다.

1) 고무 첨가 차폐시트의 제작 과정

고무 차폐시트 제작과정에서 가장 중요한 내용은 분산 개념의 교반과정이다. 차폐능력을 인정받은 물질 즉 황산바륨을 얼마나 적절하게 고무의 특성을 유지하면서 고르게 분포시키는 문제인데, 이 과정은 첨가물질과 기술적인 요소이다. 이러한 기술적 요소는 대량생산의 경제성과 연결된다. 기존에 제시되어 특허를 분석하여 최적의 상태로 본 연구에서는 3단계의 처리과정을 통해 제작하였다.^{3~5}

A. 밀링(Milling)과정

의료방사선 방호용으로 사용되는 에이프런을 기준으로 경량화 과정의 황산바륨은 밀도가 4.5 g/cm³로 매우 커서 어떠한 가공형태로도 사실상 부족하다. 그러나 분산과정을 위해 밀링을 수행하면 표면처리가 다소 수월해 두께를 줄일 수 있는 기술적 요소를 증가 시킬 수 있다. 분말형태의 황산바륨을 어느 정도까지 수행하기는 가능하나, 나노형태로 수행했을 경우는 자체적인 성질을 잃어 차폐능의 손실을 가져올 수 있어 본 제작과정에서는 단위면적당 30 g/cm³에서 시작하여 3차에 걸친 밀링과정을 수행하였다.

B. 교반(Agitation)

고무의 원 재료는 고점도의 물질이며, 바륨과 같은 분말과 유기 요오드계인 아이록토로시트산, 아이오헥솔 등과 관련 첨가물질을 하나의 교반기를 통해 균일하게 분산하는 고속도 교반을 적용하였다. 이 과정은 3000~5000 rpm 이상의 고속 교반을 통해 수행하였다. 밀링 과정에 따른 교반 형태는 차이가 있으나, 일반적으로 혼합의 개념에서 분산의 의미를 두고 시행하였다. 이때 황산바륨의 비율은 동일한 고무 비율에 30%, 80%, 120%로 각각 제작하여 실험할 수 있는 샘플 형태로 제작하였다. 마스터 배치(Master Batch) 형태로 샘플을 만들어야 하므로 공기가 주입되지 않도록 교반하는 과정이 매우 중요하다. 작업과정의 공기는 방사선 흡수의 장애요소가 될 수 있다.

C. 압출(Extruding)

120℃에서의 건조 과정을 거쳐 교반과정에 사용하였던 물을 건조시킨 후 제조된 혼합 마스터배치를 150℃에서 10분간 압력을 가한 뒤 롤러(Roller)를 통한 압출 과정으로 3 mm, 6 mm의 시트로 제작하여 각각 준비하였다. 샘플의 크기는 500 mm×500 mm로 동일하게 Fig. 1과 같이 제작하였다.



a. Barium Sulfate 120% sample sheet



b. Barium Sulfate 80% sample sheet



c. Barium Sulfate 30% sample sheet

Fig. 1. Rubber of radiation shielding sheet

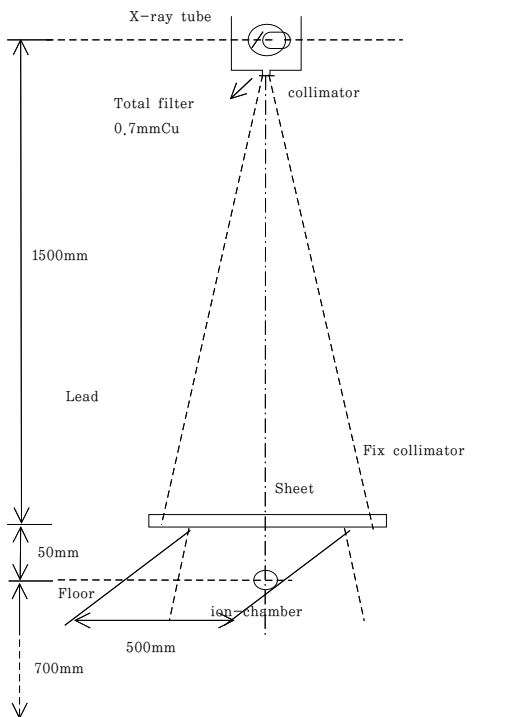


Fig. 2. Measuring arrangement for Radiation shielding Sheet.

3. 실험 방법

본 연구에서의 실험방법은 한국산업표준에 X선 방호용품류의 납당량 시험방법(KS A 4025 : 1990, 2005년 확인)과 동일한 실험방법을 준수하여 적용하였다.⁶ 의료 방사선의 차폐 실험 조건은 관전압은 100 kVp, 관전류 200 mA, 조사시간 0.1 sec, 고유여과는 X선관 0.7 mmAl,

콜리메이터 1.5 mmAl로 총여과 2.2 mmAl으로 고정하고, 부가 여과로 구리 여과판 0.2 mmCu 추가하였다. X선 방호용품류의 납당량 시험방법의 기하학적 조건을 동일하게 Fig. 2와 같이 구현하여 실험하였다.

III. 결 과

제작된 샘플을 동일한 실험 조건에서 차폐율을 측정 한 결과 Table 1과 같은 결과를 얻었다. 바륨 30%의 샘플에서는 매우 낮은 차폐율이 측정되었다. 이는 전반적인 황산바륨과 고무의 교반 상태에서의 바륨이 위치하는 공극률의 차이와 교반상태의 분산정도가 매우 부족한 상태임을 증명하고 있다.

즉 첨가제가 고무와의 접합성을 높이긴 하지만, 근본적인 차폐 물질의 부족함을 알 수 있다. 두 번째 샘플과 세 번째 샘플에서는 상이한 결과가 나왔는데, 120%에서는 80.48%와 80%에서는 90.8%의 결과이다. 이 과정을 분석하면, 고무에 바륨의 양을 높일수록 고무의 고유한 탄력성과 분포의 특성을 낮추어 접합성이 떨어지는 결과를 초래하였다. 이는 교반과정과 압출과정에서 본래의 시트 형태인 성형과정에 도달하기 전까지 분산이 고르지 못하기 때문이다. 생산과정에서 대량생산과 크기를 넓히기 위한 방법으로 사용되었던 압출과정에 분산에 영향을 주었다고 할 수 있다. 이는 첨가물의 역할에도 일부 영향은 있으나, 열처리과정은 동일하게 이루어졌기 때문에 압출과정에 더 큰 영향으로 사료된다. 80%의 시트에서는 90%의 차폐율의 결과가 도출되

Table 1. Result of the radiation shielding sheet tests(100 kVp)

Material	Thickness (mm)	Exposure(mR)				Shield ratio(%)
		1	2	3	mean	
Nothing	-	0.53	0.55	0.55	0.543	-
Lead apron	3.02	0.04	0.03	0.04	0.037	93.2
Barium 30%	3.01	0.44	0.45	0.44	0.443	18.4
	6.02	0.35	0.35	0.35	0.35	35.5
Barium 80%	3.02	0.16	0.16	0.16	0.16	70.6
	6.01	0.05	0.05	0.05	0.05	90.8
Barium 120%	3.02	0.26	0.26	0.26	0.26	52.1
	6.02	0.11	0.11	0.10	0.106	80.48

었다. 또한 기존에 사용되고 있는 납 성분의 고무시트인 경우 동일 두께와 면적에 대해 93.2%의 차폐율을 보였다. 따라서 황산바륨의 양과 고무의 배합은 차폐물질인 바륨의 분산에 영향을 준다고 할 수 있으며, 두께가 두 배가 된다고 해서 차폐율이 두 배로 높아지지 않는 이유 또한 분산에 의미를 둘 수 있다.

IV. 고찰 및 결론

납과 같은 동일한 차폐능을 나타내며 친환경적이고 경량화된 에이프런은 임상적 요구가 꾸준히 지속된 바 많은 연구가 있었고, 현재 일부 금속물질인 안티몬과 텅스텐, 산화 세륨 등을 이용한 방호복이 생산되어 공급되고 있다. 경제적인 면에서는 가장 저렴하고 인체 친화적인 황산바륨이 효과적이지만, 아직 경제성 있는 대량생산의 방법은 제시되지 않고 있다. 본 연구에서는 고무를 이용하여 제작하였으나, 80% 이상의 함유에서는 차폐율이 오히려 떨어지는 결과가 나타났다. 따라서 황산바륨과 적합성이 우수한 매개체를 찾아야 하며, 이는 베이스로 형태로 제작되어야 한다. 폴리올레핀(Polyolefin), 실리콘(Silicon)과 같은 재질에 대한 연구가 이루어져야 하며, 제작단계에서도 교반과 같은 분산과정에 대한 기술적 검토가 이루어져야 한다. 차폐물질의 입자간 공극률을 최소화하고 위치 고정적 기술 요소도 필요하다. 본 연구는 납을 대체 할 친환경 소재 차폐체 개발 연구에 도움이 되고자 고무를 이용하여 제작하였으나, 전반적으로 경제성을 고려하는 동시에 경량화된 제품의 개발에 기여하고자 한다.

참고문헌

1. 김영근, 장영일, 김정민: 방사선 방호용 에이프런의 경량화와 차폐능 개선, 대한방사선기술학회지 2003; 26(1): 45~50.
2. Radiation Exposure from Medical Imaging Procedures; The Journal of Nuclear Medicine, New York, 2010; 51(2).
3. 대한민국특허청 공개특허공보(A). 방사선 차폐섬유. 공개번호 10-2009-0011082, 2009.
4. 대한민국특허청 공개특허공보(A). 엑스선 차폐성이 우수한 섬유제품 및 그의 제조방법. 공개번호 특 2001-0056190, 2001.
5. 대한민국특허청 공개특허공보(A). 황산바륨을 이용한 방사선차폐섬유 및 그 제조방법. 공개번호 특 2000-0007084, 2000.
6. KS규격. X선 방호용품류의 납당량 시험방법. KS A 4025, 1990.