

VẬT LIỆU COMPOSITE - TIỀM NĂNG VÀ ỨNG DỤNG

GS.TSKH Nguyễn Đình Đức

Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nay, composite ngày càng chiếm ưu thế, đã thay thế kim loại và hợp kim trong nhiều ngành/ lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân. Thực tế cho thấy, tất cả các vật liệu mới xuất hiện trong những năm gần đây đều thuộc vật liệu composite. Điều này lý giải vì sao trong nhiều tài liệu khoa học, thuật ngữ “vật liệu mới” được dùng đồng nghĩa với “vật liệu composite”. Để chế tạo vật liệu mới, cần có sự tham gia của rất nhiều ngành, nhiều nhà khoa học: hoá học, vật lý, cơ học, công nghệ... Hy vọng rằng, ngành vật liệu mới composite của nước ta sẽ được đầu tư và quan tâm thích đáng (từ nghiên cứu, đào tạo nguồn nhân lực, xây dựng cơ sở vật chất, cho đến ứng dụng sản xuất) và sẽ phát triển vững mạnh, góp phần đắc lực và hiệu quả vào sự nghiệp hiện đại hoá nền kinh tế và đảm bảo an ninh - quốc phòng của đất nước.

Vật liệu mới - vật liệu composite

Composite là vật liệu được tổng hợp nên từ hai hay nhiều loại vật liệu khác nhau nhằm mục đích tạo nên một vật liệu mới, ưu việt và bền hơn so với các vật liệu ban đầu. Vật liệu composite bao gồm vật liệu nền và cốt. Vật liệu nền đảm bảo việc liên kết các cốt lại với nhau, tạo cho vật liệu gồm nhiều thành phần có tính nguyên khối, liên tục, đảm bảo cho composite có độ bền nhiệt, bền hoá và khả năng chịu đựng khi vật liệu có khuyết tật. Vật liệu nền của composite có thể là polyme, các kim loại và hợp kim, gốm hoặc cacbon. Vật liệu cốt đảm bảo cho composite có các mô đun đàn hồi và độ bền cơ học cao. Các cốt của composite có thể là các hạt rắn, bột, hoặc các sợi cốt như sợi thủy tinh, sợi polyme, sợi gốm, sợi kim loại và sợi cacbon... Về mặt đặt bài toán của cơ học, người ta còn định nghĩa vật liệu composite là vật liệu mà tính chất của nó phụ thuộc vào toạ độ. Ưu điểm lớn nhất của composite là có thể thay đổi cấu

trúc hình học, sự phân bố và các vật liệu thành phần để tạo ra một vật liệu mới có độ bền theo mong muốn. Rất nhiều đòi hỏi khắt khe của kỹ thuật hiện đại (nhẹ, chịu được nhiệt lên đến 3.000°C ...) chỉ có composite mới đáp ứng nổi, vì vậy, vật liệu composite giữ vai trò then chốt trong cuộc cách mạng về vật liệu mới.

Vật liệu polyme có hai loại: nhiệt rắn (đông rắn ở nhiệt độ cao, quá trình polyme hoá không có tính thuận nghịch) và nhiệt dẻo (quá trình thuận nghịch, chảy dẻo ra ở nhiệt độ cao, đông rắn khi nguội và có thể chảy dẻo lại được ở nhiệt độ cao). Polyme có thể có nguồn gốc từ thực vật hoặc động vật như xenlulo, cao su, protein, enzym... hoặc được tổng hợp từ các monome bằng các phản ứng trùng hợp như nhựa phenolphomaldehyt, polyamit, polyephin... Polyme có cấu trúc mạch thẳng (polyetylen, polystyren...), mạch nhánh, polyme mạng lưới và các polyme cấu trúc không gian (epoxy, phenolphomandehit...) và được

cấu thành bởi hai nguyên tố chủ yếu là cacbon và hydro, có chứa thêm oxy, clo, nitơ... Polyme có ưu điểm là nhẹ, cách điện, bền vững với các môi trường hoá học, tuy nhiên lại có mô đun đàn hồi thấp và khả năng chịu nhiệt không cao.

Trong các vật liệu nêu trên, trước đây người ta thường đánh giá cao vai trò của vật liệu nhóm kim loại và cho rằng chúng giữ vị trí quyết định đến sự phát triển xã hội và công nghệ. Tuy nhiên, chúng ta có thể thấy vật liệu kim loại (hay hợp kim), gốm và polyme, mặc dù mỗi loại có những ưu điểm riêng, nhưng cũng có những điểm yếu. Trong khi công nghiệp hiện đại, nhất là công nghiệp quốc phòng yêu cầu những vật liệu mới, đáp ứng được các đòi hỏi khắt khe của kỹ thuật, như vật liệu chế tạo khí cụ bay phải vừa nhẹ, lại vừa bền nhiệt... là những tính chất lý tưởng mà không vật liệu tự nhiên nào có được. Từ đó, con người đã nảy sinh ý tưởng, và sau đó đã trở thành hiện thực là chế tạo

những vật liệu mới, tổ hợp được các ưu điểm của các loại vật liệu nêu trên. Vật liệu mới composite, có thể có các chỉ tiêu cơ lý cao hơn kim loại và hợp kim, lại bền với môi trường hoá học và rất nhẹ. Ngày nay, composite ngày càng chiếm ưu thế, đã thay thế kim loại và hợp kim trong chế tạo máy, các vật thể bay, và đã có mặt trong nhiều ngành/lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân. Để minh chứng điều này, chúng ta hãy xem xét sự phát triển của vật liệu composite trong công nghiệp chế tạo máy bay - tàu lượn: năm 1991 composite chiếm có 3% khối lượng, được dùng thay thế dần kim loại và hợp kim, đến năm 2000 đã chiếm đến 65% khối lượng máy bay. Hiện tại, một số thiết bị bay đã được chế tạo hoàn toàn bằng composite. Thực tế cho thấy, tất cả các vật liệu mới xuất hiện trong các năm gần đây đều thuộc vật liệu composite. Điều này lý giải vì sao trong nhiều tài liệu khoa học, thuật ngữ “vật liệu mới” được dùng đồng nghĩa với “vật liệu composite”.

Một số hướng phát triển của vật liệu composite

Những năm gần đây, trên thế giới đã phát triển mạnh mẽ vật liệu composite theo những hướng sau:

Composite cacbon - cacbon

Đây là loại vật liệu có cốt sợi cacbon trên cơ sở nền cacbon. Nền cacbon có tính chất cơ lý và nhẹ tương tự như sợi cacbon, nên khi kết hợp với sợi cacbon cho chúng ta vật liệu mới siêu bền, siêu nhẹ. Thông thường, để đưa 1 kg lên vũ trụ tiêu tốn khoảng 20.000-30.000 USD, vì vậy việc phát triển và ứng dụng vật liệu cacbon - cacbon trong công nghiệp hàng không - vũ trụ đã trở thành xu hướng chủ đạo



Vật liệu composite ứng dụng chế tạo động cơ đốt trong và động cơ phản lực

trong những năm gần đây. Máy bay Voyager nặng vền vền 450 kg được chế tạo 100% từ vật liệu composite cacbon, bay một mạch không nghỉ vòng quanh trái đất là một minh chứng.

Vật liệu cacbon - cacbon có cấu trúc không gian không những đảm bảo độ bền nhiệt, nhẹ, mà còn đảm bảo được độ bền cao theo nhiều phương khác nhau trong không gian khi chịu tải, khắc phục được nhược điểm của các vật liệu phân lớp, có hệ số dẫn nở nhiệt cực thấp, nên ngày càng được hoàn thiện về công nghệ, tính toán cơ học và ứng dụng rộng rãi trong vũ trụ, hàng không, quốc phòng và ngành cơ khí, chế tạo máy: như chế tạo các đĩa phanh từ vật liệu cacbon - cacbon; các thiết bị cách nhiệt vũ trụ; các chi tiết loa phụt, các chóp khí động, thân vỏ động cơ của tên lửa; các mũi đột có độ bền cao (bền nén trên 105 MPa ở 2.500°C), có độ dẫn nhiệt thấp và cách nhiệt tốt; các khuôn đúc áp lực để dập nóng kim loại và các hợp kim khó chảy; những khuôn dập được chế tạo bằng composite

cacbon - cacbon chịu được nhiệt độ trên 1.000°C, và thường có khối lượng 84 kg, trong khi các khuôn dập kim loại thông thường chịu nhiệt kém hơn, cách nhiệt kém hơn và nặng hơn khoảng 100 lần, hơn nữa độ co của composite cacbon - cacbon rất thấp, gần như titan và tốt hơn nhiều so với thép. Vật liệu composite cacbon - cacbon còn được ứng dụng trong y học, trong kỹ thuật điện, dầu khí, trong công nghiệp (như các chi tiết chịu lực, chịu nhiệt cao, chịu ma sát, chắn phóng xạ của các lò phản ứng...). Vì vậy, vật liệu cacbon - cacbon có tiềm năng và triển vọng vô cùng to lớn, đang thay thế dần các kim loại và hợp kim trong công nghiệp và công nghiệp chế tạo các vật thể bay.

Vật liệu nano composite

Nano composite là vật liệu có ít nhất một trong các thành phần cấu thành composite có cấu trúc nano. Ý tưởng về các cấu trúc siêu nhỏ đã được nhà khoa học người Mỹ Feynman R.P (đoạt Giải thưởng Nobel về vật lý năm 1965) nêu lên khi giảng

bài cho sinh viên từ năm 1959, và sau đó những bài giảng này được tập hợp thành sách "There is plenty of room at the bottom in Minutuarization" xuất bản vào năm 1960. Trong những bài giảng này, ông đã đề cập đến các cấu trúc siêu nhỏ, và tiên đoán sẽ xuất hiện những vật liệu mới có cấu trúc từ những hạt với kích cỡ 10^{-7} - 10^{-9} m.

Chỉ sau 11 năm kể từ khi ý tưởng về cấu trúc nano ra đời, năm 1970, việc xây dựng công nghệ nano đã được các nước Liên Xô, Mỹ, Nhật Bản... tiến hành đồng thời cho vật liệu bán dẫn. Tuy nhiên, mãi đến năm 1981, nhà khoa học người Đan Mạch Gleiter H mới chính thức nêu vấn đề xây dựng vật liệu mới có cấu trúc nano và ngay lập tức đã gây được sự chú ý đặc biệt của các nước Mỹ, Liên Xô, Nhật Bản và Trung Quốc. Năm 1983, nhà khoa học người Nga Iakovlev E.N đã công bố công trình đầu tiên về việc chế tạo vật liệu Niken có cấu trúc nano được đập ép từ các hạt siêu nhỏ.

Chính phủ các nước phát triển đã rất quan tâm, coi công nghệ nano là một trong những hướng ưu tiên phát triển. Hiện nay Tây Âu là khu vực dẫn đầu về nghiên cứu và ứng dụng công nghệ nano. Để nhanh chóng nắm bắt thông tin và các thành tựu của các nước khác, Mỹ đã buộc phải điều chỉnh chính sách và đầu tư để tăng cường mối quan hệ hợp tác với nước ngoài: trao đổi thông tin, tiến hành các nghiên cứu hỗn hợp và đào tạo cán bộ khoa học trẻ về lĩnh vực này. Tính đến nay ở Mỹ có hơn 20 chương trình, dự án lớn và trên 30 trường đại học có đào tạo sinh viên và nghiên cứu, ứng dụng công nghệ nano. Ngoài Mỹ và Nga, hiện có các trung tâm lớn, hàng đầu về công



Máy bay Voyager (Mỹ) chế tạo 100% từ composite

nghệ nano tại Nhật Bản, Trung Quốc, Pháp, Đức, Israel, Phần Lan, Hàn Quốc và Ấn Độ...

Trong seminar "Những hệ quả xã hội của khoa học và công nghệ nano" tháng 9/2000 tại Mỹ, các nhà khoa học đã nhất trí đánh giá: trong vòng 15-20 năm tới, công nghệ nano sẽ làm thay đổi một cách căn bản khoa học, kỹ thuật và xã hội, đồng thời cũng cảnh báo trước mối nguy hiểm đe dọa loài người do công nghệ nano có ảnh hưởng to lớn đến các lĩnh vực thông tin, sinh học, y học và an ninh quốc phòng. Các nhà khoa học cũng thống nhất nhận định: hiện nay công nghệ nano mới qua giai đoạn đầu, đang ở những bước phát triển, bởi vì những gì mà con người đạt được còn chưa đáng là bao so với tiềm năng vô cùng to lớn mà công nghệ này sẽ có thể mang lại.

Vật liệu composite chức năng

Vật liệu này còn gọi là vật liệu có cơ lý tính biến đổi, là vật liệu composite với tên quốc tế là Functionally Graded Material và được viết tắt rất phổ biến là FGM, là một loại composite thế hệ mới,

được nghiên cứu và phát triển lần đầu tiên bởi một nhóm các nhà khoa học ở Viện Sendai của Nhật Bản vào năm 1984. Sự ra đời của loại vật liệu này xuất phát từ yêu cầu thực tế của các ngành công nghiệp hiện đại về một loại vật liệu tiên tiến có chức năng thông minh và có thể chống chịu tốt với các điều kiện khắc khe của tải trọng.

Có 3 loại composite chức năng chủ yếu: vật liệu P-FGM (thành phần ceramic và kim loại phân bố tuyến tính qua chiều dày thành kết cấu, một bề mặt giàu ceramic và một bề mặt giàu kim loại); vật liệu S-FGM (kết cấu được bao bọc bởi các mặt ngoài giàu ceramic và mặt giữa giàu kim loại hoặc ngược lại, hai mặt bên giàu kim loại với mặt giữa là gốm; tấm đối xứng gốm kim loại gốm); vật liệu E-FGM (mô đun đàn hồi của loại vật liệu chức năng này được tuân theo quy luật hàm siêu việt).

Phát triển vật liệu mới độ bền cao ở Việt Nam

Kể từ những năm 90 của thế kỷ trước, vật liệu composite được quan tâm ứng dụng và nghiên cứu

khá mạnh mẽ ở Việt Nam. Những ứng dụng có thể nhìn thấy ngay là ứng dụng composite trong ngành nhựa. Để nâng cao độ bền của vật liệu nhựa, cần đưa bổ sung vào nhựa các cốt sợi, các hạt. Những cốt sợi này có thể là sợi kim loại, sợi thủy tinh, sợi bazan hoặc cacbon... Cốt sợi chẳng những làm tăng độ bền, tăng các giá trị của mô đun đàn hồi, mà còn làm tăng khả năng bền của vật liệu với các tác động cơ học và vật lý. Người ta cũng đã bổ sung vào nhựa các phụ gia dạng bột, hạt mịn như các hạt khoáng, bột cacbon, bột kim loại... Những bột này làm tăng độ cứng, giảm các biến dạng từ biến, hạn chế sự phát triển các vết nứt vi mô trong vật liệu nhựa. Do composite có ưu điểm rất bền với các tác động cơ - lý - hoá, lại có khả năng cách nhiệt, cách âm tốt và nhẹ nên được ứng dụng rất rộng rãi trong công nghiệp và chế tạo máy, trong đó có các máy móc và thiết bị cho ngành công nghiệp hoá chất ở Việt Nam: chế tạo các ống dẫn nước, dẫn hoá chất và các chất thải; các bình chứa bằng vật liệu composite dùng để chứa các hoá chất đặc biệt (đựng kiềm, axit, các hoá chất lỏng và khí...). Bông sợi composite (như bông sợi thủy tinh hoặc bazan...) được dùng để bảo ôn hoặc bảo hành các thiết bị nhiệt, lò sấy, các đường ống dẫn hơi, các thiết bị nóng hoặc lạnh với mục đích cách nhiệt và chống bức xạ nhiệt. Đặc biệt, composite ngày nay ở Việt Nam đã được sử dụng khá phổ biến để chế tạo các tàu cỡ nhỏ bằng composite như tàu đánh cá, tàu du lịch, tàu khảo sát thăm dò, xuống cứu hộ. Các loại vải composite được dùng để may quần áo bảo hộ lao động. Việt Nam cũng đã chế tạo được các màng lọc máu

bằng composite cũng như các màng lọc công nghiệp. Vật liệu composite xốp, được chế tạo từ các bông, sợi khoáng được dùng để làm vật liệu xử lý ô nhiễm môi trường...

Việt Nam có nguồn tài nguyên đá bazan dồi dào. Composite bông sợi bazan có tính hút (ngậm) dầu rất cao: 1 kg tấm xốp như vậy có thể ngậm được 30 lít dầu mỡ, sau khi ép tách dầu lại có thể tái sử dụng thêm 8 lần nữa. Vì vậy, chúng là các vật liệu lý tưởng để xử lý các sự cố tràn dầu trên biển và vùng ven bờ bằng cách thu gom dầu tràn, hạn chế sự lan rộng và tính trầm trọng của sự cố gây ô nhiễm môi trường. Việt Nam cũng đã có công nghiệp lọc dầu. Sản phẩm của ngành hoá dầu là pec than đá hoặc dầu mỏ được dùng để chế tạo vật liệu nền cho composite siêu nhẹ, siêu bền nhiệt cacbon - cacbon, được ứng dụng mạnh mẽ và phổ biến trong việc chế tạo tên lửa. Việc tận dụng các nhựa pec làm hạ giá thành sản phẩm. Đây là những lĩnh vực có thể khảo sát để định hướng phát triển chế tạo composite tại Việt Nam.

Những nghiên cứu về vật liệu nanocomposite ở Việt Nam còn hết sức mới mẻ. Hiện nay, trong nước và trên các tạp chí khoa học quốc tế đã xuất hiện các kết quả nghiên cứu về vật liệu nano của các nhà khoa học Việt Nam trong các lĩnh vực như hóa học, sinh học, khoa học và công nghệ môi trường, vật lý và cả trong cơ học... Những kết quả công bố chủ yếu tập trung về vật liệu nano bán dẫn, vật liệu từ và từ giảo. Tuy nhiên, tất cả các tài liệu đã công bố về vật liệu nano ở nước ta hiện nay chủ yếu đều theo cách tiếp cận "từ trên xuống dưới", tức là nhận được các cấu

trúc nano từ các cấu trúc lớn hơn. Mới đây, Viện Khoa học vật liệu (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) đã công bố tổng hợp thành công sợi nano cacbon, theo hướng tiếp cận "từ dưới lên trên".

Vật liệu composite có tiềm năng và ứng dụng vô cùng to lớn, nó là vật liệu của hiện tại và tương lai. Có thể nói, thế kỷ XXI là thế kỷ của công nghệ cao và vật liệu composite (hay còn được gọi một cách phổ biến hơn là các vật liệu tiên tiến). Để chế tạo vật liệu mới, cần có sự tham gia của rất nhiều ngành, nhiều nhà khoa học: hoá học (để chế tạo các vật liệu thành phần, các chất xúc tác, kết dính...); vật lý (để nghiên cứu các cấu trúc nguyên tử, phân tử và các liên kết, ảnh hưởng của các tác động từ, quang, điện...); cơ học (để tính toán kết cấu hợp lý, dự báo đánh giá độ bền, thử nghiệm, thiết kế...); công nghệ (để xử lý nhiệt độ, áp suất, chọn các thủ pháp công nghệ gia công sản phẩm...). Như vậy, sự nghiệp xây dựng và phát triển ngành vật liệu mới cho tương xứng với tiềm năng và ứng dụng to lớn của nó không thể chỉ là công việc của một bộ/ngành riêng lẻ, mà phải là chiến lược tổng thể của cả quốc gia. Chúng tôi hy vọng và tin tưởng rằng, ngành vật liệu mới composite của nước ta nhất định sẽ được đầu tư và quan tâm thích đáng (từ nghiên cứu, đào tạo nguồn nhân lực, xây dựng cơ sở vật chất cho đến ứng dụng sản xuất), sẽ phát triển vững mạnh, góp phần đắc lực và hiệu quả vào sự nghiệp hiện đại hoá nền kinh tế và đảm bảo an ninh - quốc phòng của đất nước.