

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG LỚP HẤP THỤ NHẪM MỞ RỘNG CÁC GIỚI HẠN CHIỀU XẠ TRÊN MÁY GIA TỐC CHùm TIA ĐIỆN TỬ UERL-10-15S2

TRẦN KHẮC ÂN, CAO VĂN CHUNG, TRẦN VĂN HÙNG,
NGUYỄN ANH TUẤN

*Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ
202A đường 11, Phường Linh Xuân, Quận Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh*

Tóm tắt: Phương pháp sử dụng lớp hấp thụ nhằm làm phẳng đường cong phân bố liều của chùm electron 10 MeV đã được khảo sát; chiều dày thích hợp của lớp hấp thụ ứng với các tỷ trọng đối tượng đã được xác định. Phương pháp này cũng được áp dụng để mở rộng các giới hạn chiều dày (d) của đối tượng chiếu xạ trên máy gia tốc UERL-10-15S2 trong các khoảng: $4,05/\rho \leq d \leq 8,63/\rho$ đối với hàng dụng cụ y tế (yêu cầu hệ số bất đồng đều về liều (DUR) $\leq 1,3$) và $4,58/\rho \leq d \leq 8,03/\rho$ đối với hàng thực phẩm đông lạnh (yêu cầu $DUR \leq 1,8$).

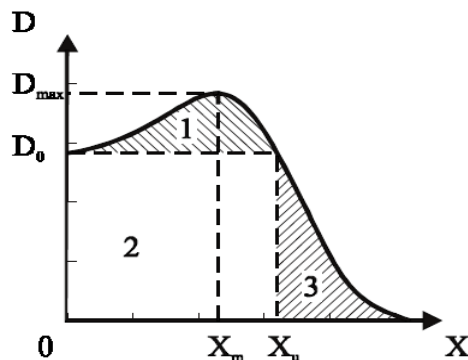
Từ khóa: *DUR, UERL-10-15S2, lớp hấp thụ...*

1. GIỚI THIỆU:

Chùm electron đơn năng phát ra từ máy gia tốc không thể đáp ứng được yêu cầu chiếu xạ của những đối tượng cần có độ đồng đều liều cao. Để giải quyết vấn đề này, Sieber, M [6] đã đề xuất phương pháp sử dụng chùm electron có nhiều mức năng lượng; bằng cách cho chùm electron đơn năng đi qua một lớp hấp thụ trước khi tới đối tượng chiếu xạ. A.Lisitsky [4] cũng chỉ ra rằng: nhôm là vật liệu tốt nhất để làm lớp hấp thụ. Trong bài viết này, chương trình MCNP(4C2) được dùng để khảo sát chiều dày tối ưu của lớp hấp thụ bằng nhôm đối với các tỷ trọng khác nhau của đối tượng chiếu xạ bằng chùm electron 10 MeV. Mở rộng hơn, phương pháp này còn áp dụng để khắc phục các giới hạn chiều dày mà đối tượng là dụng cụ y tế và hàng thực phẩm mắc phải khi chiếu xạ trên thiết bị UERL-10-15S2 [9].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Phân bố liều của chùm electron đơn năng để lại trong đối tượng chiếu xạ được thể hiện qua hình 1.



Hình 1: Phân bố liều trong đối tượng chiếu xạ

Giả sử D_0 là liều chiếu yêu cầu và bằng liều tại bề mặt thì đồ thị phân bố liều có 3 phần: (1) phần dư liều, (2) phần liều hữu ích và (3) là phần liều sau đối tượng chiếu xạ. Muller và cộng sự [1] đã đưa ra dạng hàm toán học thể hiện suất liều mà chùm electron 10 MeV để lại tại độ sâu x trong vật chất như sau:

$$D(x) = \Delta W_{sp} j \tau, \text{ với } j\tau \text{ là thông lượng dòng tới; và}$$

$$\Delta W_{sp}(\text{MeVg/cm}^2) = 1,84 + 0,25x, \quad 0 < x < 2,5 \quad (1)$$

$$= 2,48 \exp(-0,27x - 2,75|^{2,7}), \quad 2,5 < x < 6,5$$

Khi lớp hấp thụ có chiều dày t được đưa vào, phân bố liều trong đối tượng chiếu xạ là tổng hợp của (1) và liều gây bởi các electron có năng lượng suy giảm khi đi qua lớp hấp thụ:

$$D_s(x, E_0, t) = D(x, E_0) + K(E_0, t) D_F(x, E_0, t) \quad (2)$$

Với $D(x, E_0)$, D_F và D_S là phân bố liều của electron 10 MeV, của các electron thứ cấp và liều tổng trong đối tượng chiếu xạ; $K(E_0, t)$ là trọng số của các electron thứ cấp sau khi xuyên qua lớp hấp thụ [8]. Chiều dày của lớp hấp thụ tính theo năng lượng trước lớp hấp thụ E_0 và năng lượng trung bình sau lớp hấp thụ $E(t)$ qua công thức [5]:

$$t = -\frac{E_0}{S_R} \ln \left[\frac{\left(1 + e_t \frac{S_R}{S_C}\right)}{\left(1 + \frac{S_R}{S_C}\right)} \right] \quad (3)$$

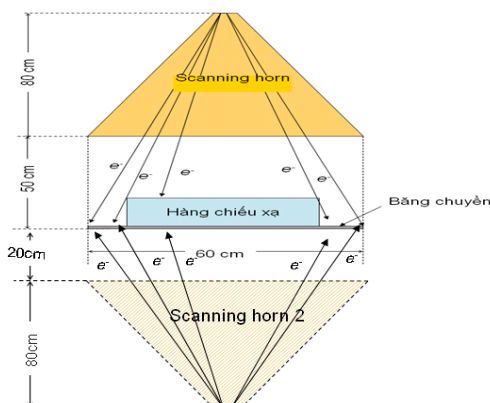
Năng lượng mất mát trong lớp hấp thụ:

$$W_F = E_0(1 - e_t \eta_t) \quad (4)$$

Với $e_t = E(t)/E_0$, S_R và S_C là phần năng lượng mất mát qua quá trình ion hóa và phát bức xạ, η_t là hệ số chuyển đổi [7]. Vật liệu thích hợp để làm lớp hấp thụ là vật liệu có giá trị W_F nhỏ [4].

3. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

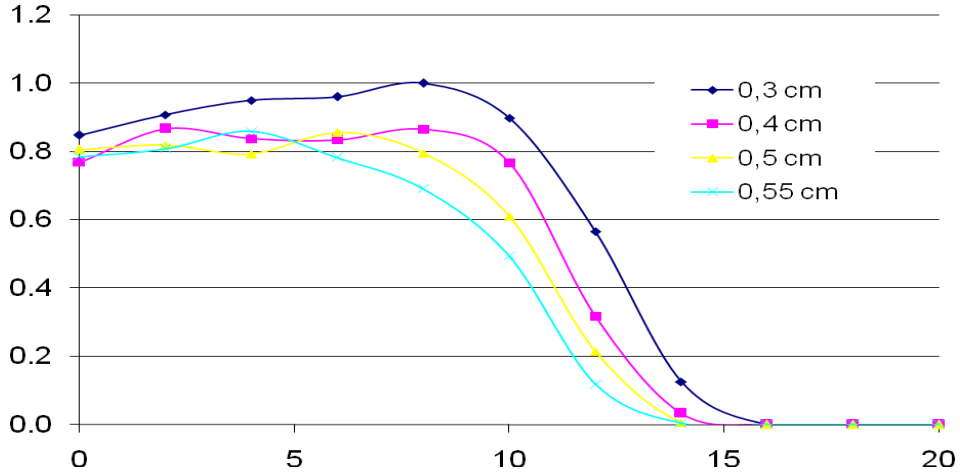
Các tính toán mô phỏng được thực hiện bằng chương trình MCNP(4C2) [3]. Hình học tính toán được mô tả tương ứng với thực tế máy chiếu xạ UERL-10-15S2 tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ [2]; bao gồm: 2 bộ phận quét (scanning horn) quay ngược chiều nhau, hàng hóa và băng tải; được mô tả như hình (2). Trong tính toán chiều dày của lớp hấp thụ làm phẳng phân bố liều, chỉ có 1 bộ phận quét được mô tả.



Hình 2: Mô tả hình học chiếu xạ trên thiết bị UERL-10-15S2

4. LÀM PHẪNG ĐƯỜNG PHÂN BỐ LIỀU

Công thức thể hiện phân bố liều trong trường hợp có sử dụng lớp hấp thụ (2) cho thấy: nếu bộ hấp thụ có chiều t và làm bằng vật liệu thích hợp thì có thể sử dụng hệ số $K(E_0, t)D_F(x, E_0, t)$ để làm phẳng phân bố liều trong vùng giới hạn từ bề mặt đối tượng đến gần vị trí liều cực đại khi không có lớp hấp thụ (5). Kết quả mô phỏng trong hình 3 cho các chiều dày lớp hấp thụ bằng nhôm (d_{Al}), trên đối tượng có tỷ trọng (ρ) $0,3 \text{ g/cm}^3$ cho thấy: lớp nhôm dày $0,4 \text{ cm}$ làm phẳng tốt nhất. Chiều dày thích hợp cho các tỷ trọng khác được cho trong bảng 1.



Hình 3: Phân bố liều trong đối tượng chiếu xạ có tỷ trọng $0,3 \text{ g/cm}^3$, với các lớp hấp thụ có chiều dày khác nhau

Bảng 1: Chiều dày lớp hấp thụ bằng nhôm thích hợp cho các tỷ trọng

| Tỷ trọng đối tượng (g/cm^3) | Chiều dày lớp hấp thụ thích hợp (cm) |
|--|--------------------------------------|
| 0,2 | 0,25 |
| 0,3 | 0,40 |
| 0,4 | 0,55 |
| 0,5 | 0,70 |

Khi sử dụng lớp hấp thụ để làm phẳng phân bố liều trong đối tượng thì bản thân lớp hấp thụ cũng được chiếu xạ. Như vậy, chiều dày chiếu xạ của đối tượng xem như bị tăng thêm một lượng bằng $2,7.t/\rho$ (*); với $2,7$ là giá trị tỷ trọng của nhôm.

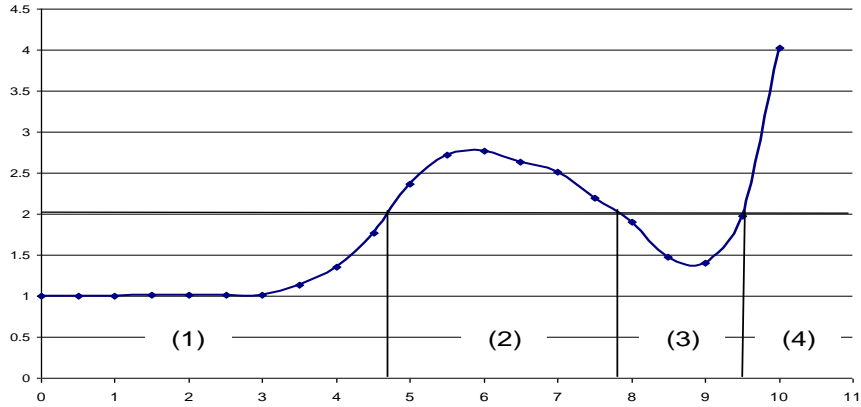
Chiều dày giới hạn của đối tượng có thể làm phẳng (D_{lp}) được xác định bằng hiệu của X_m trong hình 1 với phần chiều dày của lớp nhôm đã quy đổi (*):

$$D_{lp} = \frac{1}{\rho} (X_m - 2,7t) \quad (5)$$

Trong đó X_m được xác định bằng $2,74 \text{ g/cm}^2$ [9].

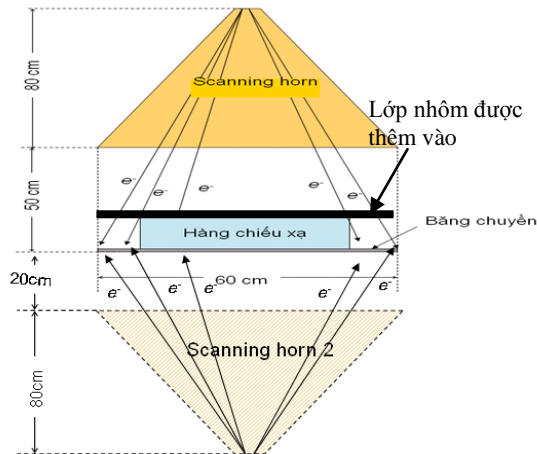
5. MỞ RỘNG CÁC GIỚI HẠN CHIỀU DÀY

Đối với các đối tượng là dụng cụ y tế và thực phẩm thì phân bố liều không cần phải làm phẳng như trong mục 4, mà chỉ cần giữ tỷ số DUR thấp hơn giá trị tương ứng là $1,3$ và $1,8$. DUR chiếu xạ trên máy UERL-10-15S2 theo tỷ trọng mặt của đối tượng được biểu diễn qua hình (4) và có 4 khoảng: (1) và (3) là khoảng chiều dày đảm bảo DUR trong mức cho phép, (2) và (4) là khoảng mà DUR vượt quá giới hạn cho phép [9].



Hình 4: Giá trị DUR theo tỷ trọng mặt

Để giữ tỷ số DUR trên khoảng (2) nằm trong giới hạn cho phép thì hoặc chiều dày đối tượng phải giảm về khoảng (1), hoặc phải tăng chiều dày đến tương ứng với khoảng (3) (các giới hạn trong hình 4 xác định với giá trị DUR = 2, với các DUR khác thì giới hạn có thay đổi tương ứng [9]). Trong trường hợp không thể thay đổi kích thước của đối tượng chiếu xạ được, một lớp nhôm được thêm vào trên đối tượng để tăng chiều dày đối tượng lên như trong hình 5.



Hình 5: Vị trí lớp nhôm được thêm vào giữa hàng và bộ phận quét

Lớp nhôm thêm vào sẽ đưa tổng tỷ trọng mặt của lớp nhôm và đối tượng nằm trong vùng giới hạn (3). Với đối tượng chiếu xạ có chiều dày d , chiều dày x của lớp nhôm cần thêm vào được xác định bằng:

- Đối với hàng dụng cụ y tế, $DUR \leq 1,3$:

$$\frac{8,63 - d_A}{2,7} < x < \frac{8,94 - d_A}{2,7} \quad (6)$$

- Đối với đối tượng chiếu xạ là hàng thực phẩm, $DUR \leq 1,8$:

$$\frac{8,03 - d_A}{2,7} < x < \frac{9,3 - d_A}{2,7} \quad (7)$$

Với $d_A = \rho \cdot d$ là tỷ trọng mặt của đối tượng, [8,63;8,94] và [8,03;9,3] là giới hạn biên của khoảng (3) tương ứng với hai mức DUR bằng 1,3 và 1,8.

6. KẾT LUẬN

Sử dụng lớp hấp thụ để cải tiến chất lượng chiếu xạ đã được nhiều tác giả nghiên cứu; một lần nữa, phương pháp này được áp dụng cho máy gia tốc UERL-10-15S2 để phục vụ chiếu xạ các đối tượng yêu cầu DUR nhỏ. Đối với hàng dụng cụ y tế và hàng thực phẩm, phương pháp này còn được áp dụng để xóa bỏ các giới hạn chiều dày: $4,05/\rho \leq d \leq 8,63/\rho$ và $4,58/\rho \leq d \leq 8,03/\rho$ tương ứng; thiết lập giới hạn chiều dày mới của đối tượng chiếu xạ : dưới $8,94/\rho$ cho hàng dụng cụ y tế và $9,3/\rho$ cho hàng thực phẩm đông lạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. B. Miller., 2005, *Electronic Irradiation of Food, An Introduction to the Technology*, Springer, New Mexico.
- [2] *Commercial Offer for Delivery of Facility for Treatment by Electron Beam, CORD Service*. Vinagamma, 2009.
- [3] J.F.Briesmeister.,1997. *MCNP- A General Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 4C2*. Transport Methods Group, Los Alamos National Laboratory.
- [4] A.Lisitsky, S.Pismenesky, G.Popov, V.Rydychev, *Quanlity improvement of irradiating technique, Radiation Physics and Chemistry*, 63 (2002) 591-594.
- [5] Brahme, A., 1981. *Correction of measured distribution for the finite extension of the detector*. *Strahlentherapie* 157,258–262.
- [6] Sieber, M., 1964. *Einsatz grosser Strahlengullen in der Gummi-Industrie*. *Kautchuk und Gummi* 17(6/7), S. 303–309.
- [7] Tabata, T., Ito, R., 1975. *A generalized empirical equation for the transmission coefficient of electrons*. *Nucl. Instrum. Methods* 127, 429–434.
- [8] McKeown, J., 1985. Radiation processing using electron linacs. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* NS-32 (5), 3292–3296.
- [9] Trần Khắc Ân, Cao Văn Chung, Trần Văn Hùng, Nguyễn Anh Tuấn., 2009. *Sử dụng chương trình MCNP và phần mềm RT-Office khảo sát phân bố liều trong hàng chiếu xạ bằng máy gia tốc chùm tia điện tử UERL-10-15S2*. Hội nghị Khoa học Hạt nhân toàn quốc lần thứ 8, Nha Trang.

STUDYING ABOUT USING FILTER TO EXPAND THE
LIMITATION OF THICKNESS OF OBJECT IRRADIATED ON
ELECTRON ACCELERATOR UERL-10-15S2

TRAN KHAC AN, CAO VAN CHUNG, TRAN VAN HUNG,
NGUYEN ANH TUAN

*Research and Development Center for Radiation Technology
202A , No.11 Street, Linh Xuân Ward, Ho Chi Minh City*

Abstract: In this paper, a aluminum filter is used to flat the depth-dose cuve of 10 MeV electron; the coherence filer's thichness for any irradiated obiect's densities was studied. This technique is also to used to expand the thickness limitations (d) over the ranges: $4,05/\rho \leq d \leq 8,63/\rho$ for medical product irradiation (required dose uniformity ratio (DUR) ≤ 1.3) and $4,58/\rho \leq d \leq 8,03/\rho$ for food irradiation (required DUR $\leq 1,8$); on the 10 MeV electron accelerator UERL-10-15S2 at Research and Development Center for Radiation Technology

Keyword: *DUR, UERL-10-15S2, filter, limitation of thickness...*