

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO TẤM COMPOZIT GỐM CHỐNG ĐẠN

Đến Tòa soạn 6-6-2009

VŨ ĐÌNH KHIÊM¹, LÊ TRỌNG THIẾP², NGUYỄN QUỐC HÀ³, LÊ HOÀI ANH¹

¹ E17- Tổng cục Kỹ thuật - Bộ Công an

² Viện Khoa học - Công nghệ Quân sự - Bộ Quốc phòng

³ Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng - Bộ Quốc phòng

ABSTRACT

This paper presented the effect of the ratio, temperature and technology on physico-mechanical. Characteristics of ceramic material reinforcing composites for personal body armors production[4]. It was shown that when using 28 wt% of fine aluminium oxide of 1.2 μm size, the flexural strength increased to 28%, Mohr's hardness increased from 6.1 to 8.5 and density from 1.77 g/cm^3 to 3.10 g/cm^3 . The ratio DER-331/DETA and DER-331/Kevlar-129 for productions of ceramic composites armors level III in industrial scale was studied. It showed that the obtained ceramic composite armors could be used against AK 47 bullet with speed of 715 m/s at 15 m distance [5].

I - MỞ ĐẦU

Vật liệu làm giáp chống đạn có thể là kim loại, gốm hoặc compozit. Đối với các vật liệu khác nhau thì cơ chế chống đạn cũng khác nhau. Đối với thép khả năng chống đạn do hấp thụ năng lượng nhờ cơ chế phá huỷ dẻo, còn đối với nhôm cơ chế phá huỷ giòn. Cơ chế chống đạn của compozit là sự tổ hợp của cả hai cơ chế phá huỷ dẻo và phá huỷ giòn. Gốm sử dụng chế tạo vật liệu chống đạn có độ cứng, độ bền cơ lý cao, sẵn có, dễ gia công chế tạo và giá thành hợp lý. Trên thế giới và ở Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu về gốm sử dụng làm vật liệu compozit chống đạn [2, 3]... Công nghệ chế tạo các sản phẩm này tương đối phức tạp, đòi hỏi máy móc hiện đại (lò nung nhiệt độ cao, máy ép chuyên dụng...) do vậy việc triển khai qui mô công nghiệp còn bị hạn chế. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu nâng cao chất lượng gốm sử dụng thông thường tại Việt Nam để chế

tạo tấm compozit gốm chống đạn cấp III ở qui mô công nghiệp.

II - THỰC NGHIỆM

1. Đối tượng nghiên cứu

Al_2O_3 , đất sét, cao lanh, trường thạch (Việt Nam).

Nhựa epoxy (DER331), diethyltriamin (DETA) của hãng DOW (Mỹ).

Vải Kevlar 129 của hãng Dupont (Mỹ).

2. Thiết bị và phương pháp nghiên cứu

Máy nghiền bi COLE-PARMER (Mỹ), lò nung LENTON (Anh), máy đo kích thước hạt HORIBA 950 (Nhật Bản), Thiết bị bắn thử nghiệm SABRE BALLISTIC (Anh), Máy đo cơ lý INSTRON 5582 100 KN (Mỹ), máy chụp kính hiển vi điện tử quét (Nhật Bản), lò nung 3 m³: nhiệt độ nung đạt 1350°C (Việt Nam).

III - KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Vật liệu gốm thông thường có thành phần theo % thể tích lần lượt là: Al₂O₃ (22%), trường thạch (28%), thạch anh (11%), cao lanh (25%) và đất sét (14%). Các pha này phân bố đồng đều tạo thành khối vật liệu đồng nhất. Tuy nhiên để sử dụng làm vật liệu chống đạn đòi hỏi phải tăng độ bền cho gốm bằng các phương pháp khác nhau như: nghiền, phối trộn, ép, nung...[1]. Nghiên cứu này nhằm mục đích tăng tỷ lệ và phân bố pha Al₂O₃ đồng đều hơn để tạo ra sản

phẩm có chất lượng tốt, giá thành thấp, đáp ứng nhu cầu sản xuất gốm chống đạn ở qui mô công nghiệp.

1. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ thành phần Al₂O₃/trường thạch

Đã tiến hành khảo sát Al₂O₃/trường thạch với các tỉ lệ thành phần theo khối lượng khác nhau. Phương pháp chế tạo gốm theo công nghệ đổ rót, nhiệt độ thiêu kết 1200°C, thời gian 24 giờ. Kết quả đo tính năng cơ lý của các mẫu khảo sát thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1: Tính năng cơ lý của các mẫu gốm có tỉ lệ thành phần khác nhau

STT	Tính chất vật liệu	Al ₂ O ₃ /trường thạch					
		20/30	22/28	24/26	26/24	28/22	30/20
1	Độ bền uốn, MPa	320,3	335,5	342,6	372,4	385,2	352,7
2	Độ cứng, Mohr	5,5	6,1	6,5	6,8	7,0	6,3
3	Tỷ trọng, g/cm ³	1,72	1,77	1,82	1,85	1,95	1,67

Kết quả khảo sát cho thấy với tỉ lệ thành phần Al₂O₃/trường thạch là 28/22 vật liệu cho tính chất cơ lý cao nhất, độ bền uốn tăng từ 320,3 MPa lên 385,2 MPa (tăng 11,5%), độ cứng theo thang Mohr tăng từ 5,5 lên 7,0. Tỷ trọng tăng từ 1,72 g/cm³ lên 1,95 g/cm³. Mẫu gốm có tỉ lệ thành phần Al₂O₃/trường thạch là 28/22 được chọn cho quá trình nghiên cứu tiếp theo.

2. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết

Đối với vật liệu gốm, độ kết khối càng lớn thì độ bền vật liệu và khả năng chống đạn càng tăng. Mẫu gốm có tỉ lệ thành phần Al₂O₃/trường thạch (28/22) được khảo sát nung ở các nhiệt độ khác nhau trong thời gian 24 giờ. Tính năng cơ lý của các mẫu khảo sát được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tính chất cơ lý của gốm

STT	Tính chất cơ lý	Nhiệt độ, °C					
		1100	1150	1200	1250	1300	1350
1	Độ bền uốn, MPa	320,1	348,6	385,2	396,2	398,5	398,7
2	Độ cứng, Mohr	5,1	6,3	7,0	7,5	7,5	7,5
3	Tỷ trọng, g/cm ³	1,68	1,78	1,95	2,3	2,3	2,3

Từ kết quả khảo sát ở bảng 2 cho thấy ở nhiệt độ nung 1250°C, 1300°C và 1350°C vật liệu cho tính chất cơ lý cao nhất: độ bền uốn tăng từ 320,1 MPa lên 396,2 MPa, độ cứng từ 5,1 lên 7,5 Mohr, tỉ trọng từ 1,68 lên 2,3 g/cm³. Tuy nhiên, nếu nung ở nhiệt độ cao giá thành sản phẩm sẽ tăng. Do vậy, nhiệt độ thiêu kết gốm tối ưu là 1250°C.

3. Khảo sát công nghệ chế tạo theo cách ép

Trong phần khảo sát này các mẫu gốm được tạo hình theo cách ép. Các mẫu gốm có tỉ lệ thành phần Al₂O₃/trường thạch (28/22) được ép ở áp lực 50 KG/cm² trong thời gian 5 phút sau đó sấy mẫu ở nhiệt độ 80°C trong thời gian 24 giờ và thiêu kết trong lò nung ở nhiệt độ

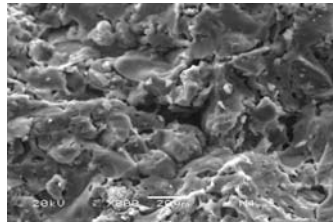
1250°C. Kết quả đo tính năng cơ lý (có so sánh với các mẫu tương tự theo phương pháp rót) được thể hiện ở bảng 3.

Qua bảng 3, cho thấy rằng khi thay đổi công nghệ rót bằng ép, độ bền uốn tăng từ 396,2 lên

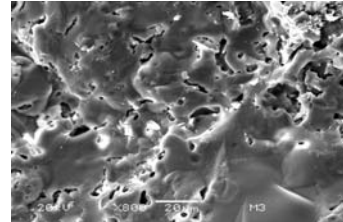
415 MPa, độ cứng tăng từ 7,5 lên 8,2 Mohr, tỷ trọng tăng từ 2,3 lên 2,8 g/cm³. Các mẫu gốm sau khi thiêu kết đã được tiến hành khảo sát cấu trúc bằng chụp ảnh kính hiển vi điện tử quét. Kết quả trình bày trong hình 1.

Bảng 3: Ảnh hưởng của công nghệ chế tạo đến độ bền cơ lý các mẫu gốm

STT	Tính chất cơ lý	Công nghệ chế tạo	
		Đổ rót	Ép thủy lực
1	Độ bền uốn, MPa	396,2	415
2	Độ cứng, Mohr	7,5	8,2
3	Tỷ trọng, g/cm ³	2,3	2,8



(a)



(b)

Hình 1: Ảnh chụp kính hiển vi điện tử quét của mẫu gốm sử dụng công nghệ đổ rót (a) và công nghệ ép (b)

Qua ảnh chụp SEM thấy rõ cấu trúc của mẫu gốm gia công bằng cách ép đặc khít hơn hẳn so với mẫu gia công bằng cách rót. Chính vì thế tính năng cơ lý của nó cao hơn, bề mặt phá huỷ mẫu mịn, phẳng và đều hơn.

4. Khảo sát ảnh hưởng của kích thước hạt Al₂O₃

Bột Al₂O₃ được nghiền trên máy nghiền bi với tỷ lệ bột/bi/nước = 3/5/2, tốc độ nghiền là 100 vòng/phút. Các mẫu được lấy đều đặn cách nhau 08 giờ để phân tích kích thước hạt sau khi nghiền [2]. Kết quả khảo sát kích thước hạt của

bột Al₂O₃ được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4 cho thấy sau 32 giờ nghiền, kích thước hạt đạt 1,2 μm. Tăng thời gian nghiền lên 40 giờ và 48 giờ thì kích thước hạt không những không giảm xuống mà còn có chiều hướng tăng lên. Có thể khi kích thước hạt quá mịn có hiện tượng vón cục xảy ra. Do vậy, kích thước hạt 1,2 μm được dùng để chế tạo mẫu gốm khảo sát [1, 2].

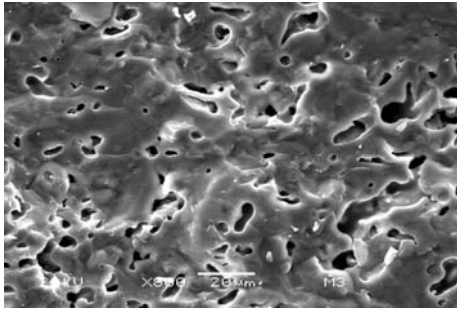
Bột Al₂O₃ sau khi nghiền mịn được phối trộn, ép tấm và thiêu kết. Mẫu được đo tính năng cơ lý và chụp ảnh SEM. Kết quả thể hiện ở bảng 5 và hình 2.

Bảng 4: Kết quả khảo sát kích thước hạt Al₂O₃

Tính chất bột Al ₂ O ₃	Thời gian nghiền, giờ					
	8	16	24	32	40	48
Kích thước hạt trung bình, μm	52,4	25,5	8,3	1,2	1,23	1,24

Bảng 5: Kết quả khảo sát tính năng cơ lý của gốm sử dụng Al₂O₃ mịn

STT	Tính năng cơ lý	Kết quả
1	Độ bền uốn, MPa	430
2	Độ cứng, Mohr	8,5
3	Tỷ trọng, g/cm ³	3,1



Hình 2: Ảnh chụp kính hiển vi điện tử quét (SEM) gốm sử dụng Al₂O₃ mịn

Từ kết quả khảo sát ở bảng 5 nhận thấy độ bền cơ lý của mẫu gốm sử dụng Al₂O₃ mịn với kích thước hạt là 1,2 μm có độ bền cơ lý cao hơn so với mẫu Al₂O₃ chưa nghiền: độ bền uốn tăng từ: 415 MPa lên 430 MPa, độ cứng Mohr tăng từ 8,2 lên 8,5 và tỷ trọng tăng 2,8 g/cm³ lên 3,1 g/cm³. So sánh ảnh SEM trên hình 2 và hình

1 cho thấy, ở hình 2 các lỗ xốp xuất hiện đều và bề mặt phá huỷ cũng phẳng và nhẵn hơn so với ở hình 1. Điều đó chứng tỏ sự gắn kết phân bố giữa các thành phần trong vật liệu ở hình 2 tốt và đều hơn so với ở hình 1 [3].

5. Khảo sát chế tạo giáp chống đạn composit gia cường bằng gốm

a) Khảo sát thời gian gel hoá và hàm lượng phân gel DER331/DETA

Nhựa nền DER331 được trộn hợp với chất đóng rắn DETA ở nhiệt độ phòng với tỉ lệ phân trộn lượng khác nhau.

Tiến hành xác định thời gian gel hoá và hàm lượng phân gel. Kết quả khảo sát thể hiện ở bảng 6 và 7.

Bảng 6: Kết quả khảo sát thời gian gel hoá của nhựa nền

STT	DER-331/DETA	Thời gian gel hóa, phút
1	100/8	145
2	100/9	75
3	100/10	48
4	100/11	27
5	100/12	19

Bảng 7: Kết quả khảo sát hàm lượng phân gel của nhựa epoxy DER-331 đóng rắn bằng DETA

STT	DER331/DETA	Hàm lượng phân gel %								
		3 ngày	4 ngày	5 ngày	6 ngày	7 ngày	8 ngày	9 ngày	10 ngày	11 ngày
1	100/8	53,35	56,70	58,29	59,45	60,45	61,39	63,80	63,85	63,92
2	100/9	55,65	58,29	59,35	60,25	61,46	62,78	64,15	64,17	64,19
3	100/10	59,24	63,09	64,35	65,46	66,31	68,21	70,35	70,52	70,53
4	100/11	67,12	67,91	68,32	68,91	69,75	70,29	70,55	70,75	70,77
5	100/12	68,77	68,93	69,15	69,25	69,95	71,03	71,12	71,15	71,16

Từ kết quả bảng 6 và 7 nhận thấy, với tỉ lệ 100/10 cho hàm lượng phân gel cao đạt 70,35 % sau thời gian là 9 ngày và thời gian là gel hoá là 48 phút. Tăng tỷ lệ DER331/DETA chỉ đóng rắn nhanh hơn chứ hàm lượng gel không tăng đáng kể. Kết quả này phù hợp với công nghệ lăn

ép bằng tay chế tạo vật liệu chống đạn [4].

b) Khảo sát tính năng cơ lý của tấm polyme composit

Tấm polyme composit (PC) trên cơ sở vải kevlar và nhựa nền (DER331/DETA) được gia

công bằng phương pháp lăn ép bằng tay ở nhiệt độ phòng. Tiến hành khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ vải/nhựa theo phân trọng lượng với các tỉ lệ khác nhau. Kết quả khảo sát thể hiện ở bảng 8.

Bảng 8: Ảnh hưởng của tỉ lệ vải/nhựa đến tính năng cơ lý của vật liệu

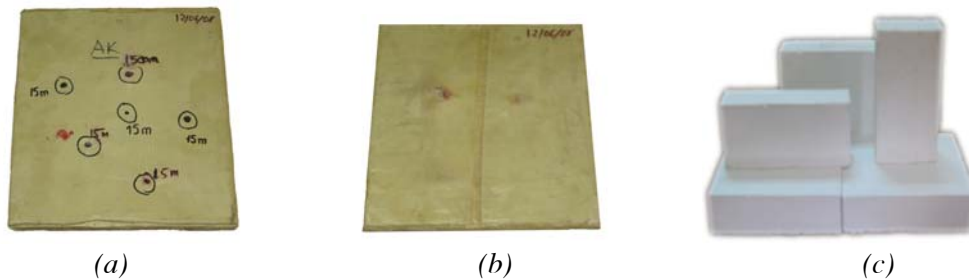
TT	Tỉ lệ vải/nhựa	Độ bền kéo, MPa	Độ bền uốn, MPa	Độ bền nén, MPa	Độ bền va đập, KJ/m ²
1	50/50	203,3	124,1	20,4	165,9
2	60/40	245,6	255,3	35,1	198,6
3	70/30	225,1	194,8	23,6	175,9
4	80/20	212,5	164,2	21,9	164,1

Kết quả xác định tính năng cơ lý vật liệu cho thấy với tỉ lệ thành phần vải/nhựa: 60/40 cho tính năng cơ lý cao: độ bền kéo 245 MPa, độ bền uốn 255,3 MPa, độ bền nén 35,1 MPa và đặc biệt độ bền va đập đạt 198,6 KJ/m².

c) Chế tạo giáp chống đạn

Tám chống đạn có kích thước 25x30x2cm được tạo thành từ tám PC ghép với gốm nhờ keo dán DER331/DETA với tỉ lệ 100/10 ở nhiệt độ phòng. Để ổn định trong thời gian 9 ngày. Bản thử nghiệm trên thiết bị bắn SABRE BALLISTIC (Anh) [5]. Kết quả bắn thử nghiệm thể hiện trên hình 3. Cho thấy khi bắn ở cự li 15

m với số điểm bắn là 6 điểm, sản phẩm có khả năng chống đạn tốt, không thủng, bề mặt phía sau có độ phồng thấp (10 mm) và kết quả đo được đánh giá thông qua bia đo độ lún sử dụng đất sét chuyên dụng phù hợp với tiêu chuẩn NIJ 0101.04-2001. Điều này có thể được giải thích như sau: khi đầu đạn va đập mạnh vào gốm với tốc độ 715 m/s làm gốm bị nứt vỡ thành các mảnh nhỏ hình sao, dưới tác động sóng ứng suất các vết nứt đồng trục hình nêm xuất hiện bắt đầu tại điểm va đập và hình thành vết nứt hình nón. Tại đây năng lượng đầu đạn sẽ bị hấp thụ một phần, năng lượng dư còn lại được hấp thụ bằng lớp polyme composit phía sau.



Hình 3: Ảnh chụp tám composit chống đạn mặt trước (a) mặt sau (b) và các tấm gốm chống đạn (c)

IV - KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu nâng cao chất lượng gốm thông thường tại Việt Nam với tỷ lệ theo % thể tích như sau: Al₂O₃ (28%), trường thạch (22%), thạch anh (11%), cao lanh (25%) và đất sét (14%). Kết quả khảo sát cho thấy khi sử dụng 28% Al₂O₃ mịn với kích thước 1,2 μm độ bền vật liệu tăng: Độ bền uốn tăng lên 28,3%; độ

cứng theo thang Mohr tăng từ 6,1 lên 8,5 và tỷ trọng tăng từ 1,77 g/cm³ lên 3,1 g/cm³. Gốm được chế tạo bằng công nghệ ép thủy lực và được thiêu kết ở nhiệt độ 1250°C trong thời gian 24 giờ.

Đã nghiên cứu tìm ra tỷ lệ DER-331/DETA và tỷ lệ vải/nhựa tối ưu để chế tạo tấm composit gốm chống đạn cấp III ở qui mô công nghiệp. Kết quả khảo sát cho thấy tấm composit gốm

chống được đạn AK47 với sơ tốc 715 m/s ở cự li 15 m.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. W. Rice. Machining of ceramic, Ceramic for high performance application, Brook Hill Publ. Comp, 287 - 343 (1974).
2. N. K. Nail, P. Shrirao. Composite structures, Vol. 66(1-4), 579 - 590 (2003).
3. Eugene Medvedovski. American Ceramic Society Bulletin, Vol. 81, 47 - 50 (2002).
4. N. K. Nail, P. Shrirao and B. C. K. Reddy. Ballistic impact behaviour of woven fabric composites: Formulation, International Journal of impact engineering, Inpress, Corrected proof, Vol. 2 (1), 54 - 58 (2005).
5. NIJ Standard-0101.04, Ballistic Resistance of Personal Body Armor, 15 - 20 (2001).

Tác giả liên hệ: **Vũ Đình Khiêm**

E17- Tổng cục Kỹ thuật, Bộ Công an.