

Nghiên cứu ảnh hưởng của diethanolisopropanolamine đến quá trình nghiền và một số tính chất của xi măng Pooc lăng

Nguyễn Dương Định^{1*}, Nguyễn Tiên Anh¹

¹ Đại học Bách khoa Hà Nội

TỪ KHOẢ

DEIPA
Phụ gia trợ nghiền
Xi măng Pooc lăng
Quá trình nghiền
Tính chất

TÓM TẮT

Công đoạn nghiền xi măng tiêu tốn nhiều năng lượng, gây ô nhiễm môi trường. Để giảm thiểu năng lượng tiêu tốn này, phụ gia trợ nghiền thường được thêm vào khi nghiền. Một trong số các phụ gia trợ nghiền là diethanolisopropanolamine (DEIPA). Một số nghiên cứu trên thế giới cho thấy DEIPA vừa có thể tăng hiệu suất nghiền vừa tăng cường độ nén của xi măng khi sử dụng ở hàm lượng thích hợp. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định ảnh hưởng của DEIPA tới quá trình nghiền và một số tính chất của xi măng. Bước đầu tiên là đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng DEIPA thêm vào nước trộn tới cường độ nén 1, 3, 7, và 28 ngày của xi măng, và xác định được hàm lượng DEIPA phù hợp về kinh tế và kĩ thuật. Bước thứ hai là xác định ảnh hưởng của DEIPA ở hàm lượng đã xác định được thêm vào khi nghiền tới quá trình nghiền xi măng (thời gian nghiền và phân bố kích thước hạt) và một số tính chất của xi măng (nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết, và cường độ nén 1, 3, 7, và 28 ngày). Kết quả cho thấy, khi tăng hàm lượng DEIPA vào nước trộn từ 0 % đến 0,03 %, cường độ nén xi măng tăng nhưng khi tăng từ 0,03 % đến 0,05 % thì cường độ nén lại giảm xuống. Xét về hiệu quả kinh tế và kĩ thuật, hàm lượng 0,01 % là phù hợp. Khi thêm 0,01 % DEIPA vào khi nghiền, nó giảm thời gian nghiền, giảm lượng hạt ở các dải < 10 µm, tăng lượng hạt ở các dải > 10 µm, tăng nhẹ lượng nước tiêu chuẩn, giảm nhẹ thời gian đông kết, không ảnh hưởng tới cường độ nén 1 ngày, tăng nhẹ cường độ nén 3 ngày, và tăng rõ rệt cường độ nén ở 7 và 28 ngày tuổi.

KEYWORDS

DEIPA
Grinding aid
Portland cement
Grinding
Properties

ABSTRACT

The cement grinding process consumes a lot of energy and causes environmental pollution. To minimize this energy consumption, grinding aids are commonly added during grinding. One of the grinding aids is diethanolisopropanolamine (DEIPA). Some studies in the world show that DEIPA can both increase the grinding efficiency and increase the compressive strength of cement when it is used at appropriate concentrations. The objective of this study was to determine the effect of DEIPA on the grinding process and some properties of cement. The first step was to evaluate the effect of the amount of DEIPA added to the mixing water on the compressive strength of cement at the ages of 1, 3, 7, and 28 days, and determine the economically and technically appropriate DEIPA content. The second step was to determine the effect of DEIPA at the determined content but added during grinding on the cement grinding process (crushing time and particle size distribution) and some properties of the cement (water of consistency, setting time, and compressive strength at the ages of 1, 3, 7, and 28 days). The results show that, increase of the DEIPA content in the mixing water from 0 % to 0.03 %, the cement compressive strength increased but increase of the DEIPA content from 0.03 % to 0.05 %, the compressive strength decreased. In terms of economic and technical efficiency, 0.01 % content was found to be suitable. When adding 0.01% DEIPA at grinding, it reduced the grinding time, reduced the amount of particles in ranges < 10 µm, increased the amount of particles in ranges > 10 µm, slightly increased the water of consistency, slightly decreased the setting time, did not affect 1-day compressive strength, slightly increased 3-days compressive strength, and markedly increased the compressive strength at the ages of 7 and 28 days.

1. Giới thiệu

Ngành công nghiệp xi măng tiêu tốn rất nhiều năng lượng trong quá trình sản xuất, gây ô nhiễm môi trường. Công đoạn nghiền xi măng

là một trong những công đoạn tiêu tốn nhiều năng lượng trong quá trình sản xuất xi măng [1]. Để giảm năng lượng tiêu thụ, các phụ gia trợ nghiền thường được sử dụng trong quá trình nghiền xi măng [2]. Việc sử dụng phụ gia trợ nghiền không những giúp giảm tác động tới

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

Nhận ngày 28/03/2023, sửa xong ngày 22/04/2023, chấp nhận đăng 31/05/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomsc.04.2023.501>

môi trường mà còn đem lại hiệu quả kinh tế và kĩ thuật. Phụ gia trợ nghiền hấp phụ lên bề mặt hạt xi măng, trung hòa điện tích trên bề mặt hạt xi măng, nhờ đó chúng cản trở sự hàn gắn các vết nứt và tích tụ của các hạt xi măng, bám dính của các hạt xi măng lên bề mặt bị nghiền và bề mặt trong của máy nghiền, nhờ đó nâng cao hiệu suất nghiền [2].

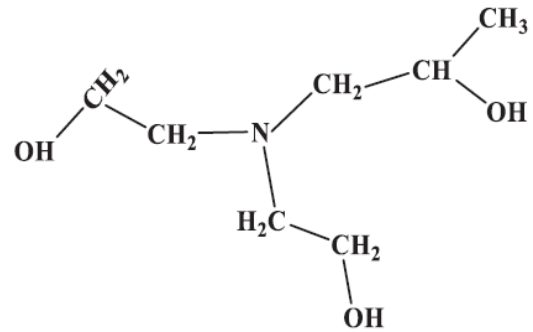
Các alkanolamine được sử dụng phổ biến làm phụ gia trợ nghiền trong sản xuất xi măng [3]. Các alkanolamine này bao gồm: triethanolamine (TEA), triisopropanolamine (TIPA), diethanolisopropanolamine (DEIPA), ... Ngoài khả năng trợ nghiền, các phụ gia trợ nghiền còn ảnh hưởng tới các tính chất của xi măng do chúng ảnh hưởng tới quá trình thủy hóa của xi măng [2-3]. Các nghiên cứu cho thấy TEA giúp tăng cường độ nén tuổi sớm nhưng làm giảm cường độ nén tuổi muộn, trong khi TIPA làm giảm cường độ nén tuổi sớm nhưng tăng cường độ nén tuổi muộn [4-6].

Một số nghiên cứu cho thấy DEIPA có thể tăng cả cường độ nén tuổi sớm và tuổi muộn cho xi măng khi sử dụng ở hàm lượng phù hợp [2-3, 7-9]. Trong nghiên cứu của Li và cộng sự [2], thêm 0,015 % DEIPA làm tăng cường độ nén 3 ngày và 28 ngày tuổi của xi măng Pooe lãng. Trong nghiên cứu của Xu và cộng sự [7], thêm 0,02 % DEIPA làm tăng cường độ nén ở 1, 3, 7, và 28 ngày tuổi của xi măng Pooe lãng. Sự tăng cường độ nén là do DEIPA thúc đẩy thủy hóa của C₃A, C₄AF và C₃S [2, 8, 10-11]. DEIPA thúc đẩy quá trình chuyển Aft sang AFm trong quá trình thủy hóa của C₃A [3, 10]. DEIPA có thể cải thiện cấu trúc đá xi măng, giúp tăng cường độ nén của xi măng [3, 8]. DEIPA làm giảm kích thước lỗ xốp, làm cấu trúc của đá xi măng đặc chắc hơn.

DEIPA có thể làm giảm cường độ nén của xi măng khi sử dụng ở hàm lượng cao [7, 11]. Trong nghiên cứu của Xu và cộng sự [7], thêm 0,04 % DEIPA làm giảm cường độ nén cả tuổi sớm và muộn của xi măng Pooe lãng. Trong nghiên cứu của Kobya và cộng sự [11], thêm 0,05 %, 0,75 % và 0,1 % DEIPA làm giảm cường độ nén cả tuổi sớm của xi măng Pooe lãng. Sự giảm này là do sự cuốn khí của DEIPA khi sử dụng ở hàm lượng cao, làm tăng hàm lượng bọt khí.

Các nghiên cứu về DEIPA chủ yếu trộn DEIPA với nước trộn khi tạo hồ hoặc vữa, rất ít nghiên cứu dùng DEIPA khi nghiền xi măng. Chưa có nghiên cứu đánh giá bằng cả 2 cách. Chưa có nghiên cứu trong nước công bố về ảnh hưởng của DEIPA đến quá trình nghiền và tính chất xi măng sử dụng nguồn vật liệu trong nước.

Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là xác định chiều hướng và mức độ ảnh hưởng của DEIPA tới quá trình nghiền và một số tính chất của xi măng Pooe lãng. Nghiên cứu được thực hiện theo hai bước sau. Thứ nhất là đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng DEIPA thêm vào nước trộn tới cường độ nén 1, 3, 7, và 28 ngày của xi măng, và xác định được hàm lượng DEIPA phù hợp về kinh tế và kĩ thuật. Thứ hai là xác định ảnh hưởng của DEIPA ở hàm lượng đã xác định được thêm vào khi nghiền tới quá trình nghiền xi măng (thời gian nghiền và phân bố kích thước hạt) và một số tính chất của xi măng (nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết, và cường độ nén 1, 3, 7, và 28 ngày).



Hình 1. Cấu trúc phân tử của diethanolisopropanolamine [3].

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 Bảng 2. Thạch cao sử dụng là thạch cao tự nhiên có thành phần hóa được thể hiện trong Bảng 3. 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

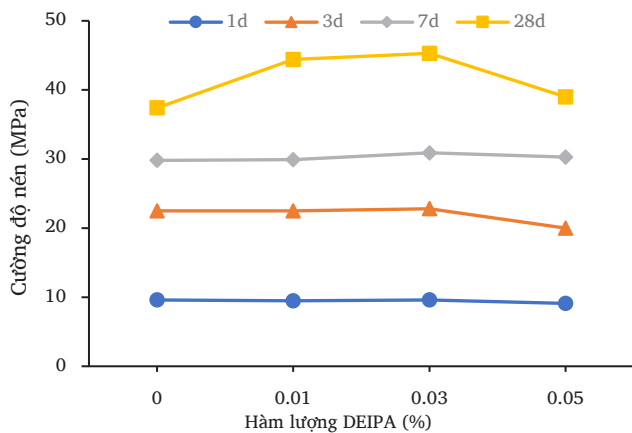
Các mẫu xi măng được chuẩn bị như sau. Clanhke và thạch cao được đập riêng bằng máy đập hàm đến kích thước nhỏ hơn 5 mm. Mẫu xi măng không sử dụng DEIPA được chuẩn bị bằng cách cân định lượng clanhke và thạch cao đã đập theo tỷ lệ 95 % clanhke, 5 % thạch cao, sau đó cho vào máy nghiền thí nghiệm và nghiền đến khi đạt độ mịn Blaine (3200 ± 20) cm²/g (xác định theo TCVN 4030:2003 [12]). Mẫu xi măng sử dụng 0,01 % DEIPA được chuẩn bị bằng cách cân định lượng clanhke và thạch cao đã đập và DEIPA theo tỷ lệ 95 % clanhke, 5 % thạch cao, 0,01% DEIPA (tính theo tổng khối lượng clanhke và thạch cao) sau đó cho vào máy nghiền thí nghiệm và nghiền đến khi đạt độ mịn Blaine (3200 ± 20) cm²/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 không sử dụng DEIPA và các mẫu vữa xi măng thêm 0,01 %; 0,03 %; 0,05 % DEIPA (tính theo khối lượng xi măng) vào nước trộn được xác định theo TCVN 6016:2011 [13]. Lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của các mẫu hồ xi măng không sử dụng DEIPA và mẫu hồ xi măng thêm 0,01 % DEIPA khi nghiền được xác định theo TCVN 6017:2011 [14]. Cường độ nén của mẫu vữa xi măng thêm 0,01 % DEIPA khi nghiền được xác định theo TCVN 6016:2011 [13].

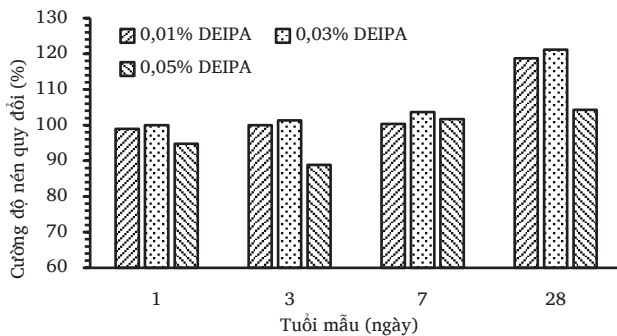
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng DEIPA đến cường độ nén của xi măng theo phương pháp thêm DEIPA vào nước trộn

Cường độ nén của mẫu xi măng không sử dụng DEIPA và mẫu có sử dụng DEIPA được thêm vào nước trộn vữa được thể hiện trong Hình 2 và 3.



Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng DEIPA đến cường độ nén của xi măng theo phương pháp thêm DEIPA vào nước trộn.



Hình 3. Cường độ nén các mẫu xi măng sử dụng DEIPA bằng cách thêm vào nước trộn, được quy đổi theo cường độ nén mẫu không sử dụng DEIPA.

Kết quả trong Hình 2 cho thấy ở hầu hết các ngày tuổi (trừ 1 ngày tuổi), khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0 đến 0,03 % thì cường độ nén của

xi măng tăng, nhưng khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0,03 % đến 0,05 % thì cường độ nén xi măng giảm. Ở 3 ngày tuổi, khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0 đến 0,03 % thì cường độ nén của xi măng tăng từ 22,5 MPa lên 22,8 MPa; khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0,03 % đến 0,05 % thì cường độ nén xi măng giảm xuống còn 20,0 MPa. Ở 28 ngày tuổi, khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0 đến 0,03 % thì cường độ nén của xi măng tăng từ 37,4 MPa lên 45,4 MPa; khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0,03 % đến 0,05 % thì cường độ nén xi măng giảm xuống còn 39,0 MPa. Sự tăng cường độ nén khi hàm lượng tăng từ 0 % đến 0,03 % là do DEIPA thúc đẩy quá trình thủy hóa của C_3A , C_4AF , C_3S , C_2S trong xi măng, và DEIPA có khả năng làm nhỏ kích thước lỗ xốp, tạo cấu trúc đặc chắc của đá xi măng [3, 8, 10]. Sự giảm cường độ nén của xi măng khi sử dụng 0,05 % DEIPA có thể là do hiệu ứng cuốn khí của DEIPA làm tăng hàm lượng lỗ xốp của đá xi măng [11].

Kết quả trong Hình 3 cho thấy khi sử dụng DEIPA ở hàm lượng từ 0 % đến 0,03 %, mức tăng cường độ nén thấp ở tuổi sớm (1 và 3 ngày) và tăng nhiều hơn ở tuổi muộn hơn (7 và 28 ngày). Mức tăng cường độ nén của mẫu 0,03 % DEIPA so với mẫu 0 % DEIPA ở 1 ngày và 3 ngày tương ứng là 0 % và 1,3 % trong khi mức tăng ở 7 ngày 28 ngày tương ứng là 3,7 % và 21,1 %. Việc tăng cường độ nén nhiều hơn ở tuổi muộn có thể là do DEIPA thúc đẩy sự thủy hóa của C_2S và làm nhỏ kích thước lỗ xốp, tạo cấu trúc đặc chắc của đá xi măng [3].

Kết quả trong Hình 3 cũng cho thấy sự cải thiện cường độ nén của xi măng khi sử dụng 0,03 % DEIPA so với khi sử dụng 0,01 % là không nhiều. Mức chênh cường độ nén cao nhất là khoảng 3 % ở 7 ngày và 28 ngày tuổi. Xét về hiệu quả cả về kinh tế vào kĩ thuật, việc sử dụng 0,01 % DEIPA là phù hợp.

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

Kết quả đo độ mịn Blaine và thời gian nghiền của các mẫu xi măng được thể hiện ở Bảng 4.

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

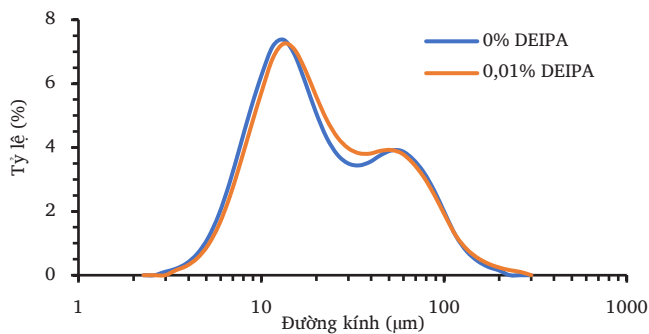
Hàm lượng DEIPA (%)	Độ mịn Blaine (cm^2/g)	Thời gian nghiền (phút)
0,00	3177	35
0,01	3210	33

Kết quả trong Bảng 4 cho thấy việc sử dụng 0,01 % DEIPA giúp làm giảm thời gian nghiền, giúp tăng hiệu suất nghiền so với khi không sử dụng DEIPA. Thời gian nghiền của mẫu sử dụng 0,01 % DEIPA giảm 5,7 % so với mẫu không sử dụng DEIPA. Khả năng tăng hiệu suất nghiền là do DEIPA hấp phụ lên bề mặt hạt xi măng bao gồm cả các vết nứt làm giảm năng lượng bề mặt, nhờ đó giúp cản trở sự hàn gắn của các vết nứt của hạt xi măng và cản trở sự vón cục của các hạt xi măng trong quá trình nghiền [2].

Kết quả phân tích thành phần hạt của các mẫu xi măng bằng phương pháp tán xạ laser được thể hiện ở Bảng 5 và Hình 4.

Bảng 5. Phân bố cỡ hạt của các mẫu xi măng.

Kích thước hạt (μm)	Tỷ lệ hạt của các mẫu (%)	
	0 % DEIPA	0,01 % DEIPA
0-3	0,11	0
3-10	16,58	14,16
10-30	50,52	52,15
30-45	10,74	11,52
> 45	22,06	22,17



Hình 4. Phân bố kích thước hạt của mẫu xi măng.

Kết quả trong Bảng 5 cho thấy việc sử dụng 0,01 % DEIPA có làm thay đổi phân bố kích thước hạt xi măng so với mẫu không sử dụng DEIPA. Việc sử dụng DEIPA làm giảm tỷ lệ các hạt rất mịn từ 0 đến 3 μm và từ 3 μm đến 10 μm và làm tăng tỷ lệ các hạt mịn (từ 10 μm đến 30 μm), các hạt trung bình (30 μm đến 45 μm) và các hạt thô (> 45 μm). Tuy nhiên sự thay đổi là nhỏ, mức giảm lớn nhất là 2,42 % ở dải hạt rất mịn (từ 3 μm đến 10 μm), và mức tăng cao nhất là 2,43 % ở dải hạt mịn (từ 10 μm đến 30 μm).

Kết quả trong Hình 4 cho thấy hình dạng đường cong phân bố kích thước hạt của mẫu không sử dụng DEIPA và mẫu sử dụng DEIPA 0,01 % tương tự nhau. Chúng đều có 2 peak: 1 peak ở vùng hạt mịn và 1 peak ở vùng hạt thô. Vị trí đỉnh của 2 peak này của cả 2 mẫu xi măng là giống nhau, tương ứng ở 13,25 μm và 51,47 μm .

3.3. Ảnh hưởng của DEIPA thêm vào khi nghiền đến lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết

Kết quả đo lượng nước tiêu chuẩn, thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của các mẫu xi măng được thể hiện trong Bảng 6.

Kết quả trong Bảng 6 cho thấy việc sử dụng 0,01 % DEIPA để trợ nghiền làm tăng lượng nước tiêu chuẩn của xi măng nhưng ít, so với mẫu xi măng không dùng DEIPA. Mức tăng là 0,6 % từ 25,8 % lên 26,4 %. Điều này có thể là do độ mịn Blaine của mẫu sử dụng trợ nghiền DEIPA cao hơn một chút so với mẫu không sử dụng DEIPA, do đó cần lượng nước cao hơn để bôi trơn bề mặt hạt xi măng và tạo sự linh động cần thiết [15].

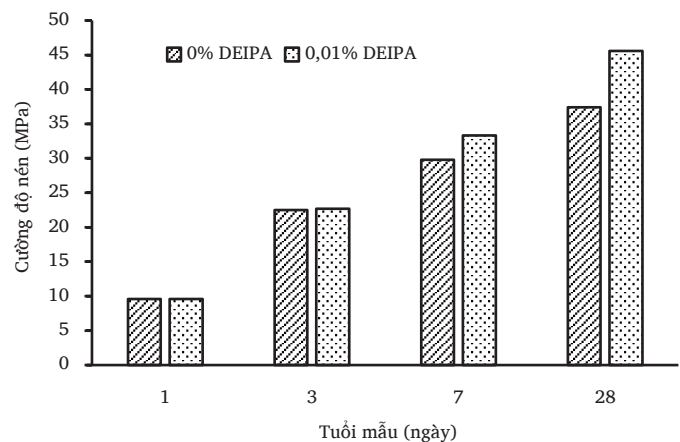
Bảng 6. Lượng nước tiêu chuẩn (LNTC) và thời gian đông kết (TGĐK) của mẫu xi măng không dùng DEIPA và mẫu xi măng thêm DEIPA khi nghiền.

Hàm lượng DEIPA (%)	LNTC (%)	TGĐK (phút)	
		Bắt đầu	Kết thúc
0	25,8	129	182
0,01	26,4	121	179

Kết quả trong Bảng 6 cũng cho thấy việc sử dụng 0,01 % DEIPA để trợ nghiền làm giảm thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của xi măng nhưng ít so với mẫu xi măng không dùng DEIPA, nhưng vẫn đáp ứng được yêu cầu của xi măng Pooc lăng trong TCVN 2682:2020 [16]. Mức giảm của thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của xi măng sử dụng 0,01 % DEIPA tương ứng là 8 phút và 3 phút. DEIPA làm giảm thời gian đông kết của xi măng có thể được giải thích là do DEIPA thúc đẩy thủy hóa của C_3A [2].

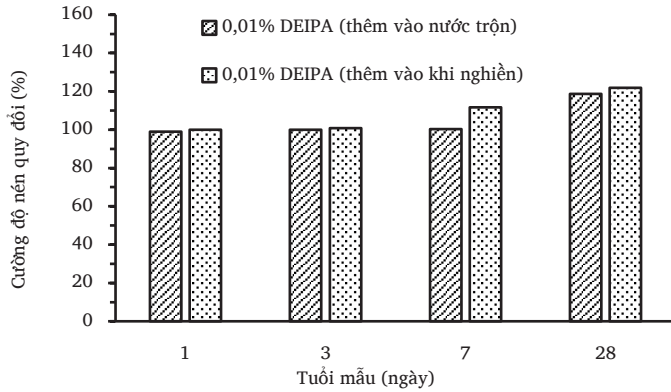
3.4. Ảnh hưởng của DEIPA thêm vào khi nghiền đến cường độ nén của xi măng

Kết quả đo cường độ nén của mẫu xi măng không sử dụng phụ gia trợ nghiền và mẫu sử dụng 0,01 % DEIPA nghiền chung được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Cường độ nén mẫu xi măng không dùng DEIPA và mẫu xi măng thêm 0,01 % DEIPA khi nghiền.

Kết quả Hình 5 cho thấy, việc thêm DEIPA khi nghiền ít làm ảnh hưởng tới cường độ nén 1 và 3 ngày tuổi nhưng làm tăng đáng kể cường độ nén 7 và 28 ngày tuổi của xi măng khi so sánh với mẫu không sử dụng DEIPA. Cường độ nén mẫu DEIPA nghiền chung ở 1 ngày tuổi bằng với mẫu không có DEIPA, ở 3 ngày tuổi thì chỉ tăng 0,3 MPa. Trong khi đó cường độ nén mẫu DEIPA nghiền chung ở 7 và 28 ngày tuổi tăng tương ứng là 3,5 MPa và 8,2 MPa so với mẫu không dùng DEIPA. Sự tăng cường độ nén là do DEIPA thúc đẩy thủy hóa của C_3A và C_3S [3].



Hình 6. Cường độ nén các mẫu xi măng sử dụng DEIPA bằng cách thêm vào nước trộn và thêm vào khi nghiền, được quy đổi theo cường độ nén mẫu không sử dụng DEIPA.

Kết quả Hình 6 cho thấy, việc sử dụng DEIPA thêm vào khi nghiền cải thiện cường độ nén tốt hơn so với khi thêm vào nước trộn, đặc biệt là ở 7 và 28 ngày tuổi. Khi so với mẫu dùng DEIPA thêm vào nước trộn, cường độ nén mẫu sử dụng DEIPA thêm vào khi nghiền ở 7 và 28 ngày tuổi tăng nhiều hơn tương ứng là 11,4 % và 3,1%. Sự tăng cường độ nén nhiều hơn của mẫu thêm DEIPA khi nghiền có thể được giải thích là do DEIPA làm tăng hàm lượng các hạt mịn (từ 10 µm đến 30 µm), các hạt trung bình (30 µm đến 45 µm) và các hạt thô (> 45 µm) (xem Bảng 5). Chúng là những dải hạt ảnh hưởng chủ yếu tới sự phát triển cường độ nén của xi măng sau 3 ngày tuổi [17].

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cường độ nén của mẫu xi măng không thêm DEIPA và các mẫu xi măng thêm 0,01 %; 0,03 % và 0,05 % DEIPA vào nước trộn cho phép rút ra các kết luận sau:

- Khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0 đến 0,03 % thì cường độ nén của xi măng tăng, nhưng khi tăng hàm lượng DEIPA từ 0,03 % đến 0,05 % thì cường độ nén xi măng giảm.
- Sự cải thiện cường độ nén của xi măng khi sử dụng 0,03 % DEIPA so với khi sử dụng 0,01 % là không nhiều. Xét về hiệu quả cả về kinh tế và kỹ thuật, việc sử dụng 0,01 % DEIPA là phù hợp.

Việc so sánh kết quả nghiên cứu nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết và cường độ nén của mẫu xi măng không thêm DEIPA và mẫu thêm 0,01 % DEIPA khi nghiền cho phép rút ra các kết luận về ảnh hưởng của việc thêm 0,01% DEIPA khi nghiền như sau:

- Tăng hiệu suất nghiền, làm giảm 6,5 % thời gian nghiền.
- Tăng nhẹ (0,6 %) lượng nước tiêu chuẩn.
- Giảm nhẹ thời gian bắt đầu đông kết (8 phút) và thời gian kết thúc đông kết (3 phút), nhưng vẫn đáp ứng được yêu cầu của xi măng Pooc lăng trong TCVN 2682:2020.
- Ảnh hưởng ít tới cường độ nén 1 và 3 ngày tuổi; nhưng làm tăng đáng kể tới cường độ nén 7 và 28 ngày tuổi, cao hơn mức tăng khi thêm 0,01 % DEIPA vào nước trộn tương ứng là 11,4 % và 3,1 %.

Như vậy, nghiên cứu này cho thấy việc thêm 0,01 % DEIPA khi nghiền vừa giúp nâng cao hiệu suất nghiền vừa làm tăng đáng kể cường độ nén 7 và 28 ngày của xi măng.

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]. 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.
- [4]. 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.
- [5]. Zhang Y., Gao L., Cai X., Li Q., Kong X. (2020). Influences of triethanolamine on the performance of cement pastes used in slab track. *Construction and Building Materials*, Elsevier, 238:117670.
- [6]. Lu Z., Kong X., Jansen D., Zhang C., Wang J., Pang X., Yin J. (2020). Towards a further understanding of cement hydration in the presence of triethanolamine. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 132:106041.
- [7]. Xu Z., Li W., Sun J., Hu Y., Xu K., Ma S., Shen X. (2017). Research on cement hydration and hardening with different alkanolamines. *Construction and Building Materials*, Elsevier, 141:296–306.
- [8]. Lu X., Wang S., Li C., Ye Z., Cheng X. (2018). Research on properties and the hydration of portland limestone cement with diethanol-isopropanolamine. *Ceramics-Silikáty*, Institute of Rock Structure and Mechanics of the CAS & University of Chemistry and Technology, 62 (3), 233-239.
- [9]. Liu H., Zhang Y., Liu J., Feng Z., Kong S. (2020). Comparative Study on Chloride Binding Capacity of Cement-Fly Ash System and Cement-Ground Granulated Blast Furnace Slag System with Diethanol-Isopropanolamine. *Materials*, MDPI, 13:4103.
- [10]. Ma S., Li W., Zhang S., Hu Y., Shen X. (2015). Study on the hydration and microstructure of Portland cement containing diethanol-isopropanolamine. *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 67:122–130.
- [11]. 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.
- [12]. TCVN 4030:2003. *Xi măng – Phương pháp xác định độ mịn*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [13]. TCVN 6016:2011. *Xi măng – Phương pháp thử - Xác định cường độ*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [14]. 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.
- [15]. Schiller, B., Ellerbrock, H.G. (1992). The grinding and properties of cement with several main constituents, *Zement-Kalk-Gips*, 45(7): 325-334.
- [16]. TCVN 2682:2020. *Xi măng Pooc lăng*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [17]. Celik I. B. (2009). The effects of particle size distribution and surface area upon cement strength development. *Powder Technology*, Elsevier, 188:272–276.