

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC MỞ VÀ TIÊU CỤ NỔ ĐẾN UY LỰC CỦA LIỀU NỔ LỖM DẠNG MÁNG THẲNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ

STUDYING THE EFFECT OF APEX ANGLE AND THE STAND-OFF DISTANCE ON
EFFECTIVENESS OF LINEAR-SHAPED CHARGES BY
NUMERICAL SIMULATION METHOD

Đỗ Văn Minh¹, Bùi Việt Dũng¹, Trần Đình Thành¹, Phạm Hồng Quân¹,
Trần Thanh Phong², Nguyễn Đức Được²

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Cục Kỹ thuật, Binh chủng Đặc công

TÓM TẮT

Bài báo trình bày ảnh hưởng của góc mở và tiêu cự đến chiều sâu xuyên của liều nổ lổm dạng máng bằng phương pháp mô phỏng số trên phần mềm Ansys Autodyn 2D. Kết quả khảo sát chỉ ra rằng, khi góc mở của máng lổm là 90° và khoảng cách từ miệng phễu lổm đến bản thép là 120 mm thì dòng xuyên ổn định và cho chiều sâu xuyên là lớn nhất (với bề rộng liều nổ lổm bằng 58 mm). Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc đánh giá ảnh hưởng của góc mở và tiêu cự nổ đến quá trình hình thành dòng xuyên và định hướng sử dụng góc mở và tiêu cự nổ hợp lý trong kết cấu của liều nổ lổm dạng máng.

Từ khóa: Liều nổ lổm; Góc mở; Tiêu cự; Chiều sâu xuyên; Autodyn.

ABSTRACT

This paper presents the influence of apex angle and stand-off distance on the penetration depth of linear-shaped charges by numerical simulation method on Ansys Autodyn 2D software. The results show that when the apex angle of the liner is 90° and the stand-off distance is 120 mm, the jet penetration is stable, and the penetration depth is the greatest (linear-shaped charge width is 58 mm). The research results are the basis for evaluating the influence of the apex angle and stand-off distance on the formation of the jet penetration and choosing the proper apex angle and stand-off distance of the linear-shaped charges structure.

Keywords: Linear-shaped charges; Apex angle; Stand-off distance; Penetration depth; Autodyn. 

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để cắt các tấm vật liệu với hiệu suất sử dụng chất nổ và độ tin cậy cao, người ta sử dụng các liều nổ với hốc lõm kéo dài trên suốt chiều dài gọi là liều nổ dạng máng hay máng nổ. Nguyên lý hoạt động của liều nổ lõm dạng lòng máng là sự va đập trực tiếp của dòng kim loại (lưỡi cắt) vào mục tiêu, phá hủy mục tiêu tạo ra vết cắt. Khi kích nổ liều nổ dạng máng, các sản phẩm nổ bên trong lòng máng hội tụ tạo thành “lưỡi cắt tập trung” có mật độ cao và động năng rất lớn cho phép cắt đứt những tấm thép có độ dày lớn tới hàng chục, thậm chí trăm milimet [1, 2, 6]. Uy lực của máng nổ đối với các mục tiêu bằng thép có thể được đánh giá thông qua chiều sâu bản thép bị cắt và bề rộng của vết cắt.

Liều nổ lõm dạng lòng máng thường sử dụng trong hoạt động quân sự cũng như trong lĩnh vực dân dụng, chúng dùng để cắt hoặc phá hủy kim loại, phân tách vật liệu và các cấu trúc. Hiện nay, trong một số yêu cầu nhiệm vụ như: phá rách một phần vỏ đầu đạn, bom mìn dọc theo đường sinh mà không gây nổ thuốc nổ, phá rách thành tàu thuyền, chân vịt, các phương tiện kỹ thuật vỏ thép... khi ứng dụng hiệu ứng nổ tập trung của liều nổ lõm máng dài đã cho thấy sự hiệu quả rõ rệt, có thể đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật đề ra.

Hiện nay đã có một số nghiên cứu [6] đưa ra phương án chọn góc mở và tiêu cự nổ

trong một khoảng giá trị nhưng chưa công bố giá trị xác định của góc mở và tiêu cự đối với từng kết cấu để dòng xuyên ổn định và cho uy lực lớn nhất. Ngoài ra, các tài liệu cũng chưa công bố về cách xác định khoảng giá trị tối ưu của góc mở và tiêu cự nổ đến uy lực của liều nổ lõm dạng máng. Phương pháp giải các bài toán tương tác của máng nổ với mục tiêu chủ yếu dựa trên thực nghiệm kết hợp với các mô hình giải tích.

Bài báo đưa ra mô hình bài toán tương tác giữa liều nổ lõm dạng máng thẳng với bản thép và ứng dụng phương pháp mô phỏng số trên phần mềm Ansys Autodyn 2D để khảo sát ảnh hưởng của góc mở và tiêu cự đến uy lực xuyên của liều nổ lõm dạng máng thẳng, từ đó xác định các thông số kết cấu tối ưu phục vụ cho việc thiết kế liều nổ.

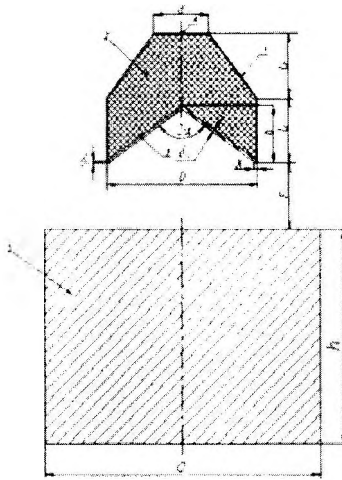
2. ĐỐI TƯỢNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mô hình tác giả lựa chọn để khảo sát là loại lượng nổ lõm dùng để thực hiện nhiệm vụ phá hủy hoặc cắt kim loại [6]. Trong bài báo, để đơn giản hóa bài toán khảo sát, nhưng vẫn không giảm tính tổng quát, xem xét liều nổ lõm dạng máng có kết cấu gồm 03 phần tử chính (hình 1): thân vỏ (1), thuốc nổ C4 (2), máng lót (3).

Để mô phỏng quá trình hình thành dòng xuyên của liều nổ lõm, mô hình vật liệu được cho trong Bảng 1 [3, 4, 6].

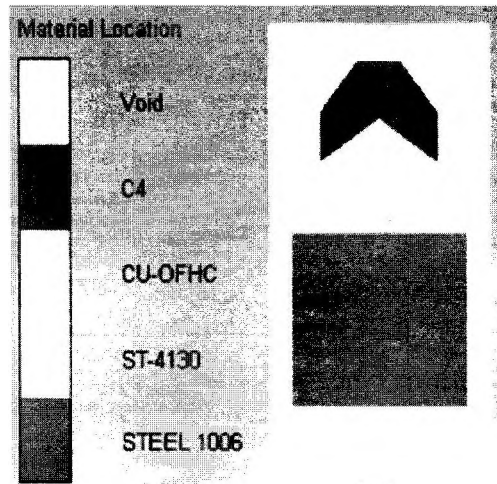
Bảng 1. Mô hình vật liệu các thành phần lượng nổ lõm

Thành phần	Vật liệu	Phương trình trạng thái	Mô hình bền	Mô hình phá hủy
Thuốc nổ	C4	JWL		
Máng lót	CU-OFHC	Shock	Steinberg-Guiman	
Thân vỏ	ST-4130	Tillotson		
Bản thép	STEEL-1006	Shock	Johnson Cook	Johnson Cook
Vùng tính toán	Avoid	Avoid		



Hình 1. Mô hình hình học của liều nổ lõm dạng máng khảo sát.

- 1 - Thân vỏ; 2 - Thuốc nổ; 3 - Máng lót;
- 4 - Điểm kích nổ; 5 - Mục tiêu.



Hình 2. Mô hình bài toán mô phỏng liều nổ lõm dạng máng trên phần mềm Ansys Autodyn 2D.

Theo tài liệu [6], góc mở tối ưu đối với lượng nổ lõm dạng máng được chọn trong khoảng $2\alpha = 100 \div 110^\circ$, tiêu cự $F = (0,5 \div 1,0)D$. Trên cơ sở phân tích ở trên, tác giả tiến hành khảo sát thay đổi góc mở $= 70 \div 120^\circ$ khi cố định tiêu cự là $F = 0,73D$ và khảo sát tiêu cự $F = (0,35 \div 1,65)D$ tương ứng với khoảng cách $40 \div 180 \text{ mm}$. Các phương án khảo sát góc mở và tiêu cự được cho trong bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Bảng thông số kích thước hình học các phương án khảo sát góc mở

TT	Kích thước	Đơn vị	Phương án					
			1	2	3	4	5	6
1	D	mm	110					
2	d	mm	20					
3	X	mm	30,13	24,89	18,83	11,64	2,78	0
4	L_1	mm	45					
5	L_2	mm	45					
6	b	mm	40					
7	δ_1	mm	1					
8	δ_2	mm	2					
9	h	mm	150					
10	a	mm	160					
11	b	mm	40					
12	F	mm	80					
13	2α	độ	70	80	90	100	110	120

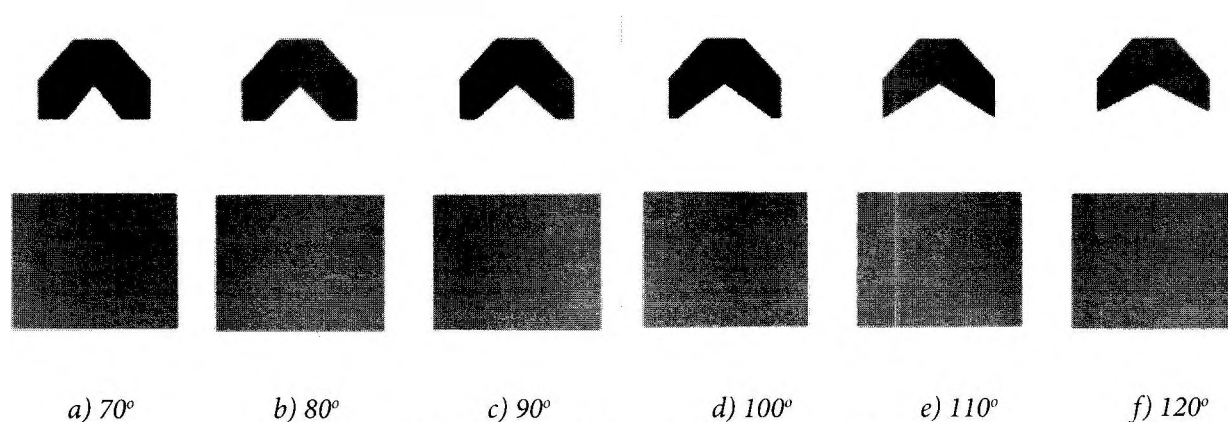
Bảng 3. Các phương án khảo sát tiêu cự

Phương án	1	2	3	4	5	6	7	8
Tiêu cự (mm)	40	60	80	100	120	140	160	180

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

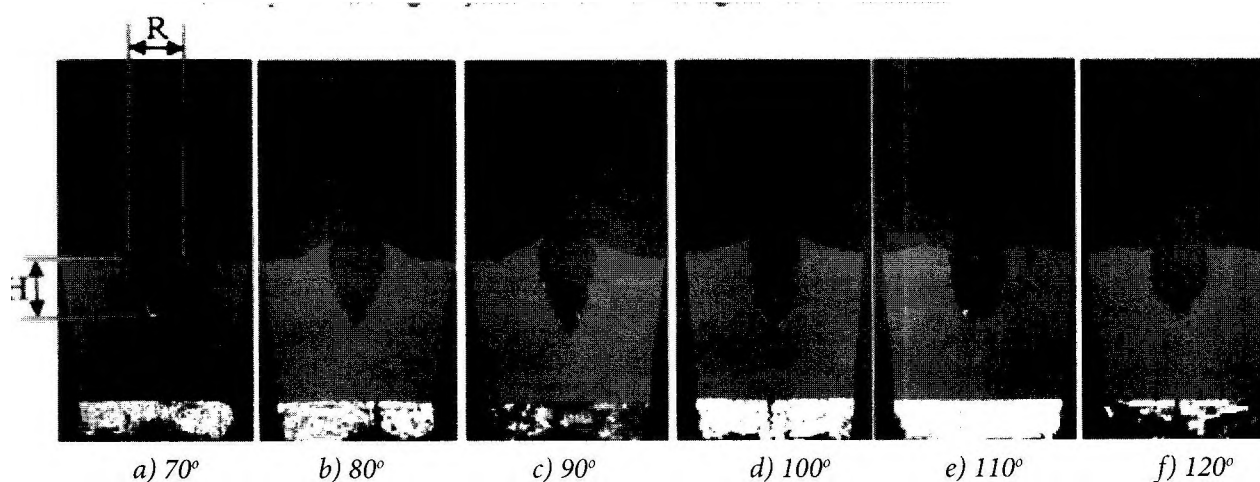
3.1. Ảnh hưởng của góc mở tới uy lực

Thiết lập mô hình các phương án trên phần mềm Ansys Autodyn để khảo sát:



Hình 3. Mô hình bài toán khảo sát góc mở

Kết quả khảo sát cho thấy hình dáng vết xuyên các phương án với góc mở khác nhau có sự thay đổi. Dòng xuyên ổn định nhất ở góc mở $90^\circ - 100^\circ$.

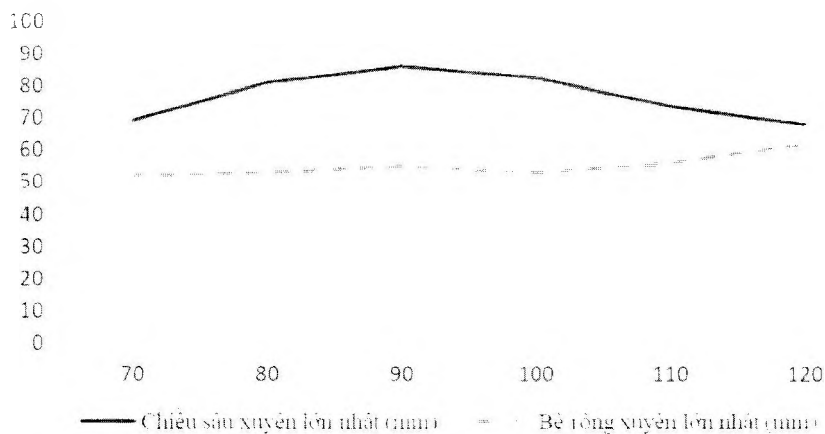


Hình 4. Hình dạng bản thép sau tương tác với các góc mở khác nhau

Tiến hành tính toán chiều sâu và bề rộng xuyên lớn nhất của các phương án, ta được bảng 4, dựng đồ thị chiều sâu và bề rộng xuyên lớn nhất theo góc mở trên hình 5.

Bảng 4. Kết quả khảo sát thay đổi góc mở với tiêu cự 80 mm

Góc mở (°)		70	80	90	100	110	120
Chiều sâu xuyên (mm)	H	69	81	86	82,5	73,5	68
Bề rộng xuyên (mm)	R	52	53	55	53	56	62
Tỷ lệ thay đổi so với góc mở 90° (%)	Chiều sâu	-19,7	-5,8	0	-4,1	-14,5	-20,9
	Bề rộng	-5,4	-3,6	0	-3,6	1,8	12,7

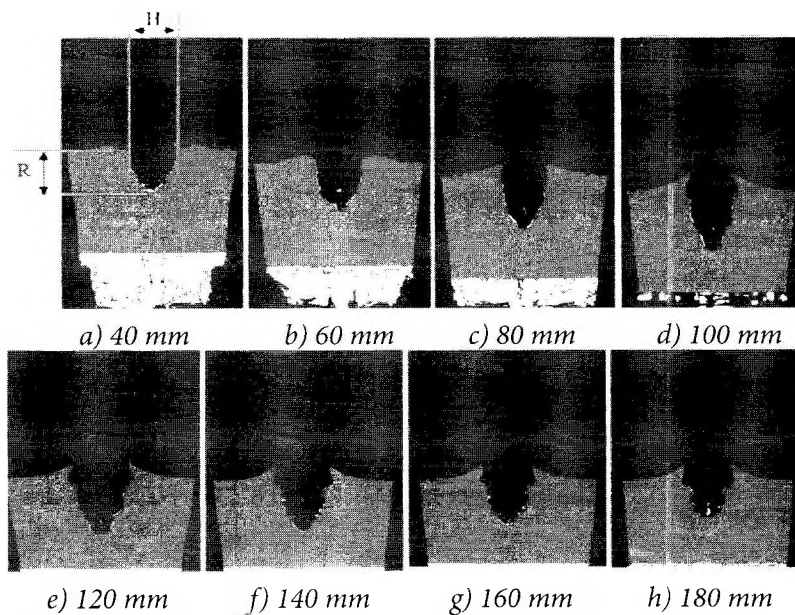


Hình 5. Đồ thị chiều sâu và bề rộng xuyên lớn nhất theo góc mở

Từ đồ thị hình 5, ta thấy: chiều sâu xuyên ở các phương án có sự khác nhau. Sự khác nhau này do khi góc mở thay đổi dẫn đến hình dạng của dòng xuyên thay đổi, góc mở ảnh hưởng đến quá trình khép dòng để tạo thành dòng xuyên. Ở phương án 1, với góc mở 70°, dòng xuyên hình thành nhanh và bị kéo dài dễ xảy ra hiện tượng đứt dòng, dòng xuyên tương đối ổn định ở góc mở 80÷100°. Với góc mở 120°, dòng xuyên ngắn, một phần vật liệu máng lót chưa kịp hình thành dòng, do vậy ở phương án này chiều sâu xuyên giảm.

3.2. Ảnh hưởng của tiêu cự đến uy lực

Từ kết quả khảo sát góc mở, chọn $2\alpha = 90^\circ$, tiếp tục khảo sát các phương án thay đổi tiêu cự trong khoảng từ $(0,35 \div 1,65)D$ tương ứng với khoảng cách 40 ÷ 180 mm, ta thu được kết quả quá trình tương tác của liều nổ lôm dạng máng với mục tiêu như sau:

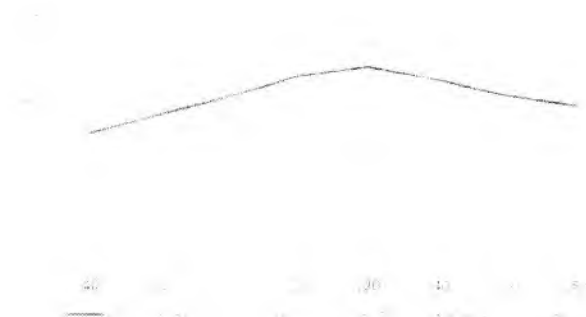


Hình 6. Hình dạng bản thép sau khi tiến hành mô phỏng các phương án

- Từ kết quả mô phỏng, ta lập được bảng chiều sâu và bề rộng xuyên lớn nhất của các phương án và dựng được đồ thị trên hình 6.

Bảng 5. Kết quả khảo sát thay đổi tiêu cự với góc mở 90°

Tiêu cự (mm)		40	60	80	100	120	140	160	180
Chiều sâu xuyên lớn nhất (mm)	H	64,5	73,5	82,5	92,5	97	91	83	78
Bề rộng xuyên lớn nhất (mm)	R	50	52	53	55,5	58	55	53	51
Tỷ lệ thay đổi so với tiêu cự 80mm (%)	Chiều sâu	-21,8	-10,9	0	12,1	17,5	10,3	0,6	-5,4
	Bề rộng	-5,6	-1,8	0	3,7	9,4	3,7	0	-3,7



Hình 7. Đồ thị chiều sâu và bề rộng xuyên lớn nhất theo tiêu cự

Từ đồ thị hình 7, ta thấy: Chiều sâu xuyên với các tiêu cự khác nhau có sự khác nhau. Với tiêu cự 40 mm, dòng xuyên chưa kịp hình thành đã tương tác với bản thép, dòng xuyên ngắn dẫn tới uy lực không cao, một phần vật liệu đồng chưa kịp hình thành dòng xuyên thì va đập vào bản thép dẫn tới biến dạng bề mặt bản thép. Khi tăng tiêu cự lên đến một giá trị xác định thì lúc này dòng xuyên ổn định xâm nhập vào bản thép, hiệu quả dòng xuyên tăng lên đáng kể. Tiếp tục tăng tiêu cự lên các giá trị 140 mm, 160 mm và 180 mm thì lúc này xảy ra hiện tượng đứt dòng. Do trong quá trình chuyển động của dòng xuyên có sự chênh lệch vận tốc giữa đỉnh dòng và chuôi dòng nên xảy ra hiện tượng đứt gãy, khi đó uy lực dòng xuyên giảm. Với tiêu cự 120 mm thì dòng xuyên đủ độ dài và độ mập để cho khả năng xuyên sâu đạt giá trị lớn nhất.

4. KẾT LUẬN

- Về ảnh hưởng của góc mở: bằng việc khảo sát theo 06 phương án thay đổi góc mở, kết quả thu được về quy luật hình thành, hình dáng kích thước, vận tốc của dòng xuyên ở 06 phương án là khác nhau. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy, góc mở tốt nhất trong thiết kế, tính toán sơ bộ liều nổ lõm dạng máng với các thông số kết cấu như mô hình khảo sát là 90° .

- Về ảnh hưởng của tiêu cự: khoảng cách từ phần miệng máng lót đến bề mặt mục tiêu

(tiêu cự) có ảnh hưởng lớn tới hình dáng, kích thước và uy lực xuyên của dòng kim loại tập trung năng lượng. Kết quả mô phỏng hoàn toàn phù hợp với lý thuyết, các hệ số thực nghiệm đưa ra. Khi thiết kế tiêu cự của liều nổ lõm dạng máng với kết cấu như mô hình đã khảo sát cần lựa chọn trong khoảng $(0,9 \div 1,2)D$.

Kết quả khảo sát là cơ sở để phân tích, lựa chọn các thông số về tiêu cự và góc mở của liều nổ lõm dạng máng thẳng để đạt hiệu quả cắt, phá huỷ kim loại lớn nhất. ❖

Ngày nhận bài: 15/4/2022

Ngày phản biện: 25/4/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Thủy, Trần Văn Định (2007); *Uy lực đạn*, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [2]. Trần Văn Định (2005); *Cấu tạo tác dụng đạn dược lực quân*, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [3]. *Ansys Autodyn User's Manual* (2015). [Http://www.ansys.com](http://www.ansys.com).
- [4]. Eser Gürel (2009). *Modeling and Simulation of Shaped Charges*. Department of Mechanical Engineering, Middle East Technical University.
- [5]. С.В. Ладов, В.И. Колпаков (2019), *Расчет действия удлиненных кумулятивных зарядов*, С.В. Федоров-Москва.
- [6]. Орленко Л. П (2006), *Физика взрыва и удара: Учебное пособие для вузов*, М.: Физматлит.