

Nghiên cứu ảnh hưởng của hỗn hợp diethyl glycol và diethanolisopropanolamine đến quá trình nghiền và một số tính chất của xi măng pooc lăng

Nguyễn Dương Định^{1*}, Bùi Thị Hằng¹

¹ Đại học Bách khoa Hà Nội

TỪ KHOẢ

DEIPA
DEG
Phụ gia trợ nghiền
Xi măng Pooc lăng
Tính chất

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là so sánh ảnh hưởng của hỗn hợp diethyl glycol (DEG) và diethanolisopropanolamine (DEIPA) với khi sử dụng từng phụ gia này riêng lẻ tới quá trình nghiền và một số tính chất của xi măng Pooc lăng. Hàm lượng phụ gia trợ nghiền là 0,01 % DEG và hỗn hợp (0,005% DEG + 0,005% DEIPA). Các tính chất được khảo sát bao gồm: thời gian nghiền, phân bố kích thước hạt, nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết, và cường độ nén ở 1, 3, 7, 28 ngày tuổi. Kết quả nghiên cứu này được so sánh với kết quả nghiên cứu 0,01 % DEIPA thuộc nghiên cứu trước của tác giả. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng hỗn hợp phụ gia tăng hiệu suất nghiền tốt hơn so với các mẫu sử dụng phụ gia đơn lẻ; mẫu DEG cải thiện ít nhất. Mẫu hỗn hợp phụ gia có tỷ lệ hạt mịn ít hơn và tỷ lệ hạt thô cao hơn các mẫu sử dụng phụ gia đơn lẻ; mẫu DEG có tỷ lệ hạt mịn cao nhất và tỷ lệ hạt thô thấp nhất. Lượng nước tiêu chuẩn của các mẫu có phụ gia trợ nghiền không khác nhau nhiều, đều cao hơn mẫu đối chứng khoảng 0,5 %. Sự khác biệt thời gian đông kết giữa các mẫu không nhiều, đều đáp ứng yêu cầu TCVN 2682:2020. Mẫu xi măng nghiền chung với hỗn hợp phụ gia cải thiện cường độ tuổi sớm và muộn ít hơn so với khi dùng riêng từng phụ gia; mẫu xi măng nghiền chung với DEG cải thiện cường độ tốt nhất.

KEYWORDS

DEIPA
DEG
Grinding aid
Portland cement
Properties

ABSTRACT

The objective of this study is to compare the effects of a mixture of diethyl glycol (DEG) and diethanolisopropanolamine (DEIPA) with using each of these additives individually on the grinding process and some properties of Portland cement. Grinding aid additive contents were 0.01% DEG and mixture (0.005% DEG + 0.005% DEIPA). The properties investigated included: grinding time, particle size distribution, water of consistency, setting time, and compressive strength at 1, 3, 7, 28 days of age. The results of this study were compared with the results of 0.01% DEIPA in the author's previous study. Research results show that using the mixture of additives increased grinding performance better than using individual additives; DEG samples improved the least. Mixed additives samples had lower proportions of fine particles and higher proportions of coarse particles than samples using individual additives; The DEG sample had the highest proportions of fine particles and the lowest proportions of coarse particles. The water of consistency of samples with grinding aids was not much different, all were about 0.5% higher than the reference sample. The difference in setting time between samples was not much, they all meet the requirements of TCVN 2682:2020. Cement samples ground together with the additive mixture improved the early and late strength less than when each additive was used separately; cement samples ground together with DEG had the best strength improvement.

1. Giới thiệu

Sản xuất xi măng là ngành công nghiệp tiêu tốn nhiều năng lượng. Công đoạn nghiền xi măng chiếm tỷ lệ lớn năng lượng trong quá trình sản xuất xi măng [1]. Để giảm năng lượng tiêu tốn, phụ gia trợ nghiền được sử dụng phổ biến ở các nhà máy do nó giúp tăng hiệu suất nghiền và giảm thời gian nghiền [2]. Trong quá trình nghiền, phụ gia trợ nghiền hấp phụ lên bề mặt mới được tạo ra do đứt gãy các liên kết tinh thể giữa Ca-O, Si-O, và Al-O trên bề mặt các hạt [3]. Nó giúp trung hòa điện tích trên bề mặt và

ngăn cản sự hàn gắn của các vết nứt và sự kết tụ của các hạt xi măng, bám dính của các hạt xi măng lên bề mặt bị nghiền và lớp lót máy nghiền. Nhờ đó, nó làm tăng hiệu suất quá trình nghiền.

Các nhóm phụ gia trợ nghiền thường được sử dụng gồm: amin, glycol, và axit cacboxylic. Khả năng trợ nghiền chịu ảnh hưởng bởi loại và hàm lượng phụ gia trợ nghiền sử dụng và loại xi măng. Phụ gia trợ nghiền gốc amin có khả năng ngăn cản kết tụ của các hạt xi măng tốt hơn dòng glycol [4, 5]. Phụ gia trợ nghiền có khối lượng phân tử cao có khả năng trợ nghiền tốt hơn [6]. Số lượng nhóm phân cực của phụ gia có vai trò

*Liên hệ tác giả: dinh.nguyenduong@hust.edu.vn

Nhận ngày 05/06/2024, sửa xong ngày 08/07/2024, chấp nhận đăng ngày 11/07/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2024.729>

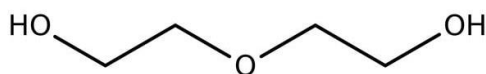
quan trọng tới sự hấp phụ lên hạt xi măng, phụ gia chứa ít nhóm phân cực sẽ cần nhiều hơn số lượng phân tử hấp phụ lên bề mặt hạt xi măng [5]. Hiệu suất nghiền tăng khi hàm lượng phụ gia tăng tới giá trị tối ưu, sau đó hiệu suất nghiền sẽ giảm khi tiếp tục tăng hàm lượng [7].

Phụ gia trợ nghiền còn ảnh hưởng tới quá trình thủy hóa và các tính chất của xi măng. Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào loại phụ gia, hàm lượng và loại xi măng sử dụng. TEA có thể là tác nhân thúc đẩy đông kết (0,02 %), chất làm chậm đông kết (0,5 %) và thúc đẩy đông kết trở lại (1 %) [8]. TEA ở nồng độ thấp làm tăng cường độ nén tuổi sớm do thúc đẩy thủy hóa C₃A tạo thành AFt và AFm [9, 10]. Nó cũng thúc đẩy thủy hóa của C₄AF [9]. Tuy nhiên, TEA có tác động tiêu cực tới cường độ nén tuổi muộn do cản trở sự thủy hóa C₃S [11, 12]. TEA hấp phụ lên hạt C₃S, tạo thành một lớp phức dày có khả năng thẩm thấu thấp, làm cản trở thủy hóa của C₃S [12].

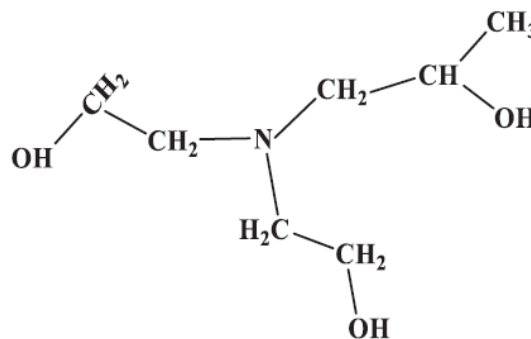
DEIPA thúc đẩy thủy hóa C₃A và C₄AF và sự hình thành các vi tinh thể CH ở giai đoạn sớm [13]. DEIPA (0,02 % và 0,04 %) thúc đẩy chuyển đổi AFt sang AFm và thúc đẩy thủy hóa C₃A và C₄AF [10]. Ở hàm lượng 0,02 %, DEIPA làm tăng cường độ nén các ngày 1, 3, 7, 28 nhưng ở 0,04 % nó làm giảm nhẹ do tăng hàm lượng xốp. DEIPA (0,015 %) làm tăng lượng nước tiêu chuẩn, giảm thời gian đông kết, tăng cường độ nén 3 và 28 ngày [14]. DEIPA (0,02 %) tăng cường độ tuổi sớm của xi măng Pooc lăng hỗn hợp [15].

Nghiên cứu của Teoreanu và Guslicov cho thấy DEG (0,1 %) làm giảm cường độ nén 1, 2 ngày nhưng làm tăng cường độ 7 và 28 ngày của xi măng [16]. Trong khi đó, kết quả nghiên cứu của Calli và Pehlivan minh chứng rằng DEG (0,1 %) làm tăng cường độ nén 3 ngày, giữ nguyên cường độ nén 7 ngày, và giảm cường độ nén 28 ngày [17]. Hàm lượng DEG ảnh hưởng rõ rệt tới thời gian đông kết và cường độ nén của xi măng [18]. Khi hàm lượng tăng tới 0,025 %, thời gian đông kết giảm, nhưng tăng lên khi hàm lượng tăng tới 0,05%, và giảm trở lại khi tăng đến 0,1 %. DEG (0,025 %) làm giảm cường độ nén ở 1 và 3 ngày, giữ nguyên ở 7 ngày, và tăng ở 28 ngày. DEG (0,05 % và 0,075 %) giảm cường độ ở 1, 3, 7 ngày, nhưng tăng ở 28 ngày.

Rất ít nghiên cứu về hỗn hợp phụ gia trợ nghiền. Hiện chưa có nghiên cứu nào so sánh ảnh hưởng của hỗn hợp phụ gia trợ nghiền DEG và DEIPA so với khi sử dụng từng chất riêng lẻ đến khả năng trợ nghiền và các tính chất của xi măng. Vì vậy, nghiên cứu sẽ thực hiện khảo sát này để từ đó đưa ra ưu nhược điểm khi dùng hỗn hợp giúp định hướng nên dùng riêng lẻ hay hỗn hợp. Hàm lượng phụ gia trợ nghiền là 0,01 % DEG và hỗn hợp (0,005 % DEG + 0,005 % DEIPA). Các tính chất được khảo sát bao gồm: thời gian nghiền, phân bố kích thước hạt, nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết, và cường độ nén ở 1, 3, 7, 28 ngày. Kết quả nghiên cứu này được so sánh với kết quả nghiên cứu 0,01 % DEIPA thuộc nghiên cứu trước của tác giả.



Hình 1. Cấu trúc phân tử của diethylene glycol [19].



Hình 2. Cấu trúc phân tử của diethanolisopropanolamine [20].

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Clanhke sử dụng trong nghiên cứu này là clanhke công nghiệp trong nước có thành phần hóa và khoáng của clanhke được thể hiện trong Bảng 1 và 2. Thạch cao sử dụng là thạch cao tự nhiên có thành phần hóa được thể hiện trong Bảng 3. DEG và DEIPA có nguồn gốc công nghiệp, xuất xứ Trung Quốc.

Bảng 1. Thành phần hóa của clanhke.

Thành phần	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Tỷ lệ (%)	21,36	5,52	3,39	64,73	2,94	0,26	0,73	0,13

Bảng 2. Thành phần khoáng của clanhke.

Thành phần	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaO tự do
Tỷ lệ (%)	47,3	25,8	8,9	10,3	2,7

Bảng 3. Thành phần hóa của thạch cao.

Thành phần	SO ₃	CaSO ₄ .2H ₂ O	H ₂ O liên kết	Cặn không tan
Tỷ lệ (%)	45,63	90,20	18,88	1,98

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các mẫu xi măng được chuẩn bị như sau. Clanhke và thạch cao được đập riêng bằng máy đập hàm đến kích thước nhỏ hơn 5 mm. Mẫu xi măng đối chứng được chuẩn bị bằng cách cân định lượng clanhke và thạch cao đã đập theo tỷ lệ 95 % clanhke, 5 % thạch cao, sau đó cho vào máy nghiền bi thí nghiệm và nghiền đến khi đạt độ mịn Blaine (3200 ± 50) cm²/g (xác định theo TCVN 4030:2003 [21]). Mẫu xi măng sử dụng phụ gia trợ nghiền được chuẩn bị bằng cách cân định lượng clanhke, thạch cao đã đập và phụ gia trợ nghiền theo tỷ lệ 95 % clanhke, 5 % thạch cao, và 0,01 % DEG hoặc hỗn hợp (0,005 % DEG + 0,005 % DEIPA) (tính theo tổng khối lượng clanhke và thạch cao) sau đó cho

vào máy nghiền bi thí nghiệm và nghiền đến khi đạt độ mịn Blaine (3200 ± 50) cm^2/g .

Thành phần hạt của các mẫu xi măng Pooc lăng được xác định bằng phương pháp tán xạ laser trên máy Horiba LA-960 sử dụng môi rượu tuyệt đối. Cường độ nén của mẫu vữa xi măng đối chứng và các mẫu vữa xi măng thêm 0,01 % DEG hoặc hỗn hợp (0,005 % DEG + 0,005 % DEIPA) (tính theo khối lượng xi măng) vào nước trộn hoặc thêm vào khi nghiền được xác định theo TCVN 6016:2011 [22]. Lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của các mẫu hồ xi măng đối chứng và mẫu hồ xi măng thêm phụ gia trợ nghiền khi nghiền được xác định theo TCVN 6017:2011 [23].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của DEIPA và DEG đến thời gian nghiền và phân bố kích thước hạt của xi măng

Kết quả đo tỷ diện Blaine và thời gian nghiền của mẫu xi măng đối chứng và có phụ gia trợ nghiền khi nghiền đến độ mịn Blaine 3200 ± 50 (cm^2/g) được thể hiện ở Bảng 4.

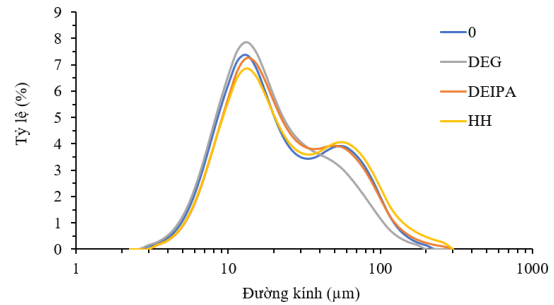
Bảng 4. Độ mịn và thời gian nghiền các mẫu xi măng.

STT	Phụ gia trợ nghiền	Độ mịn Blaine, cm^2/g	Thời gian nghiền, phút
1	0	3180	35,0
2	DEG	3250	33,5
3	DEIPA [24]	3210	33,0
4	HH	3210	32,5

Từ Bảng 4, kết quả cho thấy khi cho thêm phụ gia trợ nghiền giúp cải thiện quá trình nghiền, giảm thời gian nghiền để đạt độ mịn theo yêu cầu so với mẫu nghiền xi măng đối chứng. Sử dụng hỗn hợp hai phụ gia giúp tăng hiệu suất nghiền tốt nhất, mẫu hỗn hợp có thời gian nghiền là thấp nhất, giảm 2,5 phút so với mẫu đối chứng. Mẫu DEG giảm thời gian nghiền ít nhất, chỉ 1,5 phút.

Sự tăng hiệu suất nghiền của mẫu hỗn hợp có thể được giải thích là do sự kết hợp hiệu quả khả năng trợ nghiền của DEG và DEIPA. DEG chứa các nhóm rượu phân cực ($-\text{OH}$) hấp phụ tốt lên bề mặt hạt xi măng, giúp cân bằng điện tích bề mặt và giảm sự kết tụ của các hạt xi măng. DEIPA thuộc nhóm alkanolamine có đầu phân cực ($-\text{OH}$) và nhóm không phân cực hydrocacbon ($-\text{CH}_3$) bảo vệ nó và có cấu trúc mạch nhánh không đối xứng. Khi các phân tử DEIPA hấp phụ trên bề mặt vết nứt sẽ giúp che chắn các vị trí hoạt động, giảm ứng suất bên ngoài cần thiết do sự phát triển của vết nứt và giúp ngăn các hạt xi măng kết tụ với nhau.

Kết quả phân tích thành phần hạt các mẫu xi măng đối chứng và có phụ gia trợ nghiền khi nghiền đến độ mịn Blaine 3200 ± 50 (cm^2/g) bằng phương pháp Laser được thể hiện ở Hình 3 và 5.



Hình 3. Đường cong phân bố kích thước hạt của các mẫu xi măng.

Bảng 5. Phân bố kích thước hạt của các mẫu xi măng.

STT	Phụ gia trợ nghiền	Tỷ lệ các hạt ở các kích thước khác nhau (%)			
		0 – 10 μm	10 – 30 μm	30 – 45 μm	> 45 μm
1	0	23,0	44,2	10,7	22,1
2	DEG	24,9	49,2	10,1	15,1
3	DEIPA [24]	20,0	46,4	11,5	21,9
4	HH	20,0	43,0	11,2	25,3

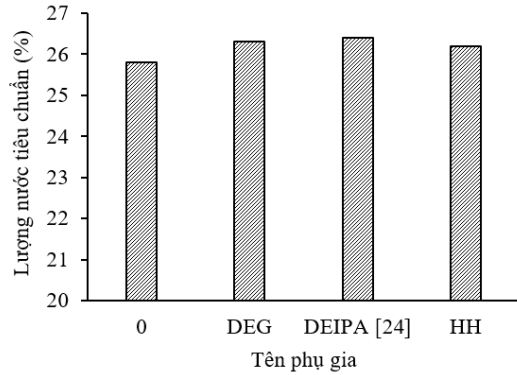
Kết quả trong Hình 3 cho thấy đường cong phân bố cỡ hạt của các mẫu xi măng đều có 2 peak cực đại, 1 peak ở kích thước hạt mịn và 1 peak ở kích thước hạt thô. Vị trí đỉnh peak ở vùng kích thước hạt mịn của các mẫu hầu như không thay đổi, khoảng 14 μm . Chiều cao peak này của mẫu hỗn hợp là thấp nhất, mẫu DEG là cao nhất. Vị trí đỉnh peak ở vùng kích thước hạt thô của các mẫu cũng hầu như không thay đổi, khoảng 60 μm . Tuy nhiên, mẫu hỗn hợp có chiều cao peak này cao nhất và mẫu DEG thấp nhất.

Kết quả trong Bảng 5 cho thấy ở dải hạt 0 – 10 μm , mẫu DEG có tỷ lệ cao nhất, (cao hơn mẫu đối chứng 1,9 %), mẫu hỗn hợp có tỷ lệ tương tự mẫu DEIPA (thấp hơn mẫu đối chứng 3,0 %). Ở dải hạt 10 – 30 μm , mẫu DEG vẫn có tỷ lệ cao nhất, (cao hơn mẫu đối chứng 5,0 %), mẫu hỗn hợp thấp nhất (nhỏ hơn mẫu đối chứng 1,2 %), mẫu DEIPA cao hơn mẫu đối chứng 2,2 %. Ở dải hạt 30 – 45 μm , mẫu DEG có tỷ lệ thấp nhất (thấp hơn mẫu đối chứng 0,6 %), DEIPA cao nhất (cao hơn mẫu đối chứng 0,8 %), mẫu hỗn hợp chỉ cao hơn mẫu đối chứng 0,5 %. Ở dải hạt > 45 μm , mẫu DEG cũng có tỷ lệ thấp nhất (thấp hơn mẫu đối chứng 7,0 %), mẫu hỗn hợp cao nhất (cao hơn mẫu đối chứng 3,2 %), mẫu DEIPA tương tự mẫu đối chứng.

Như vậy kết quả phân tích thành phần hạt cho thấy mẫu hỗn hợp cho tỷ lệ các hạt mịn thấp hơn, và hạt thô cao hơn, trong khi mẫu DEG lại ngược lại. Còn mẫu DEIPA ở mức trung gian giữa mẫu hỗn hợp và DEG.

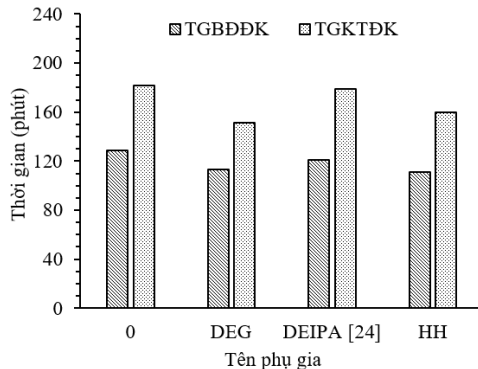
3.2. Lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của mẫu hồ xi măng

Kết quả thí nghiệm xác định lượng nước tiêu chuẩn (LNTC), thời gian bắt đầu đông kết (TGBDĐK) và kết thúc đông kết (TGKTĐK) của các mẫu xi măng nghiền không phụ gia và có phụ gia được thể hiện ở Hình 4 và 5.



Hình 4. Lượng nước tiêu chuẩn của các mẫu xi măng.

Kết quả trong Hình 4 cho thấy LNTC của các mẫu nghiền có phụ gia đều cao hơn mẫu đối chứng khoảng 0,5 %. Các mẫu có phụ gia chênh nhau không đáng kể. Sự tăng LNTC khi sử dụng phụ gia trợ nghiền là do các phụ gia trợ nghiền chứa các nhóm -OH có khả năng hấp thụ các phân tử nước, làm tăng độ nhớt hồ xi măng [25].



Hình 5. Thời gian đông kết của các mẫu xi măng.

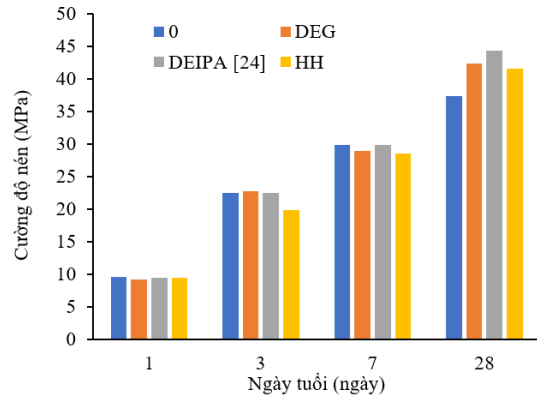
Kết quả trong Hình 5 cho thấy các mẫu xi măng nghiền cùng phụ gia có TGBĐĐK và TGKTĐK đều giảm so với mẫu đối chứng, đều đáp ứng yêu cầu của xi măng Pooc lăng trong TCVN 2682:2020 [26]. Điều này là do DEG thúc đẩy quá trình thủy hóa của C_3A và DEIPA có khả năng thúc đẩy thủy hóa C_3A và C_3S .

Nhìn chung, mẫu DEG có thời gian đông kết ngắn nhất, sau đó đến mẫu hỗn hợp, và mẫu DEIPA là dài nhất. Sự khác biệt giữa mẫu hỗn hợp so với mẫu DEG thấp hơn so với mẫu DEIPA. So với mẫu DEG, mẫu hỗn hợp có TGBĐĐK tương tự, còn TGKTĐK dài hơn 10 phút. Trong khi so sánh mẫu hỗn hợp với mẫu DEIPA, sự khác biệt TGBĐĐK là 10 phút và TGKTĐK là gần 20 phút. Điều này minh chứng rằng trong mẫu hỗn hợp, DEG ảnh hưởng tới thời gian đông kết nhiều hơn DEIPA.

3.3. Cường độ nén của các mẫu vữa xi măng

a. Các mẫu vữa thêm phụ gia vào trong nước trộn

Kết quả xác định cường độ nén của mẫu vữa thêm phụ gia vào nước trộn ở 1, 3, 7 và 28 ngày được biểu diễn ở Hình 6.

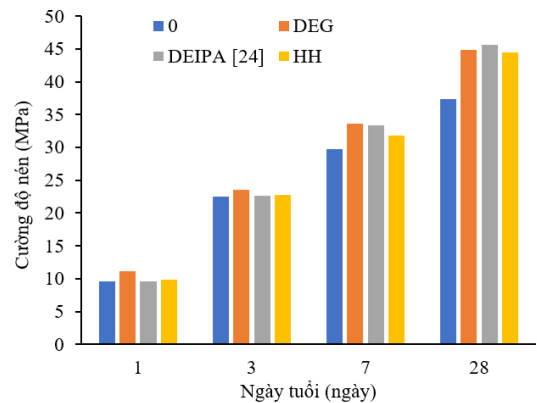


Hình 6. Cường độ nén các mẫu vữa thêm phụ gia vào nước trộn.

Kết quả trong Hình 6 cho thấy ở 1, 3, và 7 ngày tuổi, các mẫu có phụ gia đều không cải thiện cường độ nén so với mẫu đối chứng. Trong các mẫu có phụ gia thì mẫu DEIPA cho cường độ nén tốt hơn cả, chúng có cường độ nén gần tương tự mẫu đối chứng. Trong khi mẫu DEG làm giảm cường độ nén 1 và 7 ngày còn mẫu hỗn hợp làm giảm cường độ nén 1 và 3 ngày. Nhìn chung, mẫu hỗn hợp kém hiệu quả nhất trong cả ba ngày tuổi này.

Ở 28 ngày tuổi, các mẫu có phụ gia đều cải thiện đáng kể cường độ nén so với mẫu đối chứng. Mẫu DEIPA tăng nhiều nhất (7 MPa), mẫu DEG tăng ở mức trung gian (5 MPa), và mẫu hỗn hợp tăng ít nhất (4,2 MPa).

Kết quả xác định cường độ nén của các mẫu xi măng nghiền với phụ gia ở 1, 3, 7, và 28 ngày được thể hiện trong Hình 7.



Hình 7. Cường độ nén của các mẫu xi măng nghiền chung với phụ gia trợ nghiền.

Kết quả trong Hình 7 cho thấy ở 1 ngày tuổi, mẫu DEG có cường độ nén cao nhất và lớn hơn mẫu đối chứng đáng kể (1,5 MPa), mẫu hỗn hợp xấp xỉ mẫu DEIPA và mẫu đối chứng. Ở 3 ngày tuổi, mẫu DEG có cường độ nén cao nhất, cao hơn mẫu đối chứng 1,2 MPa, mẫu hỗn hợp tương tự như DEIPA và nhỉnh hơn mẫu đối chứng chỉ 0,3 MPa. Ở 7 ngày, các mẫu có phụ gia đều cao hơn đáng kể so với mẫu đối chứng. Mẫu DEG vẫn cao nhất (33,6 MPa) nhưng chỉ cao hơn 1 chút so với mẫu DEIPA, mẫu hỗn hợp có giá trị thấp nhất. Ở 28 ngày tuổi, các mẫu có phụ gia

cũng đều cao hơn đáng kể so với mẫu đối chứng, nhưng mẫu DEIPA có giá trị cao nhất, mẫu DEG cao hơn mẫu hỗn hợp không đáng kể.

Kết quả cũng cho thấy việc thêm phụ gia khi nghiền cho cường độ xi măng cao hơn so với thêm phụ gia vào khi trộn. Điều này minh chứng rằng sự thay đổi kích thước hạt của xi măng khi nghiền chung với phụ gia trợ nghiền có vai trò quan trọng trong việc cải thiện cường độ của xi măng.

4. Kết luận

Dựa vào kết quả nghiên cứu của các mẫu xi măng Portland đối chứng và mẫu có phụ gia trợ nghiền với nồng độ 0,01 % đến độ mịn Blaine $3200 \pm 50 \text{ cm}^2/\text{g}$ có thể đưa ra kết luận như sau:

- Mẫu hỗn hợp phụ gia tăng hiệu suất nghiền tốt hơn so với khi sử dụng từng phụ gia đơn lẻ. Nó giảm khoảng 7 % thời gian nghiền so với mẫu đối chứng. Mẫu DEG có khả năng cải thiện hiệu suất nghiền thấp nhất và mẫu DEIPA ở mức trung gian.
- Mẫu hỗn hợp phụ gia cho tỷ lệ các hạt mịn thấp hơn và hạt thô cao hơn so với các mẫu sử dụng phụ gia đơn lẻ. Mẫu DEG có tỷ lệ hạt mịn cao nhất và tỷ lệ hạt thô nhỏ nhất và mẫu DEIPA ở mức trung gian.
- Lượng nước tiêu chuẩn của các mẫu có phụ gia trợ nghiền không khác nhau nhiều, đều cao hơn mẫu đối chứng khoảng 0,5 %.
- Mẫu DEG có thời gian đông kết ngắn nhất. Mẫu hỗn hợp có thời gian đông kết ở mức trung gian giữa mẫu DEG và mẫu DEIPA và gần với mẫu DEG hơn. Sự khác biệt giữa các mẫu không nhiều: thời gian đông kết khác nhau chỉ khoảng 10 phút còn thời gian kết thúc đông kết khoảng 20 phút. Các mẫu đều đạt yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 2682:2020.
- Thêm phụ gia khi nghiền cho cường độ xi măng cao hơn so với thêm phụ gia vào khi trộn. Các mẫu xi măng nghiền chung với phụ gia đều cho kết quả cao hơn mẫu đối chứng. Nhìn chung, mẫu xi măng nghiền chung với DEG cải thiện cường độ tốt ở cả tuổi sớm và tuổi muộn. Mẫu DEIPA ở mức trung gian, còn mẫu hỗn hợp ở mức thấp hơn các mẫu sử dụng phụ gia đơn lẻ.

Như vậy, việc sử dụng hỗn hợp phụ gia khi nghiền chung có ưu thế cải thiện hiệu suất nghiền tốt hơn nhưng ít cải thiện cường độ hơn so với việc sử dụng phụ gia đơn lẻ.

Tài liệu tham khảo

[1]. Jankovic A., Valery W., Davis E. (2004). Cement grinding optimization. *Minerals Engineering*, Elsevier, 17:1075–1081.

[2]. Li W., Ma S., Hu Y., Shen X. (2015). The mechanochemical process and properties of Portland cement with the addition of new alkanolamines. *Powder Technology*, Elsevier, 286:750–756.

[3]. Prziwara P., Kwade A. (2020). Grinding aids for dry fine grinding processes—Part I: mechanism of action and lab-scale grinding. *Powder Technology*, Elsevier, 375:146–160.

[4]. Mishra R. K., Weibel M., Müller T., Heinz H., Flatt R. J. (2017). Energy-effective grinding of inorganic solids using organic additives. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, Swiss Chemical Society, 71(7–8):451–460.

[5]. Prziwara P., Breitung-Faes S., Kwade A., (2018). Impact of grinding aids on dry grinding performance, bulk properties and surface energy. *Advanced Powder Technology*, Elsevier, 29(2):416–425.

[6]. Ma S., Yang J., Mo W., Wang G., Su X., Yuan C. (2010). The effect of grinding aids on laboratory grinding of a cassiterite-polymetallic sulfide ore. *XXV International Mineral Processing Congress*, 1001–1008.

[7]. Sun Z., Liu H., Ji Y., Pang M. (2020). Influence of glycerin grinding aid on the compatibility between cement and polycarboxylate superplasticizer and its mechanism, *Construction and Building Materials*, Elsevier, 233:117104.

[8]. Heren Z., Ölmez H. (1996). The influence of ethanolamines on the hydration and mechanical properties of Portland cement. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 26(5):701–705.

[9]. Ramachandran V. S. (1973). Action of triethanolamine on the hydration of tricalcium aluminate. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 3(1):41–54.

[10]. Xu Z. Q., Li W. F., Sun J. F., Hu Y. Y., Xu K., Ma S. H., Shen X.D. (2017). Research on cement hydration and hardening with different alkanolamines. *Construction and Building Materials*, Elsevier, 141:296–306.

[11]. Kong X.M., Lu Z.B., Liu H., Wang D.M. (2013). Influence of triethanolamine on the hydration and the strength development of cementitious systems. *Magazine of Concrete Research*, ICE Publishing, 65(18):1101–1109.

[12]. Ramachandran V. S. (1972). Influence of triethanolamine on the hydration characteristics of tricalcium silicate. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, Willey, 22(11):1125–1138.

[13]. Ma S. H., Li W. F., Zhang S. B., Hu Y. Y., Shen X.D. (2015). Study on the hydration and microstructure of Portland cement containing diethanol-isopropanolamine. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 67:122–130.

[14]. Li W., Ma S., He Y., Shen X. (2015). The mechanochemical process and properties of Portland cement with the addition of new alkanolamines. *Powder Technology*, Elsevier, 286:750–756.

[15]. Riding K., Silva D. A., Scrivener K. L. (2010). Early age strength enhancement of blended cement systems by CaCl_2 and diethanolisopropanolamine. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 40(6):935–946.

[16]. Teoreanu I., Guslicov G. (1999). Portland cements ground with surfactants. *Advances in Cement Research*, Thomas Telford Ltd, 11(1):43–51.

[17]. Calli M., Pehlivan E. (2019). Effects of Adding Boron Compounds to Glycol Based Grinding Aids on Cement Compressive Strengths Performance. *Open Journal of Civil Engineering*, Scientific Research Publishing, 9:35–45.

[18]. Kobya V., Kaya Y., Mardani-Aghabaglou A. (2022). Effect of amine and glycol-based grinding aids utilization rate on grinding efficiency and rheological properties of cementitious systems. *Journal of Building Engineering*, Elsevier, 47:103917.

[19]. Diethylene glycol, Thermo Scientific Chemicals, <https://www.fishersci.com/shop/products/diethylene-glycol-99-thermo-scientific/AAA1472830>

[20]. Wang Y., Lei L., Hu X., Liu Y., Shi C. (2022). Effect of diethanolisopropanolamine and ethyldiisopropylamine on hydration and strength development of Portland cement. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 162: 106999.

[21]. TCVN 4030:2003. Xi măng – Phương pháp xác định độ mịn. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[22]. TCVN 6016:2011. Xi măng – Phương pháp thử - Xác định cường độ. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[23]. TCVN 6017:2011. Xi măng – Phương pháp xác định thời gian đông kết và độ ổn định thể tích. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

- [24]. Nguyễn D. D., Nguyễn T. A. (2023). Nghiên cứu ảnh hưởng của diethanolisopropanolamine đến quá trình nghiền và một số tính chất của xi măng Pooc lăng. *Tạp chí vật liệu và xây dựng*, 13(4):5-9.
- [25]. Assaad J. J., Issa C. A. (2015). Rheological properties of cement pastes containing amine-and EG-based grinding aids. *Advances in Cement Research*, Thomas Telford Ltd, 27 (1) 28–41.
- [26]. TCVN 2682:2020. *Xi măng Pooc lăng*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.