

**RESEARCH AND MANUFACTURE STAB-RESISTANT LIFE JACKET****Duong Tu Tien\***, Duong Dinh Hao*Nha Trang University*

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<b>Received: 01/9/2021</b> <b>Revised: 05/11/2021</b> <b>Published: 08/11/2021</b>	<p>Today, people working on rivers and seas such as fishermen, fishery inspectors, customs officers, etc. need a device that is both anti-drowning and anti-piercing. In this study, laminated composites made of woven fabric (para-aramid 495de), spectra shield (Dyneema® SB21) and floating foam were tested to develop a stab-resistance life jacket. Experiments were carried out to determine the appropriate number of layers and arrangement of laminated composites for stab-resistance up to protection level 1 according to NIJ standard (NIJ Standard 0115.00). Experimental results show that, considering the criteria of thickness and weight of laminated composites, the use of both woven fabrics and spectra shields will give the best results; followed by using only woven fabrics, and finally using only spectra shields. In the above 3 cases, placing the anti-piercing material on top of the floating foam will have a better stab-resistance effect than placing it under the floating foam. This is the base for manufacturing stab-resistance life jackets for those who work specifically on rivers and seas.</p>
<b>KEYWORDS</b> Anti-stab life jackets Stab resistance Laminated composite Aramid UHMWWPE	

**NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO ÁO PHAO CỨU SINH CHỐNG ĐÂM XUYỀN****Dương Tử Tiên\***, Dương Đình Hào*Trường Đại học Nha Trang*

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<b>Ngày nhận bài: 01/9/2021</b> <b>Ngày hoàn thiện: 05/11/2021</b> <b>Ngày đăng: 08/11/2021</b>	<p>Ngày nay, những người làm việc trên sông nước như ngư dân, kiểm ngư, hải quan,... cần một thiết bị vừa có khả năng chống đuối nước, vừa chống đâm xuyên. Trong nghiên cứu này, vật liệu composit nhiều lớp làm từ vải dệt thoi (para-aramid 495de), tấm tráng phủ (Dyneema® SB21) và bọt nổi đã được thử nghiệm để phát triển một loại áo phao cứu sinh chống đâm xuyên. Các thí nghiệm đã được thực hiện nhằm xác định số lớp và sự sắp xếp phù hợp của vật liệu composit nhiều lớp để có khả năng chống đâm đến cấp độ bảo vệ 1 theo tiêu chuẩn NIJ (NIJ Standard 0115.00). Kết quả thực nghiệm cho thấy, nếu xét theo tiêu chí về độ dày và trọng lượng của vật liệu composit nhiều lớp thì việc sử dụng cả hai loại vải dệt thoi và tấm tráng phủ sẽ cho kết quả tốt nhất; tiếp theo là chỉ sử dụng vải dệt thoi, cuối cùng là chỉ dùng tấm tráng phủ. Trong 3 trường hợp nêu trên, việc đặt vật liệu chống đâm lên trên lớp bọt nổi sẽ có hiệu quả chống đâm tốt hơn là đặt dưới lớp bọt nổi. Đây là căn cứ để chế tạo áo phao cứu sinh chống đâm cho những người làm việc đặc thù trên sông nước.</p>
<b>TỪ KHÓA</b> Áo phao cứu sinh chống đâm Chống đâm xuyên Composit nhiều lớp Aramid UHMWWPE	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4939>\* Corresponding author. Email: [tiendt@tnu.edu.vn](mailto:tiendt@tnu.edu.vn)

## 1. Giới thiệu

Áo phao cứu sinh (APCS) là bảo hộ lao động bắt buộc, không thể thiếu cho những người làm việc trên sông, biển. Đây chính là dụng cụ tối thiểu để chống đuối nước, bảo vệ tính mạng cho con người khi rơi xuống nước không theo ý muốn. Thực tế hiện nay, ngư dân đánh bắt xa bờ, lực lượng kiểm ngư, hải quan... làm nhiệm vụ bảo vệ ngư dân, phòng chống buôn lậu, các hoạt động dân sự khác trên sông biển luôn phải đối mặt với những hiểm họa khi va chạm với vật dụng sắc nhọn trong lao động hay vũ khí đâm ứng tác từ những xung đột nhỏ lẻ... Nếu trang bị thêm áo giáp chống đâm xuyên (AGCDX) hay áo giáp chống đạn nữa thì rất phức tạp, không thuận tiện khi làm việc và cần kinh phí lớn. Chính vì vậy, nhu cầu là cần phải có áo phao cứu sinh chống đâm (APCSCĐ) vừa có chức năng như APCS, vừa chống được đâm xuyên để bảo vệ tính mạng cho các đối tượng trên trong quá trình tác nghiệp.

APCS chống đạn đã được nghiên cứu chế tạo và trang bị phổ biến trong quân đội các nước phát triển. Trong nước, nhóm các nhà khoa học của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ và Bộ Công an Việt Nam đã nghiên cứu thành công tổ hợp vật liệu đặc chủng và chế tạo thử nghiệm áo phao có thể chống đạn súng ngắn K54, tiểu liên AK47 đạt tiêu chuẩn chống đạn NIJ 01.01.06 của Mỹ. Sản phẩm được chế tạo bằng cách gắn thêm tấm chống đạn vào mặt ngoài của APCS, nó khá nặng (3-7 kg) và chủ yếu dùng cho lực lượng hải quân [1]. Tuy nhiên, về sản phẩm APCSCĐ thì đến nay chưa thấy có công bố nào. Tính năng nổi dễ dàng đạt được khi thêm phần vật liệu chống đâm xuyên vào APCS sẵn có, việc cần xác định là loại vật liệu chống đâm xuyên phải thêm vào để có được sản phẩm APCSCĐ đạt chuẩn.

Đầu đạn, mảnh văng sẽ phá hủy vật liệu bằng động năng lớn (hàng trăm đến hàng ngàn Jun). Những vật sắc nhọn, vũ khí đâm (dao, dùi) tuy có động năng rất nhỏ (vài chục Jun) nhưng với cấu tạo sắc nhọn nên vật liệu sẽ bị phá hủy theo 2 quá trình là xuyên thủng (puncture) bởi đầu nhọn và cắt (cut) bởi cạnh sắc. Do đó, những phần vật liệu ở phía ngoài sẽ chịu cả cắt và xuyên thủng, càng vào trong thì chịu xuyên thủng là chính và chịu cắt ít hơn. Ở các quốc gia Công nghiệp phát triển, cùng với chống đạn thì chống đâm xuyên cũng đã được đầu tư nghiên cứu bài bản. Họ cũng có tiêu chuẩn riêng về lĩnh vực chống đâm xuyên, tiêu biểu và được nhiều quốc gia áp dụng là tiêu chuẩn NIJ (NIJ Standard-0115.00) của Mỹ để thực nghiệm đánh giá vật liệu cùng sản phẩm về tính chống đâm xuyên [2].

Nhiều tác giả đã công bố các nghiên cứu về tính chống đâm xuyên của các loại vật liệu khi bị phá hủy bởi đầu đâm xuyên tiêu chuẩn như: Vũ Thị Bích Ngọc, Lara cùng các tác giả trình bày các thuộc tính cắt và xuyên thủng tải tĩnh và các yếu tố ảnh hưởng của các vật liệu tấm mỏng polyme [3], [4]. Magdi cùng các cộng sự đã nghiên cứu đặc tính chống cắt và chống xuyên thủng của các loại vải dệt được tạo từ các loại sợi tổng hợp siêu bền, khi thay đổi lực, hướng tác động và các thông số kỹ thuật dệt khác nhau [5], [6]. Nhóm các nhà khoa học của Trường Đại học Kyung Hee và Viện Kỹ nghệ Công nghiệp của Hàn Quốc khi thực hiện dự án chế tạo AGCDX đã có công bố các kết quả về: Đặc tính, tính toán chống đâm xuyên của các loại vật liệu vải dệt, không dệt sử dụng các loại sợi siêu bền, sợi lõi và sợi lai; Hiệu quả chống đâm xuyên khi sử dụng kết hợp 2 loại vật liệu tạo composit nhiều lớp cho sản phẩm [7]-[10].

Trong nghiên cứu này, hai loại vật liệu có đặc tính chống cắt và xuyên thủng được sử dụng phổ biến để chế tạo áo giáp chống đạn hay chống đâm xuyên được lựa chọn để kết hợp cùng bọt nổi (foam nổi) của APCS tạo thành APCSCĐ. Phần vật liệu này là dạng composit nhiều lớp vừa có tính nổi, vừa chống được đâm xuyên đạt tiêu chuẩn nhưng sản phẩm APCSCĐ vẫn thuận tiện và thoải mái cho người sử dụng.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Hiện nước ta chưa có tiêu chuẩn, thiết bị đánh giá cũng như sản xuất sản phẩm AGCDX. Qua tìm hiểu các công trình nghiên cứu liên quan, chúng tôi chọn tiêu chuẩn NIJ của Mỹ để chế tạo thiết bị cũng như thực nghiệm đánh giá vật liệu cùng sản phẩm về tính chống đâm xuyên [7]-

[10]. Lựa chọn một số vật liệu dạng tấm mỏng, mềm mại được sử dụng phổ biến có các đặc tính như chống cắt, chống xuyên thủng để tổ hợp cùng với bột nổi của APCS tạo thành vật liệu composite nhiều lớp chống đâm xuyên. Thực nghiệm để xác định loại và số lớp mỗi loại phù hợp để tạo vật liệu composite nhiều lớp chống đâm xuyên đạt mức bảo vệ 1 theo tiêu chuẩn NIJ.

### 2.1. Thử nghiệm tính chống đâm xuyên

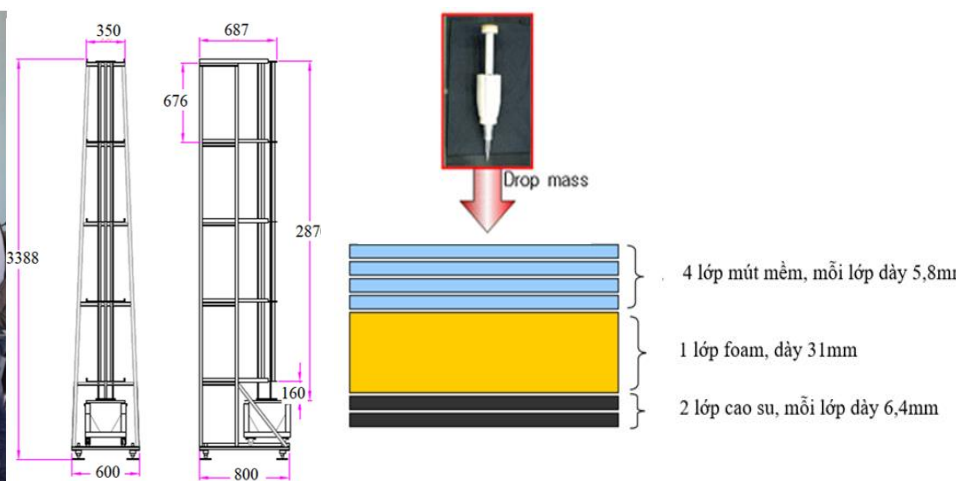
Theo tiêu chuẩn NIJ [11], tính chống đâm xuyên được kiểm tra thông qua thử nghiệm đâm xuyên tại tháp thử rơi đã chế tạo trên Hình 1. Phương pháp thử này mô phỏng vụ đâm trong thực tế khi sử dụng một đối trọng có khối lượng 1,8 kg có gắn mũi đâm xuyên tiêu chuẩn được thả rơi ở độ cao nhất định xuống bia đỡ có cấu tạo như Hình 2. Cấu tạo của 2 loại vũ khí đâm tiêu biểu là dao S1 và dùi thể hiện trên Hình 3.

Tùy theo mức năng lượng hay độ cao thả rơi áp dụng trong thử nghiệm mà vật đâm sẽ phá hủy và xuyên thủng qua vật liệu và đi vào bia đỡ. Độ sâu xuyên thủng (ĐSXT) qua vật liệu chính là phần vật đâm đi vào bia đỡ hay khoảng cách từ mũi đâm đến mặt sau của vật liệu khi nó xuyên qua. ĐSXT nhỏ hơn 7 mm được xem như là điều kiện cần để đạt tiêu chuẩn NIJ ứng với các mức bảo vệ (mức năng lượng va chạm). ĐSXT được đo lường thông qua 1 lớp giấy dai nhận biết đặt ngay sau phần vật liệu chống đâm và các lớp của vật liệu bia đỡ như tiêu chuẩn NIJ đã quy định.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi chọn hai đầu đâm xuyên tiêu chuẩn là dao S1 và dùi cùng mức độ bảo vệ 1 tương ứng với năng lượng thả rơi là 24 J để thí nghiệm khả năng chịu đâm xuyên của tất cả các mẫu vật liệu. Mẫu thử nghiệm phải được thử ở trường hợp vuông góc và nghiêng 45° với vật đâm và kết quả được lấy trung bình sau 5 lần thử nghiệm. Khi đạt với mức độ bảo vệ 1 (24 J) thì cần tiếp tục thử quá tải là với năng lượng thả rơi là 36 J nhưng ĐSXT lúc này chỉ cần nhỏ hơn 20 mm để sản phẩm chính thức đạt yêu cầu ở mức độ bảo vệ 1 theo tiêu chuẩn NIJ.



Hình 1. Tháp thử nghiệm tính chống đâm xuyên



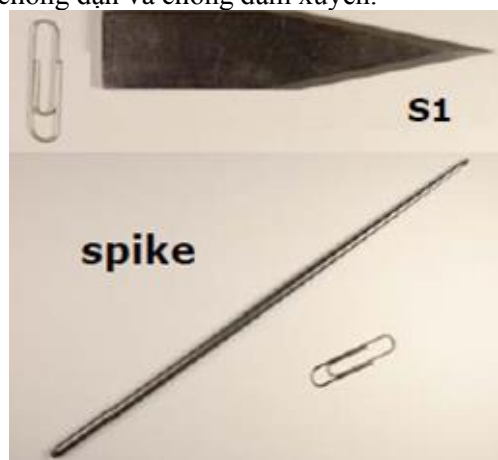
Hình 2. Cấu tạo của bia đỡ và đối trọng thả rơi có gắn vật đâm

### 2.2. Lựa chọn và tổ hợp vật liệu chống đâm xuyên

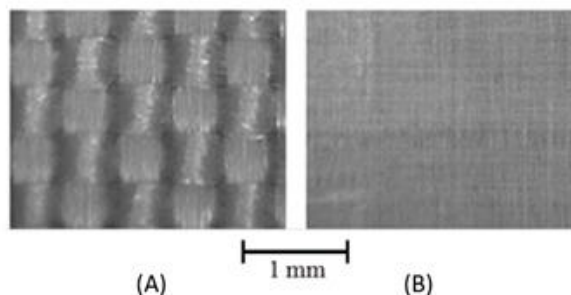
Sản phẩm phải thuận tiện và thoải mái nên cần chọn các lớp dạng tấm mỏng mềm mại có các đặc tính chống cắt và xuyên thủng để cùng với bột nổi tạo thành vật liệu composit nhiều lớp chống đâm xuyên đạt tiêu chuẩn. Kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đó [7]-[10], chúng tôi chọn 2 dạng vật liệu thành phần là vải dệt thoi và tấm tráng phủ sử dụng 2 loại sợi siêu bền kết hợp với bột nổi của APCS (thông số kỹ thuật và hình ảnh xem thêm ở Bảng 1 và Hình 4) như sau:

- Vải dệt thoi mật độ dệt cao được dệt từ các sợi siêu bền Twaron® (para-aramid 495de) liên tục của hãng Teizin (Ký hiệu: A). Đây là các lớp vật liệu chịu cả cắt và xuyên thủng. Sợi aramid

và vải dệt từ loại sợi siêu bền cơ bản này hiện nay được ứng dụng nhiều trong các sản phẩm chống đạn và chống đâm xuyên.



**Hình 3.** Mũi đâm gồm dao S1 và dùi đã dùng thử nghiệm tính chất chống đâm xuyên của vật liệu



**Hình 4.** Hai loại vật liệu dùng tổ hợp thành tấm chống đâm xuyên cho áo phao cứu sinh chống đâm  
(A): Vải dệt thoi sợi Twaron (para-aramid 495de);  
(B): Tấm mỏng tráng phủ (Dyneema® SB21)

- Tấm vật liệu mỏng tráng phủ Dyneema® SB21 mềm mại (spectra shield) của hãng DSM chế tạo, loại có tác dụng chịu xuyên thủng là chính, chịu cắt ít hơn (Ký hiệu: B), đây là vật liệu phổ biến chế tạo các loại áo giáp chống đạn. Cấu trúc 1 tấm Dyneema® SB21 được chế tạo từ 2 lớp sợi siêu bền liên tục UHMWPE (Ultra High Molecular Weight Polyethylene) xếp theo 2 phương vuông góc nhau, 2 mặt là 2 lớp fim mỏng PE dùng cố định 2 lớp sợi siêu bền bên trong.

Trong thử nghiệm đâm xuyên này các mẫu có kích thước 35×40 (cm<sup>2</sup>) ứng với diện tích của 1 tấm chống đâm xuyên gắn vào APCS và được kẹp bằng 2 dây đai nylon. Mẫu thử được chuẩn bị bằng cách xếp chồng các lớp vật liệu lên nhau theo cấu trúc composit nhiều lớp đã chọn.

Khi sử dụng 1 loại vật liệu như các tấm vải dệt thoi (A) hoặc tấm tráng phủ (B) ở trên thì ta có thể dễ dàng xác định số lớp kết hợp với bọt nổi đủ để thỏa yêu cầu chống đâm theo mức độ bảo vệ của tiêu chuẩn NIJ bằng cách tăng dần số lớp đến khi đạt yêu cầu. Còn khi sử dụng cả 2 loại vật liệu A, B thì thứ tự sắp xếp và số lượng mỗi loại vật liệu thành phần sẽ ảnh hưởng lớn đến tính chất chống đâm xuyên. Các thực nghiệm đã được tiến hành với nhiều mẫu thử kết hợp với tỉ lệ %A, %B vị trí của bọt nổi thay đổi để tìm ra sự kết hợp có lợi nhất về khối lượng và bề dày của tấm chống đâm xuyên. Tuy nhiên, phần kết quả thực nghiệm chỉ trình bày 1 số mẫu tiêu biểu để so sánh nhằm thấy rõ ưu điểm của việc kết hợp 2 loại vật liệu so với dùng 1 loại khi cùng thỏa tiêu chuẩn chống đâm NIJ.

**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của vật liệu thành phần tổ hợp làm tấm composit nhiều lớp chống đâm xuyên cho áo phao cứu sinh chống đâm

Tên	Thông số KT sợi (denier)	Mật độ dệt (sợi/in)	Bề dày 1 lớp (mm)	Khối lượng mặt riêng 1 lớp (g/m <sup>2</sup> )
A: Vải dệt thoi sợi Twaron® (Para-aramid 495de)	495	45x45	0,31	210
B: Tấm mỏng tráng phủ (Dyneema® SB21)			0,2	145

### 3. Kết quả và bàn luận

Bảng 2 trình bày kết quả thực nghiệm 7 mẫu vật liệu tổ hợp được tạo thành từ số lớp và cách sắp xếp của 2 loại vật liệu dạng tấm mỏng mềm mại A, B kết hợp với bọt nổi của APCS tạo nên vật liệu composit nhiều lớp chống đâm xuyên. Thực nghiệm tính chống đâm xuyên được thực

hiện trên tháp thử rơi theo tiêu chuẩn NIJ mức bảo vệ 1 (24 J) với 2 loại vật đâm là dao S1 và dùi ở trường hợp thử vuông góc và nghiêng 45°. Thứ tự thử vuông góc đạt yêu cầu với năng lượng 24 J thì tiếp tục thử nghiêng 45°, nếu đạt thì tiếp tục thử vuông góc (quá tải) với năng lượng là 36 J. Nếu bước thử nghiệm trước không đạt thì không thử các điều kiện sau nữa. Từ kết quả trên ta rút ra một số nhận xét sau:

Các mẫu vật liệu thử nghiệm khi mũi đâm nghiêng 45° sẽ có ĐSXT nhỏ hơn trường hợp mũi đâm vuông góc so với bề mặt sản phẩm. Vật đâm thường hay trượt khỏi mẫu thử, đôi khi mũi dùi bị cong là do phản lực 1 phần gây trượt. Mẫu thử khi mũi đâm vuông góc với bề mặt sản phẩm đạt yêu cầu thì khi nghiêng 45° so với bề mặt sản phẩm cũng đạt. Trường hợp vật liệu chống đâm xuyên đặt trên bọt nổi của APCS sẽ hiệu quả hơn đặt dưới. Kết quả này dễ hiểu vì ĐSXT trường hợp này sẽ bị hạn chế bởi bề dày của bọt nổi (30 mm).

So sánh theo tiêu chí về khối lượng và bề dày của phần vật liệu A và B trong mẫu vật liệu tổ hợp khi đạt mức bảo vệ 1 (24 J) theo tiêu chuẩn NIJ cho thấy: Khi sử dụng 1 loại thì A hiệu quả hơn loại B; khi sử dụng cả 2 loại vật liệu A và B thì hiệu quả chống đâm tốt hơn chỉ dùng 1 loại A hoặc B; thứ tự sắp xếp các loại vật liệu thành phần là A-B là đạt hiệu quả chống đâm tốt hơn là sắp xếp theo thứ tự B-A. Điều này cho thấy mỗi loại vật liệu có đặc tính chống đâm xuyên nhất định. Khi bố trí vật liệu chống cả cắt và xuyên thủng ở trên những lớp chủ yếu chống xuyên thủng sẽ đạt hiệu quả chống đâm xuyên tốt với bố trí ngược lại.

Qua các kết quả thử nghiệm trên ta có thể lựa chọn và xác định đủ lượng vật liệu để chế tạo APCSCĐ vừa có tính nổi như APCS vừa chống được đâm xuyên đạt mức 1 theo tiêu chuẩn NIJ theo hướng có lợi về bề dày và khối lượng sản phẩm. Đây cũng là căn cứ để so sánh đánh giá với những vật liệu chống đâm xuyên hay sản phẩm APCSCĐ khác khi sản xuất.

**Bảng 2.** Kết quả thử đâm xuyên của vật liệu tổ hợp composit nhiều lớp khi vật đâm vuông góc, nghiêng 45° với bề mặt sản phẩm, mức năng lượng va chạm là 24 J và quá tải 36 J

Mẫu vật liệu tổ hợp chống đâm xuyên	Vật đâm thử nghiệm	Số lớp trong mỗi loại vật liệu dùng tổ hợp tạo tấm chống đâm xuyên		Thông số tấm VL sau khi tổ hợp thành tấm chống đâm xuyên		ĐSXT qua sản phẩm khi thử nghiệm theo mức năng lượng 1 (binh thường, quá tải) và góc tác động (mm)		
		Số lớp loại A	Số lớp loại B	Bề dày (mm/tấm)	Khối lượng-0,14m <sup>2</sup> (g/tấm)	Vuông góc, 24 J	Nghiêng 45°, 24 J	Vuông góc, 36 J
Mẫu 1	Dao S1	18	0	5,6	529	0	0	15
	Dùi					0	0	18
Mẫu 2	Dao S1	0	28	5,6	568	0	0	14
	Dùi					0	0	17
Mẫu 3	Dao S1	11	9	5,2	506	0	0	17
	Dùi					0	0	18
Mẫu 4	Dao S1	Số lớp A, B như Mẫu 3 nhưng B đặt trên A		5,2	506	15		
	Dùi					17		
Mẫu 5	Dao S1	Số lớp A, B như Mẫu 3 nhưng đặt sau foam		5,2	506	>30		
	Dùi					>30		
Mẫu 6	Dao S1	Số lớp A như Mẫu 1 nhưng đặt sau foam		5,6	529	>30		
	Dùi					>30		
Mẫu 7	Dao S1	Số lớp A như Mẫu 2 nhưng đặt sau foam		5,6	568	>30		
	Dùi					>30		

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Trong nghiên cứu này, vải mật độ dệt cao từ các sợi para-aramid 495de (A) và tấm mỏng trắng phủ Dyneema® SB21 (B) được lựa chọn cùng với bọt nổi của APCS tạo vật liệu composit để thử nghiệm tính chống đâm xuyên. Thử nghiệm đã xác định được 3 mẫu với số lớp và cách

sắp xếp phù hợp của vật liệu thành phần khi tổ hợp để đạt tiêu chuẩn chống đâm NIJ mức 1. Đó là căn cứ áp dụng để chế tạo APCSCĐ cho các đối tượng làm việc đặc thù trên sông, biển vừa chống đuối nước vừa chống đâm xuyên.

Khi so sánh với tiêu chí về bề dày và khối lượng của vật liệu tổ hợp hay sản phẩm cho thấy: dùng cả 2 loại vật liệu sẽ có lợi hơn dùng 1 loại và thứ tự là loại (A) ở trên loại (B) ở dưới như Mẫu 3; nếu dùng 1 loại thì loại A sẽ có lợi hơn loại (B) như Mẫu 1; với tất cả các trường hợp bố trí vật liệu chống đâm xuyên đặt trên bọt nổi của APCSCĐ sẽ có hiệu quả chống đâm xuyên hơn đặt dưới.

Trên thị trường thương mại hiện nay có rất nhiều vật liệu thô chống đâm xuyên với chất lượng và giá thành đa dạng. Cần nghiên cứu, thử nghiệm và đặc biệt là kết hợp loại vật liệu trên với các lưu ý về đặc tính chống cắt, xuyên thủng... để đạt được hiệu quả chống đâm xuyên tốt nhất theo mục tiêu đề ra. Vật liệu đã đạt tiêu chuẩn NIJ khi thoả mãn các điều kiện thử nghiệm thì cũng cần xây dựng đặc tính chống đâm xuyên, đặc tính biểu diễn mối quan hệ của khối lượng, bề dày vật liệu với năng lượng phá huỷ ứng với các loại vật đâm để thấy rõ ứng xử của vật liệu tổ hợp chống đâm xuyên.

### Lời cảm ơn

Xin trân thành cảm ơn đến Trường Đại học Nha Trang đã hỗ trợ nghiên cứu này thông qua đề tài: “Nghiên cứu, chế tạo áo phao cứu sinh chống đâm” (Mã số: TR 2017-13-10).

### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] T. V. Nguyen, P. D. Doan, T. V. Le, *Research and develop technology for manufacturing durable and lightweight composite materials, applied in the production of special equipment and tools for soldiers*, Project code: VAST.TĐ.QP.01/17-19, Vietnam Academy of Science and Technology, 2017.
- [2] J. S. Johnson and S. Z. Mansdorf, *Performance of Protective Clothing: Fifth Volume ASTM*. Publication Code Number (PCN): 04-012370-55, 1996.
- [3] T. B. N. Vu, K. T. Vu, and J. Lara, “Effect of Friction on Cut Resistance of Polymers,” *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, vol. 18, no. 23, pp. 23-35, 2005.
- [4] J. Lara, D. Turcot, R. Daigle, and J. Boutin, “A New Test Method to Evaluate the Cut Resistance of Glove Materials,” *ASTM Special Technical Publication*, vol. 1237, no. 23, pp.23-31, 1996.
- [5] E. Magdi, A. Affaf, A. Samar, and E. Marwa, “Enhancement of Quasi-Static Puncture Resistance Behaviors of Trixie Fabric/Polyester Hybrid Composites,” *Proc. 7th RTSET-2017 Conf. Recent Trends in Science, Engineering and Technology*, London (UK), pp. 8-14, 2017.
- [6] E. Magdi, “Investigation of Puncture Behaviour of Flexible Silk Fabric Composites for Soft Body Armour,” *Journal of Fibers & Textiles in Eastern Europe*, vol. 22, no. 5(107), pp. 71-76, 2014.
- [7] G. S. Chung, Y. S. Kim, *Manufacturing technology of the ultra light stab armor with the good air permeability*, Project code: 10028427, Korea institute of industrial technology, Ansan (Korea), 2010.
- [8] T. T. Duong, J. S. Kim, and Y. Huh, “Stab-resistant property of the fabrics woven with the aramid/cotton core-spun yarns,” *Journal of Fibers and Polymers*, vol. 11, no. 13, pp. 500-506, 2010.
- [9] T. T. Duong, J. S. Kim, and Y. Huh, “Evaluation of anti-stabbing performance of fabric layers woven with various hybrid yarns under different fabric conditions,” *Journal of Fibers and Polymers*, vol. 12, no. 6, pp. 808-815, 2011.
- [10] T. T. Duong, Y. S. Kim, and G. S. Chung, “Stab resistance of woven and nonwoven aramid fabric composites,” *Journal of Textile Science and Engineering*, vol. 48, no. 4, pp. 246-251, 2012.
- [11] National Institute of Justice, “Stab Resistance of Personal Body Armor NIJ Standard–0115.00,” U. S. NIJ Standard–0115.00, Sept., 2000.