

# CÔNG NGHỆ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG TẤM LỢP AMIĂNG XI MĂNG BẰNG CÁCH SỬ DỤNG PHỤ GIA PHỨC HỢP TỪ NGUỒN THẢI CÔNG NGHIỆP THAY THẾ XI MĂNG

Nikolay Muzichenko, Luu Thi Hong<sup>1</sup>, Roman Kotelenko

<sup>1</sup>Viện Vật liệu xây dựng (VIBM)

Nhận ngày 19/04/2021, thẩm định ngày 28/4/2021, chỉnh sửa ngày 11/05/2021, chấp nhận đăng 27/05/2021

## Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tấm amiăng xi măng được sản xuất với lượng xi măng được giảm 20 đến 50 % và được thay thế bằng phụ gia phức hợp với quy mô phòng thí nghiệm và tại cơ sở sản xuất. Kết quả các thông số vật lý và kỹ thuật của sản phẩm thử nghiệm được so sánh với sản phẩm thông thường hiện có được sản xuất tại Việt Nam và Nga. Mục đích của nghiên cứu là kiểm tra lý thuyết về khả năng thay thế xi măng trong tấm amiăng xi măng bằng phụ gia phức hợp mà không làm giảm chất lượng của sản phẩm. Trong điều kiện phòng thí nghiệm, các mẫu được sản xuất với tỷ lệ phụ gia phức hợp thay thế xi măng là 20 % và 50 % sau đó được kiểm định tại phòng thí nghiệm Viện Vật liệu xây dựng (VIBM). Với kết quả thí nghiệm khả quan, sản phẩm được thử nghiệm công nghiệp tại nhà máy ở Việt Nam. Trong điều kiện sản xuất liên tục và không thay đổi các thông số kỹ thuật, phụ gia phức hợp được thay thế xi măng cho đến khi đạt tỷ lệ 20 % và được lấy 5 mẫu tại 5 thời điểm khác nhau. Các chỉ tiêu cơ lý của tất cả mẫu tấm amiăng xi măng với hàm lượng phụ gia phức hợp khác nhau đều lớn hơn chỉ tiêu của tấm amiăng xi măng thông thường đối chứng. Cường độ mẫu có phụ gia phức hợp thay thế lớn hơn so với cường độ của mẫu đối chứng là từ 8,5 % đến 41,3 % ở tuổi 8 ngày dưỡng hộ và từ 3,4 % đến 31,4 % ở tuổi 14 ngày dưỡng hộ. Khối lượng riêng của mẫu có hỗn hợp phụ gia cũng cao hơn so với mẫu đối chứng. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng tiếp tục giảm lượng xi măng mà không làm giảm chất lượng sản phẩm, không tăng lượng sợi amiăng và giúp giảm đáng kể chi phí sản xuất.

**Từ khóa:** *tấm amiăng xi măng, phụ gia phức hợp, giảm xi măng, sử dụng vật liệu thải công nghiệp.*

## Abstract

The article presents the results of laboratory and industrial tests of asbestos-cement sheets produced with a reduced amount of cement by 20, 50 %, which was replaced by complex mineral additives. The test results have been compared the physical and technical parameters of the resulting product with ordinary market products manufactured in both Vietnam and Russia. The aim of the research was to test the theory of the possibility of replacing cement in asbestos-cement sheets with complex mineral additives without losing the quality of the final products. In the laboratory conditions, several series of samples were produced with different ratiocomplex mineral additives to cement from 20 % to 50 %. All the samples were later tested at Vietnamese Institute for Building Materials (VIBM) laboratories. After obtaining positive laboratory results, industrial tests were carried out at one of the factories in Vietnam. In production conditions, without stopping the machine and without changing its parameters, 20 % of the cement has been replaced with mineral powder in five consecutive mixtures. The physical and mechanical properties of all samples of asbestos-cement sheets with different amounts of complex mineral additives exceed those of the control asbestos-cement sheets. The exceeding strength of samples with a complex mineral additive relative to the strength of control samples was from 8.5 % to 41.3 % on curing eighth days and from 3.4 % to 31.4 % on curingfourteenth days. The true density of samples with a complex additive is also higher than that of control samples. The theory of replacing a part of the cement with complex mineral additives in the production of asbestos-cement sheets has been experimentally tested. In real production conditions, when 20 % of cement is replaced by a complex additive, all physical and mechanical products of the manufactured products exceed the control samples. This opens up the possibility of further reducing the amount of cement without losing product quality and without increasing the amount of asbestos fiber. It shall bring a significant reduction in production costs will be achieved.

**Keywords:** *asbestos-cement sheets, complex additives, reducing cement, using industrial waste materials.*

## Tổng quan

Sản xuất tấm amiăng-xi măng ở Việt Nam chiếm một vị trí quan trọng trong ngành công nghiệp sản xuất vật liệu lợp. Theo nghiên cứu [1] Việt Nam có 32 nhà máy sản xuất tấm xi măng amiăng với 48 dây chuyền sản xuất có công suất thiết kế 94,4 triệu mét vuông mỗi năm. Như trong tháng 9 năm 2020 thị trường tiêu thụ khoảng 36808145 m<sup>2</sup> tấm xi măng amiăng [7]. Lượng tiêu thụ tấm

sợi amiăng xi măng trên thế giới cũng gia tăng hàng năm. Ở Nga, nước đứng đầu thế giới về xuất khẩu sợi amiăng, sản lượng xuất khẩu có sự tăng trưởng ổn định, từ năm 2015 đến 2019 sản lượng xuất khẩu sợi amiăng tăng 23,7 % [2]. Nghiên cứu [1] phân tích về việc sản xuất các sản phẩm tấm không chứa amiăng ở Trung Quốc cho thấy rằng sản lượng tấm xi măng amiăng không giảm trong vài năm. Phân tích thông tin do [1] đưa ra, cũng như dữ liệu

thống kê sản lượng của các quốc gia khác như Thái Lan, Ấn Độ, v.v., chúng ta có thể kết luận rằng thị trường tấm lợp xi măng amiăng hiện vẫn đang có tiềm năng và tiếp tục phát triển trong tương lai.

Tuy nhiên, trong nhiều năm trên thế giới đã thảo luận về sự nguy hiểm của sợi amiăng đối với sức khỏe cộng đồng mà vẫn chưa có kết luận rõ ràng. Chính phủ nhiều nước, trong đó có Việt Nam rất quan tâm đến vấn đề này cũng như có nhiều nỗ lực nghiên cứu để nếu không thể loại bỏ hoàn toàn thì có thể giảm một phần lượng amiăng trong các sản phẩm liên quan. Các vật liệu tương tự như tấm xi măng amiăng mà không sử dụng amiăng đã được nghiên cứu sản xuất tuy nhiên vẫn chưa thể có được loại vật liệu nào tốt hơn tấm amiăng xi măng xét về thông số kỹ thuật, công nghệ và chỉ tiêu kinh tế.

Do vậy với các ưu thế vượt trội, việc sử dụng amiăng vẫn còn phù hợp ở cả Việt Nam và trên thế giới. Đồng thời, việc tối ưu hóa công nghệ sản xuất và giảm giá thành mà không làm suy giảm các đặc tính kỹ thuật của sản phẩm tấm lợp vẫn rất cấp thiết. Có 3 phương pháp nâng cao chất lượng sản phẩm tấm lợp mà không cần cải tiến dây chuyền sản xuất (hoặc chỉ một phần nhỏ):

- Cách thứ nhất: thay thế hoàn toàn sợi amiăng bằng các loại sợi khác (cả nhân tạo và tự nhiên) hoặc hỗn hợp các sợi khác.
- Cách thứ hai: thay thế một phần sợi amiăng bằng các loại sợi khác (cả nhân tạo và tự nhiên) hoặc hỗn hợp các sợi khác.
- Cách thứ ba là tăng cường độ của hồ xi măng của tấm, đồng thời duy trì hoặc cải thiện các thông số cần thiết khác và sau đó tối ưu hóa số lượng và loại sợi.

Cách thứ nhất và cách thứ hai đã được nghiên cứu từ lâu [1]. Các nhà khoa học ở Việt Nam đã nghiên cứu khả năng thay thế sợi amiăng (hoặc một phần sợi amiăng) bằng các loại sợi khác (hoặc hỗn hợp các sợi khác). Sự kết hợp tối ưu của các loại sợi được sử dụng để thay thế sợi amiăng cho thấy hiệu quả nhất định. Các thông số cường độ của các mẫu thu được gần như tương đương với các thông số cường độ của tấm xi măng amiăng được sản xuất theo công nghệ truyền thống mà không cần thay thế hoặc cải tiến đáng kể bộ phận máy móc dây chuyền. Tuy nhiên, các chỉ số kinh tế của sản xuất không khả quan và khả năng tiếp cận hạn chế của một số loại sợi hiện không cho phép sử dụng kết quả của các nghiên cứu đó [1].

Cách thứ ba thực tế ít được sử dụng. Có thể sử dụng các loại xi măng đặc biệt, nhưng cũng không khả quan vì ngành công nghiệp xi măng không thể sản xuất các loại xi măng đặc biệt dành riêng cho sản xuất tấm xi măng sợi, bởi lượng xi măng tiêu thụ của amiăng xi măng chiếm tỷ lệ rất nhỏ trong tổng lượng xi măng tiêu thụ.

Nghiên cứu trong bài báo đề xuất cách thay thế một lượng xi măng nhất định trong hỗn hợp tấm amiăng xi măng bằng hỗn hợp phụ gia đặc biệt và sử dụng phụ gia hóa học - Phụ gia phức hợp (ký hiệu CA) mà không làm thay đổi chất lượng, công nghệ và còn giảm giá thành sản xuất tấm xi măng amiăng.

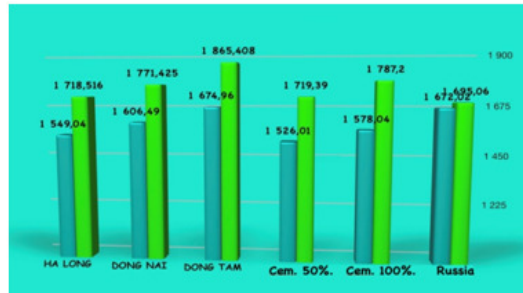
**Kết quả thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và tại nhà máy**

**Phần 1. Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm**

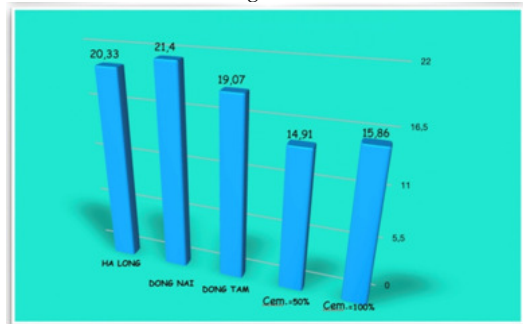
Thí nghiệm được tiến hành trên cơ sở TCVN 4435: 2000 với các mẫu có kích thước 30 x 30 cm dày 5,5 mm dựa trên thành phần nguyên liệu tấm lợp của nhà máy tấm lợp Đồng Nai. Trong mỗi loại mẫu, lượng xi măng được thay thế bằng phụ gia phức hợp (CA) như sau:

- Mẫu 1: Lượng xi măng là 100 % và CA là 0 %;
- Mẫu 2: Lượng xi măng là 80 % và CA là 20 %;
- Mẫu 3: Lượng xi măng là 50 % và CA là 50 %.

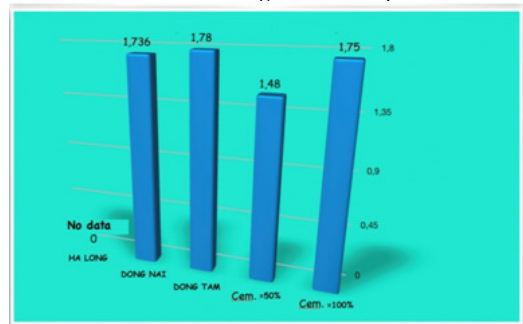
Ngoài ra các mẫu tấm lợp sản xuất tại công ty Hạ Long, Đồng Tâm, Đồng Nai và Nga được sử dụng để so sánh như mẫu đối chứng với mẫu trong phòng thí nghiệm. Độ tương thích của xi măng, bột và phụ gia phức hợp được xác định trước để mẫu thí nghiệm đạt được độ lưu biến tối ưu (bằng các thông số vật lý và hóa học). Các mẫu tấm lợp được xác định các đặc tính quan trọng như: Cường độ uốn, khối lượng riêng và độ hút nước. Kết quả thử nghiệm của các mẫu được thể hiện trên Hình 1, 2, 3.



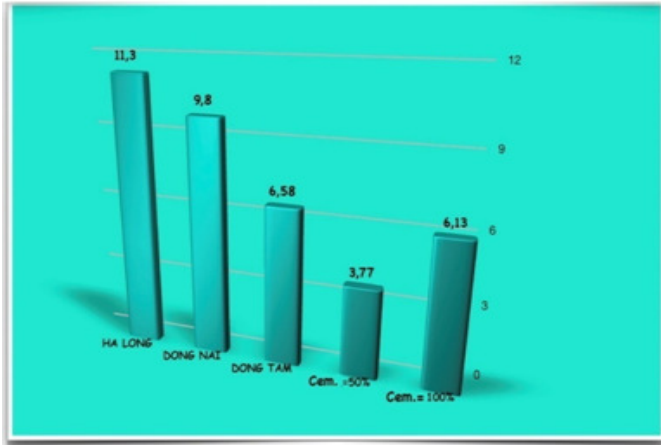
**Hình 1.** Khối lượng riêng biểu kiến và khối lượng riêng tuyệt đối, kg/m<sup>3</sup>.



**Hình 2.** Cường độ uốn, Mpa.



**Hình 3.** Cường độ va đập, kJ/sqm.



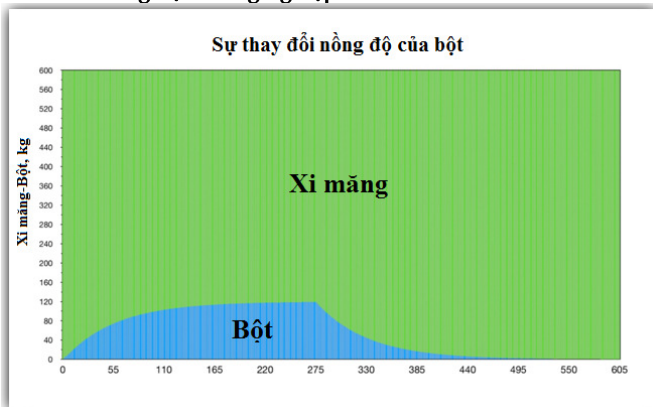
Hình 4. Độ hút nước, %.

Đồ thị (Hình 1) cho thấy sự khác biệt giữa khối lượng riêng biểu kiến và khối lượng riêng tuyệt đối của các mẫu. Ta có thể thấy mẫu của Nga có sự khác biệt nhỏ nhất, các mẫu khác (cả nhà máy và mẫu thử nghiệm) có sự chênh lệch rõ rệt hai số liệu trên. Điều này có được là bởi vì nguyên liệu đầu vào của Nga có chất lượng cao và càng được khẳng định qua các thông số chất lượng khác. Cường độ uốn của các mẫu thí nghiệm 100 % xi măng và 50 % xi măng chỉ chênh lệch 6 % (Hình 2). Đồng thời, tất cả các mẫu sản xuất tại nhà máy đều có thông số này cao hơn đáng kể. Một sự khác biệt nhỏ về cường độ uốn của các mẫu (6 %) cho thấy rằng việc giảm lượng xi măng trong hỗn hợp không có tác động lớn đến thông số này.

Theo biểu đồ cường độ va đập (Hình 3) và biểu đồ độ hút nước (Hình 4), ta thấy cường độ va đập của mẫu có hàm lượng xi măng là 50 % kém hơn các mẫu còn lại không đáng kể tuy nhiên đặc tính rất quan trọng là độ hút nước - mẫu có hàm lượng xi măng là 50 % có giá trị nhỏ nhất.

Dựa trên kết quả thử nghiệm có thể đưa đến kết luận rằng việc thay thế 50 % xi măng bằng CA trong phòng thí nghiệm không làm thay đổi đáng kể các thông số của mẫu. Điều này cho phép tiến hành bước tiếp theo - thử nghiệm sản xuất mẫu trên dây chuyền nhà máy.

**Phần 2. Thử nghiệm công nghiệp**



Hình 5. Thay đổi nồng độ CA trong quá trình trộn.

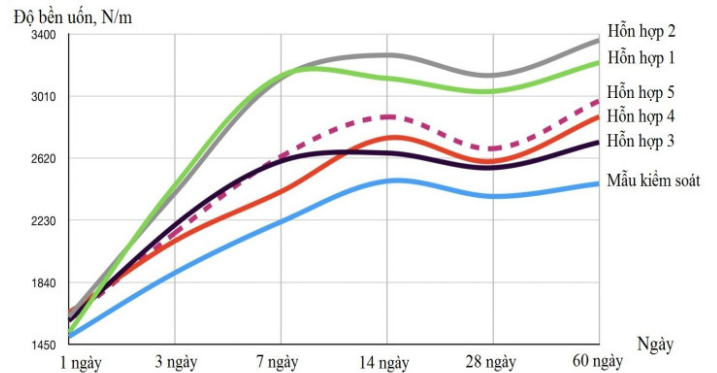
Trong điều kiện sản xuất, không dừng máy và không thay đổi các thông số của nó, 20 % xi măng đã được thay thế bằng CA khoáng trong sáu hỗn hợp liên tục. Trong điều kiện này, nồng độ của CA trong thành phẩm tăng dần từ 0 % đến tối đa 20 %, và sau lần trộn thứ 5, nồng độ của CA giảm dần từ tối đa (20 %) đến 0 %.

Như thể hiện trong đồ thị (Hình 5), sự gia tăng nồng độ CA lên tron tru từ 0 đến tối đa (20 % lượng xi măng). Sau đợt thứ năm, khi ngừng bổ sung CA, nồng độ của nó cũng giảm dần về không. 6 loạt mẫu đã được gửi để thử nghiệm:

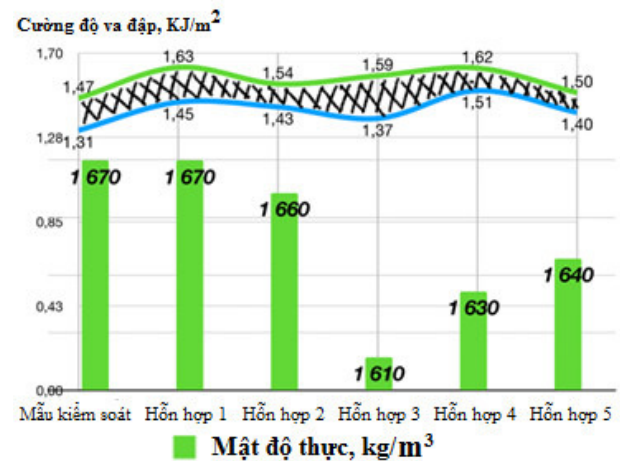
Dòng điều khiển - một loạt các mẫu được sản xuất bằng công nghệ hiện tại. 2 - 5 loạt mẫu với thành phần hỗn hợp đã được điều chỉnh để trong mỗi lần bơm tiếp theo sau lần bơm đầu tiên, khi chuẩn bị hỗn dịch xi măng, 20 % xi măng được thay thế bằng thành phần bột khoáng được chuẩn bị đặc biệt.

Như vậy, nồng độ xi măng giảm dần từ mức tối đa xuống còn 80 % nồng độ ban đầu. Tất cả các mẫu đã được kiểm nghiệm bởi các chuyên gia của Viện Vật liệu Xây dựng (VIBM).

Kết quả thử nghiệm được thể hiện trong hình 6, 7, 8:



Hình 6. Cường độ uốn của tấm, Mpa.

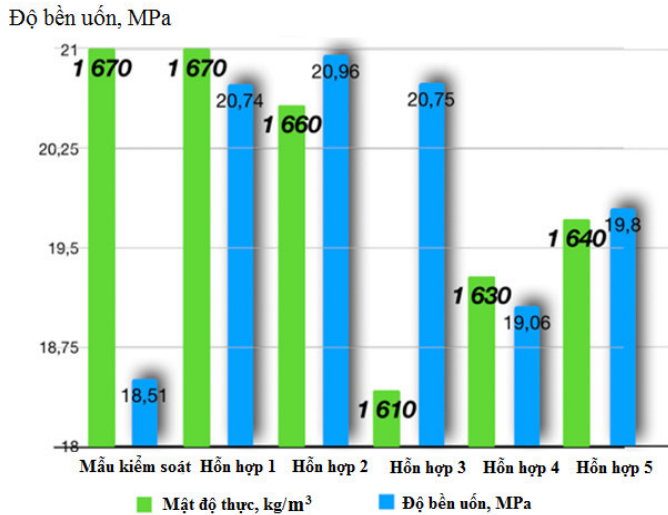


Hình 7. Cường độ va đập của tấm, KJ/m<sup>2</sup>. Mật độ thực, kg/m<sup>3</sup>.

Mức độ tin cậy.

Qua nghiên cứu có thể rút ra các nhận xét như sau:

- Tất cả các thông số đặc tính của các mẫu có gần tương tự nhau, trên biểu đồ có dạng là đường cong liên tục không có điểm ngắt và bước nhảy (cả dương và âm) cho thấy độ tin cậy cao của dữ liệu thu được.



**Hình 8.** Khối lượng riêng và độ bền uốn của mẫu, Mpa.

- Trong quá trình thử nghiệm tại nhà máy với quy trình sản xuất liên tục, kết quả đánh giá cường độ (hình 6, 7, 8), cho thấy rằng cường độ của tất cả các mẫu sử dụng CA đều cao hơn cường độ của mẫu đối chứng. Cường độ của các mẫu có phụ gia CA lớn hơn so với mẫu đối chứng từ 8,5 % đến 41,3 % ở tuổi 7 ngày và từ 3,4 % đến 31,4 % ở tuổi 14 ngày. Có thể thấy rõ sự phụ thuộc của cường độ vào nồng độ phụ gia phức hợp, cho thấy có sự tồn tại của nồng độ tối ưu nhất định của phụ gia quyết định cường độ tối đa của sản phẩm.

Thử nghiệm va đập được thể hiện trên biểu đồ cường độ va đập (hình 7) cho thấy cường độ va đập của các mẫu đối chứng nhỏ hơn cường độ va đập của tất cả các mẫu có CA. Kết quả kiểm tra va đập đã được xử lý bằng phương pháp thống kê để loại trừ ảnh hưởng của các giá trị quá thấp và quá cao vượt khỏi giá trị trung bình, đảm bảo khoảng tin cậy của các giá trị thử nghiệm.

Căn cứ vào kết quả thử nghiệm rõ ràng rằng tất cả các mẫu có CA cho các thông số đặc tính cao hơn đáng kể so với các mẫu đối chứng. Bên cạnh đó, kết hợp biểu đồ cường độ với biểu đồ khối lượng riêng cho thấy với tỷ lệ CA nhất định thì khối lượng riêng của mẫu là tối thiểu. Đồng thời, các chỉ số cường độ giảm không đáng kể, xi măng giảm nhưng tỷ lệ cường độ trên mật độ tăng lên, cho thấy cấu trúc của xi măng amiăng tương ứng có độ bền cao nhất, điều này được khẳng định qua số liệu thu được trong phòng thí nghiệm. Phân tích sâu hơn kết quả và quá trình thí nghiệm cho thấy rằng việc tối ưu hóa thành phần khoáng vật, hóa học và kích thước hạt của CA, và thành phần hỗn hợp đối với thiết bị trong sản xuất tấm xi măng amiăng:

- Giảm lượng xi măng trong hỗn hợp thêm 15-20 % (có nghĩa là tổng hàm lượng xi măng giảm 35-40 % so với hàm lượng xi măng hiện hành);

- Để tăng (trong trường hợp xấu nhất, tránh giảm) các đặc tính bền của vật liệu.

Nếu lượng chất xơ sẽ được tăng lên 5-10 % so với hàm lượng hiện tại, thì các chỉ số độ bền của sản phẩm sẽ được đảm bảo

vượt quá (so với hiện tại). Do đó, trong quá trình thử nghiệm tại nhà máy, một lĩnh vực khả năng đã được mở ra để tối ưu hóa thành phần của hỗn hợp với mục đích sản xuất vật liệu, tùy thuộc vào nhu cầu của nhà sản xuất và yêu cầu của thị trường:

- Có thể giảm lượng xi măng trong hỗn hợp mà không làm giảm chất lượng và không làm tăng lượng amiăng. Trong trường hợp này, chi phí sản xuất của vật liệu được giảm xuống bằng sự chênh lệch giữa chi phí xi măng và CA.

- Nếu cần cải thiện các thông số sản phẩm, có thể tăng lượng amiăng trong hỗn hợp. Đồng thời, chi phí sản xuất của vật liệu sẽ không thay đổi so với hiện tại.

- Có thể thay thế một phần amiăng trong hỗn hợp bằng một loại sợi rẻ hơn: xenlulo hoặc các loại sợi khác.

- Có một số khả năng bổ sung để tối ưu hóa, ví dụ, tạo ra một loại xi măng đặc biệt để sản xuất tấm xi măng amiăng, ban đầu sẽ chứa một lượng clinker cần thiết và các thành phần bột và phụ gia hóa học được lựa chọn đặc biệt. Giá xi măng như vậy có thể rẻ hơn đến 15 % so với hiện tại, điều này sẽ làm giảm giá thành sản xuất.

Do đó, công việc thay đổi công nghệ hiện tại nên được cấu trúc như sau:

1. Thí nghiệm phải được thực hiện trong ít nhất hai nhà máy.
2. Thời gian của thí nghiệm cho phép chúng ta làm việc ít nhất 10 hỗn hợp với CA (tốt hơn là một hoặc hai ca liên tiếp).

3. Các mẫu đối chứng nên được chọn như sau:

A) Trước khi tải CA.

B) Trong thời gian thí nghiệm định kỳ theo chu kỳ, sẽ được tính toán cụ thể cho từng máy.

C) Trong một vài lần trộn sau khi quá trình tải CA dừng lại. Một số hỗn hợp được xác định bằng cách tính toán cho một máy nhất định và cho một nồng độ CA nhất định.

4. Trước khi thử nghiệm, cần có các phép đo trong phòng thí nghiệm về nồng độ và độ nhớt của các mẫu huyền phù được lấy tại các điểm khác nhau của dòng quá trình.

5. Trong quá trình thử nghiệm, cần phải thực hiện các phép đo thường xuyên trong phòng thí nghiệm về nồng độ và độ nhớt của huyền phù.

6. Phòng thí nghiệm cần thiết làm việc để xác định nồng độ tối ưu và loại phụ gia hóa học được sử dụng.

7. Công việc trong phòng thí nghiệm được yêu cầu để xác định thành phần khoáng chất, hạt và hóa học tối ưu của CA và khả năng tương thích của CA với xi măng hiện tại.

8. Công việc trong phòng thí nghiệm được yêu cầu để tối ưu hóa nồng độ của huyền phù trong khi vẫn duy trì độ nhớt cho một loại máy cụ thể.

9. Tất cả các công việc đều rất mong muốn được thực hiện ở miền Bắc Việt Nam, nơi tập trung nhiều nhà máy và cơ sở nguyên liệu thô giúp bạn dễ dàng lựa chọn các thành phần khoáng sản rẻ nhất của CA.

### Phần 3: Hiệu quả kinh tế được đánh giá từ thử nghiệm

Dựa trên kết quả thử nghiệm, có thể xây dựng một mô hình kinh tế đơn giản sử dụng dữ liệu sản xuất của năm 2019 (sản lượng



trung bình sản phẩm. giá nguyên vật liệu hiện tại...) cho phép đánh giá hiệu quả kinh tế của việc thay thế một phần xi măng bằng CA. Qua đó có thể rút ra kết luận như sau:

1. Khi thay thế 20 % xi măng bằng CA trong thành phần tấm xi măng amiăng các chỉ số chất lượng của sản phẩm vẫn giữ nguyên và có thể tiết kiệm hơn 1500000 USD hàng năm cho 25 nhà máy sản xuất.

2. Thay thế 20 % xi măng bằng CA trong khi tăng một lượng amiăng trong hỗn hợp thì tất cả các thông số chất lượng tương đương mẫu đối chứng cho phép chúng tôi tiết kiệm tổng cộng hàng năm hơn 700000 USD cho 25 nhà máy trong ngành.

3. Thay thế 20 % xi măng bằng CA trong khi giảm lượng amiăng và tăng số lượng các loại sợi khác (xenlulo và sợi nhân tạo) cho phép tăng 5-10 % chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên cần phải nâng cấp thiết bị trong nhà máy.

4. Việc sử dụng một loại xi măng đặc biệt có chứa phụ gia CA sẽ cho phép tăng chất lượng sản phẩm lên 10-15 % mà không cần tăng hàm lượng sợi trong thành phần tấm lợp sẽ nhận được tổng tiết kiệm hàng năm hơn 1000000 USD cho 25 nhà máy.

5. Trong tương lai có thể thay thế từ 25-50 % phụ gia cho xi măng mà không làm giảm chất lượng của sản phẩm tấm lợp, tuy nhiên mức phụ gia này cần thử nghiệm thực tế.

**Các tác giả chân thành cảm ơn FM Trading đã hỗ trợ thực hiện thử nghiệm này.**

#### **Tài liệu viện dẫn:**

- [1] Nguyễn Văn Huỳnh và các công tác viên: "Nghiên cứu thay thế sợi amiăng bằng các sợi khác trong tấm lợp xi măng amiăng", Viện Vật Liệu Xây dựng, 2019.
- [2] TCVN 4435: 2000 "Tấm sóng amiăng xi măng - Phương pháp thử". Hanoi, 2000
- [3] "Asbestos and other natural mineral fibers" Joint publication of the UN Environment Program. Geneva, 1991
- [4] GOST 8747-88 "Asbestos-cement sheet products". Test methods. Moscow, 1988
- [5] <https://www.eastrussia.ru/material/v-chisle-liderov-rossiya-pokazala-uverenyy-rost-eksporta-stroitelnykh-materialov/>
- [6] Toolkit, Veliky Novgorod: "Solutions. Calculation of compositions. Dilution, mixing. Concentration of solutions. Calculation of the composition and characteristics of solid materials", 2006
- [7] Report of Roofing Association of September 2020