

NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA LỚP VẬT LIỆU CẢN XẠ TRÊN ÁO TẠP DÈ BẢO HỘ CẢN XẠ TIA-X DÙNG TRONG Y TẾ

RESEARCH ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE RADIATION RESISTANCE LAYER ON X-RAY PROTECTIVE APRON FOR MEDICAL USE

Lê Phúc Bình^{1,*}

TÓM TẮT

Áo bảo hộ cản xạ tia-X là một loại trang bị không thể thiếu cho các nhân viên y tế và bệnh nhân khi sử dụng các thiết bị bức xạ ion hóa như: chiếu chụp X-quang, chụp CT cắt lớp, xạ trị ung thư... Trong đó lớp lót giữa của áo là vật liệu tổ hợp đảm nhận chức năng cản xạ. Nghiên cứu thành phần hóa học của lớp cản xạ này để thấy được nguyên liệu nào đem lại khả năng cản bức xạ tia-X cho áo, dùng nó làm cơ sở khoa học cho việc lựa chọn và các nghiên cứu áo bảo hộ cản xạ. Kết quả nghiên cứu áo cản xạ Longkou Double Eagle 0,35mmPb đã xác định được độ dày hình học của lớp cản xạ là 0,96mm, độ cứng nén ShoreA là 76SoA, khối lượng diện tích là 0,446g/cm². Vật liệu của lớp cản xạ có thành phần hóa học gồm bảy nguyên tố: C, O, S, As, Zr, Ba và Pb. Trong đó bốn nguyên tố kim loại nặng As, Zr, Ba và Pb cùng với các hợp chất PbO, PbS₂, BaSO₄ là các chất có khả năng hấp thụ bức xạ ion hóa cao. Với tỉ lệ nguyên tố chì chiếm gần 44%kl nên áo cản xạ này thuộc nhóm áo chì.

Từ khóa: Áo bảo hộ cản xạ tia-X, tạp dề chì.

ABSTRACT

X-ray protective apron is an indispensable equipment for medical staff and patients when using ionizing radiation equipment such as: X-ray, CT tomography, cancer radiation therapy... In which the middle lining of this apron is a composite material that performs the function of radiation resistance. Research the chemical composition of this radiation resistance layer to see which materials bring the ability to block X-ray radiation for this apron, use it as a scientific basis for the selection and research of radiation protective aprons. The research results of a Longkou Double Eagle apron 0.35mmPb have determined that the geometric thickness of the radiation resistance layer is 0.96mm, the ShoreA compression stiffness is 76SoA, the area weight is 0.446g/cm². The material of the radiation resistance layer has a chemical composition of seven elements: C, O, S, As, Zr, Ba and Pb. In which four heavy metal elements As, Zr, Ba and Pb together with compounds PbO, PbS₂, BaSO₄ are substances with high ability to absorb ionizing radiation. With the percentage of lead element accounting for nearly 44 %weight, this x-ray protective apron belongs to the group of lead aprons.

Keywords: X-ray protective apron; Lead apron.

¹Viện Dệt May - Da giấy và Thời trang, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: binh.lephuc@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/4/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 12/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 27/6/2022

KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
0,35mmPb	mmPb	Độ cản xạ tương đương với lá chì độ dày 0,35mm.
%kl	%	Tỷ lệ % tính theo khối lượng.

CHỮ VIẾT TẮT

Tia-X	Tia rơn-gen.
EDS, EDX	Phân tích quang phổ tán sắc năng lượng tia-X (Energy-dispersive X-ray spectroscopy).

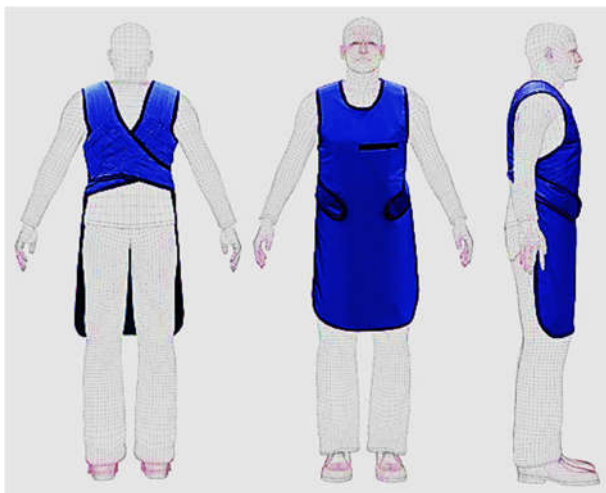
1. GIỚI THIỆU

Ngày nay việc sử dụng năng lượng bức xạ nguyên tử đang là xu thế của thời đại nhằm nâng cao và cải thiện chất lượng cuộc sống của con người. Nhiều kỹ thuật bức xạ ion hóa đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực y tế như: chiếu chụp X-quang, chụp CT cắt lớp, xạ trị tế bào ung thư... [1]. Với năng lượng lớn và khả năng ion hóa nguyên tử cao nên bức xạ ion hóa còn là một tác nhân làm tổn hại sức khỏe con người và có thể dẫn đến tử vong do nhiễm bức xạ quá liều. Bên cạnh các lợi ích to lớn mà các kỹ thuật bức xạ đem lại thì vấn đề an toàn bức xạ do các tác động không mong muốn của tia bức xạ gây ra cũng là vấn đề rất đáng lo ngại. Do đó, khi làm việc hoặc hiện diện trong môi trường có bức xạ ion hóa cần phải tuân thủ các quy định về an toàn bức xạ [2, 3]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6561:1999 về an toàn bức xạ ion hóa tại các cơ sở X-quang y tế đã quy định: các nhân viên làm việc trong môi trường có tia bức xạ ion hóa để chuẩn đoán, điều trị bệnh phải trang bị áo tạp dề cao su chì có độ dày cản xạ 0,25mmPb [4].

Sự đa dạng của các loại hình kỹ thuật trong y học bức xạ đã kéo theo sự đa dạng về chủng loại áo bảo hộ cản xạ dùng trong y tế. Theo tiêu chuẩn của Đức DIN 6857-1 thì các loại áo cản xạ sử dụng trong kỹ thuật x-quang có 3 cấp độ dày cản xạ tương đương chì là: 0,25mmPb; 0,35mmPb và 0,5mmPb tùy thuộc vào tính chất của môi trường bức xạ [5]. Khảo sát thực tế ở thị trường Việt Nam cho thấy, áo cản

xạ được cung cấp hiện nay khá đa dạng và phong phú về kiểu dáng và độ dày cản xạ tương đương chì. Trong đó cả ba cấp độ cản xạ nói trên đều đang được phân phối và sử dụng rộng rãi.

Áo tạp dề cản xạ tia-X (tạp dề cản xạ tia-X/X-ray apron) là loại áo có thiết kế kiểu tạp dề không cổ, không tay. Tấm vật liệu cản xạ chỉ bố trí ở thân trước của tạp dề nên khả năng che chắn bức xạ chỉ có ở phần thân trước từ vai đến qua đầu gối và một phần hai bên sườn của người mặc. Loại áo này ít gây cản trở hoạt động của người mặc, nhẹ và thoáng mát hơn so với các loại áo bảo hộ cản xạ quây kín, hay áo có cổ, có tay nên chúng được sử dụng khá phổ biến. Kiểu dáng cơ bản của áo tạp dề cản xạ được giới thiệu trên hình 1.



Hình 1. Kiểu dáng cơ bản của tạp dề cản xạ tia-X

Trong sáng chế US7304105 đã chỉ ra khả năng cản xạ của các loại vật liệu khác nhau. Vật liệu chì có khả năng cản bức xạ ion hóa cao hơn nhiều lần so với thép, bê tông và các kim loại có khối lượng nguyên tử thấp hơn nó. Tạp dề cản xạ có cấu trúc của áo ba lớp, trong đó lớp có chức năng cản xạ nằm giữa, hai lớp bọc ngoài dùng để bảo vệ lớp cản xạ. Lớp cản xạ là vật liệu composite (vật liệu tổ hợp) có chứa các kim loại nặng như: chì (Pb), vonfram (W), bitmut (Bi), antimon (Sb), thiếc (Sn)... Tùy theo thành phần hóa học có trong lớp cản xạ của áo có chứa nguyên tố chì hay không để phân áo bảo hộ cản xạ đó vào nhóm áo có hoặc không chì [6]. Trong sáng chế US7041995 đã đề xuất loại áo cản xạ dùng cho lĩnh vực chuẩn đoán bằng tia-x sử dụng nguyên liệu chì hoặc oxit chì làm chất hấp thụ bức xạ, polymer nền trong vật liệu tổ hợp là cao su tự nhiên hoặc cao su tổng hợp [7]. Trong nghiên cứu giải pháp tạo ra vật liệu cản bức xạ không chì cho áo cản xạ tia-X, tác giả Mc. Caffrey cùng các đồng nghiệp đã thử nghiệm trên nhiều nguyên tố kim và hợp chất của chúng như antimon (Sb), bitmut (Bi), vonfam (W), bari (Ba), sunfat bari (BaSO_4) và chì (Pb) với nhiều phương án kết hợp khác nhau giữa các thành phần kim loại không chì để so sánh với khả năng cản xạ của vật liệu chì. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tùy theo tính chất của bức xạ mà các tổ hợp kim loại khác nhau có khả năng cản xạ khác nhau, trong đó có nhiều phương án cùng đạt

độ cản xạ tương đương chì nhưng lớp cản xạ có khối lượng diện tích thấp hơn so với phương án cản xạ dùng kim loại chì [8].

Kết quả nghiên cứu tổng quan đã cho thấy, áo bảo hộ cản xạ tia-X có cấu trúc 3 lớp, trong đó lớp giữa là lớp vật liệu cản xạ. Lớp này có chứa các kim loại nặng và hợp chất của chúng để hấp thụ năng lượng của bức xạ và đem lại cho nó khả năng cản bức xạ ion hóa. Vì vậy, nghiên cứu thành phần hóa học của lớp vật liệu cản xạ trên áo bảo hộ cản xạ giúp nhận biết nguyên liệu tạo ra chúng và biết áo đó thuộc nhóm có hay không chì, làm cơ sở để lựa chọn khi sử dụng, giải pháp tái chế và làm cơ sở khoa học để nghiên cứu sản xuất chúng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu trong bài báo này là thông số kỹ thuật và thành phần hóa học của lớp vật liệu cản xạ trên tạp dề bảo hộ cản xạ loại Longkou Double Eagle 0,35mmPb được sản xuất tại Trung Quốc, đang được bán và sử dụng ở Việt Nam. Theo đó, áo mẫu này có khả năng cản bức xạ tia-X tương đương của lá kim loại chì dày 0,35mm. Trong đó, lớp vật liệu cản xạ của áo là tấm cao su mỏng, có độ mềm dẻo cao, được cắt theo kích thước của thân trước tạp dề, được bọc ngoài bởi hai lớp vải bảo vệ như giới thiệu trên hình 2.



Hình 2. Tạp dề bảo hộ cản xạ Longkou Double Eagle 0,35mmPb

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết các vấn đề về bức xạ ion hóa, an toàn bức xạ ion hóa và thành phần cấu tạo vật liệu cản bức xạ của áo bảo hộ cản xạ tia-X dùng trong y tế.

Thực nghiệm xác định một số thông số kỹ thuật của lớp vật liệu cản xạ của áo mẫu theo các tiêu chuẩn quốc tế, được thực hiện tại các phòng thí nghiệm tiêu chuẩn của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Thực nghiệm xác định thành phần hóa học cấu tạo nên lớp vật liệu cản xạ của áo mẫu bằng phương pháp hiển vi điện tử quét, sử dụng kính hiển vi điện tử quét FE-SEM S-4800 Hitachi tích hợp phổ kế EDS. Thực nghiệm xác định pha tinh thể trong thành phần cấu tạo theo phương pháp nhiễu xạ kế EDX, sử dụng máy nhiễu xạ D8 ADVANCE - Brucker AXS. Các thí nghiệm này được thực hiện tại các phòng thí nghiệm tiêu chuẩn của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên- Đại học Quốc gia Hà Nội.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số thông số kỹ thuật của lớp vật liệu cản xạ

Kết quả đo độ dày hình học, độ cứng nén ShoreA, khối lượng diện tích của lớp vật liệu cản xạ mẫu được đưa ra trong bảng 1.

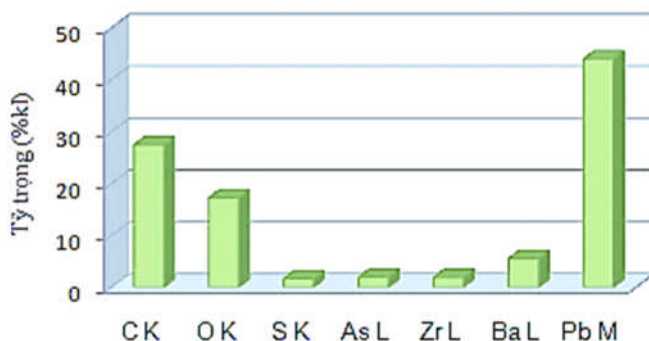
Bảng 1. Một số thông số kỹ thuật của lớp vật liệu cản xạ mẫu

Thông số kỹ thuật	Mẫu đo					Trung bình
	1	2	3	4	5	
Độ dày hình học (mm)	0,96	0,97	0,95	0,96	0,96	0,96
Độ cứng nén (SoA)	76	75	76	76	77	76,0
Khối lượng diện tích (g/cm ²)	0,446	0,445	0,447	0,446	0,445	0,446

Số liệu thí nghiệm trong bảng 1 đã cho thấy, độ dày trung bình của lớp vật liệu cản xạ là 0,96mm. Sai lệch của độ dày ở các điểm đo so với giá trị trung bình tối đa là 1%. Độ cứng nén ShoreA có giá trị trung bình là 76SoA. Sai lệch độ cứng ở các điểm đo so với giá trị trung bình tối đa là 1,3%. Khối lượng diện tích trung bình của lớp vật liệu cản xạ là 0,446g/cm². Sai lệch khối lượng ở các vị trí đo so với giá trị trung bình chỉ 2%. Điều này cho thấy lớp vật liệu cản xạ có cấu trúc và độ dày hình học khá đồng đều.

3.2. Thành phần cấu tạo lớp vật liệu cản xạ trên áo mẫu

Kết quả thí nghiệm xác định các thành phần hóa học tạo nên lớp vật liệu cản xạ trên áo mẫu được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Biểu đồ thành phần hóa học tạo nên lớp vật liệu cản xạ mẫu

(Chú thích: các ký hiệu K, L, M đứng sau ký hiệu của các nguyên tố hóa học C, O, S, As... là tên của các lớp điện tử trong các nguyên tử đo được- Theo người làm thí nghiệm).

Biểu đồ trên hình 3 đã cho thấy lớp vật liệu cản xạ trên áo mẫu có bảy nguyên tố chính, bao gồm: C, O, S, As, Zr, Ba và Pb. Trong đó bốn nguyên tố kim loại As, Zr, Ba và Pb thuộc nhóm kim loại nặng, đây là các chất khả năng hấp thụ bức xạ ion hóa cao. Ảnh tọa độ nguyên tố thu được bằng phương pháp quét EDS cũng cho thấy sự phân bố của của bảy nguyên tố này tương đối đồng đều trên toàn bộ diện tích mẫu được quét. Điều này cũng giải thích cho sự đồng đều về khối lượng diện tích của lớp vật liệu cản xạ mẫu.

Kết quả quét mẫu cũng đã xác định được tỉ lệ phần trăm khối lượng của từng nguyên tố tạo nên lớp vật liệu cản xạ mẫu như giới thiệu trong bảng 2.

Bảng 2. Phần trăm khối lượng các nguyên tố tạo nên lớp vật liệu cản xạ mẫu

Thành phần	Phần trăm khối lượng (%kl)		
	Tọa độ quét 1	Tọa độ quét 2	Trung bình
Các bon (C K)	28,36	26,50	27,43
Ôxy (O K)	16,38	18,18	17,28
Lưu huỳnh (S K)	1,85	1,59	1,72
Asen (As L)	0,32	3,70	2,01
Zirconi (Zr L)	3,96	0	1,98
Bari (Ba L)	5,86	5,32	5,59
Chì (Pb M)	43,27	44,71	43,99
Tổng cộng (%kl)	100	100	100

Số liệu thí nghiệm trong bảng 2 cho thấy: nguyên tố As chiếm 2,01%kl, nguyên tố Zr chiếm 1,98%kl, nguyên tố Ba chiếm 5,59%kl và nguyên tố Pb chiếm 43,99%kl. Tổng cộng bốn nguyên tố này chiếm khoảng 54% khối lượng toàn bộ của tấm vật liệu. Do nguyên tố Pb có hàm lượng đến 44%kl, nên áo cản xạ này thuộc nhóm áo chì. Tổng khối lượng ba nguyên tố còn lại là 46%kl, bao gồm: C chiếm tỷ lệ 27,43%kl, O chiếm tỷ lệ 17,28%kl và S chiếm tỷ lệ 1,72%kl. Đây là các nguyên tố tạo nên thành phần cao su nền và hợp chất của các kim loại kể trên.

Thông qua phổ nhiễu xạ tia-X còn tìm thấy trong thành phần cấu tạo hóa học của lớp cản xạ có pha tinh thể của các hợp chất PbO, PbS₂, BaSO₄. Điều này cho thấy, các nguyên tố Pb và Ba không chỉ ở dạng nguyên chất mà còn ở dạng hợp chất với nguyên tố O và S.

Như vậy, trong thành phần hóa học tạo nên lớp cản xạ của áo mẫu có bốn thành phần kim loại nặng là As, Zr, Ba và Pb cùng với các hợp chất của chúng là PbO, PbS₂, BaSO₄ là các chất có khả năng hấp thụ tốt bức xạ ion hóa như đã thấy trong nghiên cứu tổng quan, nên chúng là những thành phần nguyên liệu đem lại khả năng cản bức xạ tia-X cho áo mẫu.

4. KẾT LUẬN

Lớp cản xạ trên áo cản xạ Longkou Double Eagle 0,35mmPb với độ dày cản xạ tương đương chì 0,35mmPb có độ dày hình học là 0,96mm, khối lượng diện tích là 0,446g/cm², độ cứng nén ShoreA là 76SoA,

Thành phần hóa học tạo nên lớp cản xạ của áo mẫu gồm bảy nguyên tố là C, O, S, As, Zr, Ba và Pb. Trong đó có bốn nguyên tố kim loại nặng là Pb và Ba, As, Zr và các hợp chất của chúng là PbO, PbS₂, BaSO₄ đảm nhận chính chức năng hấp thụ bức xạ ion hóa của áo.

Áo cản xạ mẫu thuộc nhóm áo chì, vì vậy cần tuân thủ các quy định về việc sử dụng và tái chế sản phẩm có chì và kim loại nặng để hạn chế khả năng nhiễm độc kim loại nặng cho người mặc và gây ô nhiễm môi trường.

Kết quả nghiên cứu này là một cơ sở khoa học cho người sử dụng, người kinh doanh và các nhà nghiên cứu áo bảo hộ cản xạ tia-X.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ngo Quang Huy, 2004. *An toan buc xa ion hoa*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [2]. Mai Trong Khoa, cs, 2012. *Y hoc hat nhan*. Medical Publishing House.
- [3]. Nguyen Thi Kim Ngan, Le Hung, 2004. *Sinh hoc phong xa*. VNU Publishing House, Hanoi.
- [4]. TCVN 6561: 1999 Radiation protection for medical installations using X-ray machine.
- [5]. DIN 6857-1. Strahlenschutzbehör bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlen - Teil 1: Bestimmung der Abschirmeigenschaften von bleifreier und bleihaltiger Schutzkleidung Berlin: Beuth-Verlag (derzeit im Druck)
- [6]. Patent US 7304105B2 - High-density composite material.
- [7]. Patent US7041995B2 - Lead substitute material for radiation protection purposes.
- [8]. Caffrey J. P. Mc., Mainegra-Hing E., Shen H., 2009. *Optimizing non-Pb radiation shielding materials using bilayers*. Institute for National Measurement Standards, National Research Council of Canada.

AUTHOR INFORMATION

Le Phuc Binh

School of Textile - Leather and Fashion, Hanoi University of Science and Technology