

TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG NGUYÊN LIỆU TRONG QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT XI MĂNG Ở VIỆT NAM

NGUYỄN ANH TUẤN - Trường Đại học Mỏ-Địa chất
NGUYỄN THỊ QUYÊN - Liên Đoàn Bản Đồ Địa chất Miền Nam
NGUYỄN TUẤN ANH - Công ty CP TVKSTK&XD Mỏ-Địa chất
 Email: anhtuan.nguyenopm@gmail.com

Chất lượng đá vôi khai thác ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng và quá trình sản xuất xi măng. Để đảm bảo chất lượng đá nguyên khai (các thành phần nguyên liệu khoáng) cần có kế hoạch khai thác hợp lý phục vụ sản xuất xi măng, đặc biệt đối với các mỏ có chất lượng thấp, hàm lượng thành phần hóa không ổn định, bị xen kẽ nhiều thấu kính đất đá phi nguyên liệu (đá vôi silic, đolômit,...).

Chất lượng đá vôi được đánh giá thông qua 12 chỉ tiêu nguyên liệu khoáng, gồm CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, P₂O₅, Na₂O₅, K₂O, Mn₂O₃, TiO₂, MKN.

Trong phạm vi nghiên cứu này, giới thiệu công cụ lập kế hoạch khai thác ngắn hạn tối ưu cho các mỏ đá vôi làm xi măng, trên cơ sở tập trung tính toán cân bằng các đối tượng nguyên liệu khoáng và kiểm soát nguyên liệu đầu vào trên mỏ đá trong quá trình sản xuất xi măng vừa đảm bảo yêu cầu chất lượng nguyên liệu đầu vào, tận thu tối đa nguồn nguyên liệu khoáng đá vôi trong mỏ, đồng thời đảm bảo giá thành thấp nhất. Bài báo tập trung vào các mỏ đá vôi cung cấp nguyên liệu cho quá trình sản xuất xi măng đặc trưng ở Việt Nam.

1. Quá trình sản xuất xi măng

Trong các giai đoạn của quá trình sản xuất xi măng, yêu cầu tỷ lệ phần trăm các nguyên liệu khoáng nêu trên cần đạt được trong quá trình phân tích nguyên liệu khoáng liên quan đến kế hoạch khai thác. Theo TCVN 6072:1996, nguyên liệu để sản xuất xi măng poóc lăng - đá vôi phải thỏa mãn quy định: hàm lượng canxi cacbonat (CaCO₃) không nhỏ hơn 85 % và hàm lượng magiê cacbonat (MgCO₃) không lớn hơn 5 %. Trong đó hàm lượng canxi cacbonat (CaCO₃) được tính chuyển từ hàm lượng canxi oxit (CaO) (xác định theo TCVN 141: 1986) [7] nhân với hệ số 1,7857. Hàm lượng magiê cacbonat (MgCO₃) được tính

chuyển từ hàm lượng magiê oxit (MgO) (xác định theo TCVN 141:1986) [8] nhân với hệ số 2,10.

Thông thường, trong sản xuất cần cân bằng lượng canxi cacbonat (CaCO₃) và silic oxit (SiO₂) bởi vì chúng ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng yêu cầu của quá trình sản xuất xi măng. Trên thực tế sản xuất xi măng, cần khoảng 1,6 tấn các nguyên liệu khoáng chủ yếu như CaCO₃, SiO₂, Al₂O₃ và Fe₂O₃ cần để sản xuất 1 tấn clinker. Trong đó bao gồm 1,2÷1,3 tấn CaCO₃ và còn lại các nguyên liệu khoáng khác.

Nguồn nguyên liệu khoáng được khai thác từ mỏ được đập, nghiền, phối trộn, trung hoà khối lượng và hàm lượng các nguyên liệu khoáng khác nhau một cách chính xác trong khoang chứa, các xi lô. Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi tập trung xử lý bài toán trung hoà hàm lượng và trữ lượng các gương khai thác trong ngắn hạn trên khai trường mỏ đá và sét.

Dựa vào kết quả khảo sát và thăm dò chất lượng đá vôi trên mỏ đá, chất lượng và sản lượng yêu cầu của nhà máy xi măng, kế hoạch khai thác mỏ được lập chi tiết cho ngắn hạn và dài hạn. Tuy nhiên, trong thiết kế chủ yếu chỉ dẫn những thông số cơ bản ban đầu của hoạt động khai thác mỏ mang tính tổng thể, dài hạn, thực tế trong khai thác và sản xuất cụ thể cần quan tâm đến chất lượng của tầng phủ và đá thải xen kẽ trong đá và quy mô từng ca sản xuất.

Các nguyên liệu đá vôi, đá sét hàm lượng thấp có thể sử dụng như nguyên liệu chất lượng thấp để phối trộn với nguyên liệu chất lượng cao. Do đó cần xây dựng cơ sở lý thuyết của phương pháp ổn định chất lượng các thành phần hoá trong đá vôi xi măng và tối ưu hóa khai thác dựa trên điều kiện hàm lượng và khả năng sản lượng của các nguồn nguyên liệu khoáng được khảo sát đánh giá trên mỏ.

Một số phương pháp trung hoà ổn định chất lượng đá vôi khai thác đang được các nhà máy xi măng ở Việt Nam sử dụng như sau:

➢ Chỉ khai thác những khu vực đá vôi có chất lượng đáp ứng yêu cầu sản xuất xi măng, các khu vực chất lượng xấu và các vỉa đá kẹp bị thải ra bãi thải;

➢ Phối trộn 2 hay nhiều gương khai thác có chất lượng đá vôi, đá sét khác nhau để cung cấp đá về nhà máy (chất lượng các mẫu nguyên liệu khoáng trong đá vôi, đá sét được cập nhật lấy mẫu thường xuyên trong quá trình khoan bãi nổ và xúc bốc);

➢ Lấy phoi khoan thăm dò và khi khoan chuẩn bị bãi nổ để thí nghiệm mẫu và đánh giá chất lượng bãi mìn sau đó lập kế hoạch xúc bốc cấp nguyên liệu khoáng;

➢ Một số mỏ đá vôi sản xuất xi măng đã xem xét việc ứng dụng phần mềm trong quản lý khai thác nguyên liệu thô nhưng thông tin dữ liệu địa chất đầu vào có độ tin cậy thấp do mạng lưới thăm dò đánh giá giữa các lỗ khoan lớn (mạng thăm dò $\geq 200 \times 100 \times 50$ m), trong thực tế khai thác khoan nổ, xúc bốc có kích thước nhỏ hơn nhiều lần cho từng khu vực.

Từ các mục tiêu cụ thể là lập kế hoạch khai thác trung hoà ngắn hạn hàm lượng các nguyên liệu khoáng ngắn hạn trên các gương khai thác đảm bảo sản lượng khai thác phù hợp với khả năng sản lượng của từng khu vực mỏ.

Trên Bảng 1 biểu diễn các thành phần nguyên liệu khoáng và yêu cầu hàm lượng sản xuất xi măng. Các chỉ tiêu hỗn hợp nguyên liệu thông thường hỗn hợp phối liệu của nhà máy xi măng như sau: đá vôi: 75÷95 %; đất sét: 5÷20 %; phụ gia điều chỉnh: 1÷5 %. Các tham số liên quan khác như: MgO, SO₃, R₂O, Cl⁻. Trong đó yêu cầu hàm lượng MgO khi đưa vào sản xuất clinker phải 2,5 % (TCVN 6072-1996) [8].

Cụ thể hàm lượng các nguyên liệu khoáng chủ yếu yêu cầu và được chấp nhận trong trung hoà chất lượng nguyên liệu là canxít oxít (CaO) mà trên mỏ đá nó tồn tại ở dạng canxi cacbonát (CaCO₃). Đá vôi thường xuyên yêu cầu với hàm lượng trung bình CaO là 48 % để sản xuất xi măng. Các nguyên liệu khoáng quan trọng thứ 2 là silíc oxít (SiO₂), và nhôm oxít (Al₂O₃) và Fe₂O₃. Tỷ lệ modul silíc (SR=2,4÷2,5), tỷ lệ bão hoà vôi (LSF=96÷98) và tỷ lệ modul nhôm (AM=1,3÷1,5) được biểu diễn bằng các biểu thức (1), (2) và (3), (Rehman et. al, 2008) [6].

$$SR = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (1)$$

$$LSF = \frac{CaO}{2.8SiO_2 + 1.1Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3} \quad (2)$$

$$AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (3)$$

Bảng 1. Tỷ lệ phần trăm các nguyên liệu khoáng trong sản xuất xi măng (Rehman et. al, 2008) [6]

Thành phần hoá	Tỷ lệ % các nguyên liệu	
	Nhỏ nhất	Lớn nhất
SiO ₂	14,00	15,00
Al ₂ O ₃	2,70	3,40
Fe ₂ O ₃	1,65	2,17
CaO	40,00	42,00
MKN	35,00	40,00
MgO	0	2,00
Na ₂ O	0	0,50
K ₂ O	0	0,50

2. Hàm mục tiêu và các điều kiện trung hoà chất lượng đá vôi làm xi măng

Để trung hoà chất lượng các nguyên liệu khoáng sản xuất xi măng, tỉ lệ clinker bao gồm: C₃S=3CaO.SiO₂; C₂S=2CaO.SiO₂; C₃A=3CaO.Al₂O₃; C₄AF=4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃. Tiêu chuẩn các thành phần trong Clinker được xác định thông qua các thông số: C₃S (30÷35 %); C₂S (15÷20 %); C₃A (5÷8 %) và C₄AF(5÷8 %) sẽ hỗ trợ trung hoà và cân bằng các nguyên liệu: CaO; SiO₂; Al₂O₃; và Fe₂O₃ lần lượt được xác định theo các biểu thức (4), (5), (6) và (7).

$$C_3S = 4,071.CaO - 7.SiO_2 - 6,718.Al_2O_3 - 1,43.Fe_2O_3 \quad (4)$$

$$C_2S = -3,071.CaO + 8,6.SiO_2 + 5,068.Al_2O_3 - 1,079.Fe_2O_3 \quad (5)$$

$$C_3A = 2,65.Al_2O_3 - 1,692.Fe_2O_3 \quad (6)$$

$$C_4AF = 3,043.Fe_2O_3 \quad (7)$$

Trong quá trình khai thác đá vôi, hàm mục tiêu (FMC) là giá thành khai thác và trung hoà chất lượng các thành phần nguyên liệu khoáng phải nhỏ nhất từ nhiều khu vực trên một mức khai thác hoặc trên các tầng khai thác.

Vi vậy, các biến số ở đây là sản lượng nguyên liệu thô nguyên khai từ vùng thứ i trên mỏ đá khai được trong giai đoạn thứ n (X_{in}) và khối lượng nguyên liệu khoáng cần bổ sung thêm thứ j vào để trung hoà đảm bảo hàm lượng yêu cầu trong giai đoạn thứ n (Y_{jn}) [1], [2], [4]:

$$FCM = \sum_{n=1}^{n'} \left[\sum_{i=1}^{i'} CQ_{in} X_{in} + \sum_{j=1}^{j'} CA_{jn} Y_{jn} \right] \quad (8)$$

Trong đó: CQ_{in} là giá thành một tấn nguyên liệu từ một vùng mỏ/tầng thứ i tới n ; CA_{jn} là giá thành một tấn nguyên liệu thêm vào thứ j tới n , n là chỉ số với $n=1, \dots, n$; i là khu vực trên mỏ/trên tầng với $i=1, \dots, i'$; j là chỉ số thêm nguyên liệu khoáng vào $j=1, \dots, j'$ như đá, sét, quặng sắt, ...; k là chỉ số các thành phần hoá học $k=1, \dots, k'$ như $SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, C_3S, C_2S, C_3A$ và C_4AF .

Đồng thời hàm mục tiêu chi phí giá thành nhỏ nhất FMC (8) phải thoả mãn các điều kiện sau:

> Sản lượng nguyên liệu thô nguyên khai từ các tầng của mỏ đá [1], [2], [5]:

Giới hạn dưới:

$$X_{in} = QQMin_{in} \quad \forall i, n; \quad (9)$$

Giới hạn trên:

$$X_{in} = QQMax_{in} \quad \forall i, n. \quad (10)$$

Trong đó: $QQMin_{in}$ trữ lượng nguyên liệu khoáng sẵn sàng nhỏ nhất từ khu vực thứ i tới n ; $QQMax_{in}$ trữ lượng nguyên liệu khoáng sẵn sàng lớn nhất từ khu vực thứ i tới n .

> Sản lượng nguyên liệu khoáng cần bổ sung [1], [2], [5]:

Giới hạn dưới:

$$Y_{jn} = QAMin_{jn} \quad \forall j, n; \quad (11)$$

Giới hạn trên:

$$Y_{jn} = QAMax_{jn} \quad \forall j, n. \quad (12)$$

Trong đó: $QAMin_{jn}$ khối lượng nguyên liệu nhỏ nhất bổ sung vào thứ j tới n ; $QAMax_{jn}$ khối lượng nguyên liệu lớn nhất bổ sung vào thứ j tới n .

> Khả năng sản lượng của mỏ:

$$\sum_{i=1}^{i'} X_{in} \leq M_n, \quad \forall n. \quad (13)$$

Với M_n khả năng sản lượng của nguyên liệu khoáng trên mỏ đá trong giai đoạn thứ n .

> Khả năng trung hoà, pha trộn nguyên liệu từ các đồng trữ:

$$\sum_{i=1}^{i'} X_{in} + \sum_{j=1}^{j'} Y_{jn} \geq R_n, \quad \forall n. \quad (14)$$

Trong đó: R_n khả năng sản lượng của của các đồng phối liệu trong giai đoạn n .

> Các thành phần nguyên liệu khoáng [1], [3], [9]:

Giới hạn dưới:

$$\left[\sum_{i=1}^{i'} ab_{kin} X_{in} + \sum_{j=1}^{j'} aa_{kin} Y_{jn} \right] - l_{kn} \left[\sum_{i=1}^{i'} X_{in} + \sum_{j=1}^{j'} Y_{jn} \right] \geq 0, 0, \quad \forall k, n \quad (15)$$

Giới hạn trên:

$$\left[\sum_{i=1}^{i'} ab_{kin} X_{in} + \sum_{j=1}^{j'} aa_{kin} Y_{jn} \right] - u_{kn} \left[\sum_{i=1}^{i'} X_{in} + \sum_{j=1}^{j'} Y_{jn} \right] \leq 0, 0, \quad \forall k, n \quad (16)$$

Trong đó: ab_{kin} tỉ lệ phần trăm chứa thành phần nguyên liệu khoáng thứ k trong vật liệu nguyên khai từ vùng i của mỏ đá đến vùng n ; aa_{kin} tỉ lệ phần trăm chứa thành phần nguyên liệu khoáng thứ k thêm vào thứ j đến n ; l_{kn} tỉ lệ phần trăm nhỏ nhất thành phần nguyên liệu khoáng thứ k yêu cầu đưa ra trong giai đoạn n ; u_{kn} tỉ lệ phần trăm lớn nhất thành phần nguyên liệu khoáng thứ k yêu cầu đưa ra trong giai đoạn n .

Thay các tỷ lệ các thành phần của từng nguyên liệu khoáng cần trung hoà vào biểu thức (15) và (16) chúng ta thu được giới hạn dưới tương ứng các điều kiện tỷ lệ của Silic, tỷ lệ bão hoà đá vôi, tỷ lệ bão hoà nhôm, tỷ lệ C_3S , tỷ lệ C_2S , tỷ lệ C_3A và tỷ lệ C_4AF không chế cần trung hoà.

3. Áp dụng tính toán

Để ứng dụng các thuật toán trên vào điều kiện mỏ cụ thể, ở đây xét một mỏ đá xi măng cổ sản lượng trong ngắn hạn (tuần) là 15000 tấn nguyên liệu, nguyên khai phục vụ cho nhà máy và khả năng của đồng trữ trung hoà tương đương sản lượng giai đoạn (15000 tấn). Mỏ đá khai thác trên 5 tầng (khu vực) khác nhau, Bảng 2 và 3 [9].

Bảng 2. Giá thành và khối lượng nguyên liệu khoáng khai thác từ mỏ đá vôi

Tầng	Giá thành		Khối lượng (tấn)			
	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 1		Giai đoạn 2	
			Min	Max	Min	Max
1	20,50	18,00	1000	2500	2000	3000
2	23,00	20,30	3000	4500	2500	3500
3	25,50	26,00	3000	4000	4000	3500
4	27,20	25,30	1000	2500	1500	5000
5	27,50	28,30	1000	2500	1000	2500

Bảng 3. Giá thành và khối lượng nguyên liệu khoáng cần bổ sung trung hoà ở 2 giai đoạn

Bổ sung	Giá thành		Khối lượng (tấn)			
	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 1		Giai đoạn 2	
			Min	Max	Min	Max
Đất sét	16,40	16,40	1500	3000	2000	4000
Đá phiến	70,60	70,60	400	1100	400	1500
Phiến sét	18,80	18,80	0	500	0	500
Đá laterite	352,50	352,50	0	150	0	150

Giá thành khai thác (khoan+nổ+xúc+vận tải) với đá vôi là không khoan nổ mìn trên các khu vực khai thác sét, cát trên Bảng 2 tương ứng từng tầng khai thác. Sự thay đổi giá thành khai thác từ tầng 1 đến tầng 5 tùy thuộc vào sự thay đổi cung độ vận tải hoặc chi phí vận tải một tấn đá nguyên khai. Giá thành và khối lượng các nguyên liệu khoáng cần bổ sung ngắn hạn trong 2 giai đoạn thể hiện trên

Bảng 3.

Bảng 4 và 5 biểu diễn các thành phần hoá trong nguyên liệu khoáng khai thác trên các tầng trên mỏ đá ở 2 giai đoạn. Các tầng khai thác cần sẵn sàng khoan nổ mìn phục vụ cho công tác lấy mẫu và xúc bốc để đạt mục tiêu trung hoà chất lượng đá giữa các gương khai thác trên tầng trong cả 2 giai đoạn khai thác trên.

Bảng 4. Tỷ lệ các thành phần hoá học trên 5 tầng khai thác/khu vực của mỏ đá, giai đoạn

Thành phần hoá (%)	Tầng 1	Tầng 2	Tầng 3	Tầng 4	Tầng 5
CaO	48,50	46,50	49,50	50,05	44,01
SiO ₂	3,25	5,01	1,75	2,5	9,04
Al ₂ O ₃	1,83	0,99	1,50	0,95	1,99
Fe ₂ O ₃	1,12	1,25	0,20	1,05	1,50
MKN	43,75	43,89	44,44	41,91	42,38
MgO	0,99	1,80	2,05	2,99	0,50
Na ₂ O	0,27	0,25	0,24	0,30	0,27
K ₂ O	0,29	0,31	0,32	0,25	0,31

Bảng 5. Tỷ lệ các thành phần hoá học trên 5 tầng khai thác/khu vực của mỏ đá, giai đoạn 2

Thành phần hoá (%)	Tầng 1	Tầng 2	Tầng 3	Tầng 4	Tầng 5
CaO	47,20	45,30	51,25	52,08	41,83
SiO ₂	2,95	5,21	1,63	2,69	7,56
Al ₂ O ₃	1,96	0,93	1,42	0,91	1,86
Fe ₂ O ₃	1,15	1,23	0,19	0,96	1,65
MKN	45,44	44,92	43,12	40,11	46,00
MgO	0,93	1,78	1,96	2,64	0,45
Na ₂ O	0,14	0,28	0,17	0,39	0,29
K ₂ O	0,23	0,35	0,26	0,22	0,36

Bảng 6. Tỷ lệ thành phần hoá chứa trong nguyên liệu khoáng bổ sung trung hoà giai đoạn 1

Thành phần hoá (%)	Đất sét	Đá phiến	Phiến sét	Đá laterite
CaO	48,50	46,50	49,50	50,05
SiO ₂	3,25	5,01	1,75	2,50
Al ₂ O ₃	1,83	0,99	1,50	0,95
Fe ₂ O ₃	1,12	1,25	0,20	1,05
MKN	43,75	43,89	44,44	41,91
MgO	0,99	1,80	2,05	2,99
Na ₂ O	0,27	0,25	0,24	0,30
K ₂ O	0,29	0,31	0,32	0,25

Bảng 7. Tỷ lệ thành phần hoá chứa trong nguyên liệu khoáng bổ sung trung hòa giai đoạn 2

Thành phần hoá (%)	Đất sét	Đá phiến	Phiến sét	Đá laterite
CaO	10,18	0,79	2,63	1,98
SiO ₂	52,00	75,30	59,13	29,46
Al ₂ O ₃	11,89	10,03	13,25	12,69
Fe ₂ O ₃	5,15	5,06	6,25	36,24
MKN	18,00	7,32	16,88	18,23
MgO	2,23	0,97	1,54	0,84
Na ₂ O	0,23	0,29	0,15	0,34
K ₂ O	0,19	0,24	0,17	0,22

Bảng 8. Phương trình và kết quả tính toán trung hoà cho 2 giai đoạn

Hàm & điều kiện tính			Giá trị hàm xây dựng từ bài toán
FMC			$20,50X_{11}+23,00X_{21}+25,50X_{31}+27,20X_{41}+27,50X_{51}+16,40Y_{11}+70,60Y_{21}+18,80Y_{31}+352,50Y_{41}+18,00X_{12}+20,30X_{22}+26,00X_{32}+25,30X_{42}+28,30X_{52}+16,40Y_{12}+70,60Y_{22}+18,80Y_{32}+352,50Y_{42}$
X _{in}	Giới hạn dưới	Giai đoạn 1	X ₁₁ ≥1000, X ₂₁ ≥3000, X ₃₁ ≥3000, X ₄₁ ≥1000, X ₅₁ ≥1000
		Giai đoạn 2	X ₁₂ ≥2000, X ₂₂ ≥2500, X ₃₂ ≥4000, X ₄₂ ≥1500, X ₅₂ ≥1000
X _{in}	Giới hạn trên	Giai đoạn 1	X ₁₁ ≤2500, X ₂₁ ≥4500, X ₃₁ ≥4000, X ₄₁ ≥2500, X ₅₁ ≥2500
		Giai đoạn 2	X ₁₂ ≤3000, X ₂₂ ≤3500, X ₃₂ ≤5000, X ₄₂ ≤2500, X ₅₂ ≤2500
Y _{in}	Giới hạn dưới	Giai đoạn 1	Y ₁₁ ≥1500, Y ₂₁ ≥400, Y ₃₁ ≥0, Y ₄₁ ≥0
		Giai đoạn 2	Y ₁₂ ≥2000, Y ₂₂ ≥400, Y ₃₂ ≥0, Y ₄₂ ≥0
	Giới hạn trên	Giai đoạn 1	Y ₁₁ ≤3000, Y ₂₁ ≤1100, Y ₃₁ ≤500, Y ₄₁ ≤150
		Giai đoạn 2	Y ₁₂ ≤4000, Y ₂₂ ≤1500, Y ₃₂ ≤500, Y ₄₂ ≤150
M _n	Giai đoạn 1		X ₁₁ +X ₂₁ +X ₃₁ +X ₄₁ +X ₅₁ ≤15000
	Giai đoạn 2		X ₁₂ +X ₂₂ +X ₃₂ +X ₄₂ +X ₅₂ ≤15000
R _n	Giai đoạn 1		X ₁₁ +X ₂₁ +X ₃₁ +X ₄₁ +X ₅₁ +Y ₁₁ +Y ₂₁ +Y ₃₁ +Y ₄₁ ≥15000
	Giai đoạn 2		X ₁₂ +X ₂₂ +X ₃₂ +X ₄₂ +X ₅₂ +Y ₁₂ +Y ₂₂ +Y ₃₂ +Y ₄₂ ≥15000
CaO	Giới hạn dưới	Giai đoạn 1	[48,50X ₁₁ +46,5X ₂₁ + 49,5X ₃₁ +50,05X ₄₁ +44,01X ₅₁ + 11,27Y ₁₁ +0,72Y ₂₁ +2,99X ₃₁ +1,69Y ₄₁] - 40,00[X ₁₁ +X ₂₁ +X ₃₁ +X ₄₁ +X ₅₁ +Y ₁₁ +Y ₂₁ +X ₃₁ +Y ₄₁] ≥ 0,0
		Giai đoạn 2	[47,20X ₁₂ +45,3X ₂₂ + 51,25X ₃₂ +52,08X ₄₂ +41,83X ₅₂ + 10,18Y ₁₂ +0,79Y ₂₂ +2,63X ₃₂ +1,98Y ₄₂] - 40,00[X ₁₂ +X ₂₂ +X ₃₂ +X ₄₂ +X ₅₂ +Y ₁₂ +Y ₂₂ +X ₃₂ +Y ₄₂] ≥ 0,0
	Giới hạn trên	Giai đoạn 1	[48,50X ₁₁ +46,5X ₂₁ + 49,5X ₃₁ +50,05X ₄₁ +44,01X ₅₁ + 11,27Y ₁₁ +0,72Y ₂₁ +2,99X ₃₁ +1,69Y ₄₁] - 42,00[X ₁₁ +X ₂₁ +X ₃₁ +X ₄₁ +X ₅₁ +Y ₁₁ +Y ₂₁ +X ₃₁ +Y ₄₁] ≥ 0,0
		Giai đoạn 2	[47,20X ₁₂ +45,3X ₂₂ + 51,25X ₃₂ +52,08X ₄₂ +41,83X ₅₂ + 10,18Y ₁₂ +0,79Y ₂₂ +2,63X ₃₂ +1,98Y ₄₂] - 42,00[X ₁₂ +X ₂₂ +X ₃₂ +X ₄₂ +X ₅₂ +Y ₁₂ +Y ₂₂ +X ₃₂ +Y ₄₂] ≥ 0,0
Tương tự các chỉ số nguyên liệu được tính toán như: SiO ₂ ; Al ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃ ; C ₃ S; C ₂ S; C ₃ A và C ₄ AF			

Trong kế hoạch khai thác ngắn hạn, thành phần hoá học trong nguyên liệu đá vôi được lấy mẫu từ phối các lỗ khoan nổ mìn trên tầng và đưa về phân tích. Thành phần hoá trong nguyên liệu khoáng bổ sung trung hoà trong 2 giai đoạn khai thác mỏ đá biểu diễn trong Bảng 6 và Bảng

7. Với các số liệu trong điều kiện tính toán trên, chúng tôi xây dựng chương trình tính toán áp dụng phương trình hàm mục tiêu chi phí tối ưu nhỏ nhất (8) và các điều kiện tính toán trung hoà cho 2 giai đoạn trong Bảng 8. Sau khi giải phương trình hàm mục tiêu và các điều kiện tính toán (101 phương

trình) với 18 biến số trên chương trình Bảng tính Microft Excel, ta thu được giá trị hàm mục tiêu cho kế hoạch sản xuất 718 659 thoả mãn các điều kiện tính cho 2 giai đoạn.

Cụ thể giai đoạn 1, FMC=363 615 và giai đoạn 2, FMC=355 044 với sản lượng 15 000 tấn nguyên liệu cho sản xuất xi măng.

Bảng 9. Sản lượng nguyên liệu khoáng theo kế hoạch tối ưu theo yêu cầu nhà máy xi măng theo số liệu tính toán của bài toán

Nguyên liệu khoáng		Nguyên liệu trộn trung hoà (tấn)	
		Giai đoạn 1	Giai đoạn 2
Tầng	1	1723	2000
	2	4500	3500
	3	3000	4000
	4	1000	1500
	5	1898	1000
Nguyên liệu bổ sung trung hoà	Đá sét	2479	2321
	Đá phiến	400	520
	Phiến sét	0	159
	Đá Laterite	0	0
Nguyên liệu trung hoà, tấn		1500	1500

Bảng 10. Tối ưu hoá khối lượng nguyên liệu khoáng theo nhu cầu sản xuất xi măng

Thành phần hoá/Chỉ số	Tỷ lệ % các nguyên liệu	
	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2
SiO ₂	40,21	40,16
Al ₂ O ₃	14,10	14,10
Fe ₂ O ₃	3,40	3,40
CaO	1,84	1,74
MKN	38,14	38,33
MgO	1,77	1,77
Na ₂ O	0,29	0,23
K ₂ O	0,26	0,27
LSF	0,90	0,90
SR	2,69	2,75
AM	1,85	1,96
C ₃ S	31,09	31,00
C ₂ S	16,96	17,04
C ₃ A	5,90	6,07
C ₄ AF	5,60	5,28

Trên Bảng 9 và 10 thể hiện kết quả tính toán sản lượng đá nguyên khai trên từng tầng và khối lượng nguyên liệu khoáng cần trung hoà cũng như tỷ lệ các thành phần hoá yêu cầu.

4. Kết luận

Từ yêu cầu các nguyên liệu khoáng được khai thác trên mỏ đá, mỏ sét cung cấp cho nhà máy xi măng, bài báo đã giới thiệu quá trình sản xuất xi măng và các thuật toán tính toán trung hoà các nguyên liệu khoáng cần thiết có chứa các thành phần hoá cơ bản trên mỏ đá vôi.

Hàm mục tiêu về giá thành khai thác và nguyên liệu khoáng cần thiết trong trung hoà tại từng tầng khai thác trên mỏ đá từ đó lập kế hoạch khai thác trong ngắn hạn cho mỏ đảm bảo ổn định chất lượng các nguyên liệu khoáng cung cấp cho nhà máy xi măng.

Các kết quả này có thể được vận dụng và áp dụng cho các mỏ đá có điều kiện chất lượng đá vôi phân bố phức tạp và không đồng đều. Quá trình lập kế hoạch khai thác trong ngắn hạn giúp ta lựa chọn hệ thống khai thác hợp lý nhằm tăng số lượng gương xúc và trung hoà trong quá trình khai thác mỏ đá vôi.

Vi vậy, trong khai thác mỏ đá xi măng hàm mục tiêu là trung hòa chất lượng đá nguyên liệu đủ hàm lượng các nguyên liệu khoáng và sản lượng theo yêu cầu với giá thành thấp nhất, tận thu tối đa nguồn nguyên liệu đá vôi trong mỏ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Asad, M.W.A., 2007. Multi-period quarry production planning through sequencing techniques and sequencing algorithm. Journal of Mining Science, 47(3), pp.317-323.
2. Dagdelen, K., 1985. Multi-period production scheduling using Lagrange multipliers. Colorado School of Mines, USA.
3. Joshi, D., Chatterjee, S. & Equeenuddin, S., 2015. Limestone Quarry Production Planning for Consistent Supply of Raw Materials to Cement Plant: A Case Study from Indian Cement Industry with a Captive Quarry 1. 51(5), pp.980-992.
4. M. W. A. Asad, 2007. Implementing a blending optimization model for short-rang production planning of cement quarry operation. Journal of Mining Science, 47(3), pp.317-323.
5. Neuendorf, K.K.E., Jr., J.P.M. & Jackson, J.A., 2011. Glossary of Geology, Fifth Edition, American Geosciences Institute; Fifth edition.
6. Rehman, M. Asad, I.K., 2008. A managerial solution to operational control of the raw materials blending problem in cement manufacturing operations. Proceedings CICM, 1(Lahore).
7. TCVN 141:1986, 1986. Tiêu chuẩn Việt Nam: xi măng - phương pháp phân tích hoá,

(Xem tiếp trang 84)

3. Đặng Văn Kiên. Khảo sát chấn động nổ mìn khi đào đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn ở khu vực thành phố bằng mô hình 2D. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 6/2014.

4. Đặng Văn Kiên. Các tiêu chuẩn quy phạm đánh giá ảnh hưởng của chấn động nổ mìn khi đào đường hầm đến kết cấu công trình lân cận. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 5/2015.

5. Đặng Văn Kiên. Ảnh hưởng của độ dài của mô hình ba chiều (3D) đến kết quả mô hình khi nghiên cứu chấn động nổ mìn đến kết cấu CTN lân cận do đào đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 2/2016.

6. Đặng Văn Kiên. Nghiên cứu ảnh hưởng của chấn động nổ mìn đến kết cấu đường hầm lân cận bằng hai phương pháp đo đặc hiện trường và phương pháp số. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 2/2016.

7. Đặng Văn Kiên. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của chấn động nổ mìn đến kết cấu cổ chống của đường hầm chính tại dự án đường hầm Hải Vân khi tiến hành mở rộng đường hầm lánh nạn bằng phương pháp khoan nổ mìn. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 2/2017.

8. Van Kien DANG. Numerical Simulation of Wave Propagation in Rock Media: The Effect of Element Type on the Boundary Condition and the Analysis Result in a Model of Blast Vibration. Scientific - Technical Journal of Mining and Geology. N^o6 2015. Hanoi University of Mining and Geology.

9. Hua-bing Zhao và n.n.k. Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Blast-induced Vibration from Adjacent Tunnel on

Existing Tunnel. KSCE Journal of Civil Engineering (0000) 00(0):1-9.

Ngày nhận bài: 26/02/2017

Ngày gửi phản biện: 15/03/2017

Ngày nhận phản biện: 18/05/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 25/07/2017

Từ khóa: mô hình số 2D, 3D; nổ mìn; ảnh hưởng sóng nổ mìn; kết cấu chống giữ; quy hoạch vị trí; đường hầm mới; đường hầm cũ; khoảng cách an toàn; vận tốc dao động

SUMMARY

This paper presents a new solution to study the effect of blast vibration at new tunnel face on lining of an adjacent existing tunnel. By numerical simulation and field data in-situ, the minimum distance between two tunnels is given to insure the safe of the existing tunnel lining. The location of the adjacent existing tunnel is fixed, the location of the new tunnel is moved on a circular. The radial of the circular is the minimum distance between two tunnels. A comparison the peak particle velocities which are obtained by above numerical model will give an optimal location of new tunnel in which the the effect of blast vibration at new tunnel face on lining of an adjacent existing tunnel is minimal.

TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG...

(Xem tiếp trang 77)

8. TCVN 5975: 1995, 1996. Tiêu chuẩn Việt Nam về các nguyên liệu khoáng sản xuất xi măng,

9. Winebuyer, 2015. Limestone derived topsoil types.

Ngày nhận bài: 25/03/2017

Ngày gửi phản biện: 11/04/2017

Ngày nhận phản biện: 05/06/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 25/07/2017

Từ khóa: trung hòa; nguyên liệu đầu vào; nhà máy xi măng; đá vôi; thành phần nguyên liệu khoáng; tiêu chuẩn

SUMMARY

The limestone quarry is the major source of raw materials for the cement manufacturing operation. During production, required percent content of chemicals in raw mix may only be achieved through the analysis of alternative quarry plans by requiring the fewest purchased additives. Blending optimization model of various raw materials is presented as a short term planning in the quarry. This model is established in a case study of the quarry in the cement manufacturing operation and can be applied in Vietnam.