

GIẢI NHIỆT CAO ỐC THEO CƠ CHẾ ĐỔ MỒ HÔI

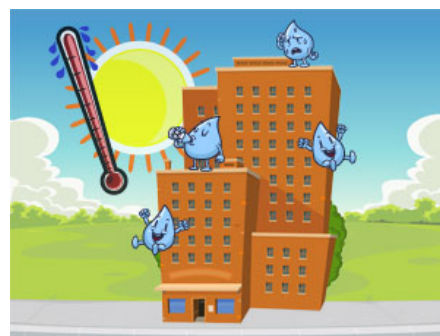
Sử dụng vật liệu phủ làm mát cao ốc nhằm tiết kiệm năng lượng đang là một trong những hướng nghiên cứu đầy thách thức đối với các nhà khoa học trên thế giới. Mới đây, nhóm nghiên cứu của giáo sư W.J. Stark đến từ Viện Hóa học ETH Zurich, Thụy Sĩ đã công bố một giải pháp hứa hẹn đối với vấn đề này, bằng cách sử dụng các lớp hydrogel nhạy cảm nhiệt có khả năng làm mát các bề mặt bao phủ dựa theo cơ chế “đổ mồ hôi” như ở người.

Những giải pháp hạ nhiệt cho cao ốc

Theo ước tính của Học viện Kiến trúc Catalonia, Tây Ban Nha, hơn một nửa dân số thế giới hiện đang sống và làm việc trong môi trường đô thị. Số lượng này sẽ còn tăng lên đến hơn 70% vào năm 2050 [1]. Việc chung sống của nhiều người trong một khoảng không gian hẹp đã tạo ra những thách thức lớn không chỉ đối với các chuyên gia kiến trúc đô thị hiện đại, mà còn đối với những nhà quản lý môi trường. Làm thế nào để quản lý tốt nguồn chất thải, đảm bảo đủ lượng nước sạch và đặc biệt, cung cấp đủ nhu cầu về năng lượng cho cộng đồng dân cư vẫn luôn là những câu hỏi cơ bản nhất và cũng là những bài toán khó nhất, đặc biệt là trong tình hình tốc độ phát triển dân số thế giới và tốc độ đô thị hóa ngày càng gia tăng mạnh. Một thành phố bền vững là một thành phố có nhu cầu sử dụng năng lượng một cách cân bằng và tiết kiệm nhất có thể. Tuy nhiên, theo Tạp chí Năng lượng thường niên Mỹ [2], hơn 40% năng lượng tiêu thụ của con người chủ yếu được dùng cho những tiện nghi bên trong các tòa

nhà, trong đó hệ thống sưởi và điều hòa, làm mát là hai thiết bị tiêu tốn nhiều điện năng nhất.

Chính vì vậy, những ý tưởng, giải pháp làm mát cao ốc mà không tiêu thụ năng lượng đã liên tục được đề nghị trong thời gian gần đây. Hầu hết những giải pháp này đều dựa trên các hệ thống “bị động”, tức là không cần sử dụng điện năng, và được lắp đặt hoặc phủ trực tiếp lên mái và mặt tiền của các tòa nhà [3, 4]. Chúng có thể là những lớp sơn chứa bột màu phản xạ hồng ngoại, giúp làm mát các tòa nhà ở những khu vực có bức xạ mặt trời gay gắt [5]. Chúng cũng có thể là các vật liệu xốp có khả năng lưu trữ nước khi nhiệt độ thấp và giải phóng hơi nước khi nhiệt độ tăng cao, nhờ vậy có thể làm mát phần bên trong theo cơ chế bốc hơi [6] (tương tự như cơ chế đổ mồ hôi ở con người: dưới trời nắng, nhiệt từ bức xạ mặt trời sẽ khiến da giải phóng mồ hôi thay vì làm tăng nhiệt độ cơ thể). Tuy nhiên, sự thay đổi thời tiết cũng như chu kỳ chuyển từ đêm qua ngày thường diễn ra rất đột ngột, dẫn đến nhiệt độ tăng nhanh, đòi hỏi những hệ thống làm mát này phải có hiệu



Hình 1: giải pháp làm mát các cao ốc dựa trên cơ chế đổ mồ hôi ở người đang là một hướng nghiên cứu mở ra nhiều tiềm năng

năng cao. Ngoài ra, ở những khu vực có khí hậu nhiệt đới, xích đạo, quá trình làm mát thường phải hiệu quả trong khoảng thời gian từ giữa trưa đến chiều, tức là những hệ thống làm mát phải giữ được nhiệt độ thấp trong khoảng ít nhất vài tiếng đồng hồ dưới bức xạ mặt trời, điều mà không phải vật liệu xốp nào cũng có thể làm được.

Trong nghiên cứu gần đây của Viện Hóa học ETH Zurich, Thụy Sĩ, nhóm nghiên cứu của giáo sư W.J. Stark đã sử dụng mô hình giải nhiệt theo cơ chế “đổ mồ hôi” để thiết kế một hệ thống làm mát có hiệu năng cao, bằng cách sử dụng những bề mặt hydrogel nhạy cảm với nhiệt độ [7]. Cụ

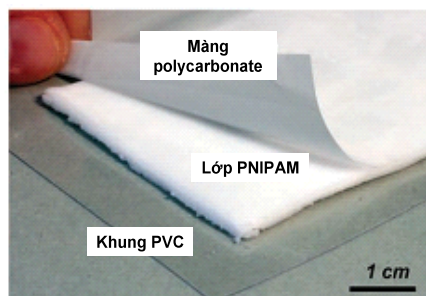
thể, nhóm nghiên cứu đã tổng hợp poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAM) và sử dụng polymer này để phủ lên trên các bề mặt cần được làm mát. So với những vật liệu polymer nhạy cảm nhiệt khác, PNIPAM là vật liệu có giá thành thấp hơn, được nghiên cứu nhiều nhất và hiện đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như đầu dò nhiệt độ, xúc tác chuyển pha hoặc vật liệu vận chuyển thuốc [8, 9]. Đặc điểm đáng chú ý của PNIPAM là có nhiệt độ chuyển pha ở khoảng 32°C. Ở nhiệt độ này, PNIPAM sẽ bắt đầu chuyển từ pha có khả năng thấm ướt tốt sang pha có tính chất kỵ nước mạnh, và vì vậy sẽ giải phóng nước theo sự thay đổi thể tích [10, 11]. Chính tính chất này khiến cho PNIPAM có cơ chế hoạt động theo nhiệt độ rất giống với cơ chế đổ mồ hôi ở người.

Tổng hợp lớp phủ hydrogel dựa trên cơ sở PNIPAM

Lớp phủ hydrogel được nhóm của giáo sư W.J. Stark [7] tổng hợp bằng cách hòa tan monomer NIPAM (4 g) vào 5,8 g hydroxyethylmethacrylate (HEMA) và 200 mg chất tạo mạch N,N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) trong nước cất. Sau đó hỗn hợp được bổ sung 50 mg ammonium peroxydisulfate (APS), lắc đều trong vài phút rồi tiếp tục cho vào 50 μ l N,N,N',N'-tetramethylethane-1,2-diamine (TEMED). Hỗn hợp chất lỏng thu được sẽ được nhỏ từ từ vào đĩa thủy tinh có đường kính 8,5 cm. Sau 4 giờ, một lớp gel polymer sẽ được hình thành. Lớp gel này được rửa bằng nước cất và lần

lượt được ủ nhiệt ở 26°C và 42°C để thu được sản phẩm cuối cùng. Bên cạnh đó, để có thể đánh giá khả năng làm mát của lớp hydrogel PNIPAM vừa được điều chế, một lớp hydrogel truyền thống dựa trên poly-hydroxyethylmethacrylate (pHEMA) cũng được tổng hợp trong điều kiện tương tự.

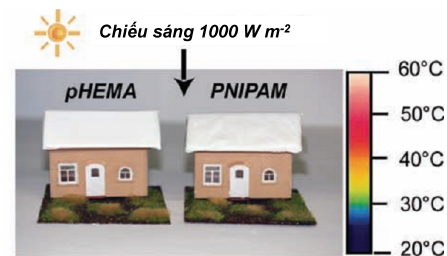
Hai loại hydrogel này sau đó sẽ được dùng để làm lớp phủ lên trên các bề mặt cần được làm mát. Cấu tạo của lớp phủ này bao gồm một lớp hydrogel dày gắn xen kẽ với một khung PVC có công dụng làm giá đỡ và một lớp màng polycarbonate xấp cho phép bảo vệ lớp hydrogel khỏi các quá trình mài mòn tự nhiên (hình 2).



Hình 2: thành phần của lớp phủ chứa PNIPAM

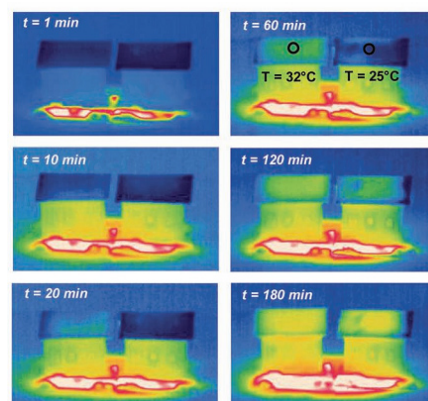
Khảo sát khả năng làm mát của mái nhà phủ hydrogel PNIPAM

Để khảo sát khả năng làm mát của lớp phủ hydrogel PNIPAM, hai mô hình nhà (hình 3) được xây dựng với diện tích bề mặt mái khoảng 42 cm² và đặt dưới hệ giả lập mặt trời có cường độ sáng 1.000 W m⁻², tương ứng với cường độ sáng của mặt trời thật vào giữa trưa. Mái nhà của hai mô hình nhà này lần lượt được phủ lớp phủ có chứa hydrogel pHEMA và hydrogel PNIPAM.



Hình 3: hai mô hình nhà với mái được phủ các lớp hydrogel khác nhau: pHEMA và PNIPAM

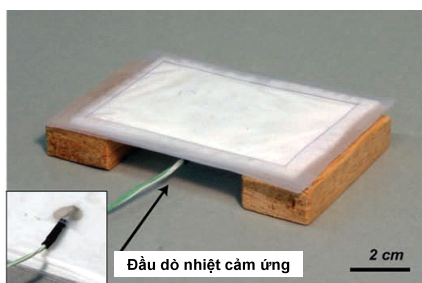
Hình 4 thể hiện ảnh chụp hồng ngoại của các ngôi nhà theo thời gian chiếu sáng. Trong khi phần nền của các mô hình nhà bị làm nóng rất nhanh đến 60°C (phần màu đỏ), phần bề mặt mái có phủ hai loại hydrogel vẫn giữ được nhiệt độ phòng (màu xanh dương tối) trong vòng 10 phút đầu nhờ vào quá trình làm mát theo cơ chế bay hơi của nước tích trữ. Tuy nhiên, chỉ sau khoảng 20 phút, mái nhà phủ pHEMA đã bị làm nóng (màu sắc chuyển từ xanh dương sang xanh lá cây nhẹ). Ngược lại, mái nhà phủ PNIPAM vẫn giữ nhiệt độ ban đầu. Thí nghiệm này chứng tỏ mái nhà phủ PNIPAM có khả năng giải phóng hơi nước hiệu quả hơn so với lớp phủ pHEMA. Chỉ sau



Hình 4: ảnh hồng ngoại của hai mô hình nhà với mái được phủ lần lượt pHEMA và PNIPAM theo thời gian chiếu sáng bằng hệ mặt trời giả lập

khi kéo dài quá trình chiếu sáng đến hơn 3 giờ, mái phủ PNIPAM mới bắt đầu tăng nhiệt độ, và đạt nhiệt độ cuối cùng tương tự lớp phủ pHEMA (khoảng 35°C).

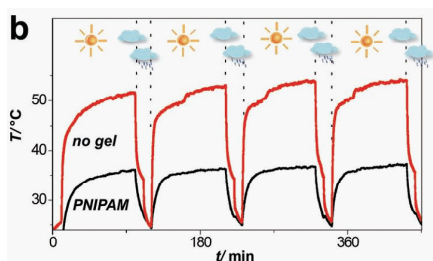
Một thí nghiệm khác cũng được tiến hành nhằm định lượng khả năng làm mát khác nhau của các loại vật liệu trên. Một bề mặt rộng 35 cm² cấu tạo từ một khung sườn PVC phủ bởi lớp màng polycarbonate (tương tự như mái nhà mô hình chứa phủ hydrogel) được đặt lên hai thanh gỗ cố định và được chiếu sáng cũng với hệ giả lập mặt trời sử dụng trong thí nghiệm đầu tiên. Nhiệt độ dưới bề mặt này được đo bằng một đầu dò nhiệt trong suốt quá trình chiếu sáng (hình 5). Khi không phủ hydrogel, chỉ trong vòng vài phút, nhiệt độ của bề mặt này đã đạt 60°C (tương tự như nhiệt độ phần nền của các ngôi nhà trong thí nghiệm trước). Khi được phủ thêm một lớp pHEMA, dưới ánh sáng, nhiệt độ của khung sườn PVC tăng rất nhanh đến 45°C, sau đó bắt đầu tăng chậm cho đến khi đạt 60°C. Ngược lại, với bề mặt PVC được phủ PNIPAM, nhiệt độ chỉ tăng nhanh đến 35°C, sau đó bắt đầu ổn định nhờ vào quá trình bốc hơi của nước. Sau 3 giờ, khi mà nước đã bốc hơi hoàn toàn, nhiệt độ của lớp PNIPAM



Hình 5: mô hình bề mặt mái 35 cm² được phủ hydrogel và gắn đầu dò nhiệt phía bên dưới

mới bắt đầu tăng lên đến 60°C. Như vậy, trong vòng 3 giờ chiếu sáng, nhiệt độ của bề mặt khung sườn PVC khi được phủ PNIPAM đã giảm khoảng 10°C so với lớp phủ truyền thống pHEMA và giảm khoảng 25°C so với bề mặt chưa phủ hydrogel.

Bên cạnh khả năng làm mát, khả năng hồi phục của lớp phủ hydrogel cũng là một yếu tố rất quan trọng đối với những vật liệu làm mát thực tế. Để có thể khẳng định khả năng hồi phục tốt của lớp phủ PNIPAM, mái nhà được phủ lớp hydrogel này sẽ trải qua 4 chu kỳ chiếu sáng/làm mát liên tục (chiếu sáng trong vòng 90 phút với ánh sáng 600 W m⁻², để yên 10 phút rồi tưới khoảng 2 ml nước lên bề mặt). Hình 6 cho thấy, mái nhà có phủ PNIPAM không chỉ có khả năng làm mát tốt, mà còn có thể hồi phục tốt nhờ vào quá trình hấp thu/giải phóng nước. Vì vậy, trong 4 chu kỳ chiếu sáng/làm mát, khả năng làm mát của lớp phủ PNIPAM gần như không đổi.



Hình 6: khảo sát biến thiên nồng độ của các lớp phủ theo 4 vòng lặp chiếu sáng/làm mát

Những kết quả này cho thấy, lớp phủ PNIPAM thật sự là một giải pháp đầy hứa hẹn đối với vấn đề hạ nhiệt các cao ốc, từ đó góp phần giảm thiểu đáng kể năng lượng sử dụng cho các mục đích làm mát bên trong tòa nhà. Paul

Topham, chuyên viên nghiên cứu vật liệu polymer thông minh tại Đại học Aston, Mỹ, đã gọi đây là sáng kiến tuyệt vời [12]. Tuy nhiên, cho đến thời điểm hiện tại, giáo sư W.J. Stark cho biết ông không hề có ý định thương mại hóa nghiên cứu này. Thay vào đó, bằng việc công bố kết quả đề tài trên các tạp chí chuyên ngành, ông và nhóm nghiên cứu hy vọng sẽ giúp những đất nước có khí hậu nhiệt đới gió mùa có thể thử nghiệm công trình này hoàn toàn miễn phí ■

LTK (tổng hợp)

Tài liệu tham khảo

- [1] L. Cappelli, V. Guallart, Self Sufficient City, Iaa C-Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Barcelona (2011).
- [2] EIA, in Annual Energy Review, U.S.A. (2010).
- [3] H. Ben Cheikh, A. Bouchair, Renewable Energy 29 (2004) 1877.
- [4] H.Y. Chan, S.B. Riffat, J. Zhu, Renew. Sust. Energ. Rev. 14 (2010) 781.
- [5] S. Wanphen, K. Nagano, Build. Environ. 44 (2009) 338.
- [6] L. Meng, W.B. Hu, Energy Build. 37 (2005) 1.
- [7] A.C.C. Rotzetter, C.M. Schumacher, S.B. Bubenhofer, R.N. Grass, L.C. Gerber, M. Zeltner, W. J. Stark, Adv. Mater. 24 (2012) 5352.
- [8] S. Chatterji, I.K. Kwon, K. Park, Prog. Polym. Sci. 32 (2007) 1083.
- [9] P. Kim, L.D. Zarzar, X. M. He, A. Grinthal, J. Aizenberg, Curr. Opin. Solid State Matter 15 (2011) 236.
- [10] A. Durand, D. Hourdet, Polymer 40 (1999) 4941.
- [11] B. Sun, Y. Lin, P. Wu, Appl. Spectrosc. 61 (2007) 765.
- [12] <http://www.rsc.org/chemistryworld/2012/09/air-conditioning-buildings-sweating>