



MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH TƯƠNG TÁC CỦA ĐẦU ĐẠN CỖ 7,62mm VỚI BÀN THÉP CÓ ĐỘ DÀY KHÁC NHAU

Nguyễn Quang Dũng^{1*}

Tóm tắt: Bài báo thực hiện mô phỏng số 3D quá trình tương tác giữa đầu đạn xuyên 7,62×39 mm (K56) đầu lõi thép kiểu 1943 với các bản thép CT3 có bề dày khác nhau được kẹp chặt toàn chu vi bằng phần mềm ANSYS AUTODYN. Bài báo đã thiết lập các mô hình để mô phỏng tương tác giữa đầu đạn và bản thép với các điều kiện mô phỏng số dựa theo thực nghiệm và kết quả được so sánh. Việc tính toán mô phỏng sẽ cho các kết quả là hình dạng, kích thước của vết xuyên và vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên qua tấm thép. Từ các kết quả này sẽ giúp tìm ra mối quan hệ giữa vận tốc còn lại sau xuyên của đầu đạn xuyên 7,62×39 mm (K56) đầu lõi thép kiểu 1943 với bề dày bản thép CT3. Sau đó so sánh kết quả mô phỏng với kết quả thực nghiệm để đánh giá mức độ chính xác của phương pháp tính.

Từ khóa: Đầu đạn 7,62×39mm; tương tác; ansys autodyn; vận tốc còn lại; thép CT-3.

Simulating interaction processes of 7.62mm bullet with steel plates of different thicknesses

Abstract: The paper deals with numerical 3D simulation of the interaction processes of 7,62×39mm (K56) armour piercing steel core bullet with CT-3 steel plates with different thicknesses clamped around by using ANSYS AUTODYN software. The paper presents model settings to simulate interaction processes of bullet and steel plate. The numerical simulation conditions were based on experiment and the results were compared. Simulation calculations will result in the shape, size of the piercing hole and the remaining velocity of the bullet after penetrating the steel plate. From the simulation results, the relationship between the remaining velocity of the bullet after penetration in thickness plate CT3 is drawn. The accuracy of the calculation method is assessed by comparing experimental results with simulation ones.

Keywords: 7,62×39mm bullet; interaction; ansys autodyn; remaining velocity; steel CT3.

Nhận ngày 10/5/2017; sửa xong 7/6/2017; chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 7, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu tương tác giữa đầu đạn xuyên và mục tiêu là một lĩnh vực nghiên cứu hết sức phức tạp đối với các chuyên gia kỹ thuật quân sự [1]. Trước đây, chủ yếu các kết quả nghiên cứu nhận được từ các phương pháp thực nghiệm và bán thực nghiệm. Vì thế, các công thức dùng để tính toán và thiết kế đạn được đưa ra với phạm vi ứng dụng hẹp, phải sử dụng nhiều giả thiết nên không phản ánh đầy đủ các hiện tượng của quá trình tương tác và còn nhiều hạn chế trong khả năng định hướng thiết kế [2].

Từ khi công nghệ, khoa học máy tính phát triển, các kỹ thuật tính toán tiên tiến được áp dụng kết hợp với các mô hình vật liệu có dữ liệu thực nghiệm ngày càng chính xác đã cho ra đời nhiều phần mềm tính toán cho phép mô phỏng số các quá trình vật lý phức tạp tăng lên. Các đặc tính riêng lẻ và toàn phần về bản chất của toàn bộ hệ nghiên cứu tùy theo tác động và chạm của đầu đạn vào mục tiêu, nhận được theo phương pháp trên, không chỉ giúp các nhà nghiên cứu, các kỹ sư thiết kế đạn hiểu sâu hơn bản chất vật lý các hiện tượng xem xét mà còn giảm nhiều số lượng thực nghiệm tốn kém, khảo sát đánh giá định lượng các yếu tố ảnh hưởng tới kết quả quá trình tương tác, tăng cường khả năng định hướng thiết kế các mẫu đạn mới cũng như kết cấu của các giáp che chắn trong điều kiện thực tế còn nhiều hạn chế trong nước về lĩnh vực này [3].

Sử dụng các phần mềm hiện đại để mô phỏng quá trình tương tác của đầu đạn và mục tiêu sẽ cho phép đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình va xuyên, đánh giá hiệu quả của một mẫu đạn mới thiết kế hoặc khả năng chống đạn của một vật liệu mới hoặc kết cấu mới với một chi phí thấp hơn nhiều

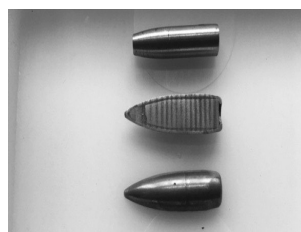
¹ThS, Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự.

*Tác giả chính. E-mail: quangdung18308082@gmail.com.

so với thử nghiệm thực tế. Mô phỏng cũng là một công cụ hữu hiệu để phục vụ nghiên cứu khảo sát trong lĩnh vực tác dụng đạn trong điều kiện trang thiết bị thử nghiệm, đo đạc trong nước còn hạn chế và hiểu biết về tính chất vật liệu khi chịu tải trọng động chưa nhiều. Tuy nhiên, việc ứng dụng và khai thác hiệu quả, tin cậy các phương pháp mô phỏng số hiện đại để nghiên cứu quá trình tương tác của đầu đạn với mục tiêu ở trong nước vẫn chưa được phổ biến.

Bài báo sử dụng phần mềm ANSYS AUTODYN [4], để mô phỏng số 3D quá trình xuyên của đầu đạn 7,62×39mm lõi thép vào bản thép vuông đồng nhất CT-3 với các bề dày khác nhau. Kết quả quan tâm trong trường hợp này là vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên qua bản thép và thời gian đầu đạn chuyển động trong bản thép. Từ các kết quả mô phỏng nhận được quan hệ giữa vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên với bề dày bản thép, đây là một trong các nội dung quan trọng trong nghiên cứu tác dụng đạn xuyên động năng, đồng thời so sánh với các kết quả thực nghiệm để đánh giá khả năng ứng dụng mô hình vật liệu được đề xuất trong việc khảo sát mẫu đạn mới này.

Đầu đạn thực nghiệm (Hình 1) có khối lượng 7,9g, đường kính 7,87mm và chiều dài 26,8mm. Đầu đạn là cấu trúc 3 thành phần với lõi thép cứng, áo chì bao quanh lõi thép và vỏ đầu đạn [5]. Mục tiêu thực nghiệm là các bản thép đồng nhất CT-3, kích thước 500×500mm dày 5, 10, 12mm đặt vuông góc với trục nòng súng và cách miệng nòng 15m.



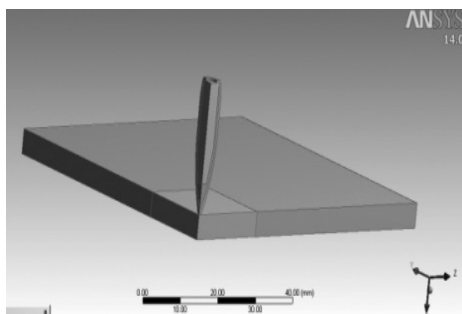
Hình 1. Đầu đạn xuyên 7,62×39mm lõi thép kiểu 1943



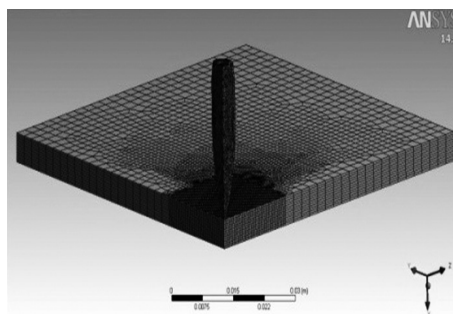
2. Mô hình lựa chọn để mô phỏng bài toán nghiên cứu bằng phần mềm ANSYS AUTODYN

Để thực hiện bài toán này thuận lợi nhất, sẽ xây dựng mô hình hình học (Hình 2a), xác định mô hình phần tử hữu hạn (Hình 2b) và các điều kiện đầu và điều kiện biên thích hợp trong ANSYS Explicit Dynamics sau đó chuyển dữ liệu sang ANSYS AUTODYN và bổ sung các mô hình vật liệu phù hợp cùng với các tham số giải để giải bài toán. Trong mô phỏng này, mô hình hình học của đầu đạn được xây dựng với các kích thước như bản vẽ chế tạo đầu đạn xuyên 7,62×39mm lõi thép kiểu 1943 của nhà máy Z113 bằng ứng dụng Design Modeler tích hợp sẵn trong ANSYS Workbench. Khối lượng riêng của lõi thép, áo chì và vỏ đầu đạn được hiệu chỉnh để nhận được khối lượng của mô hình bằng khối lượng đầu đạn thực.

Mô hình hình học của mục tiêu lần lượt là bản thép có kích thước 150×150mm, bề dày tăng dần từ 2 - 21mm. Để tiết kiệm thời gian giải, xem xét giải mô hình đối xứng như hình dưới đây.



a



b

Hình 2. Mô hình hình học (a) và mô hình phần tử hữu hạn của đầu đạn và mục tiêu (b)

Vì chưa đủ điều kiện xác định được đầy đủ và chính xác các thành phần hóa học và cơ tính vật liệu cùng các điều kiện kỹ thuật và công nghệ chế tạo đầu đạn và các bản thép, cũng như chưa xác định được các tham số thể hiện sự thay đổi tính chất của các vật liệu khi chịu tải trọng động, nên để kết quả mô phỏng sát với thực tế nhất cần phải tính toán và kết hợp các thông số vật liệu thực tế của đầu đạn và mục tiêu đã xác định với các tham số vật liệu có sẵn của thư viện vật liệu của phần mềm ANSYS AUTODYN một cách hợp lý nhất [6]. Lựa chọn mô hình vật liệu vỏ đầu đạn là mô hình thép 1006 trong thư viện, lựa chọn mô hình vật liệu áo chì là mô hình LEAD trong thư viện, lựa chọn mô hình vật liệu lõi thép cứng là mô hình thép S7 trong thư viện, lựa chọn mô hình vật liệu mục tiêu là mô hình thép 1006 trong thư viện, có các tham số cụ thể được tính toán lại phù hợp với vật liệu thực tế (Bảng 1).

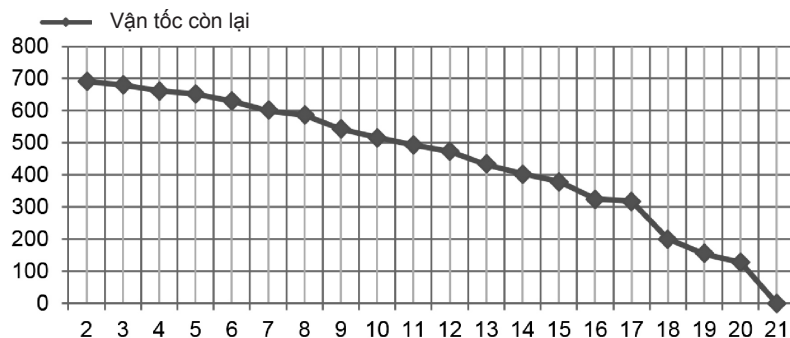
Bảng 1. Dữ liệu vật liệu thực hiện mô phỏng bài toán

Dữ liệu vật liệu	Vỏ đầu đạn (Thép 1006)	Áo chì (LEAD)	Lõi thép (S7)	Mục tiêu (Thép 1006)
Phương trình trạng thái: Shock				
Khối lượng riêng	7,936g/cm ³	10,052g/cm ³	7,736g/cm ³	7,896g/cm ³
Hệ số Gruneisen	2,17	2,74	2,17	2,17
Tham số C1	4569 m/s	2006 m/s	4569 m/s	4569 m/s
Tham số S1	1,49	1,429	1,49	1,49
Nhiệt dung riêng	452 J/kgK	124 J/kgK	477 J/kgK	452 J/kgK
Mô hình bền Johnson Cook				
Mô đun cắt	81800 MPa		81800 MPa	81800 MPa
Giới hạn chảy tĩnh	463 MPa		2280 MPa	230 MPa
Hệ số hóa cứng	463 MPa		706 MPa	180 MPa
Số mũ hóa cứng	0,36		0,18	0,36
Hệ số tốc độ biến dạng	0,022		0,012	0,022
Số mũ mềm nhiệt	1		1	1
Nhiệt độ nóng chảy	1537,9°C	486,85°C	1489,9°C	1537,9°C
Mô hình bền Steinberg Guinan				
Mô đun cắt		8600 MPa		
Giới hạn chảy tĩnh		8 MPa		
Ứng suất chảy lớn nhất		100 MPa		
Hệ số hóa cứng B		110		
Số mũ hóa cứng		0.52		
Phá hủy biến dạng chính				
Biến dạng chính lớn nhất	0,45	0,25	0,3	0,4
Xói mòn				
Biến dạng hình học	2	2	2	2



3. Các kết quả mô phỏng bài toán bằng phần mềm ANSYS AUTODYN

Thực hiện mô phỏng số quá trình va xuyên của đầu đạn vào bản thép. Đầu đạn vuông góc với bản thép tại thời điểm chạm. Vận tốc chạm là 718,6m/s. Bỏ qua chuyển động quay của đầu đạn. Thực hiện mô phỏng trong các trường hợp bia có bề dày tăng dần từ 2-21mm (gia số tăng 1mm). Điều kiện biên các mặt xung quanh chu vi bản thép cố định.

**Hình 3.** Biểu đồ quan hệ vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên với bề dày mục tiêu

Qua các kết quả khảo sát thông qua mô phỏng số (Bảng 2) nhận được biểu đồ quan hệ vận tốc còn lại của đầu đạn xuyên 7,62×39mm sau khi xuyên với bề dày mục tiêu bản thép CT-3 (Hình 3) với các điều kiện va chạm không đổi, biểu đồ này cho thấy một quan hệ tỷ lệ gần như tuyến tính trong khoảng bề dày

mục tiêu từ 2-17mm, khi bề dày mục tiêu tiếp tục tăng thì quan hệ này không còn bảo đảm tuy nhiên vẫn có thể gần đúng bằng một quan hệ tuyến tính khác có độ dốc cao hơn nhiều thể hiện sự suy giảm vận tốc nhanh hơn khi cùng số gia bề dày bản thép. Qua biểu đồ này, xây dựng được các biểu thức xác định gần đúng giá trị vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên theo bề dày.

Bảng 2. Kết quả mô phỏng ANSYS AUTODYN vận tốc còn lại sau khi đầu đạn xuyên qua bản thép (Vận tốc chạm 716,8m/s)

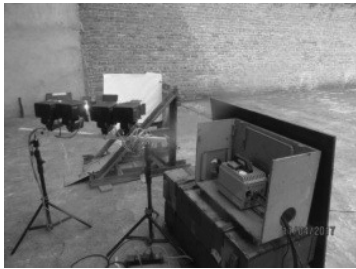
Bề dày bia (mm)	Vận tốc còn lại trong mô phỏng (m/s)	Thời gian đầu đạn chuyển động trong bia (ms)	Vận tốc còn lại thực nghiệm (m/s)
2	691	0,04	
3	680	0,044	
4	662,5	0,046	
5	651	0,048	671,2
6	629	0,051	
7	600	0,053	
8	565	0,056	
9	542	0,058	
10	517	0,0625	531,8
11	493	0,065	
12	472	0,069	478,5
13	432	0,075	
14	403	0,08	
15	379	0,085	
16	325	0,0955	
17	318	0,098	
18	200	0,125	
19	154	0,14	
20	127	0,165	
21	0		



4. Thực nghiệm xác định vận tốc chạm và vận tốc còn lại sau khi đầu đạn xuyên qua bia với các bề dày 5, 10, 12mm

Thực nghiệm được tổ chức thực hiện tại trường bắn của nhà máy Z113, bắn đạn xuyên 7,62×39mm lõi thép kiểu 1943. Các phát bắn cùng một lô sản xuất (loạt “0” sản xuất tại Nhà máy Z113/TCCNQP năm 2013), trước tiên bắn xác định được vận tốc trung bình của nhóm bắn (10 phát bắn) bằng máy Mibus tại cự ly cách miệng nòng 15m là 716,8m/s (Máy Mibus được bố trí hai khung bia vuông góc với trục nòng súng đảm bảo đường ngắm đi qua điểm giữa các khung và trung điểm khoảng cách hai khung cách miệng nòng 15m (Hình 4b).

Tiếp theo, sử dụng đạn trong cùng lô lần lượt bắn vào các bản thép kích thước 500×500mm bề dày 5, 10, 12mm được gá đặt cố định chắc chắn vuông góc với trục nòng và cách miệng nòng 15m (Hình 4c) (với mỗi bản thép bắn từ 3-5 phát bắn). Vị trí đặt camera thuật phóng FASTCAM SA 1.1 Model 675K - C1 [7] ở bên trái phía sau mỗi bản thép (Hình 4a). Sử dụng phần mềm điều khiển PFV đồng bộ thông qua máy tính để thiết lập các cài đặt cho camera. Sau khi dữ liệu video từ camera lưu vào máy tính đồng bộ được phần mềm phân tích TEMA phân tích dữ liệu và cho ra kết quả là vận tốc trung bình của đầu đạn sau khi xuyên qua bản thép.



a



b

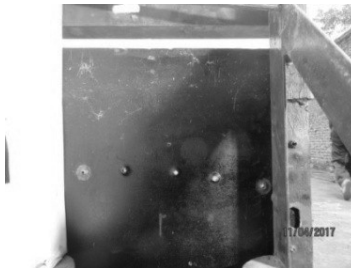


c

Hình 4. Vị trí camera thuật phóng FASTCAM SA 1.1 Model 675K - C1 (a) và bia quang Mibus (b) và vị trí bắn (c) khi tổ chức thực nghiệm.



a



b

V. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM			
Bản kiểm tra, đo sơ tốc đạn xuyên 7,62x39mm kiểu M43.	SL đạn: 17 viên	Vận tốc (m/s)	Ghi chú
Số súng: B232	Cỡ đạn: 7,62mm	Tỷ lệ nổ: 100%	
Bắn thử nghiệm ngày 11/4/2017			
Loại bắn 1 (Chiều dày bản thép là 05mm, Bia đặt vuông góc với trục nòng súng)	Phát bắn 1	661.9	
	Phát bắn 2	657.7	
	Phát bắn 3	694.0	
Loại bắn 2 (Chiều dày bản thép là 10mm, Bia đặt vuông góc với trục nòng súng)	Phát bắn 1	509.8	
	Phát bắn 2	515.9	
	Phát bắn 3	569.8	
Loại bắn 3 (Chiều dày bản thép là 12mm, Bia đặt vuông góc với trục nòng súng)	Phát bắn 1	446.3	
	Phát bắn 2	457.7	
	Phát bắn 3	477.6	
	Phát bắn 4	481.9	
	Phát bắn 5	529.1	

c

Hình 5. Mặt trước (a) và sau bia (b) sau khi bắn bia dày 12mm và bảng trích kết quả đo thực nghiệm (c).

So sánh một số giá trị mô phỏng với giá trị thực nghiệm (Hình 5c) nhận thấy các kết quả mô phỏng có sai lệch không đáng kể so với thực nghiệm, hình ảnh còn lại của đầu đạn sau xuyên và kích thước vết xuyên của tính toán mô phỏng cũng khá giống với kết quả thực nghiệm (Hình 5a, 5b). Điều này cho thấy dữ liệu vật liệu được tính toán và lựa chọn là phù hợp với thực tế.



5. Kết luận

Với các tham số vật liệu đã biết, kết hợp với các tham số vật liệu được tính toán hợp lý từ thư viện ANSYS AUTODYN ta hoàn toàn có thể thực hiện mô phỏng quá trình và xuyên của đầu đạn xuyên 7,62x39mm lõi thép kiểu 1943 vào bản thép, kết quả mô phỏng khá sát với thực tế.

Việc mô phỏng sẽ cho phép xác định được một số tham số quan trọng của quá trình và xuyên như vận tốc còn lại của đầu đạn sau xuyên, xây dựng được biểu thức thực nghiệm vận tốc còn lại theo bề dày mục tiêu, thời gian chuyển động của đầu đạn trong bản thép. Đây là các tham số quan trọng trong nghiên cứu tác dụng của đạn xuyên động năng và là cơ sở cho thiết kế đạn và giáp bảo vệ.

Tài liệu tham khảo

1. Fomin V.M., Gulidov A.I., Capognikov G.A. (1999), *High-speed interaction of bodies*, Novocibirsk.
2. Deniz T. (2010), *Ballistic penetration of hardened steel plates*, Mechanical Engineering Department, Middle East Technical University.
3. Nsiampa N., Dyckmans G., Chabotier A. (2007), *Impact of 7.62 mm ap ammunition into aluminium 5083 plates*, Royal Military academy, Renaissancelaan, Brussels, Belgium.
4. Autodyn Training Course (2006), *Ansyes Workbench Release 11.0*.
5. Bùi Thị Lộc (2010), *Nghiên cứu thiết kế, công nghệ chế tạo đạn cỡ 7,62 - K56 lõi thép kiểu 1943*, Đề tài KHCN cấp Bộ quốc phòng 2013.
6. Johnson G., COOK (1983), "A constitutive model and data for metal subjected to large strains, high strain rates and high temperatures", *In Proceedings 7th International Symposium on Ballistics, The Hague (The Netherlands)*, 7:541-547.
7. Trần Thanh Hà (2016), *Hướng dẫn sử dụng và phân tích dữ liệu Camera thuật phóng*, TTKTVK.