

Nghiên cứu, phân tích thành phần vật liệu điện cực pin Li-ion nguyên khối dòng xả lớn

Đoàn Minh Cường*, Vũ Minh Thành, Bùi Văn Tài, Phạm Thị Phương, Nguyễn Văn Tú, Đoàn Tuấn Anh, Đào Thế Nam, Đinh Văn Long, Mai Văn Phước, Phan Thị Dinh, Nguyễn Thị Thu Ninh, Lê Trần Tiệp

Viện Hóa học – Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: doanminhcuong90@gmail.com.

Nhận bài: 18/10/2023; Hoàn thiện: 13/12/2023; Chấp nhận đăng: 05/02/2024; Xuất bản: 25/02/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.93.2024.63-70>

TÓM TẮT

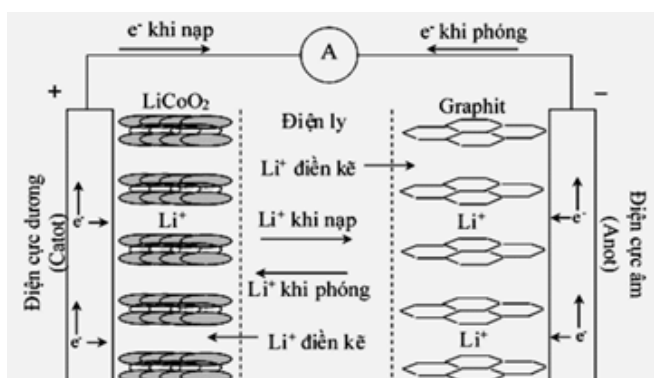
Pin Li-ion nguyên khối dạng hình trụ có kích thước 360×50 mm (chiều dài \times đường kính) với thông số điện hóa: điện áp 3,7 V, dung lượng 40 Ah đã được tháo rời nhằm mục đích nghiên cứu thành phần vật liệu điện cực của pin. Sử dụng các phương pháp phân tích vật liệu hiện đại như: hiển vi điện tử quét (SEM), phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX), nhiễu xạ tia X (XRD), quang phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ (ICP-MS) để xác định thành phần, hình thái học và cấu trúc tinh thể của vật liệu điện cực. Kết quả phân tích cho thấy, điện cực dương bao gồm vật liệu hoạt động có thành phần chính là Lithium Cobalt Oxide và chất phụ gia được phủ lên trên lá nhôm (Al) có chiều dày 25 μ m. Vật liệu hoạt động điện cực âm có thành phần chủ yếu là graphite được phủ lên trên lá đồng (Cu) có chiều dày 20 μ m.

Từ khoá: Pin Li-ion; Điện cực; Vật liệu hoạt động; Dòng phóng lớn

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, nguồn năng lượng điện hóa đang được sử dụng phổ biến trong các trang thiết bị quân sự nhờ một số đặc điểm ưu việt hơn so với nguồn năng lượng nhiệt truyền thống như: tính đơn giản của động cơ điện; chi phí sản xuất thấp với cùng động cơ điện; hiệu năng của động cơ cao; độ ồn nhỏ; chi phí vận hành rẻ hơn; bảo quản an toàn [1].

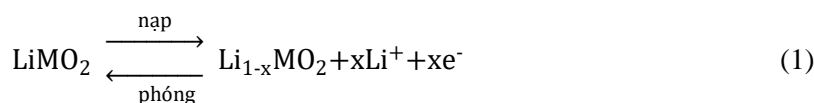
Trong số các loại nguồn năng lượng này, pin Li-ion đang ngày càng nhận được sự chú ý rộng rãi như là nguồn cung cấp và lưu trữ năng lượng trong các thiết bị di động, xe điện, xe hybrid [2] và thậm chí trong lĩnh vực hàng không vũ trụ hay các thiết bị quân sự [3]. Pin Li-ion là loại pin có thể sạc lại, trong đó, các ion liti từ điện cực âm di chuyển đến điện cực dương trong quá trình phóng điện và di chuyển trở lại điện cực âm khi pin được sạc. Nguyên lý hoạt động của pin Li-ion được thể hiện như trên hình 1.



Hình 1. Nguyên lý hoạt động của pin Li-ion.

Phản ứng xảy ra tại các điện cực và phản ứng tổng thể được thể hiện trong các phương trình dưới đây:

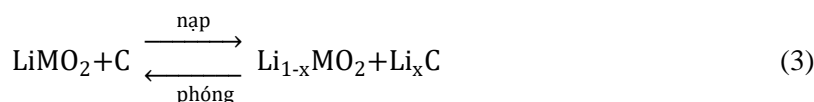
Tại cực dương (cathode):



Tại cực âm (anode):



Tổng quát:



Trong các phương trình này, LiMO_2 là ký hiệu vật liệu cathode oxit kim loại, còn C là vật liệu anode.

Cấu tạo điển hình của pin Li-ion bao gồm: điện cực dương, điện cực âm, màng ngăn cách và chất điện ly. Cực dương được làm bằng hợp chất ôxít kim loại chuyển tiếp và liti như: LiMnO_2 , LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiFePO_4 , LiNiO_2 và được phủ lên trên lá nhôm. Cực âm thường được cấu tạo từ graphite phủ lên trên lá đồng dày có chức năng lưu giữ các ion liti trong tinh thể. Màng ngăn cách mỏng dạng xốp được làm từ polyethylene hoặc polypropylene dày từ 16 μm đến 25 μm nằm giữa cực dương và cực âm. Có bốn loại vật liệu điện ly thường được dùng cho pin Li-ion, đó là: vật liệu điện ly dạng lỏng, dạng gel, dạng polymer và dạng rắn (gốm) [4].

Đối với loại pin Li-ion sử dụng trong thiết bị quân sự, do điều kiện hoạt động đặc thù nên yêu cầu các đặc tính kỹ thuật cao như: dung lượng cao, dòng xả lớn, tuổi thọ chu kỳ dài và dải nhiệt độ làm việc rộng. Trong nước hiện nay chưa có cơ sở sản xuất nào chế tạo thành công loại pin đặc chủng này, do độ phức tạp về công nghệ cũng như bảo đảm điều kiện sản xuất. Chính vì vậy, việc nghiên cứu khảo sát loại pin đặc chủng này giúp giải mã về hệ vật liệu sử dụng chế tạo điện cực và các thành phần của pin, tiến tới làm chủ công nghệ sản xuất, có ý nghĩa thực tiễn lớn.

Trong bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu phân tích thành phần vật liệu điện cực của loại pin Li-ion nguyên khối có dung lượng cao và dòng phóng lớn, được ứng dụng làm nguồn cung cấp năng lượng cho các thiết bị quân sự đòi hỏi công suất làm việc lớn, cần đảm bảo độ an toàn, tin cậy và khả năng thích ứng môi trường cao.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thực nghiệm

Pin Li-ion mẫu được tháo rời thủ công bằng cách cắt vỏ ngoài với máy cắt cơ khí để tách điện cực dương và điện cực âm. Quá trình tháo rời được thực hiện theo tiến trình: Mở pin \rightarrow Phân chia các thành phần \rightarrow Điện cực dương, điện cực âm \rightarrow Rửa và sấy khô \rightarrow Phân tích hóa lý.

Pin mẫu sau khi tháo rời, tiến hành phân chia các điện cực và dùng dao sắc tách rời vật liệu hoạt động điện cực ra khỏi lá sườn cực, cân một lượng khoảng 5 g.

Đối với các lá sườn cực, tiến hành cắt mẫu với kích thước 20 \times 20 mm (dài \times rộng), dùng giấy ráp cỡ 2000 đánh sạch bề mặt và rửa bằng etanol, sau đó rửa lại bằng nước cất và sấy khô.

Các mẫu điện cực được lấy tại các vị trí khác nhau trên tấm điện cực để tiến hành phân tích.

Đối với mẫu vật liệu cực dương phân tích bằng phương pháp ICP-MS được chuẩn bị như sau: cân 0,1-0,2 g vật liệu cho vào 10 ml HNO_3 đặc đun nóng và thêm vào đá sôi.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

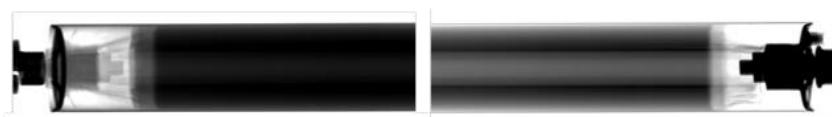
Cấu trúc bên trong pin được phân tích bằng phương pháp X-quang 3D. Thông số điện hóa của

pin được đo bằng thiết bị kiểm tra áp quy BT3554-51, hãng HIOKI. Hình thái học và thành phần của vật liệu điện cực được phân tích bằng phương pháp hiển vi điện tử quét và phương pháp phổ tán xạ năng lượng tia X (JSM-IT800, Jeol). Cấu trúc tinh thể của vật liệu điện cực được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (Empyrean, PANalytical). Xác định vết nồng độ kim loại sử dụng phương pháp quang phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ ICP-MS (ICAPRQ02904, Thermofisher Scientific).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu trúc và một số thông số điện hóa của pin

Để xác định cấu trúc bên trong của pin mẫu và phương pháp tháo rời pin, tiến hành chụp X-quang 3D.



Hình 2. Cấu trúc của pin Li-ion mẫu nguyên khối.

Kết quả phân tích hình ảnh bằng phương pháp X-quang 3D (hình 2) cho thấy, pin có cấu trúc bên trong liền khối, do đó, việc tháo rời pin bằng cách sử dụng máy cắt cơ khí cắt 2 đầu pin (vị trí cắt cách 2 đầu nắp pin khoảng 2 mm) có tính khả thi.

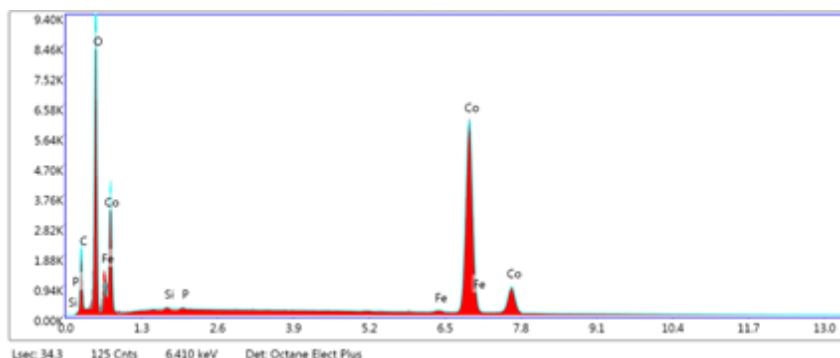
Xác định thông số điện hóa cho thấy, pin có điện áp 3,763 V, nội trở 0,486 mΩ. Tiến hành xả hết pin. Sau khi tháo rời pin mẫu, cấu tạo bên trong pin bao gồm điện cực dương và điện cực âm được cuộn lại trên ống lõi dạng hình trụ, xen giữa 2 điện cực là tấm lá cách.

3.2. Phân tích thành phần vật liệu của các điện cực

Phân tích thành phần vật liệu điện cực dương

Điện cực dương có dạng tấm gồm vật liệu hoạt động được phủ lên trên lá sườn cực.

Để xác định thành phần nguyên tố của vật liệu hoạt động điện cực dương sử dụng phương pháp phổ tán xạ năng lượng EDX và kết quả phân tích được biểu thị trên hình 3.

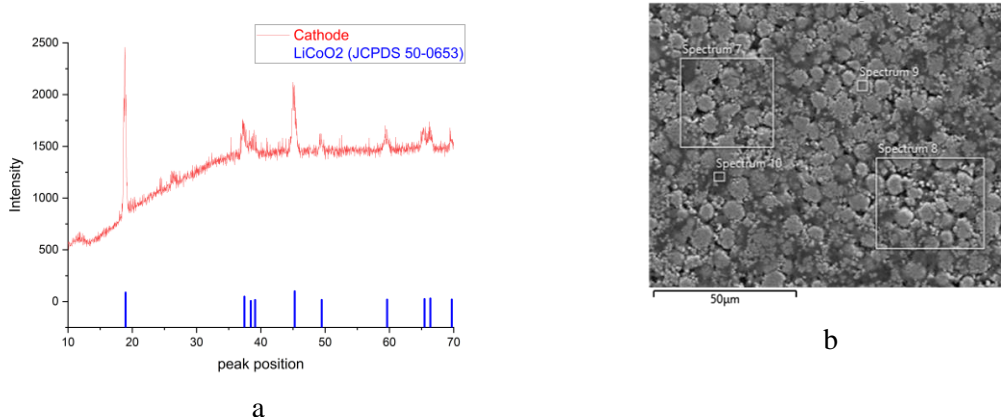


Nguyên tố	Wt %
C	15,47
O	26,35
Co	57,55
Fe	0,44
P	0,11
Si	0,08
Tổng	100

Hình 3. Phổ EDX vật liệu hoạt động cực dương.

Kết quả phân tích cho thấy, các nguyên tố sắt (Fe), photpho (P) và silic (Si) với lượng nhỏ hơn nhiều 1%, đóng vai trò là chất phụ gia (P có thể là trong chất điện ly có muối LiPF_6). Cobalt (Co) chiếm ưu thế trong thành phần với phần trăm khối lượng khoảng 57%, bên cạnh các nguyên tố khác là carbon (C) khoảng 15% và oxy (O) khoảng 26%. Điều này có thể làm cơ sở định hướng ban đầu về vật liệu hoạt động điện cực dương có thành phần chính là hợp chất của Cobalt Oxide. Ngoài ra, cacbon có tỉ lệ khá cao (~15%), điều này cho thấy khả năng cacbon đen được dùng làm chất phụ gia dẫn điện. Sự vắng mặt của nguyên tố Li trong kết quả phân tích EDX có thể được giải thích là do nguyên tử lượng của Li nhỏ nên không thể nhận thấy ở phương pháp này.

Để làm rõ hơn thành phần chất hoạt động cực dương, cấu trúc tinh thể được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ bột tia X (XRD) và hình thái của vật liệu điện cực dương được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Kết quả được thể hiện trên hình 4.

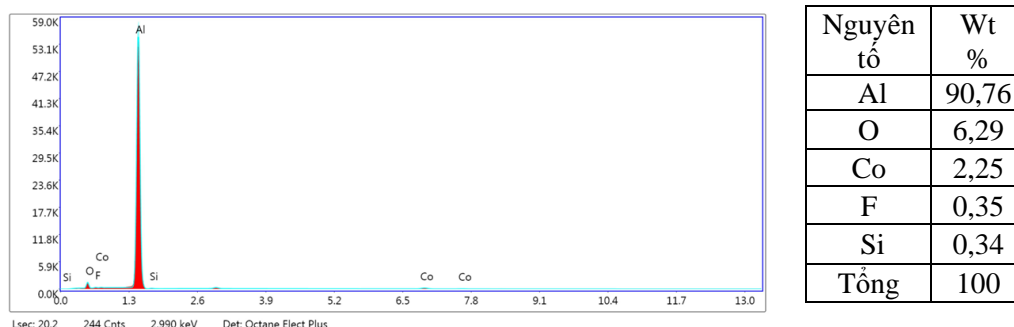


Hình 4. Biểu đồ XRD (a) và ảnh SEM (b) của vật liệu hoạt động cực dương.

Dựa vào giản đồ (hình 4a) có thể thấy rằng các đỉnh nhiễu xạ của vật liệu hoạt động điện cực dương ở các giá trị góc nhiễu xạ 2θ khoảng $18,9^\circ$; $37,4^\circ$; $45,2^\circ$ tương ứng với các đỉnh đặc trưng của Lithium Cobalt Oxide (LiCoO_2) ứng với các mặt phản xạ (003); (101); (104) (theo thẻ JCPDS 50-0653) [5]. Trong đó, đỉnh ở vị trí $18,9^\circ$ có chân hẹp, cường độ dải cao, tương ứng với khoảng cách giữa 2 lớp kế cận $d_{003}=0,468$ nm. Qua đó cho thấy, vật liệu hoạt động điện cực dương có cấu trúc tinh thể tương tự với cấu trúc tinh thể của LiCoO_2 dạng hình thoi, nhóm không gian R-3m và có độ kết tinh cao. Để xác nhận sự có mặt của nguyên tố Liti (Li) trong thành phần vật liệu hoạt động điện cực dương, đã tiến hành phân tích mẫu vật liệu bằng phương pháp quang phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ ICP-MS. Kết quả phân tích cho thấy, nồng độ Li trong thành phần vật liệu cực dương khoảng 117 mg/l.

Dựa vào hình ảnh SEM (hình 4b) cho thấy, vật liệu hoạt động điện cực dương gồm các hạt hình cầu có kích thước trung bình khoảng 12 μm , đồng đều, được sắp xếp liên tục nhau với độ kết dính cao. Điều này cho thấy, chất hoạt động điện cực dương sau khi được trộn đồng nhất với chất phụ gia được phủ lên trên lá sừng cực bằng kỹ thuật phủ khuôn rãnh [6]. Trong quá trình sản xuất pin Li-ion, giai đoạn phủ vật liệu hoạt động điện cực lên trên tấm sừng cực dẫn điện đóng vai trò quan trọng vì độ dày lớp phủ có ảnh hưởng tới mật độ năng lượng chung của pin. Thông thường, phương pháp phủ được sử dụng phổ biến nhất trong công nghiệp là phương pháp phủ khuôn rãnh, nhờ khả năng tái tạo lớp màng mỏng với tốc độ cao [7].

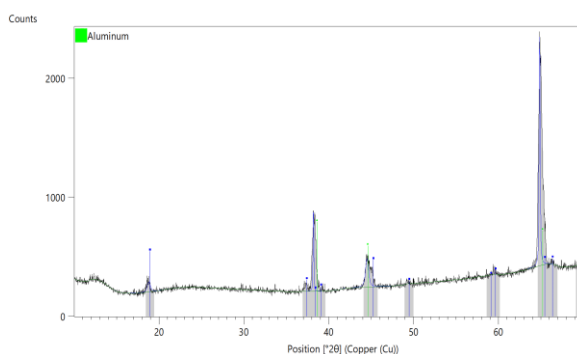
Lá sừng cực dương sau khi loại bỏ vật liệu hoạt động và làm sạch có chiều dày khoảng 25 μm . Kết quả phân tích phổ tán xạ năng lượng EDX được biểu thị trên hình 5.



Hình 5. Phổ EDX lá sừng cực dương.

Kết quả phân tích cho thấy, nhôm (Al) chiếm tỉ lệ lớn trong thành phần (~91%). Sự hiện diện của oxy và coban có thể là do quá trình làm sạch mẫu vẫn còn sót lại thành phần của coban oxit. Flo xuất hiện với thành phần nhỏ (< 1%) có thể là thành phần của chất phụ gia (Flo có thể là trong phụ gia kết dính PVDF). Silic với hàm lượng <1% có thể là thành phần của hợp kim nhôm. Điều này tương đối phù hợp với nghiên cứu của J. Yamaki vì thông thường đối với các loại pin Li-ion truyền thống vật liệu hoạt động cực dương được phủ lên trên lá sườn cực làm bằng nhôm [8], do nhôm là kim loại nhẹ, có tính ổn định điện hóa và dẫn điện tốt.

Để làm rõ hơn thành phần của lá sườn cực dương, tiến hành phân tích cấu trúc tinh thể bằng phương pháp nhiễu xạ tia X. Kết quả được thể hiện thông qua biểu đồ trên hình 6.



Hình 6. Biểu đồ XRD của lá sườn cực dương.

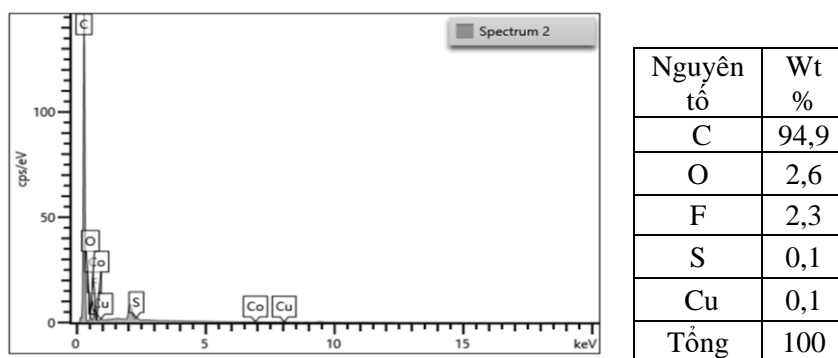
Trên giản đồ XRD (hình 6) cho thấy các đỉnh tại các giá trị 2θ là $38,4^\circ$; $44,7^\circ$; $65,1^\circ$ tương đương với các peak của phổ chuẩn của tinh thể nhôm dạng cubic, nhóm không gian Fm3m lần lượt tương ứng với các mặt (1,1,1), (2,0,0), (2,2,0) (theo JCPDS 00-004-0787).

Như vậy, kết quả phân tích cho thấy rằng, điện cực dương bao gồm vật liệu hoạt động có độ dày $30\ \mu\text{m}$, có thành phần chính là LiCoO_2 cùng các chất phụ gia (có thể là cacbon đen tăng độ dẫn điện) được trộn đồng nhất và phủ lên trên lá sườn cực nhôm (Al) có chiều dày khoảng $25\ \mu\text{m}$ bằng phương pháp phủ khuôn rãnh.

Phân tích thành phần vật liệu điện cực âm

Tương tự như điện cực dương, điện cực âm cũng bao gồm vật liệu hoạt động được phủ lên trên lá sườn cực.

Vật liệu hoạt động cực âm sau khi được làm sạch, tiến hành phân tích thành phần vật liệu bằng phương pháp phổ tán xạ năng lượng EDX. Kết quả phân tích được biểu thị trên hình 7.

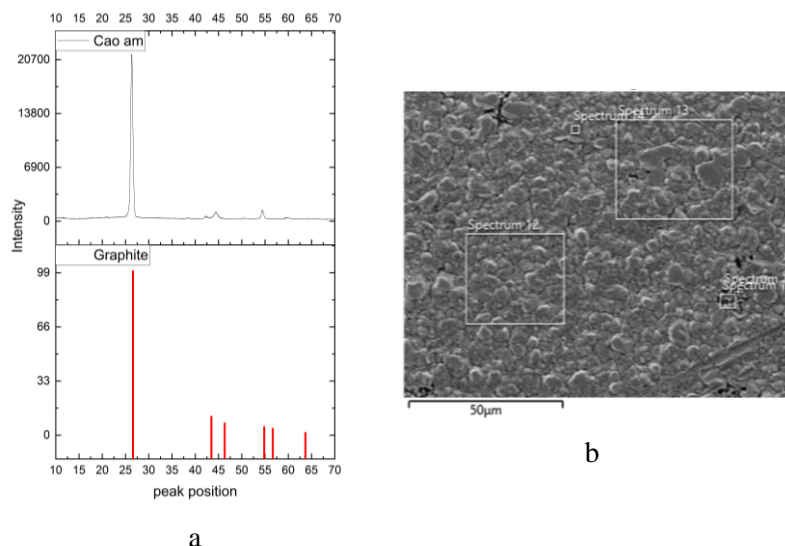


Hình 7. Phổ EDX của vật liệu hoạt động điện cực âm.

Từ kết quả EDX (hình 7) cho thấy, không có nguyên tố nào được phát hiện với hàm lượng cao hơn 1% ngoại trừ C, O, F. Trong đó, nguyên tố cacbon chiếm ưu thế với tỉ lệ ~95%. Sự hiện diện

của nguyên tố flo và cacbon có thể là thành phần của chất phụ gia kết dính Polyvinylidene Fluoride (PVDF) thường được sử dụng trong các pin Li-ion [9].

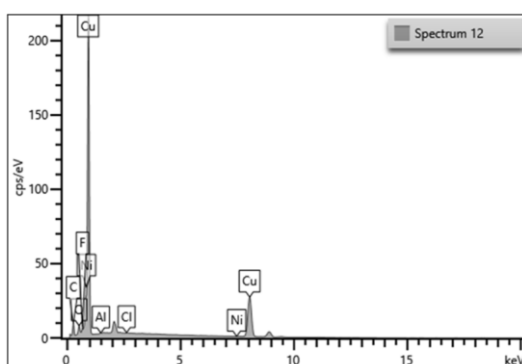
Để xác định rõ hơn thành phần của vật liệu hoạt động cực âm, sử dụng phương pháp nhiễu xạ tia X để phân tích dạng cấu trúc tinh thể và dùng kính hiển vi điện tử quét để quan sát hình thái. Kết quả được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Giảm đồ XRD (a) và ảnh SEM của vật liệu hoạt động cực âm.

Quan sát giảm đồ XRD (hình 8a), ta có thể thấy rằng, dạng carbon trong thành phần vật liệu hoạt động điện cực âm có cấu trúc tinh thể tương đương với tinh thể graphite ở các đỉnh đặc trưng 26,4°; 42,3°; 44,5°; 54,5° ứng với các mặt phản xạ (002), (100), (101), (004) (theo dữ liệu JCPD 75-1621). Trong đó, đỉnh ở vị trí 26,4° hình thành với đỉnh nhọn, chân hẹp, cường độ dải cao, tương ứng với khoảng cách giữa 2 lớp kế cận $d_{002}=0,333$ nm đặc trưng cho dạng tinh thể graphite của carbon với độ kết tinh cao. Điều này cho thấy, vật liệu cực âm của pin mẫu có thành phần chính là graphite, tương đương với các pin Li-ion thương mại phổ thông [5].

Hình ảnh kết quả phân tích SEM (hình 8b) cho thấy, các hạt tinh thể graphite của cao âm có dạng hình cầu với kích thước hạt trung bình khoảng 10 µm, được kết dính chặt chẽ với nhau, giữa các hạt hầu như không có khoảng trống. Điều đó cho thấy, quy trình chế tạo điện cực âm sau khi phủ bùn cao âm lên lá sườn cực thì có thể trải qua thêm công đoạn cán bề mặt để tạo độ mỏng cho lớp bột cao. Độ mỏng của lớp bột cao liên quan trực tiếp đến độ dày của cả tấm điện cực gây ảnh hưởng đến mật độ năng lượng và dung lượng của pin [4].



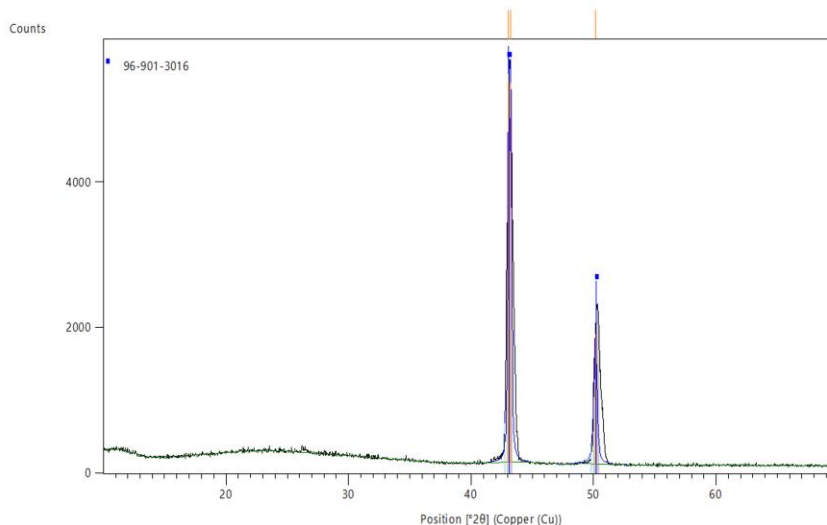
Nguyên tố	Wt %
C	51,9
Cu	40,8
O	6,3
F	0,7
Al	0,1
Cl	0,1
Ni	0,1
Tổng	100

Hình 9. Phổ EDX của lá sườn cực âm.

Lá sừn cực âm có chiều dày khoảng 20 μm . Kết quả phân tích thành phần vật liệu bằng phương pháp EDX được trình bày trên hình 9.

Kết quả EDX cho thấy, nguyên tố đồng Cu chiếm tỉ lệ cao trong thành phần. Điều này tương đồng với các pin Li-ion truyền thống hiện nay sử dụng đồng làm tâm sừn cực nhờ khả năng chịu nhiệt và dẫn điện tốt. Lượng cacbon chiếm tỉ lệ cao có thể là lượng graphite còn sót lại từ vật liệu hoạt động cực âm trên lá sừn cực và là thành phần của chất phụ gia kết dính.

Để xác định rõ hơn thành phần của lá sừn cực âm, tiến hành phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ bột tia X. Kết quả được thể hiện trên giản đồ hình 10.



Hình 10. Phổ XRD thành phần vật liệu lá sừn cực âm.

Dựa vào kết quả biểu đồ XRD trên hình 10, có thể thấy các đỉnh nhiễu xạ XRD của lá sừn cực âm tại các vị trí $2\theta \sim 43^\circ$ và 50° trùng với các đỉnh đặc trưng của tinh thể đồng dạng cubic, nhóm không gian $Fm\bar{3}m$ (theo thẻ JCPDS 96-901-3016) tương ứng với các mặt $(1,1,1)$ và $(0,2,0)$. Như vậy, vật liệu hoạt động điện cực âm có độ dày 60 μm , có thành phần chủ yếu là graphite và được phủ lên trên lá đồng (Cu) có độ dày 20 μm .

Kết quả phân tích thành phần vật liệu chính của các điện cực cho thấy pin mẫu có hệ vật liệu điện cực tương đồng với các mẫu pin Li-ion thương mại phổ biến trên thị trường [10]. Trong sáng chế RU2732070C1 [11], người ta đưa ra giải pháp để tăng dung lượng của hệ pin bằng cách lắp ráp các tế bào pin tiêu chuẩn và kết nối với nhau mà không cần hàn, có thể sử dụng để tạo ra các mô-đun pin Li-ion. Hoặc trong sáng chế RU2667905C1 [12], tác giả cũng đưa ra phương án lắp ghép hệ pin dùng cho các thiết bị vũ trụ được lắp ráp từ các cặp pin mắc nối tiếp có tích hợp mạch bảo vệ ngắt điện tự động khi có sự cố tăng áp suất bên trong. Đây là cơ sở định hướng xây dựng phương án lắp ghép từ các tế bào pin tiêu chuẩn thành hệ pin vẫn đảm bảo kích thước và các thông số điện hóa tương đương với pin mẫu.

4. KẾT LUẬN

Mẫu pin Li-ion nguyên khối đã được tháo rời và tiến hành phân tích thành phần chính cơ bản của các điện cực. Kết quả phân tích cho thấy, vật liệu hoạt động cực dương có thành phần chính là LiCoO_2 và có thể thêm chất phụ gia dẫn điện cacbon đen được trộn đồng nhất, sau đó phủ lên trên lá nhôm có chiều dày khoảng 25 μm bằng phương pháp phủ khuôn rãnh. Điện cực âm bao gồm vật liệu hoạt động có thành phần chủ yếu là graphite và chất phụ gia kết dính được trộn đồng nhất và phủ lên trên lá đồng có độ dày 20 μm , sau khi phủ được cán mỏng để tăng mật độ năng lượng của pin. Kết quả phân tích là cơ sở xây dựng định hướng chế tạo lắp ghép pin có kích thước

và thông số điện hóa tương đương với pin mẫu, giúp tiết kiệm chi phí và giải quyết vấn đề cấp bách về nguồn cung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu định hướng cán bộ trẻ năm 2023 cho các đơn vị nghiên cứu thuộc Viện KH-CN quân sự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Патрушев В.В., Кудрявцев Н.А., Агеев Д.М., “Современное состояние электрических источников энергии морского подводного оружия,” Подводное морское оружие, vol. 2, no. 50, pp. 41-54, (2020).
- [2]. Naoki Nitta, Feixiang Wu, Jung Tae Lee, Gleb Yushin, “Li-ion battery materials: present and future,” Materials Today, vol. 18, no. 5, pp. 252-264, (2015).
- [3]. R. P. Diouf Boucar, “Potential of lithium-ion batteries in renewable energy,” Renewable Energy, vol. 76, pp. 375-380, (2015).
- [4]. L. Bodenes, “Lithium secondary batteries working at very high temperature: Capacity fade and understanding of aging mechanisms,” Journal of Power Sources, vol. 236, pp. 265-275, (2013).
- [5]. Nguyen Van Nghia, Nguyen Van Ky, “Original article characteristic investigations of a commercial cylindrical-type lithium-ion battery,” VNU Journal of Science, vol. 39, pp. 29-37, (2020).
- [6]. M. Schmitt, P. Scharfer, W. Schabel, “Slot-die processing of lithium-ion battery electrodes—Coating window characterization,” Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, vol. 68, pp. 32-37, (2013).
- [7]. Schmitt M., Scharfer P., Schabel W., “Slot die coating of lithium-ion battery electrodes: investigations on edge effect issues for stripe and pattern coatings,” Journal of Coatings Technology and Research, vol. 11, p. 57–63, (2014).
- [8]. J. Yamaki, “Secondary batteries – Lithium rechargeable systems – Lithium-ion | Overview,” Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, pp. 183-191, (2009).
- [9]. Carl D. Reynolds, Peter R. Slater, Sam D. Hare, Mark J.H. Simmons, Emma Kendrick, “A review of metrology in lithium-ion electrode coating processes,” Materials & Design, vol. 209, p. 109971, (2021).
- [10]. M. C. Dongxu Ouyang, “Investigation of a commercial lithium-ion battery under overcharge/over-discharge failure conditions,” RSC Advances, vol. 8, no. 58, pp. 33414-33424, (2018).
- [11]. “Модуль литий-ионной аккумуляторной батареи”. RU Patent RU2732070C1, (2020).
- [12]. “Аккумуляторная батарея”. RU Patent RU2667905C1, (2017).

ABSTRACT

Research and analyze material composition electrodes of Li-ion battery with high discharge current

The monolithic cylindrical Li-ion battery, measuring 360×50 mm (length \times diameter), possesses the following electrochemical specifications: voltage of 3.7 V and a capacity of 40 Ah. It was disassembled for the purpose of researching electrode materials. Advanced materials analysis techniques, such as scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), X-ray diffraction (XRD), and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS), were employed to ascertain the composition, morphology, and structure of the electrode materials. The analytical findings indicate that the positive electrode comprises an active material primarily composed of Lithium Cobalt Oxide, along with additives coated on an aluminum (Al) foil with a thickness of 25 micrometers. The primary constituent of the negative active material is graphite, coated on copper (Cu) foil with a thickness of 20 micrometers.

Keywords: Li-ion battery; Electrodes; Active Material; High discharge current.