



NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ THI CÔNG VỎ CHỐNG LÒ BẰNG PHUN BÊ TÔNG ƯỚT CHIỀU DÀY LỚN TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH

Nguyễn Văn Công*, Đinh Văn Cường, Phí Văn Long

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 3 Phan Đình Giót, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 21/01/2026

Ngày nhận bài sửa: 24/3/2026

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2026

*Tác giả liên hệ:

Email: nguyenvancong.vimsat@gmail.com

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

TÓM TẮT

Công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt với chiều dày lớn là một trong những giải pháp tiên tiến, đã được triển khai rộng rãi tại các quốc gia có nền công nghiệp khai khoáng phát triển như Đức, Mỹ, Nga, Trung Quốc... cũng như được áp dụng hiệu quả tại nhiều công trình ngầm lớn ở Việt Nam trong lĩnh vực giao thông, thủy điện và thủy lợi. Công nghệ này không chỉ góp phần nâng cao mức độ cơ giới hóa trong thi công hầm lò mà còn cải thiện rõ rệt chất lượng kết cấu vỏ chống, tăng tính ổn định và an toàn, đồng thời giảm chi phí xây dựng, rút ngắn thời gian thi công và mở rộng khả năng ứng dụng trong các điều kiện địa chất phức tạp. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu tổng quan về quá trình hình thành, phát triển và thực tiễn ứng dụng công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn trên thế giới và tại Việt Nam. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số sơ đồ công nghệ, đồng bộ thiết bị phù hợp với điều kiện các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh.

Từ khóa: Bê tông phun, bê tông phun ướt, phương pháp phun bê tông khô, phương pháp phun bê tông ướt, thiết bị phun bê tông ướt.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các mỏ than hầm lò của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) ngày càng khai thác xuống sâu, kéo theo đó là sự gia tăng các yếu tố ảnh hưởng bất lợi làm gia tăng áp lực mỏ tác động, gây biến dạng, mất ổn định đường lò. Cùng với đó, nhu cầu sử dụng các loại hình vỏ chống lò bằng bê tông có khả năng chịu tải lớn cũng tăng theo. Tuy nhiên, thực trạng công tác thi công vỏ chống bê tông tại các mỏ than hầm lò có mức độ cơ giới hóa rất thấp, vỏ chống bê tông sau thi công liên kết kém với khối đá biên lò, khó điền đầy bê tông ở phạm vi nóc lò, chất lượng vỏ chống sau thi công tại một số mỏ chưa đạt yêu cầu, bị nứt vỡ trong quá trình sử dụng. Ngày nay với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, nhiều mỏ than hầm lò và công trình ngầm trên thế giới đã áp dụng công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt

chiều dày lớn thay cho đổ bê tông truyền thống bằng dụng cụ cốt pha, ván khuôn, cho phép nâng cao mức độ cơ giới hóa trong thi công và chất lượng vỏ chống. Đây là một hướng đi công nghệ khả thi và cần thiết để thi công vỏ chống lò bằng bê tông tại các mỏ than hầm lò của TKV. Bài báo này giới thiệu một số kết quả nghiên cứu đề xuất công nghệ phù hợp điều kiện các mỏ than hầm lò TKV.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hiện trạng công nghệ bê tông phun và áp dụng vỏ chống lò bằng bê tông tại các mỏ hầm lò TKV

Đánh giá cho thấy, công tác thi công vỏ chống liên khối bằng bê tông, bê tông cốt thép, bê tông lưu vì tại các mỏ hầm lò TKV hiện nay có mức độ cơ giới hóa thấp, hầu hết các công đoạn thi công như



vận chuyển, lắp dựng cốp pha, đổ bê tông được thực hiện thủ công, yêu cầu nhiều nhân lực, hiệu suất thi công thấp. Bê tông sau ngưng kết có độ sụt lớn, chất lượng thấp, vỏ chống bê tông tương tác không tốt/không triệt để với khối đá biên lò. Đặc biệt ở phạm vi nóc lò, do khó/hoặc không thực hiện được công tác đầm lèn sau khi đổ, phần bê tông sau khi co ngót tạo khoảng rỗng và không tiếp xúc với đất đá xung quanh, từ đó phát sinh các vết nứt phá hủy kết cấu. Thậm chí trong một số trường hợp, nếu công tác giám sát chưa sâu sát, kết hợp với ý thức người thi công không tốt, phần nóc lò chỉ được đổ bê tông với chiều dày rất hạn chế, tạo khoảng trống lớn giữa lớp bê tông và biên lò, nhưng không được phát hiện kịp thời, dễ dẫn tới hiện tượng sập đổ nóc lò.

Tại các mỏ than hầm lò TKV, phương pháp phun bê tông được sử dụng theo hai hình thức là phun khô và phun ướt. Trong đó: (i) Phương pháp phun khô được thực hiện để phun trám bề mặt nhằm ngăn cách, chống phong hóa, tách lở đất đá biên lò cho một số đường lò đá chống neo, chống thép hoặc các đường lò đá không sử dụng vì chống (chống đỡ tự nhiên). Chiều dày phun thực tế chỉ đạt từ 2÷3 cm, mức độ hao hụt lên tới 30÷40%, lượng bụi khi phun rất lớn, gây ảnh hưởng đến môi trường làm việc cũng như sức khỏe của người lao động; (ii) Đối với phương pháp phun ướt, ngoài các phạm vi áp dụng kể trên, còn được sử dụng để phun trám bề mặt tạo tường phản áp trong công nghệ phun ép vữa gia cường khối đá, tuy nhiên, chiều dày phun phổ biến cũng chỉ đạt 5÷7 cm. Về lý thuyết, phương pháp phun ướt này cũng có thể sử dụng để thi công vỏ chống chính (chịu lực) bằng kết cấu bê tông. Nhưng để làm được điều đó, phải thực hiện phun nhiều lần, hình thành từng lớp bê tông dày từ 5÷7 cm. Khi các lớp trước đó đông kết chịu lực (thường 8÷24 h) mới tiến hành phun lớp tiếp theo chồng lên cho tới khi hình thành đủ chiều dày vỏ chống theo thiết kế (phổ biến tại các đơn vị là từ 30÷40 cm). Cách làm này tồn tại một số nhược điểm: thời gian thi công kéo dài, năng suất thấp, vỏ chống bê tông được hình thành bởi nhiều phân lớp có chỉ tiêu cơ lý khác nhau, làm hạn chế tính đồng nhất, từ đó không phát huy tốt khả năng mang tải của vỏ chống. Như vậy, phương pháp phun bê tông ướt hiện nay của các đơn vị là không khả thi, không phù hợp để thi công vỏ chống lò cố định bằng bê tông. Qua đó có thể thấy, đối với các phạm vi đường lò dự kiến sử dụng kết cấu chống

bê tông tại các mỏ than hầm lò TKV, nếu không được thay đổi công nghệ, các đơn vị sẽ gặp phải nhiều thách thức về công tác thi công, đặc biệt là chất lượng vỏ chống.

2.2. Tổng quan kinh nghiệm áp dụng công nghệ phun bê ướt thi công vỏ chống lò mỏ và công trình ngầm trên thế giới và trong nước

Bê tông phun được sử dụng lần đầu ở Mỹ bởi Công ty Cement Gun vào năm 1907. Các nguyên tắc về súng phun xi măng (vòi xịt bê tông phun) đã được phát triển năm 1907 bởi Carl E. Akeley. Sau đó thiết bị này được phát triển hơn nữa, đăng ký sáng chế năm 1910 bởi Công ty Cement Gun tại Allentown, Pennsylvania và cũng đặt tên mới cho loại vật liệu này mà ngày nay được gọi chính thức là bê tông phun cốt liệu nhỏ. Việc đưa bê tông phun vào xây dựng ngầm bắt đầu thực nghiệm ở mỏ Brucetown của cục mỏ Pittsburgh năm 1914 [1]. Ban đầu, phương pháp phun trộn khô được sử dụng chủ yếu. Theo phương pháp này, hỗn hợp vật liệu được trộn sẵn bằng máy rồi được đưa đến đầu vòi phun bằng áp lực khí nén qua hệ thống ống, nước được trộn vào hỗn hợp tại đầu vòi phun và được phun ra với áp lực phun thích hợp vào bề mặt thi công. Phương pháp phun trộn ướt chỉ được sử dụng từ sau thế chiến II. Lúc này hỗn hợp vật liệu được trộn sẵn cùng với lượng nước cần thiết, sau đó được đưa ra đầu vòi phun bằng áp lực khí nén qua hệ thống ống và được phun với áp lực phun thích hợp vào bề mặt được thi công.

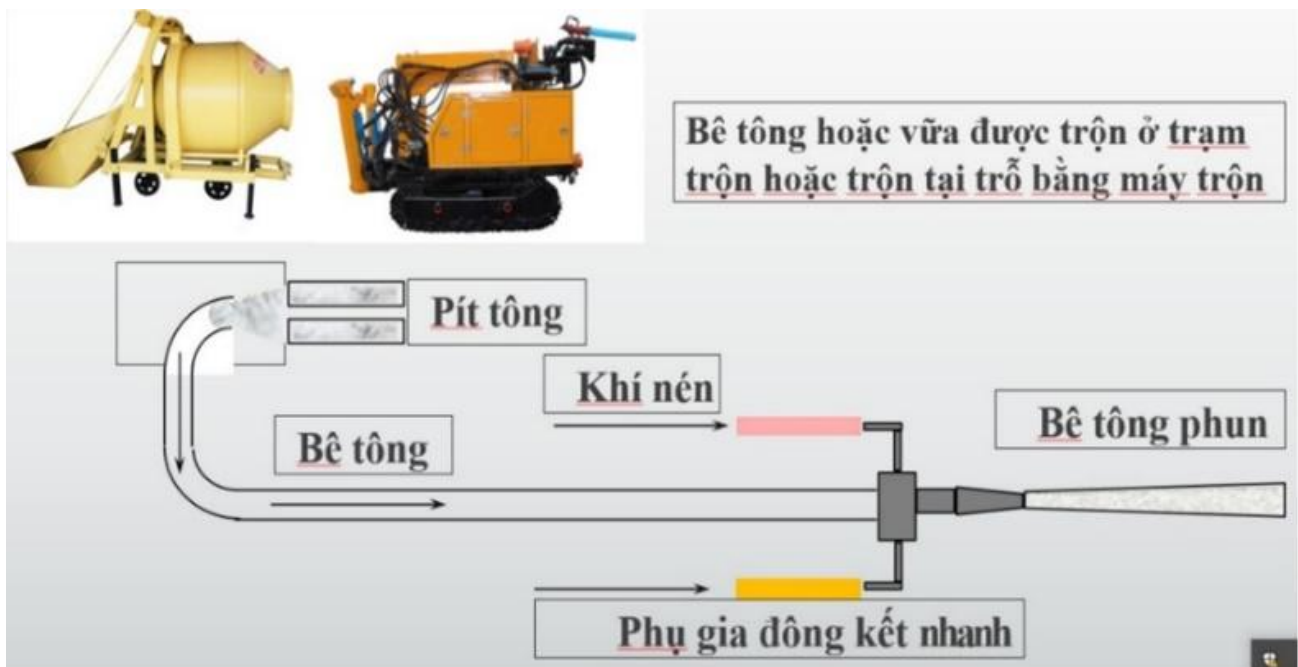
Ở giai đoạn đầu (1910÷1945) bê tông phun chưa được coi là một loại kết cấu chống do xu hướng bị bong ra khi mới xuất hiện áp lực mỏ nhỏ, đòi hỏi phải phun thành nhiều lớp mỏng do độ bám dính kém, co ngót nhiều vì sử dụng nhiều xi măng. Sau chiến tranh thế chiến II, người ta tập trung phát triển hệ thống ngầm như một sự đòi hỏi cấp thiết của nền kinh tế ở Châu Âu, Mỹ, do đó loại kết cấu chống này phát triển nhanh. Năm 1952, phun bê tông ướt được sử dụng thành công làm kết cấu chống duy nhất cho đường hầm áp lực và hầm không áp khi xây dựng hệ thống thủy điện Maggia của Thụy Sĩ. Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ và vật liệu (nhiều loại máy phun, robot phun, cỡ hạt phun lớn hơn, nhiều loại phụ gia ra đời nên bê tông phun ngày càng được sử dụng trong các công trình ngầm và mỏ, các công trình giao thông, công trình dân dụng và công nghiệp. Ngoài ra, những năm gần đây bê tông phun cường độ kháng



nén siêu cao (lớn hơn 85 MPa) đã được phát triển và ứng dụng rộng rãi phục vụ cho mục đích sửa chữa các kết cấu công trình với độ tin cậy cao và tuổi thọ đáp ứng được các yêu cầu sử dụng.

Đối với các công trình ngầm mỏ, công nghệ phun bê tông ướt được sử dụng cho cả hai mục đích: thi công kết cấu chống tạm, chống phong hóa bề mặt (thông thường chiều dày < 5cm); và thi công kết cấu chống chính (chiều dày ≥ 20 cm), hoặc sử dụng làm kết cấu chống hỗn hợp neo + bê tông phun (chiều dày thường ≤ 20cm). Vật liệu sử dụng cho bê tông phun ướt gồm các thành phần chính: cát, xi măng, đá rậm cỡ hạt nhỏ (thường dưới 1cm), các phụ gia đông cứng nhanh, siêu dẻo, bù cơ ngót và có thể thêm vào các cốt sợi (sợi thép, microsilica, ...). So với bê tông đổ tại chỗ, bê

tông phun có vật liệu cơ bản (xi măng, đá, cát, nước) là tương tự, nhưng được thêm vào các chất khác (ví dụ phụ gia tăng tốc độ đông cứng, microsilica và sợi thép, ...) làm thay đổi tính chất của nó, khiến bê tông phun trở nên hữu dụng và có hiệu quả lớn hơn nhiều so với bê tông thường. Mác bê tông phun ướt khi đóng vai trò là kết cấu chống tạm, chống phong hóa B7.5-B15 (cường độ chịu nén 100÷200 kG/cm²). Đối với các cấu chống cố định hoặc có chiều dày lớn (≥ 20 cm), dùng mác bê tông B15-B40 (cường độ chịu nén 200÷500 kG/cm²) tùy theo yêu cầu kỹ thuật công trình được thiết kế. Dây truyền thiết bị thi công gồm: máy trộn bê tông (vữa bê tông được trộn ở trạm trộn hoặc trộn tại chỗ), máy phun bê tông (hoặc robot phun đối với các công trình tiết diện lớn) và máy bơm phụ gia như thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ thi công bê tông phun ướt

Để kiểm chứng tính khả thi của công nghệ bê tông phun trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm và mỏ, các nhà khoa học LB Nga đã tiến hành thử nghiệm toàn diện loại hình kết cấu chống này so sánh với công nghệ đổ bê tông tại chỗ [2]. Kết quả của các thử nghiệm cho thấy vỏ chống bê tông phun có đặc điểm là cường độ kháng nén cao (ở ngày

tuổi 28, cường độ từ 40 ÷ 60 MPa), trọng lượng riêng 2,4 T/m³, khả năng chống nước không thấp hơn B12) và hầu hết các chỉ tiêu kỹ thuật như cường độ kháng nén, kháng kéo, kháng cắt, chỉ số bám dính, chỉ số chống thấm đều tăng so với bê tông được đổ tại chỗ (Bảng 1).

**Bảng 1. So sánh kết quả thử nghiệm một số đặc tính của bê tông phun và bê tông đổ tại chỗ ở LB Nga [2]**

Phương pháp thi công	Cường độ giới hạn (MPa)				Cấp chống thấm của bê tông
	Bám dính với nền đá	Kháng kéo dọc trục	Kháng cắt	Kháng nén	
Bê tông phun	1,39	2,56	3,9	40,7	W-12
Bê tông đổ tại chỗ	0,62	2,09	3,2	29	W-4

Từ nền tảng kinh nghiệm ban đầu nêu trên, thời gian gần đây, các đơn vị thi công công trình ngầm nói chung, đường lò mỏ trên thế giới nói riêng như Trung Quốc, Úc, Nga, ... đã chuyển sang áp dụng công nghệ phun bê tông ướt để thi công vỏ chống lò trong các trường hợp: tạo vỏ chống bê tông liền khối; bê tông cốt thép liền khối; bê tông lưu vi; chống neo kết hợp vỏ chống bê tông; phun tạo vỏ chống bê tông gia cường lò. Áp dụng công nghệ cho phép mang lại một số hiệu quả như sau: mức độ cơ giới hóa cao; bê tông trong quá trình phun cho phép lấp đầy khoảng trống và khe nứt sát biên lò, sau thi công hầu như không bị sụt hay co ngót, vỏ chống tương tác triệt để với khối đá biên lò; thời gian chịu lực nhanh, chỉ từ 8÷24 h; chất lượng vỏ chống bê tông cao; không phải chi phí sử dụng vì cốp pha; thời gian thi công nhanh; chiều dày phun bê tông lên tới 0,5 m, cường độ kháng nén của lớp bê tông đạt từ trên 19,27÷ 51,37 MPa (tương đương mác bê tông

B15, B40). Một số công trình ngầm tiêu biểu trên thế giới sử dụng công nghệ bê tông phun ướt có thể kể đến như: đường hầm Lausanne metro (ở Thụy Sĩ), đường hầm dẫn nước Sevenans của Pháp, đường hầm đường sắt Sieberg (ở Úc, chiều dài 6,5 km, cường độ bê tông đo được ở 28 ngày tuổi là 48 MPa, chiều dày BTP 30-40 cm), đường hầm Irlahull (ở Đức, diện tích mặt cắt ngang hầm 150 m², cường độ bê tông đo được ở 28 ngày tuổi là 45 MPa, chiều dày BTP 25÷40 cm), Đường hầm North Downs (ở Anh, chiều dài 3,5 km, thiết kế tuổi thọ 120 năm, diện tích mặt cắt ngang 140 m², cường độ bê tông đo được ở 28 ngày tuổi là trên 42 MPa, chiều dày BTP 25÷50 cm), giếng đứng ở mỏ Southern Deep Mine (ở Johannesburg Nam Phi, chiều sâu 3000 m, đường kính 9 m, cường độ bê tông đo được ở 28 ngày tuổi là trên 95 MPa, chiều dày mỗi lớp phun 10 cm, tổng chiều dày BTP 20÷60 cm),... (Hình 2, Hình 3) [3], [4].



a. Đường hầm Lausanne metro (Thụy Sĩ)



b. Đường hầm dẫn nước Sevenans



c. Thử nghiệm phun bê tông với chiều dày lớn trong 1 lần phun tại nhà máy thủy điện Namphak, Lào

Hình 2. Một số công trình ngầm trên thế giới sử dụng công nghệ phun bê tông thi công vỏ chống hầm

Trên thế giới bê tông phun (BTP) ướt còn được sử dụng ngày càng rộng rãi trong các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp, có cấu trúc xây dựng phức tạp (Hình 4) [4].



a. BTP ướt xây dựng Trung tâm triển lãm ở Sochi (Nga)



e. BTP ướt xây dựng bảo tàng lịch sử Người Do Thái Ba Lan (Ba Lan, Warsaw)



Hình 3. Bê tông phun ướt được ứng dụng trong xây dựng dân dụng và công nghiệp trên thế giới

Ở Việt Nam, công nghệ thi công vữa chống bê tông bằng phương pháp phun ướt đã được sử dụng để chống giữ nhiều công trình ngầm trọng điểm như Thủy điện Hòa Bình, Thủy điện Yali, hầm đường bộ qua Đèo Hải Vân, hầm đường bộ qua Đèo Cả và nhiều ứng dụng khác của loại vật liệu

này. Tiếp đó, công nghệ được ứng dụng khá phổ biến để thi công tại các công trình giao thông ngầm đô thị, đường hầm khác như hầm Thung Thi (Cao tốc Mai Sơn), hầm Đèo Bụt (Cao tốc Bắc Nam), ... đã cho phép rút thời gian thi công, chất lượng vữa chống bê tông được cải thiện (Hình 4).



a. Hầm dẫn thủy điện Hòa Bình



b. Hầm Thung Thi – Cao tốc Mai Sơn



c. Hầm Đèo Bụt – Cao tốc Bắc Nam

Hình 4. Thực tế triển khai công nghệ thi công vữa chống lò bằng phun bê tông ướt tại một số công trình đường hầm giao thông, thủy điện ở Việt Nam

Trong lĩnh vực mỏ hầm lò ở Việt Nam, để giải quyết tồn tại của phương pháp thi công kết cấu chống bê tông lưu vì bằng cách ghép cốt pha, đổ tại chỗ như đã trình bày ở trên, Công ty than Hà Lâm đã áp dụng thử nghiệm phương pháp phun bê tông ướt để thi công vữa chống lò tại lò TG-VT mức -15-300 m khu I vỉa 7. Lò có tiết diện đào 16,0 m², tổng chiều dài áp dụng 5,0 m. Chiều dày thực tế phun được là 0,5m, cường độ kháng nén của mẫu bê tông ở 14 ngày tuổi đạt 42,2 MPa, ở 28 ngày tuổi đạt 48,5 MPa (Hình 5). Kết quả áp dụng đã cho thấy ưu điểm vượt trội của công nghệ là mức độ cơ giới hóa cao, chất lượng vữa chống được cải thiện và tự kiểm soát được nhờ khả năng bám dính, tự treo của các lớp bê tông phun, đặc biệt là phạm vi nóc lò. Tuy nhiên, quá trình áp dụng cũng còn một số hạn chế là: thiết kế cấp phối bê tông phun chưa đề cập đến việc tăng khả năng chịu kéo của cấu kiện (chưa có cốt sợi), chưa tính đến tính chất lý hóa của nước ngầm; độ ẩm, cỡ hạt

của vật liệu trong những chu kỳ phun đầu tiên chưa được khống chế tốt, ảnh hưởng đến khả năng bám dính, tỷ lệ rơi vãi lớn đến 20%; công tác trộn cấp liệu chưa tương thích với năng suất phun của máy, ... Mặc dù kết quả áp dụng tại Công ty than Hà Lâm còn nhiều vấn đề về cơ sở khoa học, kỹ thuật cần phải hoàn thiện, nhưng đã cho thấy tính khả thi, tính cần thiết, sự phù hợp của việc áp dụng công nghệ tại các đơn vị sản xuất than hầm lò, đồng thời cũng cho thấy tiềm năng phạm vi áp dụng của giải pháp là rất rộng, như: (i) thi công vữa chống bê tông lưu vì thay cho phương pháp truyền thống; (ii) thi công gia cường kịp thời tạo vữa chống cố định cho các đường lò có áp lực lớn; (iii) thi công vữa chống bê tông tại các vị trí khó/hoặc không ghép được cốt pha; (iv) thi công vữa chống bê tông tại các vị trí khó khăn cho công tác vận chuyển vật liệu; (v) thi công vữa chống bê tông tại các đường lò có hệ số ách tắc vận tải cao.



Hình 5. Thử nghiệm phun bê tông ướt thi công vỏ chống bê tông lưu vi tại Công ty than Hà Lâm

Qua đó có thể thấy, việc nghiên cứu và áp dụng công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV sẽ góp phần thay đổi diện mạo công nghệ thi công vỏ chống lò bê tông, cho phép nâng cao mức độ cơ giới hóa, năng suất thi công và chất lượng vỏ chống.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đề xuất công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn cho các mỏ than hầm lò TKV

Trên cơ sở kinh nghiệm áp dụng công nghệ trên thế giới và trong nước, đề tài đã nghiên cứu đề xuất một số sơ đồ công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn cho một số điều kiện đường lò đặc trưng, gồm:

- Sơ đồ công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò cho điều kiện lò chống neo;
- Sơ đồ công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò cho điều kiện sử dụng vỏ chống bê tông liền khối;

- Sơ đồ công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò cho điều kiện sử dụng vỏ chống bê tông cốt thép lưu vi;

- Sơ đồ công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò cho điều kiện khác (ngã ba, ngã tư, gia cường tạo vỏ chống cố định lò chịu áp lực lớn, các công trình đặc biệt như hầm trạm, ...).

Bên cạnh đó, đề tài đã đề xuất phương pháp xây dựng, tính toán cấp phối vật liệu cho hỗn hợp bê tông phun có mác từ M200 đến M500 và một số loại cốt sợi thép, polyme để phối trộn nhằm tăng khả năng chịu kéo cho cấu kiện bê tông (Hình 6). Cùng với đó đã đề xuất một số thiết bị trong dây chuyền thi công gồm máy bơm phun bê tông, máy trộn và máy bơm phụ gia. Về máy bơm phun bê tông, có thể sử dụng các loại có năng suất phun từ 5,5÷9 m³/h như PWS6; PC51; PC91,... Máy trộn sử dụng loại tương đương ZC160, máy bơm phụ gia sử dụng loại tương đương như HJB-6. Chi tiết hình ảnh và thông số kỹ thuật của một số thiết bị chuyên dụng trong dây chuyền thi công được trình bày trong Hình 7 và Bảng 2, Bảng 3.



a. Bó sợi thép



b. Sợi polyme



c. Sợi thủy tinh

Hình 6. Một số loại cốt sợi sử dụng trong công nghệ bê tông phun ướt



Máy phun bê tông PWS6



Máy trộn bê tông ZC160



Máy bơm phụ gia HJB-6

Hình 7. Các thiết bị thi công phun bê tông ướt



Bảng 2. Thông số kỹ thuật của một số loại máy phun bê tông ướt phổ biến

TT	Nội dung	Đơn vị	Giá trị		
			FC-PWS6	PC5I	PC9I
1	Kích thước DxRxC	m	2130x820x1200	1600x800x1200	1900x800x1200
2	Công suất động cơ	kW	7,5	5,5	7,5
3	Điện áp	V	660/1140	380/660/1141	380/660/1141
4	Công suất phun	m ³ /h	6	5,5	9
5	Áp suất làm việc	MPa	0,2÷0,6	0,2÷0,6	0,2÷0,6
6	Cỡ hạt cốt liệu lớn nhất	mm	20	15	20
7	Tiêu thụ khí nén	m ³ /phút	12÷16	7÷8	9÷10
8	Trọng lượng	kg	1200	750	900

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của một số loại máy trộn và máy bơm phụ gia phổ biến sử dụng trong công nghệ phun bê tông ướt

TT	Nội dung	Đơn vị	Giá trị	
			Máy trộn BT FC-ZC160	Máy bơm phụ gia FC-HJB-6
1	Kích thước DxRxC	m	2650x1315x2180	1250x430x850
2	Công suất động cơ	kW	4	5,5
3	Điện áp	V	660/1141	660/1142
7	Dung tích đầu ra	lít	160	
8	Dung tích cấp liệu	lít	240	
9	Chiều cao dỡ vữa	mm	800	
10	Chu kỳ làm việc	giây	120	
11	Lưu lượng	m ³ /h		6
12	Áp suất làm việc	MPa		1,5-3
13	Tốc độ động cơ	vòng/phút		1420
14	Trọng lượng	kg	1360	320

3.2. Thiết kế áp dụng thử nghiệm

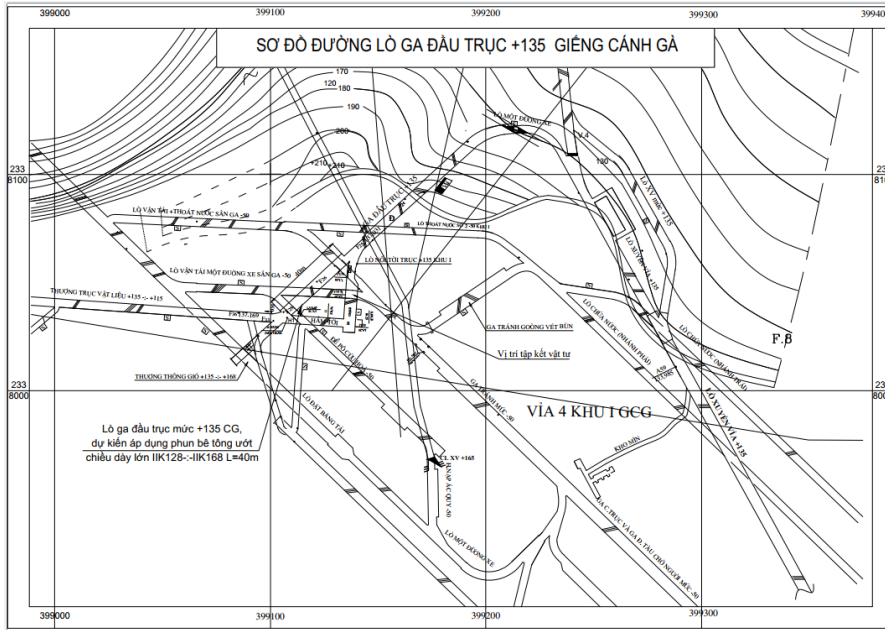
Để đánh giá ưu điểm của loại hình công nghệ phun bê tông ướt thi công vô chống lò so với công nghệ đổ bê tông truyền thống, đề tài đã lựa chọn và lập thiết kế công nghệ cho điều kiện lò ga đầu trục mức +135 giếng Cánh Gà - Công ty than Vàng Danh. Điều kiện địa chất, kỹ thuật khu vực đường lò thi công như sau [3]:

- Điều kiện địa chất: phạm vi thiết kế từ I1K128 ÷ I1K168, đường lò thi công qua các lớp đá chủ yếu là bột kết, sét kết, sét than, phân lớp mỏng, nứt nẻ mạnh, tách lớp, bị biến dạng mạnh và đất đá xung quanh biên lò bị phong hóa mạnh. Đường lò đã thi

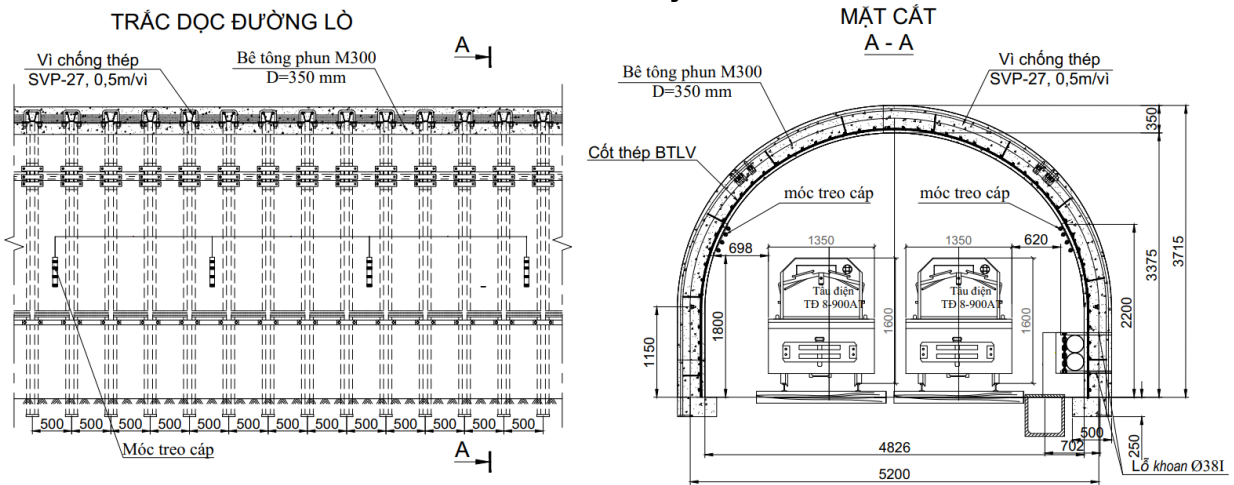
công từ những năm 70 và mới được Công ty khôi phục xen sửa lại từ năm 2023;

- Điều kiện kỹ thuật: lò tiết diện đào/chống là 17,8 m²/14,5 m², chống bằng vì thép SVP-27, bước chống 0,5 m/vì. Để duy trì đường lò sử dụng lâu dài, Công ty than Vàng Danh dự kiến chống lò bằng vô chống bê tông cốt thép lưu vì, mác B22.5 (M300), chiều dày 0,35 m.

Trên cơ sở điều kiện địa chất, kỹ thuật của đường lò, đề tài đã tính toán áp lực mỏ, lựa chọn mác và chiều dày vô chống bê tông phù hợp. Chi tiết vị trí đường lò áp dụng, hộ chiếu thiết kế và các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật chủ yếu của công nghệ (Hình 8, Hình 9, Bảng 4).



Hình 8. Sơ đồ đường lò ga đầu trực +135 Giếng Cánh Gà áp dụng công nghệ bê tông phun ướt chiều dày lớn



Hình 9. Hệ chiếu chống đường lò ga đầu trực +135 Giếng Cánh Gà áp bằng vỏ chống bê tông phun ướt

Bảng 4. Tổng hợp các thông số, chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật đường lò thiết kế

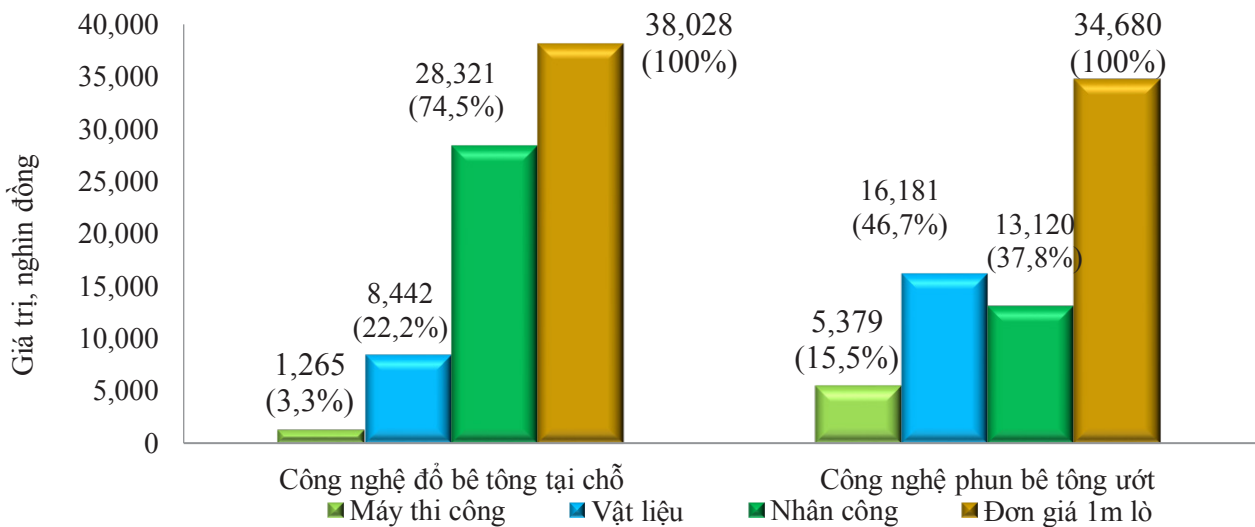
TT	Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Diện tích đào	S_d	m	17,8	
2	Diện tích sử dụng	S_{sd}	m^2	14,5	
3	Chiều rộng đào	B_d	m	5,2	
4	Chiều rộng sử dụng	B_{sd}	m	4,826	
3	Chiều cao đào	H_d	m	3,715	
4	Chiều cao sử dụng	H_{sd}	m	3,375	
5	Tải trọng phân bố nóc lò	q_n	T/m	7,5	
6	Tải trọng phân bố hông lò	q_h	T/m	6	
7	Vi chống lưu vi	SVP27	bộ/m	2	
8	Cốt thép mềm bổ sung	$\Phi 12, 20$	kg/m	181,5	



TT	Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
9	Chiều dày vỏ chống bê tông phun ướt				
-	Phần móng	d_m	mm	500	
-	Phần tường và vòm	d	mm	350	
10	Khối lượng bê tông cho 1m lò		m^3	4,33	
11	Cấp phối bê tông phun [1]	M300			
-	Xi măng PC40	PC40	kg	520	
-	Cát vàng	-	m^3	0,63	
-	Đá dăm	Cỡ hạt 7-10mm	m^3	0,389	
-	Phụ gia hóa dẻo	-	lít	5,5	
-	Phụ gia đông cứng nhanh	-	lít	27,3	
-	Nước sạch	-	lít	186	

Về chi phí thực hiện, kết quả tính toán đã xác định chi phí thi công theo công nghệ đề xuất là 34,68 triệu đồng/mét lò, trong đó chỉ vật liệu là 16,18 triệu đồng (46,7%), nhân công 13,12 triệu đồng (37,8), chi phí máy thi công 5,38 triệu đồng (15,5%). So với công nghệ đổ bê tông truyền thống

của đơn vị dự kiến áp dụng (đơn giá là 38,03 triệu đồng/m), áp dụng công nghệ mới đã cho phép giảm giá thành giảm 3,3 triệu/mét lò (tương ứng 8,8%). Chi tiết giá thành của các công nghệ thể hiện trong biểu đồ Hình 10.



Hình 10. Biểu đồ so sánh giá thành hai phương án công nghệ

4. KẾT LUẬN

Công nghệ thi công vỏ chống lò, công trình ngầm bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn đã được nghiên cứu, phát triển phổ biến trên thế giới, cho phép mở rộng phạm vi áp dụng của công nghệ, nâng cao mức độ cơ giới hóa trong thi công, chất lượng vỏ chống và giảm chi phí so với thủ công truyền thống. Áp dụng công nghệ này để thi công vỏ chống bê tông tại các mỏ than hầm lò TKV là một hướng đi mới, khả thi và cần thiết để nâng cao

hiệu quả chống giữ cũng như hiệu suất thi công. Kết quả tính toán, thiết kế cho điều kiện cụ thể tại Công ty than Vàng Danh đã cho thấy, bên cạnh hiệu quả về kỹ thuật, áp dụng công nghệ cũng mang lại hiệu quả kinh tế rất đáng kể cho đơn vị. Thời gian tới, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ sẽ phối hợp với Công ty than Vàng Danh và một số đơn vị sản xuất than hầm lò khác trong TKV triển khai công nghệ trong thực tế để theo dõi, đánh giá, hoàn thiện làm cơ sở nhân rộng □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

- [1] Dudley R. Morgan and E. Stefan Bernard. *A Brief History of Shotcrete in the Underground Industry*, 2017.
- [2] Т.А. Иванова, *Технологии торкретирования для строительства и реконструкции зданий и сооружений*, Чебоксары Издательский дом «Среда», 89с, 2024.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ từ đề tài nghiên cứu cấp Tập đoàn của Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, mã số KC.01/21-25

STUDY ON THE TECHNOLOGY FOR CONSTRUCTING THICK WET-MIX SHOTCRETE LININGS IN UNDERGROUND COAL MINES IN THE QUANG NINH REGION

Van Cong Nguyen*, Van Cuong Dinh, Van Long Phi

Vinacomin- Institute of Mining Science and Technology, 3 Phan Dinh Giot, Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 21/01/2026

Revised: 24/3/2026

Accepted: 28/3/2026

Corresponding author:

Email: nguyenvancong.vimsat@gmail.com

ABSTRACT

The technology of constructing the tunnel casing by spraying wet concrete with large thickness is one of the advanced solutions, which has been widely deployed in countries with developed mining industries such as Germany, the US, Russia, China... as well as being effectively applied in many large underground works in Vietnam in the fields of transportation, hydropower and irrigation. This technology not only contributes to improving the level of mechanization in tunnel construction but also significantly improves the quality of the casing structure, increases stability and safety, while reducing construction costs, shortening construction time and expanding the application capability in complex geological conditions. Within the framework of the article, the group of authors conducted an overview study on the process of formation, development and practical application of the technology of spraying wet concrete with large thickness in the world and in Vietnam. On that basis, the article proposes a number of technological diagrams and synchronized equipment suitable for the conditions of underground coal mines in Quang Ninh area.

Keywords: Shotcrete, wet shotcrete, dry concrete shotcrete method, wet concrete shotcrete method, wet concrete shotcrete equipment. basin

@ Vietnam Mining Science and Technology Association