

Nghiên cứu chế tạo vật liệu composit graphit-carbon ứng dụng trong chế tạo phốt mặt chà

Nguyễn Tiến Mạnh^{1*}, Đoàn Văn Phúc¹, Nguyễn Anh Tuấn²

¹Viện Hóa học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

²Khoa Khoa học cơ bản, Học viện Phòng không - Không quân, Kim Sơn, Sơn Tây, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: manh.kqha1570@gmail.com

Nhận bài: 08/2/2024; Hoàn thiện: 22/3/2024; Chấp nhận đăng: 02/4/2024; Xuất bản: 25/6/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.96.2024.92-98>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số kết quả trong nghiên cứu chế tạo và đánh giá vật liệu composit trên cơ sở graphit-carbon định hướng ứng dụng trong chế tạo phốt mặt chà. Vật liệu composit được chế tạo theo quy trình 3 bước: 1. Ép nóng hỗn hợp từ nhựa phenolfomandehit họ novolac và hỗn hợp bột graphit-carbon; 2. Thiêu kết ở nhiệt độ khoảng 900 °C trong 8 giờ để cốc hóa nhựa nền; 3. Sau khi cốc hóa, phủ được thấm bằng nhựa epoxy với hàm lượng chiếm (4 ÷ 5)%. Vật liệu sau khi chế tạo có khối lượng riêng (1,82 ± 0,04) g/cm³; độ cứng (105,1 ± 2) HRF; hệ số ma sát (0,1647 ± 0,008); độ mài mòn (48,2 ± 1,6) μm. Kết quả phân tích đánh giá cho thấy vật liệu chế tạo được có các chỉ tiêu cơ lý tương đương với mẫu vật liệu do LB Nga sản xuất, có khả năng sử dụng trong việc chế tạo các chi tiết phốt mặt chà.

Từ khóa: Phốt mặt chà; Vật liệu composit graphit-carbon; Vật liệu ma sát thấp; Vật liệu chịu mài mòn.

1. MỞ ĐẦU

Với sự phát triển của nền công nghiệp, có nhiều loại máy móc, trang bị sử dụng những động cơ hạng nặng như động cơ diesel B2. Động cơ B2 là động cơ 4 kỳ do Liên Xô cũ sản xuất, hiện vẫn đang được sử dụng rộng rãi trong quốc phòng và kinh tế quốc dân [1-3]. Động cơ này có công suất định mức 520 HP (384 kW) tại số vòng quay 2000 vòng/phút; mô men xoắn lớn nhất là 2160 N.m tại số vòng quay 1200 vòng/phút [1, 2]. Trong quá trình làm việc, nhiệt độ của động cơ thường rất lớn nên cần phải có hệ thống làm mát để đảm bảo khả năng hoạt động của động cơ. Loại động cơ này được làm mát bằng nước tuần hoàn nhờ một bơm ly tâm dạng trục ngang với tốc độ quay của cánh bơm lên đến (2550 ± 60) vòng/phút, áp lực nước làm mát khoảng 10 kg/cm² [3]. Để làm kín trục bơm, tránh rò rỉ nước hay bị không khí lọt vào buồng bơm, trên máy bơm nước làm mát được trang bị chi tiết phốt làm kín cơ khí (phốt mặt chà), được chế tạo từ vật liệu có khả năng chịu nhiệt, chịu mài mòn và có hệ số ma sát thấp [4-6]. Loại vật liệu này có các tính chất cơ lý đặc trưng như: hệ số ma sát 0,1692; độ mài mòn 17,5 μm, độ cứng 96,4 HRF, khối lượng riêng 1,84 g/cm³. Hiện nay, việc đảm bảo các loại vật tư tiêu hao như phốt mặt chà phục vụ sửa chữa, thay thế cho động cơ B2 còn phụ thuộc nhiều vào nước ngoài. Vì vậy, việc nghiên cứu nhằm chủ động chế tạo trong nước nhóm vật tư này đang rất cấp thiết và được chú trọng [2, 3].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung giới thiệu các kết quả trong nghiên cứu, chế tạo vật liệu composit với thành phần chính là graphit tinh thể và cacbon vô định hình, đã được thấm nhựa epoxy với hàm lượng khoảng (4 ÷ 5)% [7-9]. Vật liệu sau khi chế tạo có các tính chất cơ lý đặc trưng gồm: hệ số ma sát (0,1647 ± 0,008); độ mài mòn (48,2 ± 1,6) μm, độ cứng (105,1 ± 2) HRF, khối lượng riêng (1,82 ± 0,04) g/cm³. Các tính chất này tương đương với sản phẩm phốt mặt chà trong động cơ B2 của LB Nga nên vật liệu do nhóm nghiên cứu có thể ứng dụng trong chế tạo các loại phốt mặt chà.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật tư, hóa chất

Mẫu phốt mặt chà trên máy bơm nước làm mát của động cơ B2 do LB Nga sản xuất. Bột graphit

(GmbH & Co. KG, Đức), kích thước hạt < 30 μm , độ tinh khiết > 99%. Cacbon black N220 (UAE). Nhựa phenolic dạng novolac (Shanghai, Trung Quốc), độ sạch > 99%, độ ẩm $\leq 1\%$. Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), (Xilong, Trung Quốc), độ tinh khiết > 99,7%. Chất đóng rắn hexametylen tetramin ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$), loại PA (Xilong, Trung Quốc), độ tinh khiết > 99%. Nhựa epoxy ED-20 (LB Nga), đương lượng nhóm epoxy 184-190 g/eq. Diethylene glycol (DEG-1), Nga. Chất đóng rắn triethanolamine titanate (TEAT), Nga.

2.2. Chế tạo vật liệu compozit graphit-cacbon

2.2.1. Chuẩn bị nguyên liệu

Bột graphit/cacbon được phân tán đều trong hỗn hợp nhựa phenolic - etanol đã pha chất đóng rắn (hàm lượng chất đóng rắn bằng 12% hàm lượng nhựa) bằng máy rung siêu âm. Sau đó, hỗn hợp được để bay hơi dung môi tự nhiên và sấy ở ($50 \div 60$) $^\circ\text{C}$ đến khô hoàn toàn. Hỗn hợp khô được nghiền nhỏ, sàng qua rây lấy các hạt nguyên liệu khô có kích thước nhất định. Hỗn hợp khô sau khi chuẩn bị được bảo quản trong hộp kín để tránh hút ẩm và oxy hóa.

2.2.2. Chế tạo phôi ban đầu

Hỗn hợp bột khô sau khi chuẩn bị được cân định lượng, đổ và dàn đều trong khuôn rồi ép định hình ở nhiệt độ, áp suất cao, tạo thành phôi ban đầu.

2.2.3. Thiêu kết phôi

Phôi ban đầu sau khi chế tạo bằng phương pháp ép nóng được thiêu kết ở nhiệt độ khoảng 900 $^\circ\text{C}$ trong 8 giờ để phân hủy nhựa nền, tạo thành bộ khung cacbon liên tục.

2.2.4. Thấm nhựa epoxy

Phôi sau khi thiêu kết sẽ được tiến hành thấm hỗn hợp nhựa epoxy và đóng rắn để tăng khả năng chống thấm khí, chống thấm chất lỏng và tăng độ bền cơ lý cho vật liệu.

2.3. Khảo sát một số tính chất của vật liệu compozit graphit-cacbon

2.3.1. Xác định hệ số ma sát và độ mài mòn

Hệ số ma sát và độ mài mòn của vật liệu được xác định theo tiêu chuẩn ASTM G133, được tiến hành trên Thiết bị UMT-3MT (Học viện Kỹ thuật Quân sự). Thực hiện đo đạc trên 5 mẫu và lấy giá trị trung bình.

2.3.2. Chụp ảnh hiển vi điện tử quét (SEM)

Xác định vi cấu trúc mẫu sản phẩm, thực hiện trên máy JEM1010 (JEOL, Nhật Bản).

2.3.3. Xác định độ cứng

Độ cứng vật liệu được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 257-1:2007. Thực hiện đo đạc trên 5 mẫu và lấy giá trị trung bình.

2.3.4. Xác định khối lượng riêng

Khối lượng riêng của vật liệu được xác định bằng phương pháp cân thủy tĩnh theo TCVN 10826:2015. Thực hiện đo đạc trên 5 mẫu và lấy giá trị trung bình.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

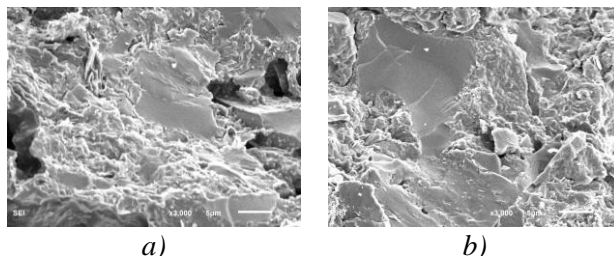
3.1. Nghiên cứu lựa chọn tỷ lệ thành phần nguyên liệu đầu

3.1.1. Ảnh hưởng của hàm lượng nhựa nền

Để khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng nhựa nền phenolic, lựa chọn khảo sát một số tỷ lệ thành phần graphit-cacbon/nhựa lần lượt là 67/33, 75/25, 80/20, 85/15. Phôi trung gian được chế tạo bằng phương pháp ép nóng trên máy ép thủy lực có gia nhiệt ở 155 $^\circ\text{C}$, áp lực 100 kgf/cm², thời gian đẳng áp và đẳng nhiệt là 1 giờ, sau đó được cacbon hóa ở 900 $^\circ\text{C}$ trong 8 giờ.

Quan sát bề mặt và mặt cắt các phôi vật liệu nhận thấy đối với các phôi có hàm lượng nhựa cao, sau khi thiêu kết, trên bề mặt và trong cả khối vật liệu xuất hiện nhiều lỗ trống có kích thước

tương đối lớn. Những lỗ trống này tạo thành do khí sinh ra trong quá trình phân hủy nhiệt. Quan sát phiêu vật liệu với hàm lượng nhựa thấp (15%) nhận thấy có vết nứt lớn trên bề mặt mẫu và bên trong phiêu sau khi thiêu kết. Nguyên nhân là do hàm lượng nhựa quá thấp không đủ để thấm ướt hoàn toàn bộ bột gia cường nên khi tiến hành ép và cacbon hóa không thể hình thành đủ liên kết để kết dính các hạt nguyên liệu thành khối đồng nhất.



Hình 1. Ảnh SEM mặt cắt phiêu vật liệu:
a) Hàm lượng nhựa 33%; b) Hàm lượng nhựa 20%.

Với mẫu có hàm lượng nhựa khoảng 20%, bề mặt mẫu và mặt cắt của khối vật liệu trơn nhẵn, không quan sát thấy những khuyết tật lớn trong cấu trúc. Quan sát ảnh SEM nhận thấy phiêu vật liệu với hàm lượng nhựa cao có cấu trúc không đồng nhất, bên cạnh các vị trí có cấu trúc cacbon đặc chắc là các khuyết tật rất lớn, kích thước lên đến vài trăm μm . Như vậy, hàm lượng nhựa quá cao hay quá thấp đều ảnh hưởng đến cấu trúc của phiêu vật liệu sau khi thiêu kết. Với hàm lượng nhựa 20%, phiêu vật liệu sau khi thiêu kết có cấu trúc với độ đồng đều cao, các lỗ xốp có kích thước có kích thước chỉ khoảng $(5 \div 7) \mu\text{m}$ và phân bố đều trong toàn bộ khối vật liệu, đồng thời độ giảm kích thước các chiều không đáng kể.

3.1.2. Ảnh hưởng của thành phần hạt gia cường

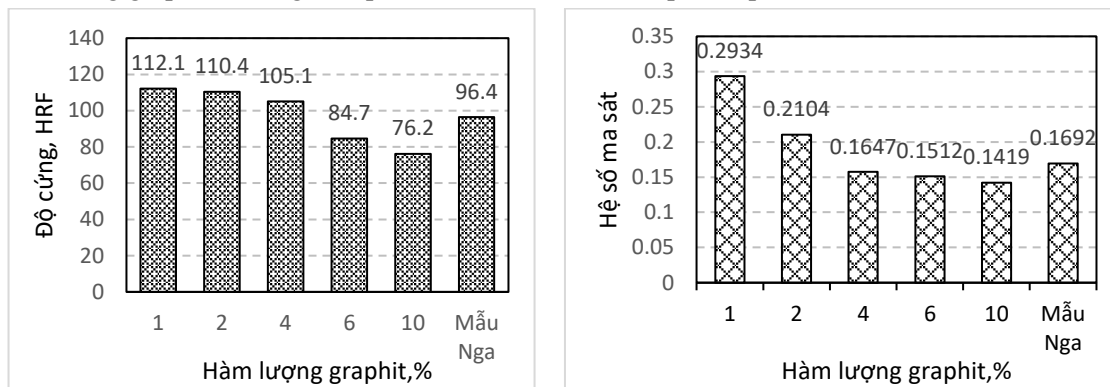
Thành phần gia cường của vật liệu tổ hợp sử dụng trong chế tạo các chi tiết dạng phốt mặt chà thường là hỗn hợp graphite/cacbon, trong đó cacbon dạng vô định hình thường chiếm đến trên 90%, đóng vai trò tăng cường độ cứng, phần còn lại là graphite dạng tinh thể với vai trò làm giảm ma sát của vật liệu [7, 8]. Trong nghiên cứu này tiến hành khảo sát thành phần gia cường với tỷ lệ thành phần graphite/cacbon lần lượt là 10/90, 6/94, 4/96, 2/98 và 1/99. Hàm lượng nhựa nền phenolic trong tất cả các nghiên cứu là như nhau và chiếm khoảng 20%. Sau khi thiêu kết, phiêu được thấm hỗn hợp nhựa epoxy với hàm lượng $(4 \div 5)\%$. Hai tiêu chí chính để đánh giá chất lượng vật liệu là độ cứng và hệ số ma sát. Kết quả khảo sát được trình bày tại bảng 1.

Bảng 1. Độ cứng và hệ số ma sát của vật liệu với tỷ lệ graphite/cacbon khác nhau.

STT	Hàm lượng graphite,%	Hàm lượng cacbon,%	Độ cứng, HRF	Hệ số ma sát
1	1	99	112,1	0,2934
2	2	98	110,4	0,2104
3	4	96	105,1	0,1647
4	6	94	84,7	0,1512
5	10	90	76,2	0,1419
6	Mẫu do LB Nga chế tạo		96,4	0,1692

Kết quả khảo sát cho thấy tỷ lệ cacbon/graphite trong thành phần gia cường ảnh hưởng đáng kể đến độ cứng và hệ số ma sát của vật liệu. Khi tăng hàm lượng graphite từ $(1 \div 4)\%$, độ cứng của vật liệu suy giảm nhẹ từ 112,1 HRF xuống 105,1 HRF, tuy nhiên vẫn duy trì cao hơn độ cứng của mẫu phốt chà do LB Nga sản xuất. Khi hàm lượng graphite lớn hơn 6%, độ cứng của vật liệu giảm mạnh và nằm ngoài ngưỡng độ cứng cho phép của vật liệu mẫu. Đối với chỉ tiêu hệ số ma sát, có thể thấy khi tăng hàm lượng graphite, hệ số ma sát có xu hướng giảm, trong đó mức độ giảm mạnh nhất tương ứng với hàm lượng graphite trong khoảng từ $(1 \div 4)\%$. Tiếp tục tăng hàm lượng graphite, hệ số ma sát có xu hướng ổn định với giá trị đạt khoảng $(0,16 \pm 0,008)$, tương đương với hệ số ma sát

của phốt mặt chà do LB Nga sản xuất. Đối với các hệ vật liệu sử dụng trong chế tạo phốt mặt chà, ưu tiên lựa chọn vật liệu có độ cứng cao và hệ số ma sát thấp. Do đó, thành phần gia cường với hàm lượng graphite khoảng 4%, phần còn lại là cacbon sẽ phù hợp.



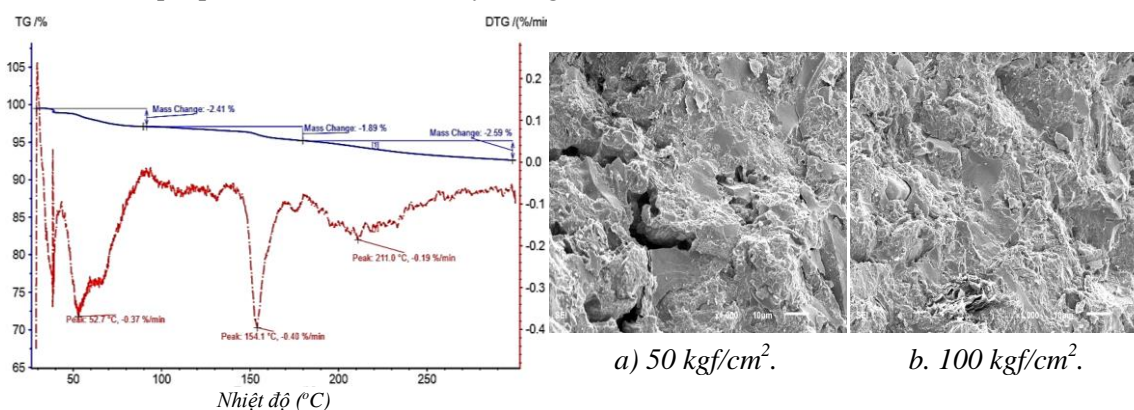
Hình 2. Độ cứng và hệ số ma sát của vật liệu đã chế tạo với các tỷ lệ graphite/cacbon khác nhau trong thành phần gia cường.

Từ các kết quả nghiên cứu nêu trên, nhóm tác giả đã xác định được thành phần phối liệu thích hợp cho chế tạo phốt chà gồm: Nhựa phenolic: 20%; Bột gia cường: 80%, trong đó: hàm lượng cacbon chiếm 96% (tương đương 76,8% tổng khối lượng); hàm lượng graphite chiếm 4% (tương đương 3,2% tổng khối lượng).

3.2. Nghiên cứu, khảo sát ảnh hưởng của một vài thông số công nghệ đến tính chất vật liệu

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ ép

Để xác định chính xác các thông số nhiệt của quá trình ép, tiến hành khảo sát quá trình chuyển đổi của nhựa novolac dưới tác dụng nhiệt bằng phương pháp TGA trong môi trường khí Ar, tốc độ nâng nhiệt 5 °C/phút. Nhựa phenolic họ novolac có khoảng nhiệt độ đóng rắn tương đối rộng, từ 120 °C đến 190 °C, do đó phân tích TGA sẽ được tiến hành trong khoảng nhiệt độ từ 20 °C đến 300 °C. Kết quả phân tích được trình bày trên giản đồ tại hình 3.



Hình 3. Giản đồ phân tích nhiệt của mẫu nhựa (novolac + 10% hexametylen tetramin).

Hình 4. Ảnh SEM các mẫu vật liệu với áp lực ép khác nhau.

Từ giản đồ TGA và DTG nhận thấy, nhựa bắt đầu chảy mềm ở nhiệt độ khoảng (80 ÷ 90) °C và sôi mạnh nhất ở nhiệt độ khoảng 130 °C, giai đoạn này cũng đã xảy ra phản ứng đóng rắn một phần. Đây là giai đoạn quan trọng để nhựa mềm và thấm và dàn đều trong khối vật liệu, nên giai đoạn này không được giữ đẳng nhiệt tại 90 °C và 130 °C trong 30 phút. Phản ứng đóng rắn diễn ra mạnh nhất tại khoảng 155 °C, tương ứng với pic tổn hao khối lượng cực đại do các sản phẩm khí thoát đi từ phản ứng đóng rắn.

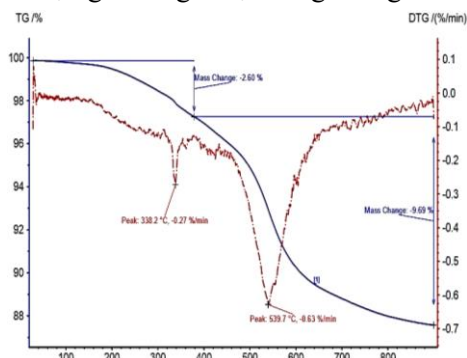
Vì vậy, trong quá trình ép mẫu vật liệu nhiệt độ khuôn cần được giữ đẳng nhiệt tại nhiệt độ 155 °C trong khoảng 1 giờ để phản ứng xảy ra hoàn toàn.

3.2.2. Ảnh hưởng của áp lực ép

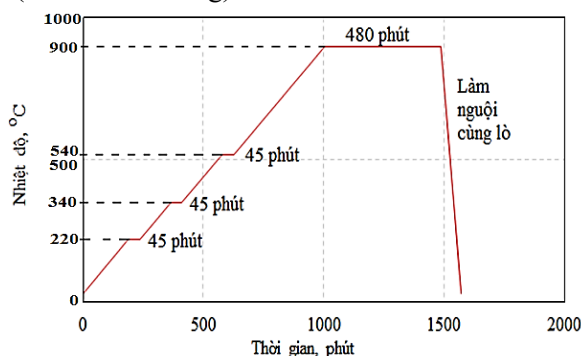
Tiến hành ép tạo hình các mẫu composit theo phương pháp trình bày tại mục 2.2 với chế độ nhiệt đã xác định tại mục 3.2.1, với áp lực ép lần lượt là 50 kgf/cm², 100 kgf/cm² và 200 kgf/cm². Quan sát các mẫu chế tạo được bằng mắt thường, nhận thấy trong trường hợp áp lực ép 200 kgf/cm², trên bề mặt mẫu có hiện tượng phồng rộp. Nguyên nhân là do áp lực ép quá lớn, dẫn đến xuất hiện ứng suất dư trong mẫu và hiện tượng phồng rộp bề mặt mẫu khi tháo mẫu ra khỏi khuôn ép. Các mẫu chế tạo với áp lực 50 kgf/cm² và 100 kgf/cm² đều có bề mặt nhẵn mịn, không quan sát thấy các khuyết tật bề mặt. Tiến hành cắt đôi các mẫu này và chụp ảnh SEM (hình 4) cho thấy sự xuất hiện các lỗ xốp trong thể tích khối vật liệu được chế tạo với lực ép 50 kgf/cm², chứng tỏ nhựa nền chưa thấm ướt hoàn toàn bột graphit/cacbon (hình 4 a). Với lực ép 100 kgf/cm² không quan sát thấy các lỗ xốp hay khuyết tật trong khối vật liệu. Do đó, áp lực ép là 100 kgf/cm² được chọn để tiến hành chế tạo các mẫu vật liệu trong các nghiên cứu tiếp theo.

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ trong quá trình thiêu kết

Hiệu suất cacbon hóa và sự thay đổi khối lượng của vật liệu dưới tác dụng nhiệt được khảo sát bằng phương pháp phân tích nhiệt trọng lượng TGA. Các điều kiện của quá trình phân tích nhiệt gồm: Nhiệt độ (30 ÷ 900) °C; tốc độ nâng nhiệt 10 °C/phút; môi trường khí N₂. Kết quả phân tích được trình bày tại hình 5 cho thấy, quá trình thay đổi khối lượng của hỗn hợp nhựa từ nhiệt độ phòng đến 900 °C chia thành các giai đoạn rõ rệt. Giai đoạn (30 ÷ 180) °C là giai đoạn của quá trình đông rắn nhựa, khi đó khối lượng của mẫu sẽ thay đổi liên tục do sự bay hơi của các sản phẩm khí. Giai đoạn (180 ÷ 260) °C và giai đoạn (260 ÷ 380) °C là giai đoạn trước kết tinh, xảy ra sự sắp xếp lại phân tử do xảy ra những phản ứng đầu tiên của sự ngưng tụ. Giai đoạn (380 ÷ 900) °C là giai đoạn chính của quá trình nhiệt phân, xảy ra quá trình hoạt tính phân hủy và các phản ứng nhiệt phân. Ở nhiệt độ khoảng 640 °C phần lớn các sản phẩm khí của quá trình phân hủy nhiệt sẽ thoát đi. Từ nhiệt độ (800 ÷ 900) °C, phản ứng phân hủy nhiệt gần như đến giai đoạn cuối, tất cả các nguyên tố cơ bản bị loại bỏ khỏi vật liệu. Tuy nhiên, để làm tăng độ tinh khiết cho vật liệu, giai đoạn này cần được giữ đẳng nhiệt trong thời gian rất dài (từ 8 đến 10 tiếng).



Hình 5. Giản đồ phân tích nhiệt mẫu nhựa novolac trong môi trường N₂.



Hình 6. Quy trình cacbon hóa vật liệu.

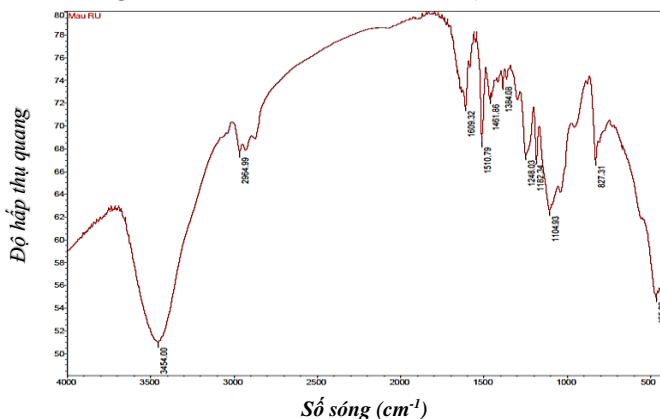
Đối với mỗi giai đoạn nhiệt phân, tại các điểm xuất hiện pic cực đại tổn hao khối lượng cần duy trì đẳng nhiệt trong thời gian đủ dài, mục đích là để quá trình nhiệt phân được diễn ra hoàn toàn. Nếu tốc độ gia nhiệt quá cao, thời gian giữ đẳng nhiệt ở mỗi giai đoạn không đủ lớn sẽ dẫn đến hiện tượng nứt vỡ khối vật liệu do các sản phẩm khí của quá trình nhiệt phân thoát ra nhanh. Từ khảo sát trên, quá trình cacbon hóa mẫu phôi ban đầu được tiến hành theo sơ đồ hình 6.

3.3. Khảo sát quá trình thấm nhựa

3.3.1. Nghiên cứu, lựa chọn nhựa sử dụng cho quá trình thấm

Dựa vào kết quả phân tích phổ hồng ngoại (hình 7), có thể dự đoán vật liệu sử dụng trong chế tạo phốt mặt chà của LB Nga có thành phần là nhựa epoxy đã đông rắn. Hàm lượng nhựa epoxy

chiếm khoảng (4 ÷ 5)% so với tổng khối lượng vật liệu. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng hỗn hợp nhựa epoxy gồm 100 phần nhựa epoxy ED-20; 10 phần chất pha loãng DEG-1 ($C_4H_{10}O_3$) và 11% chất độn rắn triethanolamine titanate ($(C_6H_{12}O_3N)_4Ti_3$).



Hình 7. Phổ hồng ngoại của mẫu vật liệu phốt mặt chà do LB Nga chế tạo.

Theo dữ liệu công bố tại các công trình [9-11], hỗn hợp nhựa với thành phần nêu trên có các chỉ tiêu kỹ thuật chính như sau:

- Độ nhớt (đo trên phễu VZ-4): 60 giây ở 50 °C; 30 giây ở 80 °C và 20 giây ở 100 °C.
- Thời gian gel hóa: 10 ngày ở 25 °C; 4 giờ ở 80 °C hoặc 2 giờ ở 90 °C.
- Thời gian đóng rắn: Đóng rắn chậm: 10 giờ ở 80 °C và 10 giờ ở 120 °C;

Đóng rắn nhanh: 4 giờ ở 100 °C, 2 giờ ở 120 °C và 2 giờ ở 140 °C.

Một số tính chất cơ nhiệt của nhựa sau khi đóng rắn:

- Độ bền kéo: 57 MPa;
- Nhiệt độ thủy tinh hóa: 123 °C;
- Khả năng chịu nhiệt: đến 150 °C;
- Nhiệt độ phân hủy cực đại: 377 °C.

3.3.2. Quy trình thấm nhựa

Quá trình thấm nhựa cho phôi trung gian sau khi cacbon hóa được tiến hành trên thiết bị thấm nhựa do nhóm nghiên cứu chế tạo. Quy trình thấm nhựa được tiến hành qua 4 bước:

Bước 1. Sấy phôi trung gian ở nhiệt độ 150 °C trong thời gian 3 giờ để loại bỏ triệt để hơi ẩm;

Bước 2. Hút chân không để loại bỏ không khí bên trong các lỗ xốp của phôi;

Bước 3. Cho nhựa tràn vào các lỗ xốp của phôi. Duy trì áp suất dương để tối đa hóa sự thâm nhập của nhựa trong phôi;

Bước 4. Gia nhiệt, đóng rắn nhựa.

Căn cứ vào tính chất của hỗn hợp nhựa epoxy sử dụng để thấm phôi trung gian, nhóm nghiên cứu lựa chọn nhiệt độ thấm là 80 °C để duy trì độ nhớt của nhựa ở mức thấp. Nhựa sau khi thấm vào phôi được đóng rắn theo chế độ đóng rắn chậm (10 giờ ở 80 °C + 10 giờ ở 120 °C).

3.4. Đánh giá một số tính chất cơ lý của vật liệu làm phốt mặt chà chế tạo được

Tiến hành khảo sát mẫu vật liệu đã chế tạo được, xác định một số tính chất quan trọng như khối lượng riêng, độ cứng, hệ số ma sát, tốc độ mài mòn. Kết quả khảo sát được thể hiện tại bảng 2. Các mẫu vật liệu chế tạo được đều có các tính chất cơ lý quan trọng tương đương mẫu phốt mặt chà do LB Nga chế tạo, có khả năng sử dụng trong việc chế tạo các chi tiết phốt mặt chà.

Bảng 2. Một số tính chất của mẫu vật liệu do nhóm nghiên cứu chế tạo được.

Tên chỉ tiêu	Khối lượng riêng, g/cm^3	Độ cứng, HRF	Hệ số ma sát	Độ mài mòn, μm
Mẫu Nga	1,84	96,4	0,1692	17,5
Mẫu chế tạo	$1,82 \pm 0,04$	$105,1 \pm 2$	$0,1647 \pm 0,008$	$48,2 \pm 1,6$

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã nghiên cứu, chế tạo được vật liệu compozit graphit-carbon theo quy trình sau. Thành phần nguyên liệu gồm 20% nhựa novolac và 80% bột gia cường, trong đó carbon chiếm 96% (tương đương 76,8% tổng khối lượng) và graphit chiếm 4% (tương đương 3,2% tổng khối lượng); Phôi trung gian được chế tạo theo phương pháp ép nóng với áp lực ép 100 kgf/cm² và nhiệt độ ép theo 3 giai đoạn: 90 °C/30 phút, 130 °C/30 phút, 155 °C/120 phút; Phôi trung gian sau đó được thiêu kết theo quy trình: gia nhiệt với tốc độ 1 °C/phút, kết hợp giữ đẳng nhiệt theo các phân đoạn: 220 °C/45 phút; 340 °C/45 phút; 540 °C/45 phút; 900 °C/480 phút. Sau khi thiêu kết, phôi được thấm (4 ÷ 5)% hỗn hợp gồm 100 phần nhựa epoxy ED-20, 10 phần chất pha loãng DEG-1 và 11 phần chất đóng rắn Triethanolamine titanate.

Vật liệu compozit graphit-carbon đã chế tạo được có một số tính chất quan trọng tương đương mẫu phốt mặt chà do LB Nga chế tạo, như: khối lượng riêng (1,82 ± 0,04) g/cm³; độ cứng (105,1 ± 1) HRF; hệ số ma sát (0,1647 ± 0,008); độ mài mòn (48,2 ± 1,6) μm. Vật liệu này có khả năng sử dụng trong việc chế tạo các chi tiết phốt mặt chà.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. “Двигатели В-2 и В-6, Техническое описание”, М.: Военное издательство, (1975).
- [2]. Nguyễn Công Lý, Nguyễn Hoàng Vũ. “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo khớp nối phục vụ việc thử nghiệm động cơ diesel B2 trên bộ thử AVL-ETC”, Tạp chí Giao thông vận tải, 32-33, (2014).
- [3]. Nhà máy Z153/TCKT, “Tài liệu kỹ thuật và QTCN sửa chữa động cơ diesel B2-B6”.
- [4]. Nau B.S. “Research in mechanical seals”. Proc. Instn Mech. Engrs, Part C, 204 (C6), 349-376, (1990).
- [5]. Мигунов В.П. и др. “Износостойкие и антифрикционные материалы для узлов трения”. ВИАМ/1982-198547.
- [6]. Paxton, R. and Shobert, W, “Carbon-Graphites for Aerospace Seals”, SAE Technical Paper 650302, (1965).
- [7]. Г.С. Петров, А. Н. Левин, Темореактивные смолы и пластические смолы, Гос. научно - техн. изд, М. (1959).
- [8]. ГОСТ 18694-80. “Смолы фенолоформальдегидные твердые”.
- [9]. Hồ Ngọc Minh, Đoàn Văn Phúc. “Chế tạo, nghiên cứu đặc trưng, tính chất của nhựa epoxy đóng rắn bằng hợp chất cơ titan và một số hợp chất amin”. Tạp chí Hóa học, 56(3), 401-406, (2018).
- [10]. Комков М. А., Тарасов В. А. “Влияние вязкости связующего в пропиточной ванне на пористость композита при мокром способе намотки”. Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 12. С. 192–199. DOI: 10.7463/1214.0745284.
- [11]. Триэтаноламинтитанат (ТЭАТ-1). ТУ 6-09-11-2191-93.

ABSTRACT

Research in the manufacture of graphite-carbon composite materials for application in the manufacturing of seal ring

The article presents some results in research on the manufacture and evaluation of composite materials based on graphite-carbon oriented applications in the manufacture of seal ring. Composite materials are manufactured using a 3-step process: 1. Hot pressing of the mixture from phenolformaldehyde resin and graphite-carbon powder mixture; 2. Sinter at a temperature of about 900 °C for 8 hours to coke the resin; 3. After coking, adsorb the product with epoxy resin at a content of (4-5)%. The material after manufacturing has a density of (1.82 ± 0.04) g/cm³; hardness (105.1 ± 2) HRF; friction coefficient (0.1647 ± 0.008); abrasion (48.2 ± 1.6) μm. The results of analysis and evaluation show that the manufactured material has physical and mechanical properties equivalent to the material sample produced in Russia, and can be used in the manufacture of the seal rings.

Keywords: Seal ring; Graphite-carbon composite materials; Low friction materials; Abrasion resistance materials.