

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHUN SƯƠNG DẬP BỤI CHO LÒ CHỢ KHAI THÁC THAN

CALCULATING, DESIGNING AND BUILDING A MODEL OF A DUST SUPPRESSION SYSTEM FOR A COAL MINING MARKET FURNACE

Nguyễn Văn Quang*, Nguyễn Thanh Tùng

Trường Đại học Mở – Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán thiết kế hệ thống phun sương dập bụi. Trên cơ sở toán học, nghiên cứu đã chỉ ra sơ đồ hệ thống phun sương dập bụi, từ đó xác định các thông số cơ bản của hệ thống như lưu lượng, cột áp. Kết quả bài báo đã xây dựng được mô hình hệ thống phun sương dập bụi sử dụng bơm cao áp. Quá trình thực nghiệm tại thực địa cho thấy nồng độ bụi giảm mạnh ở khu vực khai thác than.

Từ khóa: Phun sương dập bụi; Bơm cao áp; Béc phun.

ABSTRACT

This paper presents a method of calculating and designing a dust spray mist to suppress dust system. On the basis of mathematics, the study has shown a diagram of the dust suppression system, thereby determining the basic parameters of the system such as flow, pressure head. The results of the article have built a model of a dust suppression system using a high-pressure pump. Experimental process in the field showed that the dust concentration decreased sharply in the coal mining market furnace.

Keywords: Mist spray dust; High-pressure pump; Nozzle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bụi than trong khai thác hầm lò là nguyên nhân sinh ra các bệnh nghề nghiệp như: Bụi phổi, hen phế quản,... ảnh hưởng đến sức khỏe người lao động và chất lượng cuộc sống cộng đồng [1]. Nhiều hệ thống dập bụi đã được nghiên cứu và ứng dụng trong khai thác than để giảm tác hại của bụi. Tác giả Lê Văn Thao [2, 3] đã tiến hành nghiên cứu, thiết kế hệ thống chống bụi bằng hộp trộn gió và nước tạo ra chùm nước

nhỏ. Phương pháp này mới chỉ được áp dụng ở ngoài mặt bằng là chủ yếu. Tác giả Colinet JF, Spencer ER, Jankowski RA [4] đã đưa giải pháp thông gió nhằm hòa loãng bụi, giải pháp này có khả quan nhưng phải điều chỉnh tốc độ gió để hòa loãng bụi nhanh chóng. Giải pháp này được tác giả đề xuất sử dụng cho những gương lò chợ với đường lò có tiết diện lớn và cần phải có nguồn cung cấp nước cho máy hút bụi để dập bụi ngay tại máy hút bụi nên rất khó áp dụng ở Việt Nam, vì hầu hết các đường lò

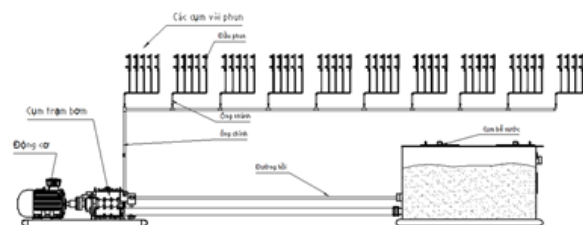
trong các mỏ hầm lò của Việt Nam đều nhỏ, chỉ có một số ít các đường lò được đào trong thời gian xây dựng mỏ thì mới có diện tích lớn. Các phương pháp chống bụi tại các mỏ hầm lò hiện nay còn nhiều hạn chế, chi phí nhân công phát sinh nhiều; các phương pháp chống bụi chủ yếu là phương pháp làm ẩm vỉa than; chống bụi bằng các túi nước treo trước gương lò khi nổ mìn; sử dụng búa nước,... Các phương pháp chủ yếu là sử dụng phun tưới nước với cỡ hạt lớn không phù hợp để áp dụng trong khai thác hầm lò với yêu cầu cỡ hạt nhỏ để thuận lợi cho việc thoát nước và ít ảnh hưởng đến thiết bị trong mỏ. Từ những phân tích trên đây có thể nhận thấy việc chống bụi trong các mỏ than hầm lò là một vấn đề cần được quan tâm đúng mức, đặc biệt là tại các gương lò đào vẫn áp dụng phương pháp hòa loãng lượng bụi bằng phương pháp thông gió. Từ những thực tế trên, nhóm tác giả đi sâu vào việc xây dựng hệ thống phun sương dập bụi để làm giảm nồng độ bụi trong khai thác hầm lò.

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ SƠ ĐỒ CÔNG NGHỆ HỆ THỐNG PHUN SƯƠNG

2.1. Sơ đồ hệ thống phun sương

Hệ thống phun sương dập bụi hoạt động dựa trên nguyên lý bụi được làm rơi trọng lực thông qua áp lực cao làm cho sương dạng hạt nước và bụi thành quả cầu bụi nước, dưới tác dụng của bơm áp suất cao làm cho màn sương phun ra xa, tại nơi có nguồn phát sinh bụi hoặc môi trường xung quanh tiến hành phun sương bao phủ. Đặc điểm khai thác than hầm lò, các đường lò được phát triển theo hướng đào sâu xuống lòng đất. Hiện nay, một số mỏ khai thác than hầm lò ở Quảng Ninh đang khai thác ở độ sâu tới -250m và dự tính còn có thể xuống -450 m. Hệ thống phun sương gồm: Động cơ điện, trạm bơm tăng áp, bể nước, hệ thống đường

ống và các béc phun sương.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống phun sương dập bụi

2.2. Xác định các thông số công nghệ của hệ thống

2.2.1. Xác định lưu lượng

Trong khai thác than hầm lò sử dụng máy khâu liên hợp (cắt than, phá hoá và cào vận tải than sau khi cắt). Chiều dài chợ trung bình: $L = 100 - 120$ m. Ta chọn chiều dài lò chợ trong tính toán $L = 120$ m. Theo [3], góc phun của luồng bụi nước đạt tới 40° , chiều dài luồng bụi nước đến $1,5 \div 2$ m.

Diện tích mặt gương thực tế:

$$A = 10 \div 15 \text{ m}^2, \text{ ta chọn } A = 15 \text{ m}^2.$$

Thể tích cần dập bụi:

$$V = L.A = 120.15 = 1800 \text{ m}^3.$$

Theo [2], nồng độ bụi khu trong khoảng thì lưu lượng nước cần cho 1 đơn vị thể tích 1 m^3 là $q = 0,175$ lít/phút. Lưu lượng tổng cần để đáp ứng thể tích V là:

$$Q = q.V = 0,175.1800 = 315 \text{ lít/phút} \quad (1)$$

Khoảng cách lắp đặt vòi phun $L = 2$ m, đường kính hình tròn phạm vi ảnh hưởng $D = 2000$ mm. Để đạt hiệu quả dập bụi tốt do các yếu tố phương vòi phun và khoảng cách phun, chọn độ phủ chồng lấn $O = 0,25$.

Khoảng cách E giữa 2 hàng vòi phun:

$$E \geq D \cdot (1 - O) = 2000 \cdot (1 - 0,25) = 1500 \text{ mm} \rightarrow \text{Chọn } E = 2000 \text{ mm} \quad (2)$$

Để đảm bảo thể tích phun và chiều dài phun phủ hết vùng bụi, chúng ta bố trí $n_1 = 6$ đầu phun trên 1 cụm. Chiều dài làm việc hữu dụng L_1 của một cụm vòi phun:

$$L_1 = E \cdot n_1 = 2000 \cdot 6 = 12000 \text{ mm} = 12 \text{ m} \quad (3)$$

Số vòi phun cần thiết cho 1 đường khâu:

$$N = \frac{L}{L_1} = \frac{120}{12} = 10 \text{ (cụm vòi phun)}$$

Lưu lượng qua mỗi cụm vòi phun:

$$Q_c = \frac{Q}{N} = \frac{315}{10} = 31,5 \text{ (Lít/phút)} \quad (4)$$

Lưu lượng cho 1 vòi phun:

$$Q_{vp} = \frac{Q_c}{n_1} = \frac{31,5}{6} = 5,25 \text{ (Lít/phút)} \quad (5)$$

Do nhu cầu phun sương dập bụi trong thời gian ngắn, thời gian khoảng 4-6 phút, thể tích cần thiết của bình chứa: $V \geq 6 \cdot 315 = 1890$ lít.

Chọn thể tích bình chứa: $V = 2000$ lít.

2.2.2. Tính chọn áp suất làm việc

Áp suất trên đường ống:

$$H = h_d + h_{\text{đẩy}} \quad (6)$$

Trong đó: $H_{\text{đẩy}}$ là áp suất đẩy trên đường ống. Chọn chiều cao đẩy trung bình của bơm $h_{\text{đẩy}} = 360 \text{ m}$; h_d là áp suất dọc đường.

Vận tốc trung bình mặt cắt của dòng chảy $v = 2 \text{ m/s}$, đường kính tương ứng khoảng danh nghĩa của ống $d = 32 \text{ mm}$. Khoảng cách từ vị trí đặt bơm tăng áp tới đầu đường lò là 50 m. Đường ống phun là 120 m nên tổng chiều dài tính toán: $l = 50 + 120 = 170 \text{ m}$. Chọn $\lambda = 0,025$.

Theo [4], tổn thất dọc đường của ống:

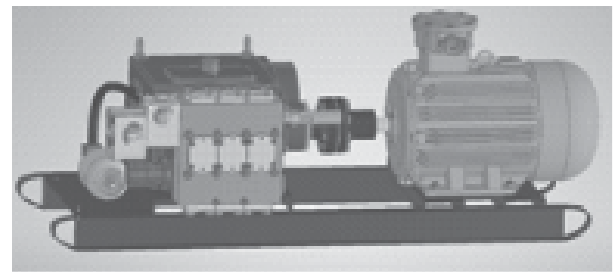
$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,025 \cdot \frac{170}{0,032} \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 27 \text{ (bar)} \approx 2,7 \text{ Mpa} \quad (7)$$

Cột áp bơm trên đường ống là:

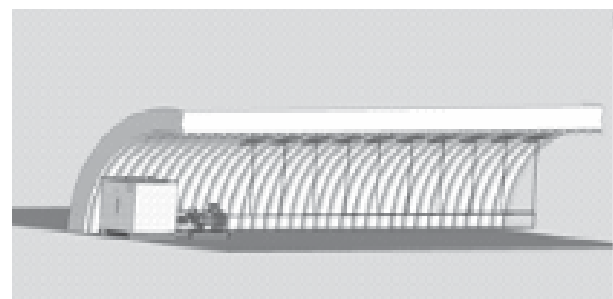
$$H = h_d + h_{\text{đẩy}} = 2,7 + 3,6 = 6,3 \text{ Mpa} \quad (8)$$

2.3. Mô hình hệ thống phun sương dập bụi

Dựa trên đặc điểm thông số hệ thống bơm như mục 2, ta lựa chọn mô hình trạm bơm như sau:



Hình 2. Sơ đồ trạm bơm



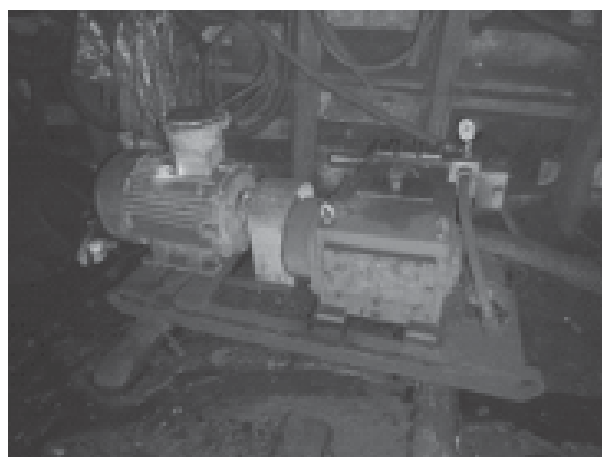
Hình 3. Hệ thống phun sương dập bụi

Loại bơm cao áp: Bơm piston; Cột áp bơm 6,3 Mpa; Lưu lượng bơm: 315 lít/phút; Công suất động cơ 45 KW; Tốc độ quay trục bơm: 517 vòng/phút; Thùng chứa: 2000 lít; Số cụm vòi phun: 10 cụm; Số béc phun trong 1 cụm: 6; Đường kính ống chính: 32 mm; Đường kính ống nhánh: 16 mm.

2.4. Thực nghiệm và kết quả

2.4.1. Chuẩn bị thực nghiệm

Vị trí lắp đặt hệ thống bơm: Lò chợ lựa chọn lắp đặt thử nghiệm hệ thống phun sương



Hình 4. Lắp trạm bơm

dập bụi là lò chợ cơ giới hóa VM L7-2C thuộc mỏ than Mông Dương. Tổng chiều dài lò chợ $L = 120$ m, tiết diện mặt cắt lò chợ $13,2 \text{ m}^2$.

2.4.2. Kết quả thực nghiệm

Nồng độ bụi hô hấp thời điểm liên tục cả ca làm việc, 8 giờ ở lò chợ cơ giới hóa và thời gian lấy mỗi mẫu 10 phút. Kết quả đo được thực hiện trong 9 ca làm việc trong lò chợ khai thác than. Mỗi ca làm việc lấy 48 mẫu phụ thuộc vào thời gian làm việc của từng công đoạn. Kết quả đo bụi được trình bày trong bảng sau:



Hình 5. Lắp hệ thống vòi phun

Bảng 1. Kết quả đo bụi khi máy khâu hoạt động trước khi phun sương

Số TT	Lò chợ cơ giới hóa VM-L7-2C	Nồng độ bụi (mg/m^3), với 9 ca làm việc			Thời gian (phút)		
		Trung bình	Min	Max	Trung bình	Min	Max
1	Vào lò	5.49	4.17	6.81	19.61	16.67	22.56
2	Máy khâu hoạt động	182.83	114.33	251.33	52.89	36.33	69.44
3	Ra khỏi lò	25.17	16.49	33.84	29.06	24.56	33.56



Bảng 2. Kết quả đo bụi tại lò chợ khi tải than trước khi phun sương

Số TT	Lò chợ cơ giới hóa VM-L(7)-1	Nồng độ bụi (mg/m ³), với 9 ca làm việc			Thời gian (phút)		
		Trung bình	Min	Max	Trung bình	Min	Max
1	Vào lò	5.29	4.17	6.41	23.33	20.83	25.83
2	Tải than	155.50	150.67	160.33	37.08	30.83	43.33
3	Ra khỏi lò	5.05	4.20	5.91	28.75	27.50	30.00

Bảng 3. Kết quả đo bụi khi máy khâu hoạt động sau khi phun sương

Số TT	Lò chợ cơ giới hóa VM-L7-2C	Nồng độ bụi (mg/m ³), với 9 ca làm việc			Thời gian (phút)		
		Trung bình	Min	Max	Trung bình	Min	Max
1	Vào lò	5.59	4.23	6.95	20.78	17.78	23.78
2	Máy khâu hoạt động	22.44	12.62	32.27	44.33	25.89	62.78
3	Ra khỏi lò	5.41	4.07	6.75	26.06	22.78	29.33

Bảng 4. Kết quả đo bụi tại lò chợ khi tải than sau khi phun sương

Số TT	Lò chợ cơ giới hóa VM-L7-2C	Nồng độ bụi (mg/m ³), với 9 ca làm việc			Thời gian (phút)		
		Trung bình	Min	Max	Trung bình	Min	Max
1	Vào lò	5.40	4.21	6.59	22.08	17.50	26.67
2	Tải than	20.98	12.02	29.93	35.83	26.67	45.00
3	Ra khỏi lò	5.15	4.14	6.15	26.67	21.67	31.67

Bảng 1 và 3 thể hiện nồng độ bụi khu vực máy khẩu làm việc giảm đi rõ rệt trước và sau khi sử dụng hệ thống phun sương. Giá trị nồng độ bụi giảm từ 182,83 xuống 22,44 mg/m³, thời gian duy trì nồng độ bụi cũng giảm xuống từ 52,89 phút xuống 44,33 phút. Bảng 2 và 4 thể hiện nồng độ bụi tại lò chợ giảm từ 155,50 xuống 20,98 mg/m³. Chỉ số nồng độ bụi đánh giá hiệu quả của hệ thống phun sương.

3. KẾT LUẬN

Dựa trên cơ sở lý thuyết và thực nghiệm về hệ thống phun sương dập bụi, bài báo đã xây dựng được hệ thống phun sương dập bụi áp dụng cho lò chợ khai thác than. Kết quả quá trình tính toán cho thấy hệ thống phun sương có công suất 45 Kw, lưu lượng bơm 315 lít/phút và cột áp bơm 6,3 Mpa đáp ứng yêu cầu quá trình phun sương dập bụi. Kết quả thực nghiệm tại Công ty cổ phần Than Mông Dương cho thấy hiệu quả rõ rệt của hệ thống phun sương. Nồng độ bụi đã giảm được 5-7 lần trước khi sử dụng hệ thống phun sương.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số đề tài: B2022-MDA-11.❖

Ngày nhận bài: 20/7/2023

Ngày phản biện: 17/8/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Xuân Hà, Đặng Vũ Chí và nnk (2012); *An toàn vệ sinh lao động trong khai thác mỏ hầm lò*, NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Lê Văn Thao (1995); *Nghiên cứu chống bụi lò đá các mỏ than hầm lò*, Đề tài nghiên cứu khoa học, Bộ Công nghiệp, Hà Nội.
- [3]. Lê Văn Thao (1998); *Khảo sát, thiết kế chống bụi khu máy sàng mỏ Khánh Hòa*, Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ, Hà Nội.
- [4]. Colinet JF, Spencer ER, Jankowski RA [1997]; *Status of dust control technology on U.S. longwalls*. In: Ramani RV, ed. *Proceedings of the Sixth International Mine Ventilation Congress*. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., pp. 345-351.