

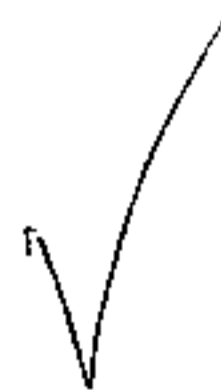
NGHIÊN CỨU SỰ HỘI TỤ LƯỚI TRONG MÔ PHỎNG TƯƠNG TÁC CỦA ĐÀU ĐẠN 7,62mm VỚI BẢN THÉP

STUDY MESH CONVERGENCE IN THE INTERACTION SIMULATION OF 7.62mm BULLET WITH A STEEL PLATE

ThS. Nguyễn Quang Dũng¹, ThS. Vũ Đăng Quán²

¹Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Phòng Tham mưu, Cục Kỹ thuật, Quân đoàn 2



TÓM TẮT

Bài báo trình bày thực hiện mô phỏng số 3D quá trình tương tác của đầu đạn xuyên 7,62x39 mm (K56) lõi thép kiểu 1943, bản thép CT3 dày 5 mm với các lưới có kích thước phần tử khác nhau bằng phần mềm Ansys autodyn. Bản thép vuông được kẹp chặt toàn chu vi. Bài báo cũng trình bày các mô hình thiết lập sử dụng cho các thành phần: Đầu đạn và tấm thép. Các điều kiện mô phỏng số được dựa trên thực nghiệm và kết quả được xem xét và so sánh là vận tốc còn lại của phần đầu đạn sau khi xuyên. So sánh các kết quả nhận được với các lưới có kích thước phần tử khác nhau, nhằm xác định kích thước phần tử tối ưu cho lưới để đảm bảo sự chính xác của các kết quả tính toán của bài toán và có thời gian tính toán tiết kiệm nhất.

Từ khóa: Đầu đạn 7,62x39mm, tương tác, ansys autodyn, lưới phần tử, kích thước phần tử, vận tốc còn lại.

ABSTRACT

The paper deals numerical 3D simulation the interaction of 7,62x39mm (K56) armour piercing steel core bullet with the 5 mm thick CT3 steel plate with different element mesh sizes using ANSYS AUTODYN software. The square steel plate is clamped around the perimeter. The paper presents model settings used for the components: bullet and steel plate. The numerical simulation conditions were based on experiment and the results were considered and compared is the remaining velocity of the bullet after penetration. Comparison of the results obtained with different element mesh sizes to determine the optimal element size for the grid to ensure the accuracy of the calculation results of the problem and the most economical calculation time.

Keywords: 7,62x39mm bullet, interaction, Ansys autodyn, element mesh, element size, remaining velocity.

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 và còn nhiều hạn chế [2].

Kể từ khi xuất hiện các máy tính cấu hình cao, khả năng mô phỏng số các quá trình vật lý phức tạp tăng lên. Các phương pháp mô phỏng số hiện đại cho phép phân nhỏ đối tượng theo các dấu hiệu hình học, tách quá trình thành nhiều bài toán riêng lẻ có liên hệ với nhau theo một mạch xác định và tiến hành tính toán đầy đủ các đặc tính của hệ. Các đặc tính riêng lẻ và toàn phần về bản chất của toàn bộ hệ nghiên cứu tùy theo tác động va chạm của đầu đạn vào mục tiêu, nhận được theo phương pháp trên, không chỉ giúp hiểu sâu hơn bản chất vật lý các hiện tượng xem xét mà còn giảm nhiều số lượng thực nghiệm tốn kém [3].

Khi sử dụng các phương pháp mô phỏng số hiện đại trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn để thực hiện khảo sát quá trình va xuyên giữa đầu đạn xuyên và mục tiêu, một trong những tham số hết sức quan trọng ảnh hưởng nhiều đến kết quả của bài toán là kích thước phần tử. Về mặt nguyên tắc nếu mô hình hình học được thay thế bởi mô hình phần tử hữu hạn có các phần tử với kích thước càng nhỏ (số phần tử càng nhiều) thì kết quả tính toán càng chính xác. Tuy nhiên, mức độ chính xác khi tăng số phần tử chia còn phụ thuộc vào tiêu chuẩn hội tụ của phương pháp phần tử hữu hạn, mặt khác việc tăng số phần tử chia dẫn đến thời gian giải bài toán tăng lên (nhất là ở các bài toán 3D). Vì vậy, đối với trường hợp tính toán chính xác bằng các phương pháp này

thì việc xác định số lượng phần tử phân chia (kích thước phần tử) có ý nghĩa quan trọng [4]

Bài báo sử dụng phần mềm Ansys autodyn để mô phỏng số 3D, quá trình xuyên của đầu đạn 7,62x39mm lõi thép vào bản thép vuông đồng nhất CT-3, với các trường hợp chia lưới kích thước phần tử khác nhau. Kết quả quan tâm trong các trường hợp này là vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên qua bản thép và thời gian thực hiện mô phỏng. Căn cứ vào kết quả thu được trong các trường hợp và so sánh với kết quả thực nghiệm xác định được tham số kích thước phần tử tối ưu khi thực hiện mô phỏng bài toán này.

Đầu đạn thực nghiệm có $m = 7,9g$, $d = 7,87mm$ và $l = 26,8mm$. Đầu đạn (hình 1) là cấu trúc 3 thành phần với lõi thép cứng, áo chì bao quanh lõi thép và vỏ đầu đạn [5]. Mục tiêu là bản thép đồng nhất CT-3, kích thước 500x500x5mm đặt vuông góc với trục nòng súng ở khoảng cách 15m.



Hình 1. Đầu đạn xuyên 7,62x39mm lõi thép kiểu 1943

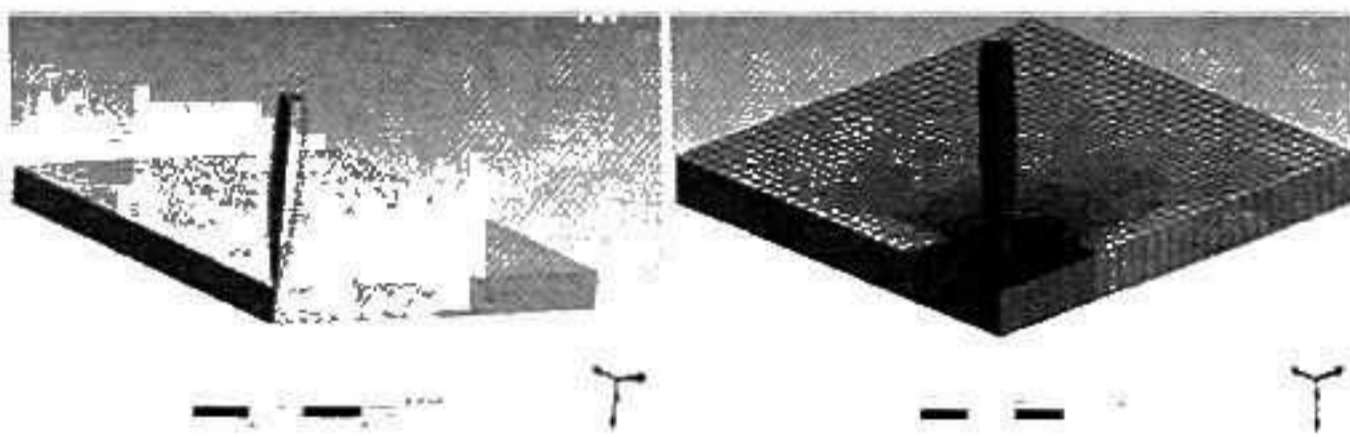
2. MÔ HÌNH LỰA CHỌN ĐỂ MÔ PHỎNG BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU BẰNG PHẦN MỀM ANSYS AUTODYN

Để thực hiện bài toán này thuận lợi nhất, sẽ xây dựng mô hình hình học, xác định mô hình phần tử hữu hạn (hình 2) 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 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 là bản thép có kích thước 150x150x5mm. Để tiết kiệm thời gian mô phỏng, xem xét giải mô hình đối xứng như hình dưới đây.



Hình 2. Mô hình hình học và mô hình phần tử hữu hạn (phải)

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 (bảng 1) 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, mô hình vật liệu áo chì là mô hình LEAD, mô hình vật liệu lõi thép cứng là mô hình thép S7, 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. 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	463MPa		706MPa	180MPa
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

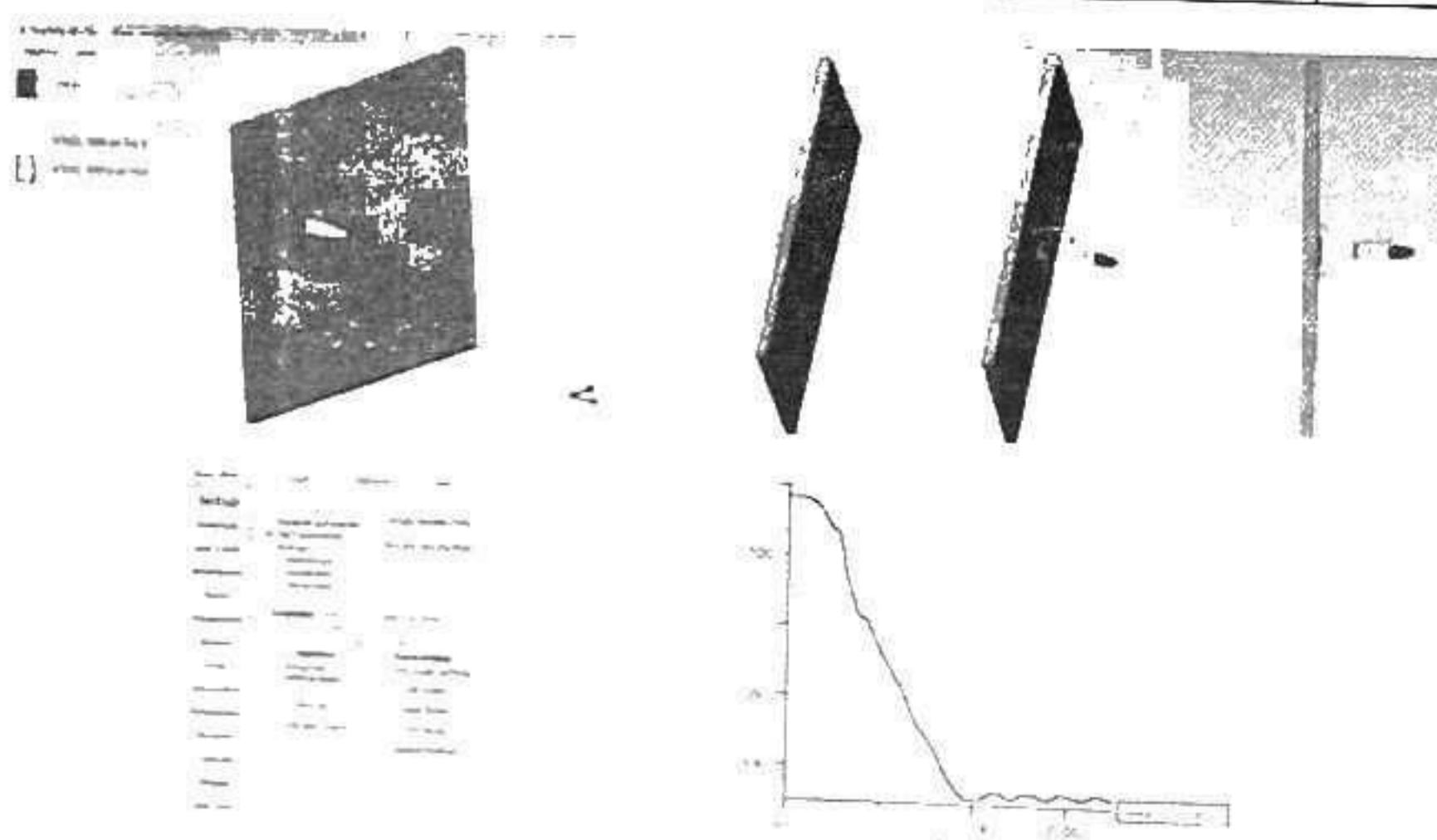
Nhiệt độ nóng chảy	1537,9°C	486,85 °C	1489,9 °C	1537,9 °C
Mô hình bên Steinberg Guinan				
Mô đun cắt		8600MPa		
Giới hạn chảy tĩnh		8MPa		
Ứng suất chảy lớn nhất		100MPa		
Hệ số hóa cứng B		110		
Số mũ hóa cứng		0.52		
Phá hủy biến dạng chính				
Biến dạng chính lớn nhất	0,45	0,25	0,3	0,4
Xói mòn				
Biến dạng hình học	2	2	2	2

3. CÁC KẾT QUẢ MÔ PHỎNG 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. Kết quả mô phỏng (bảng 2) trong các trường hợp kích thước phần tử lần lượt là 1mm; 0,5mm; 0,4mm; 0,3mm; 0,2mm. Hình ảnh mô phỏng thu được (hình 3).

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

Kích thước phần tử (mm)	Số lượng phần tử	Vận tốc còn lại (m/s)	Thời gian mô phỏng (h)
1	12050	600	0,6
0,5	64714	633	0,3
0,4	113803	633,6	2,5
0,3	229024	630	6
0,2	754956	615	14



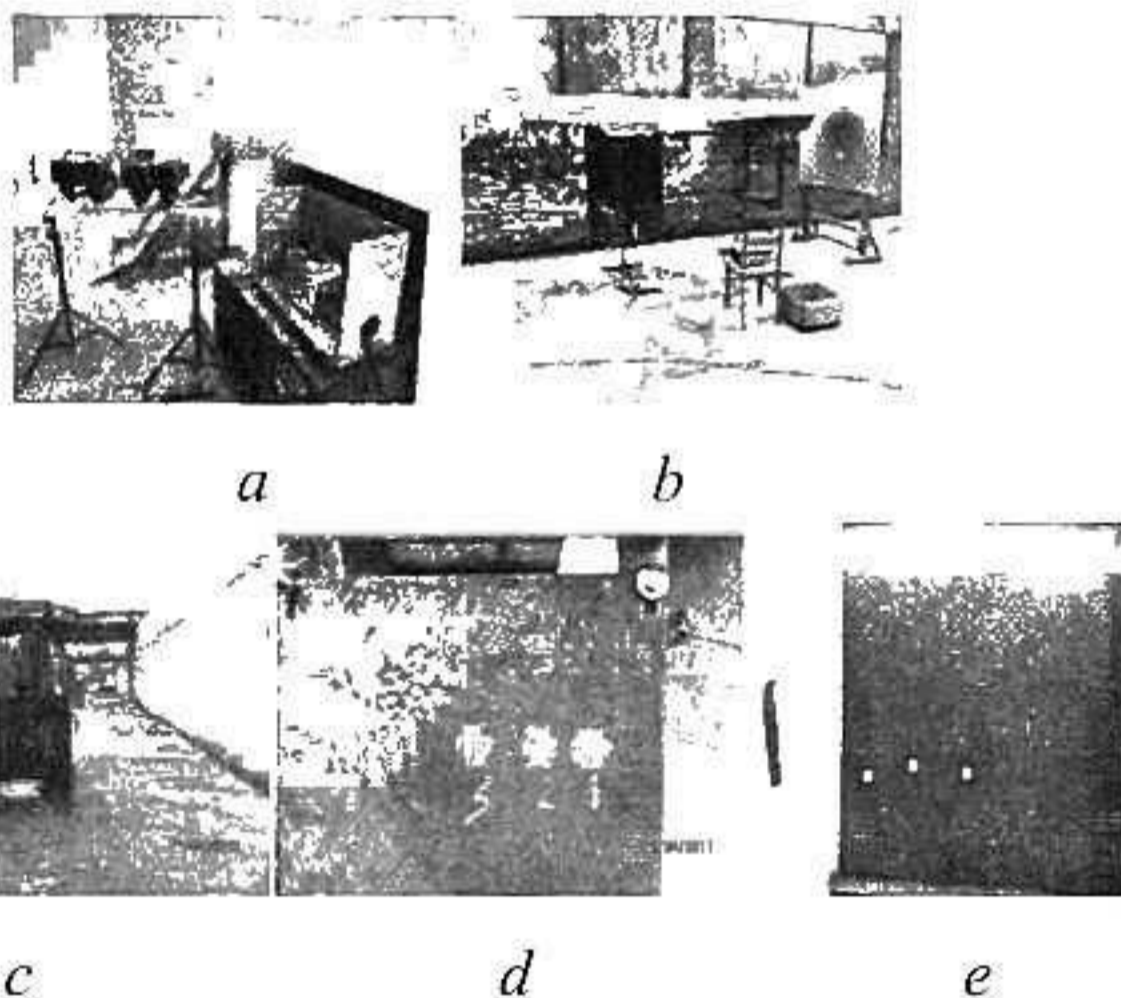
Hình 3 Hình ảnh mô phỏng quá trình xuyên của đầu đạn vào bản thép với kích thước phần tử 0,4mm

4. THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH VẬN TỐC CHẠM VÀ VẬN TỐC CÒN LẠI SAU KHI ĐẦU ĐẠN XUYÊN QUA BẢN THÉP

Thực nghiệm được tổ chức thực hiện tại trường bắn của Nhà máy Z113, bản đạn xuyên 7,62x39mm lõi thép kiểu 1943. 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 (hình 5b).

Tiếp theo, sử dụng đạn trong trong cùng lô bắn mục tiêu thực nghiệm, lần lượt bắn các vị trí đã được đánh dấu trên bản thép (bắn 3 phát bắn). Vị trí đặt camera thuật phóng Fastcam SA 1.1 Model 675K - C1 [7], ở bên trái phía sau mỗi bản thép như hình 5a.

Vận tốc trung bình của phần đầu đạn sau khi xuyên qua bản thép được phần mềm Tema đồng bộ camera thuật phóng đo được là 671m/s.



Hình 5. Thực hành bắn mặt trước và sau bia sau khi bắn

5. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

So sánh các kết quả của mô phỏng quá trình va xuyên với các kích thước phần tử khác nhau ta thấy, hình ảnh vết xuyên trong các trường hợp mô phỏng và thực tế cơ bản tương đương nhau. Hình ảnh còn lại của đầu đạn sau khi xuyên thu được ở camera thuật phóng và hình ảnh thu được ở mô phỏng giống

nhau. Đặc biệt vận tốc còn lại của đầu đạn sau khi xuyên càng gần đúng với thực tế khi kích thước phần tử giảm dần từ 1-0,4mm, sau đó lại có xu hướng sai lệch tăng lên do ảnh hưởng của tính chất lặp của phương pháp giải. Căn cứ vào các kết quả mô phỏng ở trên ta thấy, kích thước phần tử tối ưu cho lớp bài toán trên là 0,4-0,5mm. Nếu số lượng khảo sát ít, hoặc tốc độ xử lý của máy tính cao hoặc xử lý song song thì ta lựa chọn kích thước phần tử 0,4mm, trường hợp hạn chế hơn ta có thể chọn kích thước phần tử 0,5mm.

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 va xuyên của đầu đạn xuyên 7,62x39mm lõi thép kiểu 1943 vào bản thép, kết quả mô phỏng khá sát với thực tế.

Với các tham số vật liệu và các điều kiện đầu và điều kiện biên xác định, kích thước phần tử nên được lựa chọn là 0,4-0,5mm, để đảm bảo kết quả chính xác cao nhất và thời gian giải hợp lý. ❖

Ngày nhận bài: 27/4/2017

Ngày phản biện: 17/5/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1] Fomin VM, Gulidov AI, Capognikov GA (1999); High-speed interaction of bodies, Novosibirsk
- [2] Tansel Deniz (2010). Ballistic penetration of hardened steel plates. Mechanical Engineering Department, Middle East Technical University
- [3] N Nstampa, G Dyckmans, A. Chabotier (2007). Impact of 7.62 mm ap ammunition into aluminium 5083 plates, Royal Military academy, Renaissancelaan Brussels, Belgium
- [4] Autodyn Training Course (2006). Ansys Workbench Release 11.0
- [5] Bui Thị Lộc (2010). Nghiên cứu thiết kế, công nghệ chế tạo đạn cỡ 7.62 - K56 lõi thép kiểu 1943. Đề tài KHNC cấp Bộ quốc phòng
- [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), pp 541-547
- [7] Trần Thanh Hà (2016), Hướng dẫn sử dụng và phân tích dữ liệu Camera thuật phóng. TTKTVK