Chế tạo chất lỏng tản nhiệt chứa vật liệu graphene và ống nano carbon

Trong khi độ dẫn nhiệt của kim loại đồng vào khoảng 413 W/mK thì vật liệu graphene đơn lớn có độ dẫn nhiệt lên đến 5.000 W/mK, và ống nano carbon đơn sợi có độ dẫn nhiệt lên đến 2.000 W/mK. Với ưu thế đó, chúng được nghiên cứu sử dụng nhằm giải quyết vấn đề tản nhiệt cho các linh kiện và điện tử công suất, vốn đòi hỏi có khả năng tản nhiệt tốt để có được sự hoạt động ổn định, nâng cao độ bền và tuổi thọ cho thiết bị.

Chất lỏng tản nhiệt được sử dụng rộng rãi trong đời sống và sản xuất công nghiệp, xuất hiện trong nhiều thiết bị và máy móc đòi hỏi quá trình truyền dẫn nhiệt nhanh. Có thể kể tới như trong các linh kiện thiết bị công suất lớn, siêu máy tính, đèn LED công suất lớn, các hệ thống truyền dẫn nhiệt bằng chất lỏng trong máy móc công nghiệp, hay hệ thống khai thác năng lượng nhiệt mặt trời, thậm chí nó còn ứng dụng cho các thiết bị hoạt động trong môi trường khắc nghiệt đòi hỏi quá trình quản lý nhiệt tốt như vệ tinh và trạm vũ trụ trên không gian.

Các vật liệu được sử dụng làm chất lỏng truyền dẫn nhiệt rất đa dạng và tùy thuộc vào mục đích ứng dụng cụ thể. Chất lỏng tản nhiệt hoạt động trong điều kiện thông thường phổ biến là hỗn hợp ethylen glycol với nước, chất lỏng hoạt động ở nhiệt độ cao hơn phục vụ cho máy móc thiết bị công nghiệp được làm từ các loại dầu có độ dẫn nhiệt tốt, còn chất lỏng tản nhiệt trong môi trường không gian khắc nghiệt thuộc dòng vật liệu silicate ester với nhiệt độ hoạt động có thể xuống dưới -100^{o}C mà không bị đóng băng. Điều đó cho thấy, các vật liệu dùng cho chất lỏng dẫn nhiệt rất đa dạng và tùy vào ứng dụng cụ thể mà người ta lựa chọn loại chất lỏng phù hợp sao cho đạt được kết quả tốt nhất.

Anh minh họa: Tiến sĩ Bùi Hùng Thắng (bên trái) giới thiệu về mô hình đèn LED tản nhiệt bằng chất lỏng. Nguồn: Dantri.com.vn

Phương pháp tản nhiệt bằng chất lỏng là một bước tiến mới trong công nghệ tản nhiệt, khắc phục được các nhược điểm của vật liệu thông thường như tính dẫn nhiệt kém, không linh động về các dải nhiệt độ hoạt động và môi trường áp suất khác nhau. Trong khi đó, vật liệu nano có nhiều tính chất ưu việt, chỉ cần pha thêm các hạt nano có tính dẫn nhiệt tốt sẽ nâng cao khả năng của chất lỏng

Bởi vậy theo anh TS Bùi Hùng Thắng- Giám đốc Trung tâm Ứng dụng và Triển khai Công nghệ - Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, việc đưa thêm vật liệu nano để nâng cao hệ số dẫn nhiệt của chất lỏng đã trở thành một hướng nghiên cứu rất sôi động trên thế giới.

Thực tế, có nhiều loại vật liệu nano được thử nghiệm như Cu, Au, Ag, Ni, oxit kim loại như Al_2O_3, CuO, Fe_2O_3, TiO_2, v.v. Nhưng trong đó, các nhà nghiên cứu chú ý hơn cả tới graphene và ống nano carbon - một trong số những loại vật liệu có độ dẫn nhiệt cao được biết đến hiện nay (kGr ~ 5.000 W/mK, kCNT ~ 2.000 W/mK).

“Vật liệu này có cấu trúc nano với sự phân tán đều và ổn định trong chất lỏng. Do vật liệu graphene và ống nano carbon có hệ số dẫn nhiệt cao nên khi đưa vào chất lỏng tản nhiệt sẽ giúp nâng cao vượt trội hệ số dẫn nhiệt của chất lỏng. Việc kết hợp graphene có cấu trúc 2D với ống nano carbon có cấu trúc 1D trong chất lỏng cũng giúp nâng cao tương tác truyền dẫn nhiệt trong nền chất lỏng, góp phần nâng cao hệ số dẫn nhiệt tổng thể của chất lỏng tản nhiệt.” – TS Bùi Hùng Thắng cho biết.

Khi đã xác định được việc sử dụng các vật liệu nano bổ sung vào chất lỏng tản nhiệt, các nhà khoa học của Viện Khoa học vật liệu bắt tay vào quá trình chế tạo với 2 bước cơ bản là biến tính và phân tán.

Theo TS Bùi Hùng Thắng, để biến tính, nhóm nghiên cứu đã gắn nhóm chức hóa học lên bề mặt của vật liệu graphene và ống nano carbon. Các nhóm chức này đóng vai trò quan trọng để nâng cao hiệu quả phân tán đồng đều và ổn định của vật liệu trong nền chất lỏng, việc biến tính không đạt yêu cầu có thể làm cho các vật liệu này phân tán kém hay nhanh chóng bị tụ đám trong chất lỏng chỉ sau một thời gian ngắn. Sau đó, quá trình phân tán tiếp tục được thực hiện bằng cách sử dụng sóng siêu âm và một số chất hoạt động bề mặt để phân tán graphene và ống nano carbon biến tính trong nền chất lỏng tản nhiệt. Sóng siêu âm cung cấp năng lượng ban đầu cần thiết để graphene và ống nano carbon tách ra khỏi khối ban đầu để phân tán đồng đều trong nền chất lỏng. Chất hoạt động bề mặt đóng vai trò hỗ trợ quá trình phân tán và tạo sự ổn định của vật liệu này trong nền chất lỏng. Sự kết hợp phù hợp giữa chất hoạt động bề mặt và chế độ siêu âm sẽ giúp cho sự phân tán đạt được tối ưu về sự đồng đều và ổn định.

“Khi thực hiện nghiên cứu này, điểm thuận lợi của chúng tôi là đã có nhiều năm làm việc và có nhiều kinh nghiệm về vật liệu graphene và ống carbon nano. Nhóm cũng đã làm chủ được công nghệ chế tạo vật liệu ống nano carbon với số lượng lớn để sử dụng cho chất lỏng nano” – TS Bùi Hùng Thắng chia sẻ.

Tuy nhiên, cái khó lại nằm ở việc chế tạo được loại vật liệu graphene với kích thước đủ nhỏ và độ dày đủ mỏng để đáp ứng được khả năng phân tán tốt trong nền chất lỏng. Chúng tôi phải tìm cách để xử lý chúng trước khi đưa vào chất lỏng” – TS Bùi Hùng Thắng tiết lộ. Cũng trong quá trình này, nhóm nghiên cứu đã phát triển thành công một phương pháp mới để tự chế tạo được vật liệu graphene kích thước nhỏ và ít lớp ứng dụng trong chất lỏng tản nhiệt.

Cũng theo TS Bùi Hùng Thắng, để đo đạc đánh giá tính chất của chất lỏng tản nhiệt chứa thành phần graphene và ống nano carbon, nhóm đã sử dụng nhiều thiết bị đo tin cậy như Zetasizer-nanoZS để đánh giá sự phân tán đồng đều và ổn định của vật liệu trong nền chất lỏng, thiết bị Transient Hot Bridge THB để đo độ dẫn nhiệt của chất lỏng. Bên cạnh đó, nhóm cũng thử nghiệm sử dụng chất lỏng cho một số thiết bị điện tử công suất bao gồm module đèn LED đường phố công suất 150 – 200 W và đèn pha LED công suất 500W để chứng minh tính hiệu quả của chất lỏng tản nhiệt này.

Theo TS Bùi Hùng Thắng, hiện nhóm nghiên cứu đã sẵn sàng thương mại hóa sản phẩm module đèn LED chiếu sáng đường phố tản nhiệt bằng chất lỏng nano. Sản phẩm có thể lắp vào các đèn đường chiếu sáng công cộng hiện nay để nâng cấp thành đèn LED mà không cần phải mua hoàn toàn đèn mới. Điều này giúp giữ lại một phần cơ sở hạ tầng chiếu sáng cũ, tiết kiệm chi phí và tránh lãng phí khi thay thế đèn đường cũ bằng đèn LED mới trong chiếu sáng công cộng, góp phần nâng cao công suất độ bền và tuổi thọ của đèn LED nhờ ứng dụng công nghệ tản nhiệt bằng chất lỏng nanô.

Không dừng lại ở đó, TS Bùi Hùng Thắng cũng cho biết, Viện Khoa học vật liệu đã kết hợp với một số doanh nghiệp như Nhà máy nhôm Đông Anh, Công ty Minh Quang để tiến hành gia công chế tạo các khuôn mẫu cho các bộ phận và linh kiện của module đèn LED, qua đó có thể tạo được số lượng lớn các sản phẩm này. Ngoài ra nhóm cũng phát triển một số sản phẩm đèn LED đặc chủng khác sử dụng chất lỏng tản nhiệt nano, chẳng hạn đèn LED công suất lớn được bố trí nằm âm dưới mặt đất cho những ứng dụng đặc biệt.

“Chúng tôi nhận thấy khoảng cách từ nghiên cứu tại phòng thí nghiệm đến thực tế sẽ không xa nếu như có doanh nghiệp phối hợp, đồng hành và ngược lại. Chất lỏng tản nhiệt vốn có vai trò ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau, vì vậy chúng tôi mong rằng loại chất lỏng tản nhiệt nano không chỉ ứng dụng cho linh kiện và thiết bị điện tử công suất như vi xử lý hay đèn LED,… mà còn có thể mở rộng ứng dụng cho các lĩnh vực công nghiệp khác trong tương lai gần” – TS Bùi Hùng Thắng bày tỏ.

Quy trình chế tạo chất lỏng tản nhiệt chứa vật liệu Graphene và ống nano carbon đã được Cục Sở hữu trí tuệ cấp bằng độc quyền sáng chế số 1-0027931 được công bố vào ngày 25/4/2021.

Bài viết hợp tác giữa Cục Sở hữu trí tuệ và Báo Khoa học Phát triển

Nguồn: Bộ Khoa học và Công nghệ (MOST).