

MÔ PHỎNG TƯƠNG TÁC CỦA LỖI XUYÊN ĐẠN THOÁT VỎ CỖ 7,62x25 MM VỚI MỤC TIÊU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

SIMULATION OF INTERACTION OF 7.62X25 MM SLAP WITH STEEL PLATE BY NUMERICAL METHOD

Nguyễn Văn Tường¹, Nguyễn Văn Công², Phạm Đức Hùng²,
Trần Văn Doanh², Trần Đình Thành²

¹Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

²Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Các tác giả xây dựng mô hình tính toán mô phỏng tương tác cho đầu xuyên thoát vỏ cỡ 7,62x25 mm bằng phương pháp mô phỏng số trên phần mềm ANSYS sử dụng bộ công cụ Explicit Dynamics. Tập trung vào mô phỏng tương tác lỗi xuyên với bản thép, vì vỏ bọc được tách và rơi khi ra khỏi nòng. Qua đó, đánh giá được chiều sâu xuyên, được kiểm chứng, so sánh với công thức Gia-cốp Đơ-mar. Kết quả nghiên cứu có thể phục vụ cho việc lựa chọn cấu hình hệ súng – đạn và kết cấu của lỗi xuyên trong thiết kế, chế tạo.

Từ khóa: Xuyên thép; Lỗi xuyên; Xuyên thoát vỏ; Mô phỏng số.

ABSTRACT

The authors build a computational model to simulate the interaction for a 7.62x25 mm sabot light armor penetrator by numerical simulation on ANSYS software using the Explicit Dynamics toolkit. Focus on simulating the penetrator-plate interaction, as the sabot separates and falls off the barrel. Thereby, the penetration depth can be assessed, verified, compared with the Jacob De Marre formula. The research results can serve to select the configuration of the pistol – bullet system and the structure of the penetrator in design and manufacture.

Keywords: Amour piercing; Saboted light armor penetrator; Numerical simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ sản xuất giáp chống đạn giúp cho khả năng chống xuyên của các lớp áo giáp tốt hơn, đòi hỏi đạn súng ngắn cần nâng cao về khả năng xuyên giáp cũng như tăng hiệu quả sát thương mục tiêu sau bản giáp. Chính vì vậy, đạn

súng ngắn đã cho ra đời nhiều kết cấu mới như: đầu đạn có vỏ bọc một nửa, đạn có lõi xuyên bằng thép có độ cứng cao dạng nhọn hoặc tù (đạn 7H21, 7H29, 7H31 của Nga) và đầu đạn xuyên thoát vỏ ổn định con quay (6,5x25 mm CBJ của Thụy Điển) [2, 7]. Một trong những phương án nâng cao uy lực xuyên là sử dụng đầu đạn xuyên thoát vỏ động năng, lõi xuyên

được chế tạo từ vật liệu hợp kim nền wolfram giúp khả năng xuyên tăng lên (120÷290%) so với đạn xuyên thép truyền thống.

Các phương pháp chủ yếu nghiên cứu quá trình va xuyên của đầu đạn vào bản thép hiện nay là phương pháp thực nghiệm và bán thực nghiệm [3, 4]. Nhờ sự phát triển của công cụ toán học và máy tính điện tử đã có thể mô phỏng các bài toán va xuyên của đạn vào mục tiêu, trong đó ANSYS Workbench là một công cụ khá mạnh [5, 6]. Thông qua mô phỏng, ta xác định được chiều sâu xuyên vào mục tiêu, kết quả thu được ta kiểm chứng bằng kết quả trong công thức Gia-cốp Đơ-mar. Kết quả nghiên cứu đóng góp cơ sở lý luận khoa học phục vụ cho việc lựa chọn cấu hình hệ súng – đạn và kết cấu của lõi xuyên.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG TƯƠNG TÁC BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

2.1. Trình tự mô phỏng

Để mô phỏng khả năng xuyên thép của đầu đạn trên phần mềm ANSYS, các bước cơ bản được tiến hành như sau [5, 6]:

Bước 1: Xây dựng mô hình hình học của đầu đạn và bản thép bằng phần mềm Inventor (hoặc Solidwork).

Bước 2: Truyền mô hình hình học từ Inventor sang Ansys Workbench (môi trường nền chung của Ansys).

Bước 3: Truyền mô hình hình học sang mô đun Explicit Dynamics.

Bước 4: Đưa vào bài toán các dữ liệu kỹ thuật (vật liệu và mô hình phá hủy cho vật liệu).

Bước 5: Xây dựng mô hình cho bài toán trong Explicit Dynamics – Mechanical (gán vật liệu, chia lưới, thiết lập điều kiện biên, thiết lập điều kiện đầu, cài đặt bước tính).

Bước 6: Giải bài toán trong mô đun AUTODYN 3D.

2.2. Các giả thiết

- Bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực, lực tương tác động và chuyển động quay của đầu đạn. Coi quá trình va xuyên là quá trình đoạn nhiệt.

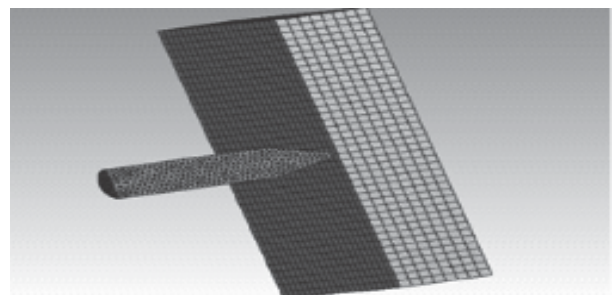
- Phương của véc tơ vận tốc đầu đạn trùng với trục đối xứng của nó.

- Đầu đạn được chế tạo từ vật liệu kim loại có độ bền cao. Quá trình va xuyên của đầu đạn và mục tiêu diễn ra sự tương tác biến dạng lớn và có tính chất đàn hồi, dẻo lý tưởng.

- Tiến hành mô phỏng quá trình va xuyên của đầu đạn vào mục tiêu với góc chạm 0°.

- Vận tốc chạm của đầu đạn tại mục tiêu được xác định theo kết quả tính toán thuật phóng trong, thuật phóng ngoài. Điều kiện biên của các mặt bên mục tiêu là cố định.

2.3. Mô hình hình học của lõi xuyên và mục tiêu (hình 1)



Hình 1. Mô hình phần tử hữu hạn lõi xuyên và mục tiêu 

Lõi xuyên đạn súng ngắn xuyên thoát vỏ có mũi hình côn và thân hình trụ được chế tạo từ vật liệu hợp kim wolfram. Mục tiêu là tấm thép CT3 với kích thước 400x400 mm có chiều dày thay đổi được sử dụng phổ biến, trong ví dụ viên dẫn, tấm thép dày 8mm.

Căn cứ vào sự tương đương với cơ tính thực tế, tham số vật liệu được lấy trong thư viện vật liệu của phần mềm Ansys: vật liệu đầu đạn Tungsten Alloy, vật liệu mục tiêu Steel 1006. Để phù hợp với các dữ kiện vật liệu như trong biểu thức Gia-cốp Đơ-mar, hệ số K được nhận giá trị 1800.

Sau khi xây dựng được mô hình phần tử cho các thành phần lõi xuyên và mục tiêu, ta gán các điều kiện đầu tại mục tiêu và điều kiện biên cụ thể cho va chạm.

2.4. Các thông số đầu vào

Qua tìm hiểu các tài liệu [3, 4], mô hình vật liệu Johnson – Cook là mô hình phổ biến và đơn giản nhất để mô tả ứng xử của vật liệu liên quan đến biến dạng ở trạng thái tốc độ biến dạng lớn kèm theo nhiệt độ tăng cao (Bảng 1).

Bảng 1. Hệ số vật liệu trong mô hình phá hủy Johnson – Cook

Vật liệu	D1	D2	D3	D4	D5
Thép 1006	0,0	2,07	-1,22	0,016	0,63
Vonfram	0,0	0,33	-1,5	0,042	0,0

Lựa chọn các thông số về đạn:

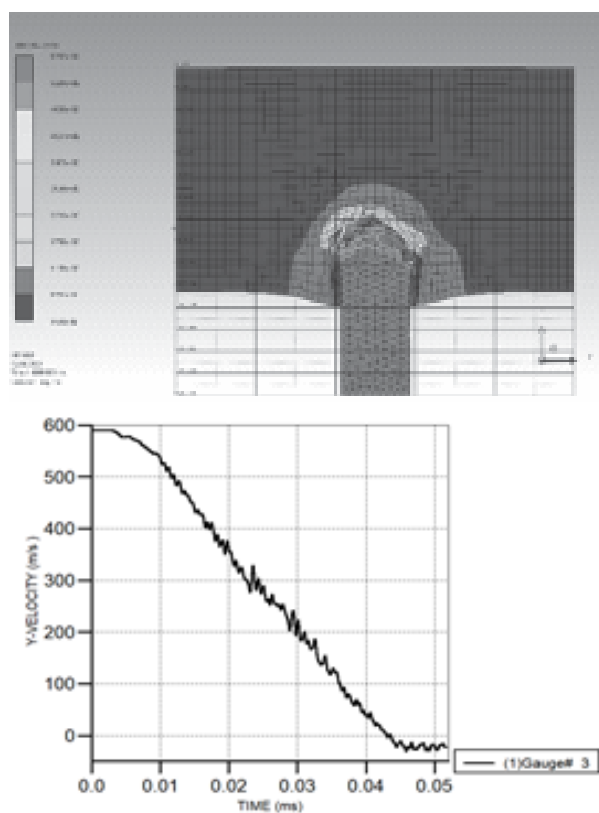
Các loại đạn súng thoát vỏ ổn định con quay có kết cấu tương tự như 6,5×25mm CBJ, 7,62×51mm M948, khối lượng tương đối của lõi xuyên trong khoảng $C_{ml} = 30 \div 36 \text{ g/cm}^3$, đường kính lõi xuyên từ 0,16÷0,19 inch. Ở đây, chọn đường kính lõi xuyên 4,32 mm làm trung

tâm để khảo sát, bề dày đáy vỏ bọc đầu đạn: 3,9 mm [1, 2].

Chiều dài viên đạn K51 là 34,85 mm, nghiên cứu [2] đã chỉ ra chiều dài giới hạn lớn nhất của viên đạn súng ngắn phù hợp với thể hình chiến sĩ là 39 mm, ở đây chọn giá trị 38,28 mm để khảo sát, các thông số khác được trình bày trong các bảng 2 và 3.

2.5. Kết quả mô phỏng quá trình va xuyên của đầu đạn vào bản thép

- Thay đổi vận tốc của lõi xuyên trong quá trình va xuyên:



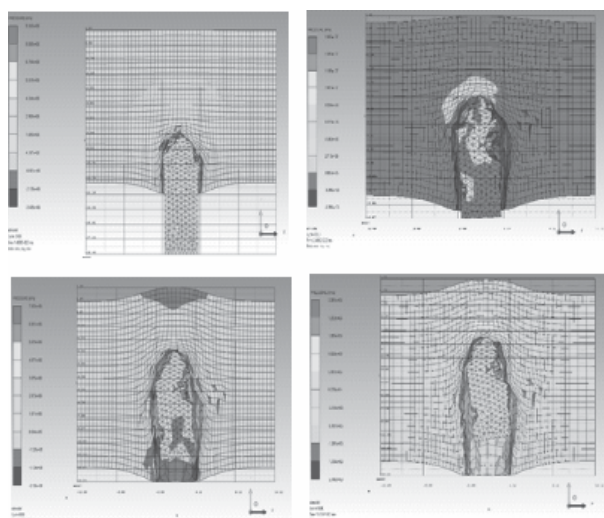
Hình 2. Quá trình thay đổi vận tốc của lõi xuyên vào mục tiêu

Như trên đồ thị ta nhìn thấy, sau khi va chạm vào mục tiêu, vận tốc của đầu đạn giảm dần từ vận tốc chạm về 0 sau khoảng thời gian

50 μ s. Khi đó, đầu đạn không còn khả năng xuyên vào mục tiêu. Tiến hành đo giá trị chiều sâu xuyên trên kết quả mô phỏng.

- Thay đổi của áp lực tác dụng lên đầu đạn và mục tiêu trong quá trình va xuyên:

Lõi xuyên di chuyển với tốc độ lớn va chạm vào mục tiêu, tại vị trí tiếp xúc sẽ tác động áp lực rất lớn lên bản thép đồng thời hình thành một sóng giãn truyền với tốc độ âm thanh trong môi trường vật liệu đến bề mặt tự do của mục tiêu, sóng giãn phản xạ tạo ra sức căng bề mặt, với những mục tiêu có độ cứng cao có thể xảy ra hiện tượng phá hủy tạo thành mảnh văng phía sau. Giả thiết quá trình này là đoạn nhiệt; mũi đạn dưới áp lực lớn bị phá hủy và thay đổi hình dạng dần trở nên tù hơn – hình “nằm”, tiếp tục xuyên sâu vào mục tiêu cho đến khi lực cản của mục tiêu làm tiêu hao hết động năng của đạn. Diễn ra song song là quá trình tăng nhiệt độ của cả mục tiêu lẫn lõi xuyên, nhất là tại phần tiếp giáp của các vật xảy ra quá trình nung chảy vật liệu cũng là tác nhân làm phá hủy lõi xuyên và hình thành lỗ xuyên.



Hình 3. Phân bố áp suất tác động lên lõi xuyên và mục tiêu

4. KHẢO SÁT

4.1. Ảnh hưởng đường kính lõi xuyên đến uy lực xuyên thép

Để khảo sát ảnh hưởng của đường kính lõi xuyên đến uy lực xuyên giáp, tiến hành mô phỏng trong các mô hình với điều kiện giữ cố định chiều dài lõi xuyên 16,05 mm, chiều dài mũi lõi xuyên không đổi 5 mm; thay đổi đường kính lõi xuyên theo 5 giá trị từ 4,19 mm, 4,32mm, 4,63mm, 4,95 mm và 5,3 mm ($d_{lx} = (0,55 \div 0,75)d$). Khi đó, góc côn mũi đạn và khối lượng lõi xuyên tăng lên 60% (từ 2,98÷4,77g), sơ tốc của lõi xuyên giảm 19% theo các giá trị trong bảng 2.

Trong trường khảo sát ảnh hưởng của đường kính lõi xuyên đến uy lực xuyên giáp, ta nhận thấy kết quả xuyên giáp qua tính toán lý thuyết và kết quả mô phỏng khá tương đồng, các giá trị trong mô phỏng thấp hơn 1,73÷6,16% so với tính toán lý thuyết. Khi tăng đường kính lõi xuyên từ 4,19÷5,3 mm, chiều sâu xuyên giáp giảm dần từ 8,1 mm xuống 6,56 mm, chênh lệch 19%. Trong trường hợp này, đường kính lõi xuyên tăng lên, khối lượng lõi xuyên tăng làm giảm vận tốc của lõi xuyên. Sự thay đổi các giá trị trên khiến cho động năng và tải trọng ngang của lõi xuyên giảm dẫn đến uy lực xuyên giáp giảm. Qua kết quả mô phỏng, ta nhận thấy chiều sâu xuyên đạt các giá trị lớn nhất tương ứng với đường kính lõi xuyên hợp lý trong khoảng 4,19÷4,63 mm. Tuy nhiên, khi xét đến ảnh hưởng của góc chạm đến uy lực xuyên thì đường kính lõi xuyên nhỏ tác dụng ở góc chạm lớn hoặc ở mép mục tiêu có thể gây ra hiện tượng gây lõi xuyên khi va chạm ở tốc độ cao.



Bảng 2. Kết quả tính toán khi thay đổi đường kính lõi xuyên

TT	Thông số	Chiều dài đầu đạn				
		19,05	19,05	19,05	19,05	19,05
1	Khối lượng đầu đạn, gam	3,60	3,82	4,32	4,87	5,51
2	Khối lượng vỏ đầu đạn, gam	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74
3	Khối lượng lõi xuyên, gam	2,98	3,17	3,64	4,16	4,77
4	Chiều dài lõi xuyên, mm	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05
5	Chiều dài mũi lõi xuyên, mm	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
6	Đường kính lõi xuyên, mm	4,19	4,32	4,63	4,95	5,30
7	Chiều dài viên đạn, mm	38,28	38,28	38,28	38,28	38,28
8	Thể tích buồng đốt ban đầu	0,813	0,813	0,813	0,813	0,813
9	Khối lượng thuốc phóng, g	0,54	0,52	0,50	0,49	0,44
10	Sơ tốc, m/s	549	525	496	473	445
11	Vận tốc chạm X = 25m	535	515	485	460	433
12	Chiều sâu xuyên Gia-cốp Đơ-mar	8,30	7,95	7,48	7,10	6,68
13	Chiều sâu xuyên mô phỏng	8,10	7,46	7,44	6,93	6,56
14	Sai số (%)	-2,45	-6,16	-0,53	-2,43	-1,73
15	Cường độ xuyên giáp MP	5,79	5,33	5,32	4,96	4,69

4.2. Ảnh hưởng của vận tốc chạm lõi xuyên đến uy lực xuyên thép

Sử dụng kết cấu lõi xuyên với đường kính lõi xuyên 4,32 mm, chiều dài mũi lõi xuyên 5 mm, chiều dài lõi xuyên 16,05 mm là đối tượng khảo sát khi thay đổi các giá trị vận tốc chạm lần lượt là 700 m/s, 750 m/s, 800 m/s, 850 m/s và 900 m/s.

Bảng 3. Kết quả tính toán khi thay đổi vận tốc chạm mục tiêu

TT	Thông số	Vận tốc chạm của lõi xuyên (m/s)				
		700	750	800	850	900
1	Khối lượng đầu đạn, g	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
2	Khối lượng vỏ đầu đạn, g	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
3	Khối lượng lõi xuyên, g	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
4	Chiều dài lõi xuyên, mm	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05
5	Chiều dài mũi lõi xuyên, mm	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
6	Đường kính lõi xuyên, mm	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32
7	Chiều sâu xuyên Gia-cốp Đơ-mar	12,32	13,60	14,91	16,26	17,65
8	Chiều sâu xuyên mô phỏng	10,88	13,09	13,56	14,94	16,66
9	Sai số	-11,7	-3,76	-9,08	-8,14	-5,60
10	Cường độ xuyên giáp MP	7,78	9,36	9,69	10,68	11,91

Căn cứ vào kết quả uy lực xuyên trình bày ở trên về đạn súng ngắn cỡ 7,62 mm xuyên thoát vỏ có uy lực xuyên tốt nhất trong điều kiện sử dụng hệ súng ngắn, có thể thay đổi kết cấu và thuật phóng để sơ tốc đạn đạt giá trị khoảng 700÷800 m/s; với hệ súng tiểu liên có thể tăng sơ tốc đến 900÷1000 m/s.

5. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán và khảo sát bằng mô phỏng số cho ta thấy sự ảnh hưởng của vận tốc chạm mục tiêu và đường kính lõi xuyên đến chiều sâu xuyên thép. Khi đường kính lõi xuyên tăng lên, khối lượng lõi xuyên tăng làm giảm vận tốc của lõi xuyên, dẫn đến uy lực xuyên giáp giảm. Qua kết quả mô phỏng, nhận thấy chiều sâu xuyên đạt các giá trị lớn nhất tương ứng với đường kính lõi xuyên hợp lý trong khoảng 4,19÷4,63 mm.

Khi tăng sơ tốc đạn lên, đạn có khả năng xuyên được thép tăng lên, khi tăng sơ tốc lên trên 750 m/s có thể xuyên giáp lên mức 3 ($C_d = 9,4$) theo tiêu chuẩn của Liên bang Nga, xấp xỉ mức III của tiêu chuẩn Mỹ. Tuy nhiên, chúng vẫn không có khả năng xuyên giáp cấp 4 ($C_d = 12,9$) theo tiêu chuẩn của Liên bang Nga.❖

Ngày nhận bài: **02/02/2023**

Ngày phản biện: **20/02/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Doanh, Trần Bá Tấn; *Một số vấn đề về mũi đạn có biên dạng côn-ôval*, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, số 206 (ISSN 1859-0209), Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2020.
- [2]. Trần Văn Doanh; *Các giải pháp nâng cao khả năng xuyên cho đạn súng ngắn*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2020.
- [3]. Nguyễn Văn Thủy và các tác giả; *Cơ sở thiết kế đạn súng bộ binh*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2007.
- [4]. Nguyễn Văn Thủy, Trần Văn Định; *Uy lực đạn*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2007.
- [5]. ANSYS Workbench User's Guide, 2016.
- [6]. *Introduction to ANSYS Explicit Dynamics*, 2016.
- [7]. *Jane's Ammunition Handbook* (online).