Aerogel – vật liệu tiềm năng

✧ THẢO NHIÊN

Điều kỳ diệu mang tên aerogel

Năm 1931, nhà khoa học Samuel Stephens Kistler (Canada) công bố một khám phá của mình trên tạp chí khoa học Nature, dạng vật chất kỳ lạ với tên gọi aerogel. Có lẽ ông cũng không ngờ, những năm sau này, vật liệu dạng aerogel đã và đang tạo ra cuộc cách mạng các sản phẩm trong tương lai, từ máy giặt đến các phi thuyền không gian.

Aerogel siêu nhẹ

Có thể mường tượng vật liệu aerogel là một dạng vật liệu gel (một trạng thái, trong đó mạng lưới chất rắn chứa các thành phần chất lỏng kết dính với nhau) "biến thể". Biến thể gel ở đây có nghĩa là thành phần lỏng của gel sẽ được thay thế bởi thành phần khí, khi đó sẽ có được aerogel. Sản phẩm aerogel có được là một chất rắn, chứa hơn 90% không khí nên rất nhẹ. Nhờ tiến bộ kỹ thuật, aerogel được các nhà khoa học chế biến để có những đặc tính theo yêu cầu sử dụng đa dạng trong công nghiệp.

Tùy loại vật liệu "gốc" được sử dụng trong chế tạo, aerogel có những tính chất ưu việt rất khác nhau. Dưới đây là một số aerogel đã được chế tạo:

Aerogel silica: siêu nhẹ, cách nhiệt cực tốt:

Aerogel silica là dạng được tìm thấy sớm nhất và phổ biến nhất của gel khí, còn được gọi là "khói đóng băng", có màu xanh trong mờ. Aerogel silica chứa đến hơn 90% không khí, chỉ nặng hơn không khí 3 lần, nhẹ hơn thủy tinh đến 1.000 lần và được xem là chất rắn nhẹ nhất. Aerogel silica giữ kỷ lục về vật liệu có tính cách nhiệt tốt nhất và là chất rắn có mật độ thấp nhất, 1mg/cm^3 (trong khi mật độ của không khí là 1,2mg/cm^3). Tính cách nhiệt của 2,54 cm Aerogel tương đương với một chồng gồm 30 tấm kính cửa sổ được nén lại!

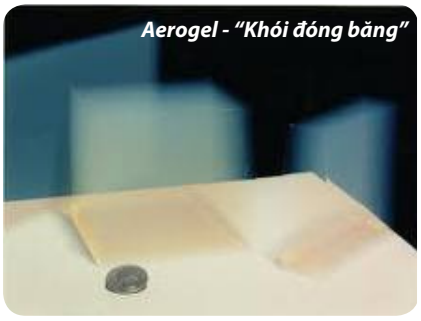
Aerogel oxit kim loại: chịu va đập mạnh, nhiều màu sắc rực rỡ:

Aerogel oxit kim loại có nhiều màu sắc rực rỡ, tùy thuộc vào oxit kim loại tạo ra nó. Aerogel oxit nhôm, titania, zirconia có màu xanh hoặc trắng; aerogel oxit sắt: màu đỏ hoặc màu vàng đục; aerogel oxit crôm: màu xanh

> *Aerogel, còn gọi là gel khí là dạng vật liệu có nhiều tính năng vượt trội và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.*

lá cây hoặc xanh dương mờ. Ngoài ra còn có màu tím oải hương, màu vàng sáng, màu hồng phớt. Aerogel oxit nhôm có khả năng chịu va đập mạnh, do đó được NASA sử dụng trong các lưới thu bụi vũ trụ để thu những hạt vật chất di chuyển với tốc độ cao.

Aerogel carbon: diện tích bề mặt cực



Aerogel - "Khói đóng băng"

Sáp màu không bị ảnh hưởng sức nóng từ ngọn lửa do được cách ly bởi aerogel

cao, dẫn điện tốt:

Aerogel carbon có màu đen và đục, là loại gel khí có độ xốp và diện tích bề mặt rất lớn (400 - 1.000m^2/g), chỉ vài cm^3 vật liệu có thể trải rộng trên mặt nước với diện tích gần bằng một sân bóng. Ngoài ra aerogel carbon dẫn điện tốt, tuy không bằng các aerogel từ kim loại nhưng lại rất đặc biệt ở chỗ, khả năng dẫn điện của nó có thể thay đổi tùy theo mật độ, khi giảm mật độ, cho khả năng dẫn điện kém và ngược lại. Do đó các nhà sản xuất có thể tăng giảm mật độ để tối đa hóa tính dẫn điện và diện tích bề mặt theo yêu cầu. Gần đây, các nhà nghiên cứu thuộc Trung tâm Công nghệ Nano của trường Đại học Center Florida - Mỹ, đã chế tạo ra aerogel carbon có độ cứng đáng ngạc nhiên với một diện tích bề mặt lớn chưa từng có từ các ống nano cacbon đa vách.

Các dạng aerogel cải tiến:

Hiện nay, công nghệ chế tạo aerogel được phát triển, nhiều vật liệu được bổ sung trong quá trình chế tạo để tạo ra aerogel có nhiều tính năng mới.

Các nhà khoa học Mỹ đã tạo ra loại aerogel từ đất sét, có bổ sung thêm một số polyme để tạo ra loại aerogel

aerogel – có thể hút dầu từ nước thải đồng thời thấm một cách hiệu quả các vết dầu loang trong môi trường

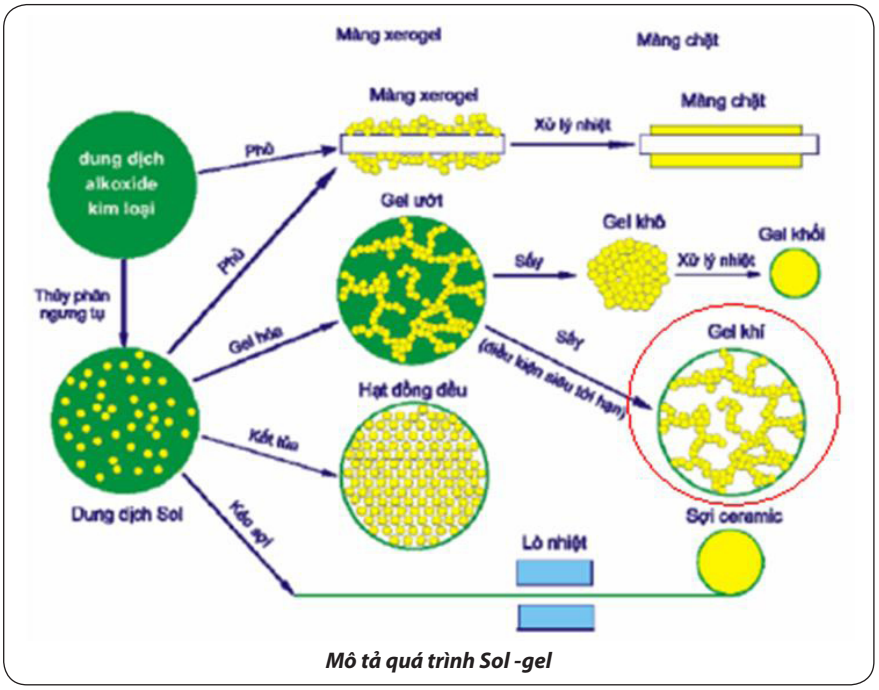
siêu nhẹ, vừa kỵ nước, vừa cực kỳ ưa dầu, có thể thấm hút một lượng dầu lớn gấp 7 lần trọng lượng của nó, sau đó có thể tách dầu dễ dàng để tái sử dụng mà dầu vẫn giữ nguyên tính chất ban đầu.

Một loại aerogel khác làm từ vỏ trấu cũng được các nhà khoa học Malaysia nghiên cứu và chế tạo thành công, gọi là maerogel. Chỉ một lượng nhỏ maerogel có thể chịu được sức ép gấp 2.000 lần trọng lượng của nó, cách âm, cách nhiệt cực tốt. Một lớp maerogel từ tro trấu dày 12,5 mm có khả năng cách nhiệt tương đương 100 mm lớp cách nhiệt công nghiệp hiện nay, ngoài ra còn có thể thấm hút dầu và các chất ô nhiễm trong không khí.

Chế tạo Aerogel

Được phát hiện lần đầu tiên năm 1929, nhưng mãi đến năm 1940, aerogel mới được sản xuất và chào bán trên thị trường. Sự phát triển của ngành công nghệ vật liệu vào cuối thập niên 70 đã giúp các nhà khoa học hiểu rõ và mô tả aerogel như một dạng vật liệu có cấu trúc nano. Theo đó, công nghệ sản xuất aerogel cũng từng bước được cải tiến, an toàn và ngày càng tiết kiệm chi phí hơn.

Kỹ thuật sấy siêu tới hạn (supercritical drying) (1940 – 1980): là phương pháp đầu tiên được Kistler sử dụng để tạo ra aerogel, là kỹ thuật loại bỏ chất lỏng theo một quy trình được kiểm soát chặt chẽ về nhiệt độ và áp suất. Các dung môi trong một gel ướt được thay thế bằng một chất lỏng siêu tới hạn, sau đó giảm áp suất để có được một gel khô. Sức căng bề mặt của chất lỏng siêu tới hạn là gần như số không, khi thay thế chất lỏng bằng chất khí không xảy ra hiện tượng mao dẫn nên cấu trúc rắn trong chất gel vẫn giữ nguyên. Hạn chế của quy trình là sử dụng nhiệt độ và áp suất cao nên rất nguy hiểm, ngoài ra chi phí sản xuất khi sử dụng phương pháp này cũng khá đắt đỏ khiến aerogel bị lãng quên một thời gian.



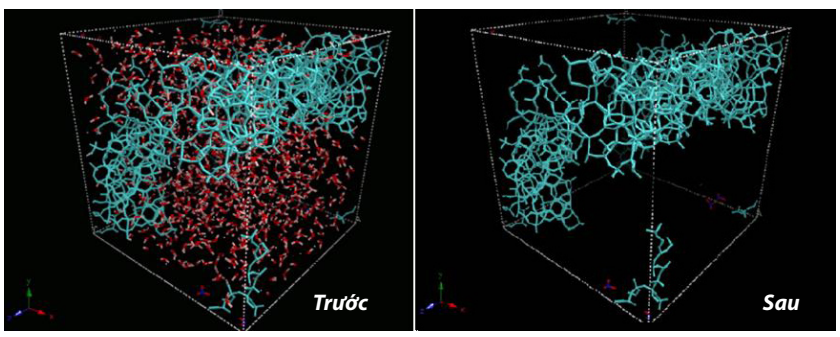
Mô tả quá trình Sol -gel

Kỹ thuật Sol-gel: được sử dụng trong sản xuất aerogel từ năm 1991, đã khắc phục được những nhược điểm của kỹ thuật sấy siêu tới hạn, đây là phương pháp sản xuất aerogel phổ biến nhất hiện nay. "Sol" là từ đầu của "Solution": sự hòa tan, còn từ "gel" là viết tắt của từ "Gelation": hóa keo. Sol-gel là kỹ thuật tổng hợp hóa keo để tạo ra vật liệu như mong muốn ở nhiệt độ thấp, hình thành trên cơ sở phản ứng thủy phân và phản ứng ngưng tụ. Sử dụng phương pháp sol-gel, ta có thể chế tạo ra các hợp chất ở dạng khối, bột siêu mịn, màng mỏng và sợi. Hiện nay ở Việt Nam, kỹ thuật sol-gel được sử dụng khá phổ biến trong nghiên cứu và sản xuất vật liệu.

Aerogel - tiềm năng ứng dụng vô hạn

Tuy tên gọi nghe có vẻ lạ lẫm, thực chất aerogel đã được sử dụng khá phổ biến trong đời sống.

Ngành xây dựng: với khả năng cách âm, cách nhiệt, chịu va đập và siêu nhẹ khiến "khói đóng băng" trở thành loại vật liệu xây dựng lý tưởng cho các công trình cao cấp. Vật liệu aerogel



Cấu trúc Aerogel trước và sau khi loại bỏ thành phần lỏng

Căn nhà Mặt Trời của viện kỹ thuật Georgia

khi phủ lên tường nhà giúp giảm đáng kể nhu cầu sử dụng lò sưởi và máy điều hòa nhiệt độ, giúp các tòa nhà đạt hiệu quả sử dụng năng lượng cao. Aerogel mở ra hướng đi mới cho ngành công nghiệp xây dựng, thay thế cho các chất liệu tự nhiên như kim loại, gỗ, đá… ngày càng cạn kiệt. Căn nhà mặt trời của Viện Kỹ thuật Georgia (một trong những thiết kế đầy sáng tạo, giúp tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường) là ứng dụng đầu tiên của aerogel trong lĩnh vực nhà ở. Trong đó, aerogel được sử dụng như lớp cách nhiệt cho các mái nhà bán trong suốt.

Ngành môi trường: khả năng hấp thu, dự trữ và tái sử dụng dầu của aerogel đặc biệt nổi bật so với các sản phẩm có chức năng tương tự đang được sử dụng trên thị trường. Aerogel có thể được dùng làm chất xúc tác hiệu quả để giảm lượng khí thải nitơ oxit từ khí thải ô tô, hoặc như một chất thân thiện với môi trường thay thế cho CFC có hại dùng trong tủ lạnh.

Ngành công nghiệp năng lượng: dùng aerogel carbon để sản xuất giấy composite không dệt làm từ sợi carbon, thích hợp làm điện cực trong các tụ điện hay điện cực ion hóa. Nhờ diện tích bề mặt cực cao, aerogel carbon có thể dùng làm các siêu tụ điện có điện dung lên đến hàng ngàn fara. Ngoài ra aerogel còn thu năng lượng mặt trời rất hiệu quả.

Ngành dệt may - sản phẩm giữ ấm cực tốt: ngành may mặc đã khai thác những đặc tính vật lý nổi bật của aerogel trong các sản phẩm quần áo và giày dép giữ ấm. Năm 2009, công ty Burlington (Mỹ) chào bán sản phẩm áo khoác có lớp lót bằng "khói đóng băng", giá 550 USD/chiếc. Shock Doctor, chuyên bán đồ thể thao cũng cho ra đời sản phẩm tấm lót giày bằng aerogel. Jane Steingraeber – một thợ săn và câu cá ở bang Wisconsin (Mỹ) kể lại rằng, ông đã đứng trên băng tuyết ba ngày liền để câu cá, nhưng điều kỳ diệu là đôi chân luôn cảm thấy ấm áp. *"Đó là vì giày của tôi có sử dụng lớp lót làm bằng khói đóng băng".* Tuy nhiên, hạn chế của aerogel khi ứng dụng vào trang phục là khó sử dụng, nóng bức do hiệu quả bảo vệ quá tốt, và giá thành cao. Để khắc phục, các nhà sản xuất đang tìm cách cắt giảm nguyên liệu đầu vào và cải tiến quy trình chế tạo.

Siêu tụ điện làm từ Aerogel

Ngành công nghiệp lốp xe: aerogel cũng được áp dụng trong công nghệ làm lốp xe, và được đề nghị dùng làm lốp cho tàu thám hiểm sao Hỏa. Theo các chuyên gia dự đoán, lốp xe có bổ sung vật liệu aerogel sẽ dần thay thế cao su truyền thống và tạo nên cuộc cách mạng lốp xe trong tương lai.

Ngành công nghiệp vũ trụ: NASA đã sử dụng aerogel làm kính cửa sổ, vỏ bọc cho các tàu thám hiểm Mars Pathfinder, Mars Exploration Rovers và Stardust; chế tạo quần áo chống lạnh cho phi hành gia; làm vỏ bọc máy bay; sử dụng trong các lưới bẫy bụi vũ trụ.

Ngành dụng cụ thể thao: Dunlop công ty chuyên sản xuất dụng cụ thể thao của Mỹ đã nhanh chóng đưa vật liệu aerogel vào sử dụng. Sản phẩm là loại khung vợt siêu nhẹ, rất dẻo, dành cho người chơi có trình độ, kỹ thuật cao, phát huy khả năng chơi linh hoạt. Không chỉ đẹp về kiểu dáng, công nghệ aerogel còn cho vợt Dunlop độ cân bằng về mặt và khung vợt cực ổn định.

Ngành hóa mỹ phẩm: thập niên 1940, silica aerogel lần đầu được chào bán trên thị trường bởi tập đoàn hóa chất Mỹ Monsanto, với tên thương phẩm là santocel, sử dụng như một chất làm đặc cho sơn, mỹ phẩm, bom napal… Đến những năm 1970, Monsanto ngưng sản xuất santocel do áp lực

cạnh tranh giá thành từ các loại vật liệu khác.

Tiềm năng thị trường

Mẻ aerogel đầu tiên ra đời có giá khoảng 3.000 USD mỗi kg. Giá thành cao cộng với quy trình sản xuất yêu cầu nhiệt độ và áp suất cao nguy hiểm, khiến phạm vi ứng dụng aerogel bị thu hẹp dù vật liệu này mang nhiều tính năng vượt trội và khả năng ứng dụng đa dạng. Aerogel dần bị lãng quên.

Từ năm 1997, những thành công của NASA khi thử nghiệm ứng dụng aerogel trên các tàu thăm dò vũ trụ đã thu hút sự chú ý của thế giới đối với loại vật liệu này. Các kỹ thuật mới ra đời giúp cắt giảm đến 80% chi phí sản xuất so với trước đây, hạ giá thành aerogel thương phẩm đáng kể, còn khoảng 250 USD/kg, giúp aerogel - loại vật liệu cao cấp có khả năng trở thành vật liệu phổ biến và được ứng dụng rộng rãi. Aerogel đang được nhắm vào những ngành công nghiệp đang phát triển nhanh như xây dựng, dệt may, nhiên liệu và môi trường...

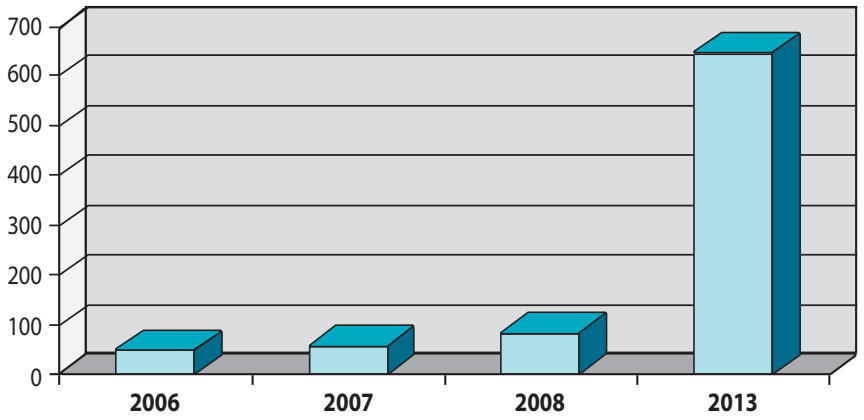
Năm 2008, thị trường toàn cầu của aerogel trị giá 82,9 triệu USD, dự kiến đạt 646,3 triệu USD vào năm 2013, tỷ lệ tăng trưởng hàng năm dự báo lên đến 50,8%. Doanh thu aerogel tăng trưởng được thúc đẩy chủ yếu bởi các ứng dụng vật liệu cách nhiệt và cách âm. Phân khúc này chiếm 70% tổng doanh thu aerogel hiện nay.

Với công nghệ vật liệu nano đang từng bước phát triển cộng với kỹ thuật sản xuất mới với chi phí không quá cao, dự báo aerogel - loại vật liệu có nhiều tính năng vượt trội, thân thiện với môi trường, tiềm năng ứng dụng cao, sẽ trở thành loại vật liệu phổ biến, có mặt trong tất cả các lĩnh vực của đời sống. Hy vọng trong tương lai gần, aerogel sẽ không còn là loại vật liệu xa lạ ở nước ta. Hơn thế nữa, việc sản xuất thành công aerogel tro trấu được thực hiện ở Đại học Công nghệ Malaysia (UTM) bởi nữ giáo sư Halimaton Hamdan, công nghệ mới này làm hạ giá thành aerogel từ 1.300 USD xuống còn 125 USD mỗi cân Anh, với hiệu suất cách nhiệt cao gấp 37 lần so với lớp sợi thủy tinh. Song song đó, các nhà nghiên cứu Viện Công nghệ Massachusetts (MIT) cũng đã phát triển loại bọt cách nhiệt aerogel làm từ tro đốt của loại vỏ trấu phế thải thành công… Kết quả của các công trình nghiên cứu sử dụng vỏ trấu để sản xuất aerogel cách nhiệt, một mặt hàng công nghệ cao đắt giá có phạm vi sử dụng rộng rãi, nhất là trong lĩnh vực xây dựng đã mở ra một cơ hội mới cho các nước sản xuất nhiều lúa gạo như Việt Nam.❐

Giáo sư Halimaton Hamdan với mẫu aerogel trong phòng thí nghiệm của cô tại Đại học Công nghệ Malaysia

Tăng trưởng của aerogel từ năm 2006 - 2013

Đvt: *triệu USD*



Nguồn: *BBC research 2009*