

**KẾT HỢP VẬT LIỆU CHUYỂN PHA
VÀ CHẤT PHỤ GIA CHỐNG THẤM NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ
CÁCH NHIỆT VÀ CHỐNG THẤM NƯỚC CỦA TƯỜNG NHÀ**
**COMBINATION OF PHASE CHANGE MATERIAL
AND WATER-PROOF ADDITIVE TO IMPROVE THERMAL INSULATION
AND WATER-PROOF CAPABILITY FOR HOUSE WALLS**

Nguyễn Vũ Lâm, Nguyễn Thành Sơn
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành Phố Hồ Chí Minh

Ngày tòa soạn nhận bài 01/10/2017, ngày phản biện đánh giá 20/10/2017, ngày chấp nhận đăng 25/10/2017

TÓM TẮT

Tường bao xung quanh và mái của tòa nhà không chỉ giúp bao bọc và tách lập tòa nhà với không gian xung quanh mà còn đóng góp vào hiệu suất nhiệt của tòa nhà. Đối với mục đích tiết kiệm năng lượng, tường bao xung quanh, thành phần chính của vỏ bao xung quanh tòa nhà, phải có khả năng bảo vệ tòa nhà tránh khỏi dòng nhiệt không mong muốn từ bên ngoài xâm nhập vào không gian bên trong nhà do xuyên qua tường. Thông thường, ở các tòa nhà dân cư phổ biến tại Việt Nam, tường bao được xây dựng bằng gạch và vữa (xi măng và cát). Sau khi đông cứng lại, cấu trúc này tương đương với một chất dẫn nhiệt rắn với độ dẫn nhiệt khá cao. Do vậy, việc nâng cao hiệu suất cản nhiệt của bức tường để giảm sự tiêu thụ điện năng cho mục đích điều hòa nhiệt độ không khí là cần thiết. Trong nghiên cứu này, một hỗn hợp vữa mới được đưa ra với việc bổ sung các vật liệu chống thấm và vật liệu chuyển pha (PCM). Kết quả cho thấy với tỷ lệ pha trộn thích hợp, hỗn hợp mới có thể làm giảm tới 23,1% dòng nhiệt qua tường và do đó giúp giảm thiểu đáng kể điện năng tiêu thụ cho việc làm mát không khí. Tuy nhiên, sự xuất hiện của vật liệu chuyển pha và chất phụ gia chống thấm gây ra sự suy giảm nhẹ đối với khả năng kết dính và chịu lực của bức tường.

Từ khóa: *Tường bao; Tường PCM; Tường chống thấm; Tường nhiệt; Tiết kiệm năng lượng.*

ABSTRACT

Building envelop is expected not only to encapsulate the building but also to contribute into the thermal performance of the building. For energy saving purpose, it is recommended that the wall, as the main part of building envelop, should be able to protect the building from unexpected inflow heat flux from outdoor through the wall to the indoor space. Usually, especially in the popular resident buildings in Vietnam, the wall is constructed with brick and mortar (cement and sand). After getting hardened, the structure is equivalent to a flat plate solid conductor with a specific but quite high thermal conductivity. As a result, there is a need to develop thermal performance of the wall in order to reduce power consumption for air temperature condition purpose. In this research, a modified mortar mixture is proposed with the addition of waterproof additive and phase change material (PCM) powder. Results show that with relevant mixing rate, the new mixture may reduce upto 23.1% of the heat flow rate through the wall and help significantly reduce the power consumption for air cooling. However, the appearance of the PCM and waterproof additive causes a slight reduction of the wall strength.

Keywords: *Building envelop; PCM wall; Waterproof wall; Thermal wall; Energy saving.*

1. MỞ ĐẦU

Vỏ bọc (bao gồm tường bao và mái) của các tòa nhà chính là phần bề mặt tương tác nhiệt giữa tòa nhà với môi trường xung quanh. Nói chung, toàn bộ phần vỏ bọc của một tòa nhà thường được yêu cầu phải có khả năng điều hòa dòng nhiệt tương tác theo chiều hướng có ích để tạo ra sự ổn định nhiệt độ bên trong tòa nhà: ngày hè thì mát mẻ, ngày đông thì ấm áp. Vật liệu được dùng phổ biến để làm tường bao tòa nhà gồm: tường gạch tô vữa, tấm vách composite, tấm kính (một hoặc hai lớp)... Các vật liệu này được sử dụng rộng rãi do sự cứng vững, dễ thi công và giá thành hợp lý với người dùng. Về phương diện trao đổi nhiệt, có thể tương đương chúng với những tấm phẳng dạng rắn với hệ số dẫn nhiệt ở phạm vi trung bình, riêng dạng vách kính trong suốt còn có sự xuyên thấu trực tiếp của tia hồng ngoại và do đó làm tăng tổng lượng nhiệt xuyên qua. Ngoài ra, nhằm giảm thiểu vật liệu và trọng tải ngôi nhà, các dạng vách tường cũng có xu hướng giảm độ dày. Do đó quá trình trao đổi nhiệt thông qua các vách này vào không gian bên trong nhà trong những ngày hè và thất thoát từ trong nhà ra ngoài môi trường trong những ngày đông lớn đáng kể. Điều này kéo theo nhu cầu năng lượng tăng cao cho các thiết bị điều hòa nhiệt độ.

Để khắc phục vấn đề này và nâng cao mức độ tiết kiệm năng lượng cho các ngôi nhà, một trong những giải pháp được đưa ra là việc kết hợp sử dụng vật liệu chuyển pha (Phase Change Material hay PCM) vào trong kết cấu của tấm [1]. Vật liệu PCM đã được nghiên cứu trong nhiều thập kỷ qua và đã được chứng minh là một trong những giải pháp hữu ích trong một số lĩnh vực nghiên cứu, ứng dụng lưu trữ năng lượng nhiệt với những thành công lớn như: thiết bị điện lạnh, tấm pin mặt trời, các hệ thống sàn bức xạ, sưởi ấm và làm mát các công trình xây dựng [2]. Tuy nhiên, khi đưa vào sử dụng cần phải có phần vỏ bọc PCM để khi vật liệu này chuyển đổi pha sẽ không bị rò rỉ ra ngoài. Phần vỏ này có thể là các bóng hoặc túi bằng nhựa hoặc kim loại dạng hình hộp hoặc cầu

được bơm đầy PCM trước khi các bóng/túi được hàn kín. Sau đó các bóng/túi được cấy vào trong các hệ vật liệu khác theo kiểu trộn lẫn hoặc tạo thành lớp tiếp xúc để cải tạo đặc tính nhiệt của hệ [1]. Trong nghiên cứu này, do lớp vữa trộn lẫn PCM có độ dày chỉ từ 2cm đến 4cm, nên việc trộn các bóng nhựa chứa PCM vào vữa sẽ gây khó khăn cho việc thi công trát tường. Vì thế PCM sẽ được trộn lẫn trực tiếp vào hỗn hợp vữa trát tường.

Vật liệu phụ gia chống thấm nước hiện đang được sử dụng rộng rãi cho các công trình xây dựng để tránh bị thấm dột. Trên thị trường có nhiều loại vật liệu phụ gia chống thấm có dạng rắn (bột) hoặc lỏng và nguồn gốc xuất xứ khác nhau. Do khi chuyển pha PCM hóa lỏng với tính chất giống nước và có độ nhớt và sức căng mặt ngoài lớn hơn nước, nên việc trộn thêm chất phụ gia chống thấm trực tiếp vào hỗn hợp vữa mới cùng với PCM sẽ là một giải pháp hữu hiệu giải quyết được vấn đề rò rỉ PCM khi hóa lỏng từ tường ra môi trường xung quanh.

Bằng việc đưa vật liệu PCM vào hỗn hợp vữa để gia tăng hiệu ứng cản nhiệt tích cực của bức tường và sử dụng chất phụ gia chống thấm vừa giúp chống ngấm nước vừa giúp làm vỏ bọc PCM ngăn không cho PCM lỏng lọt ra ngoài, nghiên cứu này nhằm đem lại một giải pháp nâng cao hiệu quả chống chế nhiệt cho tường nhà, góp phần giảm thiểu năng lượng tiêu tốn cho mục đích điều hòa nhiệt độ.

2. KẾT CẤU TƯỜNG MỚI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Kết cấu tường mới

Dòng nhiệt truyền từ bên ngoài vào bên trong qua vách tường cùng với bức xạ xuyên qua các cửa sổ kính góp phần trong tổng nhiệt xâm nhập vào không gian nhà/phòng, đặc biệt khi trời nắng nóng và lặng gió hoặc chỉ có gió nhẹ. Tường nhà có thể nhận được một lượng bức xạ mặt trời lên đến hơn 800W/m^2 trong điều kiện bầu trời nắng gắt không mây và khoảng 20% đến 95% bức xạ này có thể được hấp thụ vào tấm tường và truyền vào bên trong. Trong những năm gần

đây, người ta thường sử dụng biện pháp chống nóng bằng cách dán phim cách nhiệt (cho kính) hoặc thêm vật liệu cách nhiệt nhiều hơn (cho vách tường) giúp tăng nhiệt trở của tường nhà. Nhưng phương pháp tăng nhiệt trở có bất lợi là khi dòng nhiệt đã xâm nhập vào trong nhà rồi thì sẽ khó giải phóng trở lại môi trường mặc dù nhiệt độ bên ngoài đã giảm xuống. Một yếu tố nữa ảnh hưởng đến mức độ hấp thụ bức xạ năng lượng mặt trời là màu sắc sơn bề mặt ngoài của tường. Những màu sơn có màu sáng như trắng, vàng nhạt... có mức độ hấp thụ ít hơn và phản xạ ánh sáng nhiều hơn so với màu xám và đen. Tuy nhiên, vì yếu tố thẩm mỹ của ngôi nhà nên yếu tố màu sắc thường bị xem là thứ yếu.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của PCM được sử dụng

Thông số	Giá trị
Nhiệt độ nóng chảy	39°C
Khối lượng riêng ở thể rắn	912kg/m ³
Khối lượng riêng ở thể lỏng	769kg/m ³
Hệ số dẫn nhiệt	0,21W/mK
Ân nhiệt chuyển pha	247kJ/kg
Nhiệt dung riêng ở thể rắn	2,90kJ/kgK
Nhiệt dung riêng ở thể lỏng	2,93kJ/kgK

Bảng 2. Kích thước các hạt dùng trong hỗn hợp vữa mới

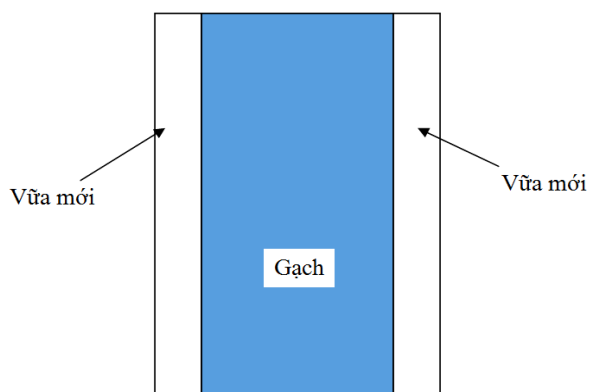
Vật liệu	Kích thước (mm)
Xi măng	0.05
Cát	1
Bột chống thấm	0.01
Hạt PCM	1.5

Bảng 3. Tỷ lệ khối lượng các chất phụ gia trong các mẫu tường nhà

Mẫu	Tỷ lệ chất chống thấm (% khối lượng)	Tỷ lệ PCM (% khối lượng)
Mẫu 1	0,1	5
Mẫu 2	0,5	5
Mẫu 3	1	5
Mẫu 4	2	5
Mẫu 5	0,1	10
Mẫu 6	0,5	10
Mẫu 7	1	10
Mẫu 8	2	10
Mẫu 9	0,1	15
Mẫu 10	0,5	15
Mẫu 11	1	15
Mẫu 12	2	15
Mẫu 13 (vữa thường)	0	0
Mẫu 14	0	5
Mẫu 15	0	10
Mẫu 16	0	15
Mẫu 17	0,1	0
Mẫu 18	0,5	0
Mẫu 19	1	0
Mẫu 20	2	0

Để phù hợp với một ứng dụng nhất định, PCM được lựa chọn trên cơ sở các thông số nhiệt độ nóng chảy (chuyển pha), dung lượng ẩn nhiệt chuyển pha và điều kiện làm việc, điều kiện thời tiết của từng khu vực [3]. Những PCM nóng chảy ở nhiệt độ dưới 15°C được sử dụng cho việc lưu trữ lạnh trong các ứng dụng điều hòa không khí, trong khi những PCM nóng chảy trên 90°C được sử

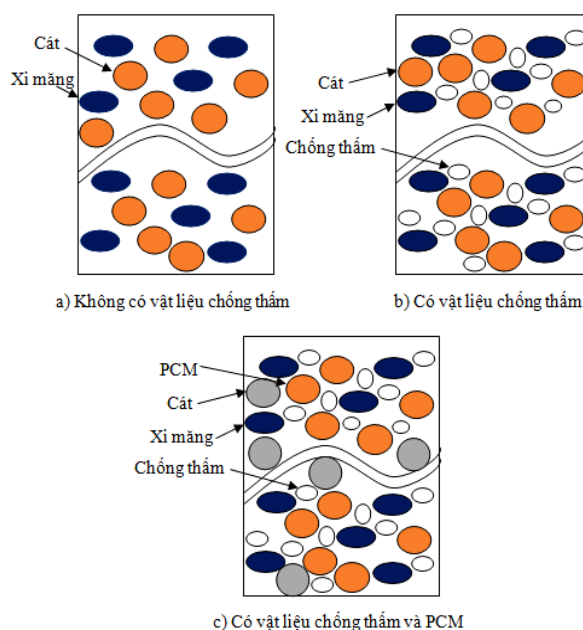
dụng để hấp thụ nhiệt. PCM được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực để bảo quản thực phẩm, đồ uống, các sản phẩm sữa... Trong ngành y tế cũng được ứng dụng để vận chuyển máu, vacxin và phương pháp điều trị nóng lạnh. PCM cũng được dùng trong các ứng dụng sưởi ấm và làm mát bằng năng lượng mặt trời, trong xây dựng và lưu trữ năng lượng [4-7]. Vì đại đa số các ngôi nhà dân dụng của Việt Nam vẫn đang sử dụng tường nhà kiểu tường gạch tô vữa nên nghiên cứu này tập trung vào việc trộn trực tiếp PCM dạng hạt vào hỗn hợp vữa để thi công việc tô bề mặt vách tường. Ngoài ra, do trong quá trình trao đổi nhiệt, PCM sẽ hóa lỏng, nên vật liệu chống thấm được trộn thêm vào hỗn hợp để tạo vách kín bao quanh các hạt PCM, tránh rò rỉ PCM ra ngoài gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng mỹ quan tòa nhà. Đồng thời lớp vữa có vật liệu chống thấm cũng giúp bảo vệ tường nhà khỏi hiện tượng thấm nước.



Hình 1. Mô hình tường sử dụng vật liệu vữa mới

2.2. Phương pháp

Hệ thống thực nghiệm bao gồm bộ mô phỏng bức xạ năng lượng mặt trời bao gồm: Đèn halogen công suất điện 500W/220V; Bộ chuyển đổi tín hiệu ADAM; Cặp nhiệt điện (thermocouple); Các mẫu khác nhau của tường nhà. Để đạt được một giá trị bức xạ mặt trời trung bình 1000W/m² duy trì và tỏa đều trên bề mặt mẫu tường nhà, các đèn được cố định ở khoảng cách nhất định chiếu sáng liên tục với cùng một nguồn điện cung cấp ổn định. Bên cạnh đó, nhiệt độ của không khí xung quanh hệ thống thí nghiệm luôn luôn được giữ khoảng 25°C.



Hình 2. Cấu trúc lớp vữa có và không có PCM và vật liệu chống thấm

Cặp nhiệt điện T có dung sai khoảng $\pm 0,2^\circ\text{C}$ được sử dụng để đo nhiệt độ bề mặt của lớp vữa ngoài và trong của tường và không khí xung quanh. Các cặp nhiệt điện được kết nối với một bộ chuyển đổi tín hiệu ADAM sau đó kết nối với máy tính.

Trong điều kiện khảo sát, mô hình toán có xét đến tác động của quá trình: đối lưu trên bề mặt tường với không khí xung quanh; truyền nhiệt qua vách tường và bức xạ nhiệt từ tường ra môi trường xung quanh. Do chiều dày lớp vữa tường là rất nhỏ so với độ rộng bề mặt tường, vì vậy chỉ cần xét các cơ chế trao đổi nhiệt theo hướng vuông góc với bề mặt tường và có thể bỏ qua các tác động song song với bề mặt tường. Ở mẫu tường có chứa PCM, hệ số truyền nhiệt được tính phân biệt cho trạng thái rắn và lỏng của PCM, đồng thời bỏ qua cơ chế truyền nhiệt đối lưu bên trong tường khi PCM hóa lỏng vì các hạt PCM lỏng đều có kích thước nhỏ. Ở tất cả các mẫu, trao đổi nhiệt đối lưu với không khí ở 2 bề mặt tường đều được xét ở điều kiện đối lưu tự nhiên. Để dễ so sánh tác động chống nhiệt của các mẫu tường, bề mặt các mẫu được xử lý bằng một lớp láng xi măng mỏng giống nhau để có hệ số hấp thụ bức xạ mặt trời như nhau ($\alpha=0.8$) và hệ số phản xạ giống nhau. Đồng thời, nguồn bức xạ mặt

trời được giữ ổn định ở giá trị 1000W/m^2 , chiếu trực diện lên bề mặt các mẫu tường. Như vậy, dòng nhiệt hấp thụ vào bề mặt tường sẽ giống nhau.

Hệ số truyền nhiệt qua vách tường có chứa PCM được tương đương bằng một hàm biến đổi liên tục từ hệ số truyền nhiệt ở PCM dạng rắn đến hệ số truyền nhiệt của PCM dạng lỏng (ở đây bỏ qua hiệu ứng đối lưu khi chuyển pha vì các hạt PCM đều có kích thước rất nhỏ). Trong khi đó, nhiệt dung riêng của PCM khi chuyển pha sẽ được xem là một hàm biến đổi liên tục từ giá trị nhiệt dung riêng ở thể rắn đến giá trị nhiệt dung riêng ở thể lỏng kèm với tác động của ẩn nhiệt chuyển pha. Vì khi thực nghiệm, tấm mẫu được đặt theo phương ngang nên hiện tượng đối lưu được phân biệt ở bề mặt trên và mặt dưới của tấm tương ứng là các quá trình trao đổi nhiệt chảy rối và chảy tầng.

Bằng những lập luận này, hệ phương trình mô tả quá trình trao đổi nhiệt ở các tấm mẫu bao gồm các phương trình sau đây [8-16]:

$$\frac{dQ_{\text{air}}}{dt} = \alpha \frac{dQ_{\text{solar}}}{dt} - \frac{dQ_{\text{up-rad}}}{dt} - \frac{dQ_{\text{up-conv}}}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{dQ_{\text{air}}}{dt} = h_{\text{in}} A \frac{d}{dt} (T_{\text{down-ave}} - T_{\text{air-in}}) \quad (2)$$

$$\frac{dQ_{\text{up-conv}}}{dt} = h_{\text{ex}} A \frac{d}{dt} (T_{\text{up-ave}} - T_{\text{air-ex}}) \quad (3)$$

$$\frac{dQ_{\text{up-rad}}}{dt} = \varepsilon \sigma A \frac{d}{dt} (T_{\text{up-ave}}^4 - T_{\text{air-ex}}^4) \quad (4)$$

$$\text{Gr} \times \text{Pr} = \frac{g \beta \rho^2 X^3 \Delta T}{\mu^2} \times \text{Pr} \quad (5)$$

$$h_{\text{ex}} = 0.14 \times \frac{K}{X} \times (\text{GrPr})^{1/3} = 0.14 \times \frac{2K}{(L_o + B_o)} \times (\text{GrPr})^{1/3} \quad (6)$$

$$h_{\text{in}} = 0.27 \times \frac{K}{X} \times (\text{Gr} \times \text{Pr})^{1/4} = 0.27 \times \frac{2K}{(L_o + B_o)} \times (\text{Gr} \times \text{Pr})^{1/4} \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} (\rho_s h) = \frac{d}{dx_i} \left(k_s \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \quad (8)$$

Trong đó, α là hệ số hấp thụ nhiệt bức xạ của bề mặt tấm mẫu; h_{in} là hệ số đối lưu giữa bề mặt của tấm mẫu với không khí trong nhà; h_{ex} là hệ số đối lưu giữa bề mặt của tấm mẫu với không khí bên ngoài; A là tiết diện tấm mẫu; ε là hệ số bức xạ của tấm mẫu ra môi trường xung quanh; σ là hằng số Stephan – Boltzman; μ là hệ số nhớt của không khí; ρ mật độ không khí; Q_{air} là nhiệt lượng truyền vào bên trong nhà; Q_{solar} là tổng nhiệt lượng bức xạ đến bề mặt tấm mẫu; $Q_{\text{up-rad}}$ là nhiệt lượng bức xạ từ bề mặt tấm mẫu ra môi trường; $Q_{\text{up-conv}}$ là nhiệt lượng đối lưu giữa mặt trên của tấm mẫu với môi trường; $T_{\text{up-ave}}$ là nhiệt độ trung bình của mặt trên tấm mẫu; $T_{\text{down-ave}}$ là nhiệt độ trung bình của mặt dưới tấm mẫu; $T_{\text{air-in}}$ là nhiệt độ trung bình của không khí trong phòng; $T_{\text{air-ex}}$ là nhiệt độ trung bình của không khí bên ngoài.

Đối với các vật liệu rắn, giả định các hệ số truyền nhiệt là không đổi trong quá trình trao đổi nhiệt độ giữa tấm mẫu và môi trường xung quanh. Đối với vật liệu chuyển pha, quá trình chuyển pha có thể được hiểu là mặt tiếp giáp giữa lớp PCM rắn và PCM lỏng đang dịch chuyển về phía rắn (với quá trình hóa lỏng) hoặc ngược lại (với quá trình hóa rắn) và mặt tiếp giáp này phân chia biệt lập hoàn toàn 2 thể. Ở đây, ta áp dụng mô hình thể tích (volume-of-fluid hay VOF) để biểu diễn quá trình chuyển pha của PCM trong các mẫu tương ứng. Trong mô hình này, nếu coi lớp thứ n ($n = 1$ với PCM lỏng và $n = 2$ PCM rắn) và ξ_n là tỷ số thể tích phần n trên mỗi phần tử tính toán, thì có thể chấp nhận được 3 giả thiết sau: Nếu $\xi_n = 0$ thì trong phần tử tính toán không có pha n ; Nếu $\xi_n = 1$ thì trong phần tử tính toán chỉ có pha n ; Nếu $0 < \xi_n < 1$ thì trong phần tử tính toán có cả 2 pha.

Như vậy, nếu bỏ qua sự giãn nở thể tích khi hóa lỏng thì phương trình mô tả quá trình chuyển pha của PCM là:

$$\frac{\partial \xi_n}{\partial t} + v_i \frac{\partial \xi_n}{\partial x_i} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_n h) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_n v_i h) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_n \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \quad (10)$$

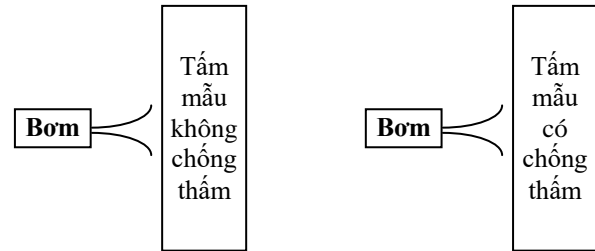
$$h = h_{ref} + \int_{T_{ref}}^T C_p dT \quad (11)$$

Trong đó: ξ_n là tỷ lệ thể tích của pha n trong phần tử tính toán; ρ_n là khối lượng riêng của pha n; k_n hệ số dẫn nhiệt của pha n; v_i vận tốc dịch chuyển của mặt phân cách; x_i tọa độ dịch chuyển của mặt phân cách; h là enthalpy của phần tử tính toán; C_p là nhiệt dung riêng; h là ẩn nhiệt chuyển pha của PCM.

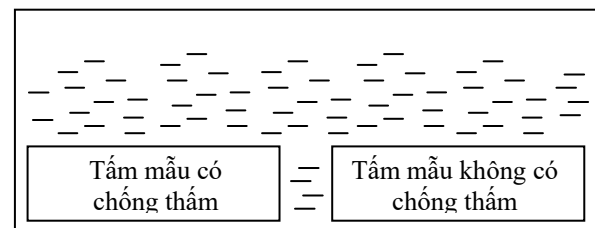
Để khảo sát quá trình trao đổi nhiệt tức thời, các điều kiện ban đầu và điều kiện biên của tấm mẫu được thiết lập như sau: tất cả các giá trị nhiệt độ đều bằng giá trị nhiệt độ môi trường là 25°C và cường độ bức xạ mặt trời đến bề mặt được phân bố đều với giá trị $Q_{solar} = 1000W/m^2$ và thời gian khảo sát diễn ra trong phạm vi $0 < t \leq t_{max}$ (s). Trong suốt quá trình thực nghiệm, nhiệt độ bên ngoài được giữ ổn định ở giá trị 25°C để thuận lợi cho việc so sánh mức độ truyền nhiệt vào bên trong xuyên qua các lớp tường mẫu khác nhau. Dòng nhiệt thấm thấu vào trong tấm mẫu được phân chia thành các thành phần gồm: nhiệt lượng lưu bên trong tấm mẫu do nhiệt dung riêng của vật liệu làm tấm (trường hợp có PCM thì dòng nhiệt lượng bị lưu lại và chuyển hóa thành ẩn nhiệt chuyển pha); nhiệt lượng dẫn truyền qua tới bề mặt phía trong của tấm. Tại đây dòng nhiệt này truyền vào không khí bên trong phòng (chủ yếu do cơ chế đối lưu) làm nó nóng dần lên. Khi đèn tắt, bề mặt trên của tấm mẫu sẽ được làm nguội dần về nhiệt độ môi trường (vẫn đang được giữ ổn định ở 25°C) và quá trình trao đổi nhiệt diễn ra theo hướng ngược lại. Không khí nóng trong phòng cũng sẽ nguội dần. Đối với các tấm mẫu không chứa PCM, ta dùng các phương trình từ (1) đến (8) trong khi với các tấm mẫu có chứa PCM, các phương trình từ (1) đến (11) được sử dụng. Mô hình toán này được đưa vào áp dụng trong phần mềm mô phỏng Comsol Multiphysics với bước tính có thể điều chỉnh được một cách phù hợp để phép mô phỏng hội tụ. Kết quả thực nghiệm và mô phỏng được so sánh để kiểm chứng sự phù hợp của cơ chế mô phỏng và qua đó có thể đưa ra các dự đoán chính xác về hỗn hợp vật liệu mới.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khả năng chống thấm nước của hỗn hợp vữa mới



Hình 3. Thực nghiệm khả năng chống thấm của các mẫu (bằng bơm phun nước)



Hình 4. Thực nghiệm khả năng chống thấm của các mẫu (bằng cách ngâm nước)

Bảng 4. Độ hút ẩm của các mẫu hỗn hợp vữa

TT	Mẫu	Khối lượng mẫu khi khô (kg)	Khối lượng mẫu khi ướt (kg)	Tỷ lệ thấm ẩm (%)
1	Mẫu 13	10,44	11,250	7,76
2	Mẫu 14	10,44	11,210	7,37
3	Mẫu 15	10,44	11,169	6,98
4	Mẫu 16	10,44	11,129	6,59
5	Mẫu 17	10,44	11,050	5,84
6	Mẫu 18	10,44	10,820	3,64
7	Mẫu 19	10,44	10,461	0,20
8	Mẫu 20	10,44	10,460	0,19
9	Mẫu 3	10,44	10,457	0,16
10	Mẫu 7	10,44	10,456	0,15
11	Mẫu 11	10,44	10,455	0,14

Bảng 4 cho thấy hiệu quả chống thấm được thể hiện rõ khi thành phần phụ gia chống thấm được đưa vào hỗn hợp với mức độ thấm hút nước dưới 5,84% so với 7,76% đối với vữa thông thường. Tuy nhiên, ở

khoảng dưới 1% tỷ lệ phụ gia hiệu quả chống thấm tăng nhanh đáng kể nhưng lại tăng không đáng kể khi tỷ lệ chống thấm vượt trên 1%. Điều đáng chú ý là tỷ lệ hút nước của mẫu có vật liệu chống thấm có thể giảm đến mức khoảng 0,2%. Ở các mẫu không chứa chất phụ gia chống thấm thì tỷ lệ hút ẩm tùy thuộc vào hàm lượng vữa thường trong hỗn hợp do PCM là chất không thấm hút nước. Nói chung, chất phụ gia chống thấm cho chúng ta một gợi ý sáng tạo cho việc chống thấm nước từ bên ngoài vào tường và chống rò rỉ PCM từ trong vữa tường ra ngoài một cách rất hiệu quả.

3.2. Khả năng chịu lực của mẫu vữa mới

Bảng 5. Độ kết dính và hiệu quả tiết kiệm năng lượng của mẫu hỗn hợp vữa

TT	Mẫu	Độ chịu xuyên tuyệt đối (N/mm ²)	Độ chịu xuyên tương đối (%)	Tỷ lệ tiết kiệm năng lượng làm mát (%)
1	Mẫu 13	20	100%	0
2	Mẫu 14	19.4	97%	8,3
3	Mẫu 15	18.2	91%	15,7
4	Mẫu 16	16.4	82%	23,6
5	Mẫu 17	19.9	99.5%	0,1
6	Mẫu 18	19.6	98%	0,1
7	Mẫu 19	19	95%	0,2
8	Mẫu 20	18	90%	0,25
9	Mẫu 3	18.4	92%	8,2
10	Mẫu 7	16.6	83%	15,5
11	Mẫu 11	14.8	74%	23,1

Kết quả thực nghiệm cho thấy khi có thêm chất phụ gia chống thấm với tỷ lệ trộn (theo khối lượng) càng cao thì độ chịu xuyên (thể hiện mức độ đông kết và cứng vững của hỗn hợp vữa) có xu hướng giảm xuống. Với tỷ lệ phụ gia chống thấm là 0,1%, 0,5%, 1% và 2% thì mức độ chịu xuyên tương đối của hỗn hợp vữa trộn chống thấm so với vữa thường bị giảm tương ứng từ là 99.5%, 98%, 95% và 90%. Điều này cho thấy mức độ suy giảm khả năng chịu lực của hỗn hợp vữa có

chống thấm tỷ lệ thuận nhưng không tuyến tính với hàm lượng chất phụ gia chống thấm chứa bên trong nó. Mức độ và xu hướng suy giảm tương tự cũng được tìm thấy ở hỗn hợp vữa được trộn lẫn PCM. Khi tỷ lệ PCM được trộn vào vữa là 5%, 10% và 15% thì mức độ chịu xuyên tương đối của hỗn hợp vữa trộn PCM so với vữa thường bị giảm tương ứng sấp xỉ là 97%, 91% và 82%. Như vậy, càng nhiều PCM được trộn vào thì vữa sẽ có xu hướng càng bờ và độ đông kết kém hơn. Cộng hưởng của sự suy giảm sẽ mạnh nhất nếu trong hỗn hợp vữa có cả phụ gia chống thấm và PCM. Đây là nhược điểm của hỗn hợp vữa mới bên cạnh ưu điểm đáng kể về khả năng cản nhiệt của lớp vữa. Tuy nhiên, nhược điểm này sẽ không gây ảnh hưởng tiêu cực đáng kể nếu lượng phụ gia chống thấm và PCM được chọn vừa đủ.

3.3. Khả năng cản nhiệt và điều hòa nhiệt độ không khí bên trong nhà của hỗn hợp vữa mới

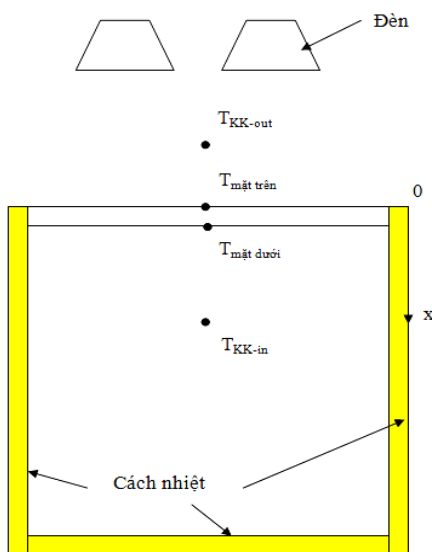
So sánh kết quả mô phỏng và thực nghiệm đối với hỗn hợp vữa có chứa PCMs. Mẫu chứa 1% vật liệu chống thấm và 15%PCM được thử nghiệm để so sánh với kết quả thực nghiệm như trên Hình 8. Quá trình được mô phỏng là quá trình làm nóng tấm mẫu với cường độ 1000W/m² với thời gian 1 giờ đồng hồ và sau đó lại giải phóng nhiệt ra ngoài trong vòng 1 giờ đồng hồ tiếp theo. Giữa đường cong tập hợp các điểm kết quả mô phỏng nói chung và các điểm giá trị thực nghiệm là có sự thống nhất cao về xu hướng biến thiên dòng nhiệt. Tuy nhiên, tồn tại một số điểm có những giá trị khác biệt.

Nguyên nhân có thể được liệt kê bao gồm sai số phát sinh khi ta tạm coi quá trình trao đổi nhiệt bên trong PCM chỉ là các dịch chuyển dần mặt thoáng phân cách giữa 2 phần rắn và lỏng của PCM. Và lớp phân cách này ở dạng vách phẳng 1D. Sai số phát sinh cũng có thể xuất phát từ việc ta giả định mô hình thực nghiệm không có tổn thất nhiệt qua vách ngăn. Tuy nhiên, trong thực tế thì tổn thất nhiệt thực sự diễn ra.

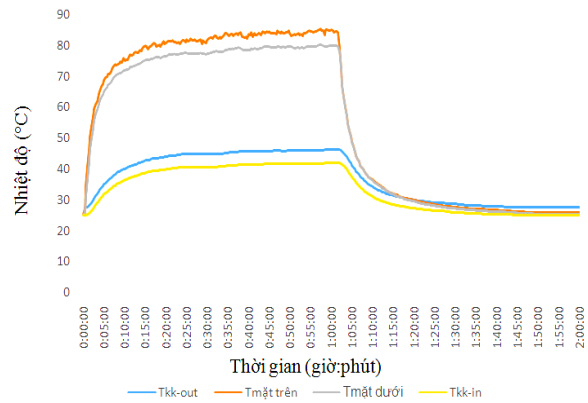
Kết quả thực nghiệm cho thấy ý tưởng về hỗn hợp vữa có PCM và chất phụ gia chống

thậm là hoàn toàn phù hợp thực tế ứng dụng, đem lại hiệu quả đồng thời giữa khả năng không chế dòng nhiệt truyền qua vách tường và chống thấm nước hoặc chống rò rỉ PCM.

Sự thống nhất của thông số thực nghiệm và mô phỏng cho phép chúng ta dự đoán trước các đặc tính của hỗn hợp vữa mới khi thay thế các loại vật liệu PCM với các giá trị ẩn nhiệt chuyển pha, nhiệt dung riêng và các thông số truyền dẫn nhiệt khác nhau. Rõ ràng nếu PCM có ẩn nhiệt chuyển pha và nhiệt dung riêng càng cao thì cùng một lượng PCM được trộn vào vữa sẽ giúp vách tường đó duy trì khả năng không chế dòng nhiệt lâu hơn và giữ nhiệt độ vách ở gần giá trị nhiệt độ nóng chảy của PCM. Bằng chứng là giá trị nhiệt độ bên trong phòng khi vách tường dùng vữa có chứa PCM tăng rất chậm so với mẫu tường không dùng PCM. Khả năng lưu nhiệt này giúp làm chậm quá trình truyền nhiệt từ mặt ngoài vào mặt trong của vách tường, nhưng cũng chính vì thế mà quá trình giải phóng nhiệt của vách tường vào môi trường diễn ra chậm hơn. Do yếu tố chu kỳ của nắng hàng ngày (chỉ có nắng vào ban ngày) và nhờ nhiệt độ thấp về chiều tối, người sử dụng được khuyến nghị mở cửa để lưu thông gió mát lúc chiều tối vào trong nhà, nhờ đó có thể hỗ trợ quá trình giải nhiệt cho vách tường để PCM trở lại trạng thái rắn cho chu kỳ làm việc của ngày tiếp theo.

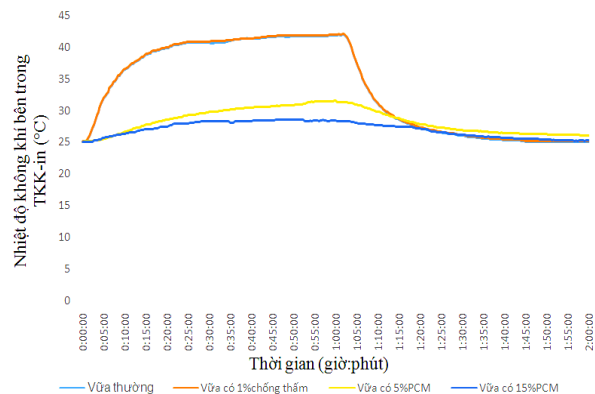


Hình 5. Sơ đồ cấu trúc hệ thống thực nghiệm đáp ứng nhiệt của mẫu vữa mới

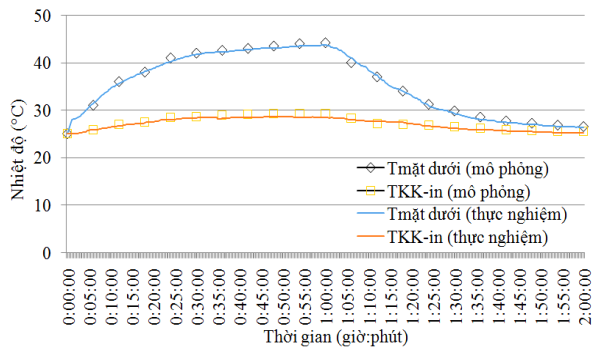


Hình 6. Các giá trị thực tế đo lường thực nghiệm tại các điểm

Tỷ lệ nhiệt lượng không mong muốn mà cấu trúc vữa mới giúp tiết kiệm được đối với các tỷ lệ PCM khác nhau được tổng hợp trong Bảng 5. Tỷ lệ này được tính bằng tỷ số giữa tổng mức năng lượng cần thiết để duy trì nhiệt độ không khí trong phòng ở 25°C và tổng nhiệt bức xạ mặt trời tới bề mặt ngoài của tường. Kết quả cho thấy cấu trúc vữa mới với tỷ lệ 15% PCM cho hiệu quả cản nhiệt lên đến 23,1% tổng mức nhiệt xuyên thấu qua tường so với vữa thông thường. Rõ ràng việc sử dụng PCM trộn trong hỗn hợp vữa đã đem lại hiệu quả cắt giảm dòng nhiệt không mong muốn xuyên qua tường vào bên trong nhà. Tuy nhiên, do chất lượng lớp vữa còn được quyết định bởi mức độ kết dính, tỷ lệ thành phần PCM không nên tăng quá mức. Gợi ý tỷ lệ tối đa của tác giả là 15% PCM.



Hình 7. Kết quả đo lường thực nghiệm nhiệt độ không khí bên trong phòng giả lập



Hình 8. So sánh kết quả mô phỏng và thực nghiệm

Khi giả định rằng vật liệu PCM được sử dụng có thể có các giá trị nhiệt độ nóng chảy khác nhau (trong khi ẩn nhiệt chuyển pha và nhiệt dung riêng không đổi). Hiệu quả cản nhiệt có xu hướng tăng khi nhiệt độ nóng chảy của PCM giảm về gần nhiệt độ môi trường (25°C) và ngược lại (Bảng 6). Đó là do khi nhiệt độ nóng chảy cao, tác dụng giữ nhiệt nhờ hiện tượng chuyển pha của PCM sẽ bị thu hẹp, đồng thời nhiệt độ tấm tường cao sẽ thúc đẩy mạnh hơn quá trình truyền nhiệt từ mặt tường ngoài vào không gian bên trong nhà. Khi nhiệt độ nóng chảy giảm về gần nhiệt độ môi trường, PCM sẽ tác động chuyển pha ngay từ nhiệt độ thấp do đó nhiệt độ tấm tường cũng sẽ được giữ thấp, kéo theo cường độ dòng nhiệt truyền từ mặt tường ngoài vào bên trong nhà thấp. Tuy nhiên, lúc này PCM bị hóa lỏng hoàn toàn trong thời gian ngắn hơn. Do vậy, cần gia tăng thêm lượng PCM hoặc phải chế tạo được PCM có ẩn nhiệt lớn hơn.

Bảng 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ nóng chảy của PCM lên hiệu quả cản nhiệt

Mẫu vữa	Nhiệt độ nóng chảy của PCM ($^{\circ}\text{C}$)	Thời gian nóng chảy (phút)	Tỷ lệ cản nhiệt (%)
Mẫu 11	30	39	28,4
Mẫu 11	39	56	23,1
Mẫu 11	45	69	16,3

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất một kiểu hỗn hợp mới cho vữa tường nhà bao gồm vữa (cát và xi măng) thông thường trộn với chất phụ gia chống thấm và PCM, có khả năng cách nhiệt vượt trội, đồng thời chống thấm nước và chống rò rỉ PCM tốt. Đây là cơ chế "chống thấm 2 chiều" vì mục đích sử dụng chất chống thấm vừa là để nước không ngấm vào tường nhưng cũng vừa là để chống PCM hóa lỏng bị rỉ ra ngoài mặt tường khi chuyển pha. Với hàm lượng 1% chất phụ gia chống thấm và 15% PCM trộn lẫn, độ cứng vững của hỗn hợp vữa mới vẫn đảm bảo độ kết dính cần thiết nhưng ngăn cản hữu hiệu dòng nhiệt xâm nhập, giúp giảm thiểu được 23,1% tổng nhiệt lượng xâm nhập vào trong nhà qua vách tường. Nói chung, khi lượng PCM càng nhiều thì quá trình ổn định nhiệt độ càng dài hơn nhưng lại làm chất lượng kết dính vữa bị suy giảm (bị bỏ). Chất chống thấm càng nhiều có thể càng chống thấm tốt hơn nhưng hàm lượng không nên vượt quá 1% khối lượng vì khi nhiều hơn tỷ lệ này cũng không đem lại hiệu quả chống thấm thấp hơn 0,2% một cách đáng kể. Mẫu hỗn hợp vữa mới có khả năng ứng dụng trong thực tế xây dựng và hứa hẹn góp phần ổn định tốt hơn dòng nhiệt qua vách tường, giảm tổn thất năng lượng cho mục đích điều hòa nhiệt độ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A new design of metal-sheet cool roof using PCM, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013, Pages 42-50 (2013).
- [2] H. Suehrcke, E.L. Peterson and N. Selby, submitted to Journal of Energy and Buildings (2008).

- [3] Information on <http://www.solarelectricalvehicles.com/>
- [4] Information on http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_vehicle
- [5] Information on <http://www.thinksolarenergy.net/121/solar-power-in-cars/solar-energy-solarsystem/>
- [6] J. Han, L. Lu and H.X. Yang, submitted to Journal of Applied Thermal Engineering (2009).
- [7] A. Sharma, V.V. Tyagi, C.R. Chen and D. Buddhi, submitted to Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews (2009).
- [8] B. Frank: Phase change material for space heating and cooling, Sustainable Energy Center: University of South Australia (2002).
- [9] A. Athienities and Y. Chen, submitted to Journal of Solar Energy (2000).
- [10] K.P. Lin, Y.P. Zhang, X. Xu, H.F. Di, R. Yang and P.H. Qin, submitted to Journal of Buildings and Environment (2004).
- [11] K. Nagano, T. Mochida, K. Iwata, H. Hiroyoshi, R. Domanski and M. Rebow, in: Benner M, Hahne EWP, editors, 8th International Conference on Thermal Energy Storage (2000).
- [12] V. Voller, M. Cross, N. Markatos, An enthalpy method for convection/diffusion phase change, International Journal of Numerical Methods for Engineering 24 (1987) 271–284.
- [13] A. Brent, V. Voller, K. Reid, Enthalpy-porosity technique for modeling convection–diffusion phase change: application to the melting of a pure metal, Numerical Heat Transfer, Part A 13 (1988) 297–318.
- [14] G.N. Tiwari, Solar Energy - Fundamentals, Design, Modelling and Applications, Narosa Publishing House, Inida, 2002, Page 504.
- [15] C. Hirt, B. Nichols, Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries, Journal of Computational Physics 39 (1981) 201.
- [16] W. Humphries, E. Griggs, A design handbook for phase change thermal control and energy storage devices, Tech. Rep., 1074NASA Scientific and Technical Information Office, 1977.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết

Nguyễn Vũ Luân

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

Email: lannv@hcmute.edu.vn